

1^{er} Colloque International de l'Université de Ségou

**Thème: "L'Université de Ségou face au défi de
la transformation accélérée de l'Agriculture en
Afrique"**

SEGOU (MALI), LES 14, 15 ET 16 SEPTEMBRE 2017

SOMMAIRE

SOMMAIRE	II
SIGLES ET ACRONYMES	VI
AVANT-PROPOS	VIII
INTRODUCTION	X
I. PRINCIPES D'ORGANISATION	13
1.1. CEREMONIE D'OUVERTURE.....	14
1.1.1. <i>Discours du Gouverneur de la région de Ségou</i>	14
1.1.2. <i>Discours de Bienvenue du Maire de la Commune Urbaine de Ségou</i>	16
1.1.3. <i>Mot du Recteur de l'Université de Ségou</i>	18
1.1.4. <i>Discours de Madame le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique</i>	19
1.2. LES COMMISSIONS DU COLLOQUE ET LEURS MISSIONS	22
1.2.1. <i>Commission Scientifique et Technique</i>	22
1.2.2. <i>Commission d'Organisation Matérielle</i>	22
1.2.3. <i>Comité de lecture</i>	23
II. PRÉSENTATION DES COMMUNICATIONS	24
2.1. SESSION 1: - FONCIER, TERRES AGRICOLES ET PASTORALISME ; - CLIMAT ET RESSOURCES EN EAUX AGRICOLES ; - SÉCURITÉ ALIMENTAIRE	25
<i>Communication N°1: Etat des cultures irriguées au Mali: Enjeux et Perspectives dans un contexte marqué par les Changements Climatiques</i>	26
<i>Communication N°2: Décentralisation et développement agricole au Mali. Rôle et enjeux des filières agricoles dans la région de Segou.</i>	53
<i>Communication N°3: Gouvernance des ressources pastorales dans un contexte de changement climatique au Mali: cas de la Commune rurale de Sincina</i>	64
<i>Communication N°4: Modalités d'accès des maraichers à la terre dans le district de Bamako</i>	72
<i>Communication N°5: Effet du feu et de la pâture sur l'évolution de la valeur pastorale des herbacées en zone soudano-sahélienne au mali: cas des terroirs de lakamané et de korokodio dans la région de kayes.</i>	85
<i>Communication N°6: La sauvegarde du fleuve Niger au Mali : enjeux et perspectives</i>	96

<i>Communication N°7: Renforcement des systèmes d'innovation agricoles pour permettre l'adoption du transfert de la gestion de l'irrigation: Cas de l'Office du Niger au Mali.</i>	<i>106</i>
<i>Communication N°8: Analyse de la gestion des ressources en eau du bassin de la Comoé au Burkina Faso.....</i>	<i>116</i>
<i>Communication N°9: Gestion des ressources hydrologiques d'un cours d'eau transfrontalier : cas du sourou.....</i>	<i>127</i>
<i>Communication N°10: Usage de la plante vetiver dans la rehabilitation des bassins versants.....</i>	<i>138</i>
<i>Communication N°11: Nouvelles directions pour l'agriculture malienne mal orientée</i>	<i>146</i>
<i>Communication N°12: Utilisation du ¹³⁷Cs dans l'étude de l'érosion des sols des petits bassins versants en zone soudanienne du Mali</i>	<i>155</i>
<i>Communication N°13: L'Afrique à la quête perpétuelle de l'autosuffisance alimentaire. Pourquoi encore au XXIe siècle ce défi semble difficile à relever.....</i>	<i>169</i>
<i>Communication N°14: Analyse des strategies des riziculteurs pour l'amelioration de la securite alimentaire en zone office perimetre irrigue de baguineda (OPIB) au Mali</i>	<i>180</i>
<i>Communication N°15: Quels risques de salinisation pour les sols de l'Office du Niger face à la diversification des cultures et le changement des stratégies d'irrigation?</i>	<i>189</i>
<i>Communication N°16: Rôle économique et environnemental des plantes tinctoriales: cas de la Commune Rurale de Siby.....</i>	<i>198</i>
<i>Communication N°17: Gestion foncière au Mali et Souveraineté Alimentaire au profit de l'Exploitation Familiale Agricole: Mythe ou Réalité?.....</i>	<i>207</i>
2.2. SESSION 2 : LES RESSOURCES HUMAINES, LES SAVOIRS LOCAUX ET LES CONSIDÉRATIONS SOCIÉTALES ; LES PRODUCTIONS AGRO-SYLVO-PASTORALES ET HALIEUTIQUES.....	222
<i>Communication N°18: Transition vers l'agroécologie: chemin vers les systemes agro-alimentaires durables, Casamance, Sénégal.....</i>	<i>223</i>
<i>Communication N°19: La toposéquence : un des défis majeurs de la transformation accélérée de la production agricole et du développement local dans les communes rurales de Dioro et de Farakou-Massa</i>	<i>233</i>
<i>Communication N°20: Le semis direct au profit des petits producteurs pour leur résilience aux changements climatiques en Haute Guinée</i>	<i>243</i>
<i>Communication N°21: Optimiser la décision de gestion de la fertilité des sols et la production agricole par l'utilisation du SIG et la télédétection.....</i>	<i>253</i>
<i>Communication N°22: La communication, maillon indispensable dans la transformation de l'agriculture en Afrique</i>	<i>264</i>

<i>Communication N°23: Effets des perturbations anthropiques et du couvert ligneux sur la production de la strate herbacée suivant le Gradient Climatique au Mali.....</i>	<i>275</i>
<i>Communication N°24: Impact des activités humaines sur les communautés de poissons dans les systèmes aquatiques de la zone côtière ivoirienne: Établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique basé sur le poisson.....</i>	<i>284</i>
<i>Communication N°25: Importance des milieux ripicoles dans le renforcement de la sécurité alimentaire des ménages ruraux de Dissin au Burkina Faso</i>	<i>296</i>
<i>Communication N°26: Caractérisation de l'élevage des petits ruminants à Dougoukouna et à Ouendébougou dans le cercle de Ségou.....</i>	<i>307</i>
<i>Communication N°27: Le mil et le sorgho, une alternative de l'utilisation du maïs dans les aliments des poules pondeuses au Niger, Afrique de l'Ouest.....</i>	<i>313</i>
<i>Communication N°28: Sécuriser les revenus et les moyens de résilience des producteurs de coton du Mali</i>	<i>320</i>
<i>Communication N°29: Profil et structure par taille des captures de poissons dans la zone fluviale du cercle de Kati.....</i>	<i>329</i>
<i>Communication N°30: Croissance d'Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) avec des rations enrichies de poudre de feuilles de Moringa oleifera (Lam) élevés dans des bassins à l'IPR de Katibougou.</i>	<i>339</i>
<i>Communication N°31: Etude de la performance de trois types de chambres froides artisanales (zecc) dans la conservation des légumes.....</i>	<i>348</i>
<i>Communication N°32: L'utilisation de l'extrait de « Potokoloninbo ou Physalis minima» une innovation paysanne dans la lutte contre les ennemis de la tomate à Kala, région de Ségou.....</i>	<i>356</i>
2.3. SESSION 3 : LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE	362
<i>Communication N°33: Transformation accélérée de l'Agriculture: quels défis pour la recherche à l'Université de Ségou ?</i>	<i>363</i>
<i>Communication N°34: Contribution à l'étude des principaux facteurs influençant la réussite de l'insémination artificielle chez les Bovins.....</i>	<i>372</i>
<i>Communication N°35: Evaluation de quelques variétés d'arachide pour leur tolérance à la cercosporiose précoce au mali.....</i>	<i>381</i>
<i>Communication N°36: Utilisation des champignons endomycorhiziens arbusculaires pour la dépollution des sols en zone aurifère de morila, au Mali</i>	<i>393</i>
<i>Communication N°37: Combinaison de trois végétaux pesticides : moyen de contrôle écologiquement efficace du charbon couvert et certains ravageurs du sorgho, Sorghum bicolor (L.) Moench.</i>	<i>401</i>
<i>Communication N°38: Évaluation de l'effet de l'inoculation avec des souches sélectionnées de champignons mycorhiziens et de rhizobiums sur la croissance du</i>	

<i>maïs (Zea mays) et du niébé (Vigna unguiculata) cultivés en association au champ à Mouzoun/Baguinéda (Mali).....</i>	<i>409</i>
<i>Communication N°39: Diversité des populations de Xanthomonas axonoposis pv. manihotis au Mali et recherche de sources de résistances durables chez le manioc.</i>	<i>417</i>
<i>Communication N°40: Lutte biologique contre Xanthomonas oryzae pv. oryzae et Xanthomonas oryzae pv. oryzicola par utilisation des bactéries endophytes.....</i>	<i>429</i>
<i>Communication N°41: Détermination de la qualité de deux inoculums bactériens à base de souches de rhizobiums, utilisés dans la culture en serre du haricot vert (Phaseolus vulgaris)</i>	<i>434</i>
<i>Communication N°42: Effet de trois souches de champignons mycorrhiziens arbusculaires sur la croissance du sorgho (Sorghum bicolor) en présence ou non du phosphate naturel de Tilemsi.....</i>	<i>443</i>
<i>Communication N°43: Caractérisation moléculaire des variétés de riz irrigué Oryza sativa indica par la PCR-SSR au Mali.....</i>	<i>453</i>
<i>Communication N°44: Evaluation de l'efficacité du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) sous différentes pratiques de travail du sol en zone Sahélienne du Mali.....</i>	<i>461</i>
<i>Communication N°45: Amélioration de la production du maïs par les souches de bactéries (Bacillus subtilis) solubilisant les phosphates naturels.</i>	<i>471</i>
<i>Communication N°46: Détermination par une méthode colorimétrique de la teneur en acide cyanhydrique du fourrage de manioc</i>	<i>484</i>
<i>Communication N°47: Productivité de l'eau et effets comparés des engrais en culture de tomate de saison sèche (zone sahélienne du Mali).....</i>	<i>493</i>
<i>Communication N°48: Caractérisation moléculaire des souches locales de Bacillus thuringiensis (Bt) susceptibles de présenter des activités insecticides contre Orseolia oryzivora du riz et Helicoverpa armigera du maïs au Mali</i>	<i>501</i>
CONCLUSION	511

Sigles et acronymes

ABFN	:	Autorité du Bassin du fleuve du Niger
ADRS	:	Agence de Développement Rural de la vallée du fleuve Sénégal
APCAM	:	Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture du Mali
ATI	:	Agence Nationale d'Aménagement des terres et de fourniture de l'eau d'Irrigation
CLOCSAD	:	Comité Local d'Orientation, de Coordination et de Suivi des Actions de Développement
CPS/SDR	:	Cellule de Planification et de Statistiques du Secteur du Développement Rural
CRA	:	Chambre Régionale d'Agriculture
CROCSAD	:	Comité Régional d'Orientation, de Coordination et de Suivi des Actions du Développement
DNA	:	Direction Nationale de l'Agriculture
DNGR	:	Direction Nationale du Génie Rural
DNH	:	Direction Nationale de l'Hydraulique
DRGR	:	Direction Régionale du Génie Rural
ECOWAP	:	Economic Community of West African States Agricultural Policy
LOA	:	Loi d'Orientation Agricole
ODRS	:	Office du Développement Intégré de Sélingué
OHVN	:	Office de la Haute Vallée du Niger
OPIB	:	Office du Périmètre Irrigué de Baguineda
ORS	:	Office Riz de Ségou
PADES	:	Projet d'Appui au Développement de l'Enseignement Supérieur
PAHA	:	Programme d'Aménagement Hydro Agricoles
PARIIS	:	Programme d'Appuis Régional à l'Initiative de l'agriculture Irriguée au Sahel
PDA	:	Politique de Développement Agricole
PDDAA	:	Programme Détaillée de Développement de l'Agriculture Africaine
PDSEC	:	Programme de Développement Social Economique et Culturel de la Collectivité
PGES	:	Plan de Gestion Environnemental et Social
PNISA	:	Plan National d'Investissement du Secteur Agricole
PNMEA	:	Politique Nationale de Maîtrise de l'Eau Agricole
PPIV	:	Petit Périmètre Irrigué Villageois
PPM	:	Petit Périmètre Maraîchers
PRAHA	:	Programme Régional d'Aménagements Hydro Agricoles
PTF	:	Partenaires Techniques et Financiers
RGPH	:	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SAFE	:	Sasakawa Africa Fund for Extension Education
SIGMA	:	Système d'Information et de Gestion des ressources en eau du Mali

SNDI : Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation
UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

Avant-Propos

En organisant ce premier Colloque Scientifique International, nous avons la ferme conviction que nous contribuons indubitablement à l'avancée de la science au Mali. D'abord parce que nous initions un évènement scientifique rarissime dans la pratique nationale.

Ensuite par ce que nous donnions par ce truchement l'opportunité à plusieurs de nos collègues universitaires de faire montre de leur talent et surtout de disposer d'intrants leur permettant d'avancer dans le grade. Plusieurs de ces camarades ont eu l'occasion d'ajouter à leurs acquis au moins une communication scientifique.

Le choix du thème à savoir « **L'université de Ségou face au défi de la transformation accélérée de l'Agriculture en Afrique** » est loin d'être fortuit, car comme nous l'avons mainte fois martelé, la conférence des Chefs d'Etat de Malabo a voulu une chose en se fixant d'atteindre un objectif d'accroissement de 10% du budget consacré à l'agriculture.

Mais une autre chose qui consiste à s'approprier cet objectif à l'échelle des pays exige un engagement sans restriction de ces pays. Aussi l'accélération de la transformation de l'agriculture en Afrique s'inscrit comme une obligation pour chaque pays ayant souscrit à cette logique d'expansion de l'agriculture.

La culture universitaire est très exigeante, mais profondément exaltante. Elle repose fondamentalement sur un double rôle d'apport de la connaissance et de conduite de la recherche scientifique. A l'université de Ségou, si la distribution de la connaissance s'effectue dans des conditions globalement acceptables, la recherche scientifique demeure en deca des espérances du fait du manque de financement.

Nous savons qu'aucune bataille, ne peut être gagnée seul. C'est pourquoi nous avons pris attache avec plusieurs partenaires dont l'Office du Niger, l'Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFM), l'Institut pour la Recherche et le Développement (IRD), le Service de Coopération et d'Action Culturelle (SCAC et Lux Dev qui ont répondu favorablement à notre appel en acceptant de nous accompagner. Que ces institutions reçoivent ici le témoignage de notre profonde gratitude.

C'est le lieu également de remercier la Banque Mondiale à travers le PADES, NUFFIC, SAFE, pour leurs contributions combien utiles et inestimables pour la prospérité de notre université.

La question de la recherche et de l'innovation au sein de notre université est d'importance capitale pour nous, car, c'est un domaine propice pour le développement économique et pour le bien-être des populations, chose qui occupe une place prépondérante dans nos missions.

Nous restons convaincus que c'est par la recherche scientifique via les interactions avec les populations, les collectivités territoriales les organisations de la société civile que notre université parviendra à s'intégrer dans le tissu socioéconomique de la région de Ségou.

Il urge donc pour nous d'instaurer une véritable culture de recherche afin d'accélérer le rythme du développement de la dite région.

Nous savons que les difficultés peuvent survenir sur notre chemin mais nous savons également qu'une recherche scientifique digne de ce nom ne s'instaure pas en quelques temps. Et nous restons persuadés qu'à cœur vaillant rien d'impossible. Notre mission citoyenne consiste à agir efficacement pour la réussite de ce bel instrument de développement à Ségou.

Il nous est particulièrement heureux de savoir que sur un total de 64 communications présentées, 50 auteurs ont produit et envoyé leurs articles à la commission Scientifique.

Nous restons convaincus que le salut de notre université passe par la dynamisation de la recherche. Et nous fournirons des efforts inlassables dans ce domaine.

Le Recteur

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Souleymane Kouyate', with a stylized flourish at the end.

Pr Souleymane KOUYATE
PHD agroéconomie
Chevalier de l'ordre National du Mali

Introduction

La ville de Ségou a abrité du 14 au 16 septembre 2017 le premier colloque scientifique international de l'Université de Ségou. Ce colloque, fut organisé en partenariat avec l'Office du Niger, l'Agence du Bassin du Fleuve Niger, l'Institut pour la Recherche et le Développement (IRD) et le Service d'Action et de Coopération Culturelle (SCAC) de l'ambassade de France au Mali.

Ce grand rendez-vous a regroupé la communauté scientifique africaine et occidentale au tour du thème: "L'Université de Ségou face au défi de la transformation accélérée de l'Agriculture en Afrique".

L'Université de Ségou, créée en 2010 par Ordonnance N°10-011 PG/RM du 1^{er} Mars 2010 et inaugurée le 27 Janvier 2012, a pour mandat de contribuer au développement socioéconomique par la formation et la recherche dans le secteur des sciences agricoles et sociales. Elle se doit donc d'impacter d'abord sur son environnement direct qui abrite les deux principales agro-industries spécialisées dans la production de riz au Mali, à savoir l'Office du Niger et l'Office Riz Ségou. Avec leur production, ces deux offices, font de la région de Ségou le principal grenier vivrier rizicole de la République du Mali. Le potentiel énorme en terres non encore exploité et une meilleure gestion des ressources en eaux laissent présager d'un rôle prépondérant que la région pourrait jouer dans l'approvisionnement en riz de la région ouest africaine.

Par ailleurs, la région d'implantation de l'Université abrite d'une part, la station de recherche agronomique de Cinzana, spécialisée sur les cultures sèches notamment le petit mil et le niébé et d'autre part, la station de recherche de Niono spécialisée sur le riz et les bovins. Consciente de son rôle, l'Université de Ségou a saisi l'opportunité de la déclaration des Chefs d'Etat africains réunis en 2010 à Malabo en Guinée Equatoriale. Il s'agit d'allouer au moins 10% des budgets pour assurer la croissance et la transformation accélérées de l'Agriculture africaine en vue de la prospérité des peuples. Elle apporte ainsi sa modeste contribution à l'atteinte de cet objectif noble. Jeune, l'Université de Ségou ambitionne de contribuer à la formation des ressources humaines qualifiées et à l'élaboration de programmes de recherche pertinents pouvant concomitamment relever le défi de l'insécurité alimentaire, la prospérité et le bien-être des populations de la région de Ségou, du Mali et de l'Afrique. En Afrique l'enjeu de la transformation accélérée de l'agriculture est confronté, aux défis d'une part, d'une urbanisation galopante qui se fait au détriment de la population rurale et d'autre part du faible niveau de performance des outils de production agricole. Pour résoudre ce paradoxe, il faut accélérer la transformation des systèmes de production en vue d'assurer une production agricole de plus en plus importante par une population rurale de moins en moins importante, qui alimente une population urbaine de plus en plus nombreuse. Ce Colloque, fut un espace de discussion entre les chercheurs de différentes horizons sur la problématique de la transformation accélérée de l'Agriculture en s'inspirant de toutes les expériences dans le monde pour dégager les pistes de solution les meilleures pour la prospérité de tous.

L'objectif global du colloque était de contribuer à la transformation accélérée du secteur agricole pour lutter contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. Les objectifs spécifiques sont:

- renforcer l'autorité de l'Université de Ségou et ses partenaires comme instrument de développement de la Région et du Mali ;
- contribuer à la production scientifique pour la transformation accélérée du secteur agricole pour renforcer la résilience des populations à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle ;
- identifier des stratégies et des pratiques de productions performantes pour la transformation accélérée de l'agriculture pour le bien-être des populations.

En termes de résultats attendus:

- l'autorité de l'Université de Ségou et de ses partenaires est renforcée comme instrument de développement de la Région et du Mali ;
- la production scientifique pour la transformation accélérée du secteur agricole pour renforcer la résilience des populations à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle est assurée ;
- des stratégies et des pratiques de productions performantes pour la transformation accélérée de l'agriculture pour le bien-être des populations sont identifiées.

Le colloque scientifique a réuni des spécialistes pour approfondir la réflexion sur la problématique de la transformation accélérée de l'Agriculture et dégager les solutions les plus réalistes et réalisables afin de contribuer à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD).

Une Commission Scientifique de sélection et de relecture des communications, composée de spécialistes chevronnés fut mise en place. Cette Commission était présidée par le Recteur de l'Université de Ségou. La Commission a en outre été chargée d'éditer le document du Colloque.

Le Colloque a duré trois (3) jours. Chaque communication a fait l'objet d'une présentation de 15 mn et fut suivie d'un débat de 10 mn.

Les communications furent regroupées par sous-thème dont:

- La recherche et le développement agricole ;
- Le climat et les ressources en eaux agricoles ;
- Le Foncier et les terres agricoles et pastoralisme ;
- Les ressources humaines, les savoirs locaux et les considérations sociétales ;
- Les productions agro-sylvo-pastorales et halieutiques ;
- La Sécurité alimentaire et nutritionnelle.

Les candidats à une communication ont fourni un résumé n'excédant pas 300 mots, préférentiellement en français. La date limite de dépôt a été fixée au 10 Juillet 2017.

Les résumés ont été envoyés au secrétariat du Colloque à l'adresse suivante: konis6@gmail.com.

L'organisation était assurée par:

- Une Commission Scientifique et Technique, présidée par le Coordonnateur du Centre d'Expertise et de Recherche Appliquée au Développement (CERAD) ;
- Une Commission d'Organisation Matérielle, présidée par le Secrétaire Général de l'Université de Ségou (SEGAL).

A la fin des travaux, les communications et les débats en panels furent l'objet d'une synthèse restituée et validée en plénière.

La cérémonie d'ouverture a été marquée par les discours que nous retrouvons ci dessous:

I. PRINCIPES D'ORGANISATION

1.1. CEREMONIE D'OUVERTURE

1.1.1. Discours du Gouverneur de la région de Ségou

Excellence Madame le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique ;

Mesdames et Messieurs les Ministres ;

Madame le Conseiller de la Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France au Mali ;

Monsieur le Recteur de l'Université de Ségou, Initiateur du Premier Colloque de l'Université de Ségou ;

Monsieur le Président Directeur Général de l'Office du Niger ;

Monsieur le Directeur Général de l'Agence du Bassin du fleuve Niger ;

Monsieur le Représentant de l'Institut de Recherche pour le Développement ;

Monsieur le Maire de Ségou ;

Mesdames et Messieurs les Recteurs des Universités du Mali ;

Mesdames et Messieurs les Directeurs d'Instituts de Formation et de recherche du Mali ;

Mesdames et Messieurs les Directeurs des Services Centraux de la Région de Ségou

Honorables Enseignants chercheurs du Mali et des pays invités ;

Distingués invités, Mesdames et Messieurs, en vos Rangs, Grades et Qualités

C'est avec une joie immense que nous accueillons dans notre région, le Premier Colloque Scientifique international organisé par notre fierté, la jeune mais dynamique Université de Ségou. Qu'elle soit ici remerciée pour sa participation active au rayonnement de notre cité des balazans. Nous vous souhaitons à toutes et à tous, au nom des populations de toute la région et en mon nom propre une chaleureuse bienvenue et un agréable séjour dans la région.

Aw « Bissilillah »

Permettez-moi tout d'abord de féliciter l'Université de Ségou et ses partenaires pour le choix porté sur la ville de Ségou pour abriter le Premier Colloque international en dépit des contraintes sécuritaires qui touchent tout le Sahel en général et notre région en particulier. Je sais que ce choix relève du défi de ne pas céder à la panique que voudrait nous imposer des individus sans foi ni lois, au nom de je ne sais quelle religion, qui n'est en rien l'islam que nous connaissons et pratiquons depuis des siècles dans le respect des autres. Les hautes autorités de la région de Ségou sont à vos côtés pour réussir dans la Paix et la sérénité les travaux de ce Colloque.

Le thème choisit s'inspire de la déclaration des Chefs d'Etat et de Gouvernement de l'Union Africaine et exprime la hauteur de vision de l'Université de Ségou qui prend dès lors une dimension régionale voire africaine.

La région de Ségou, qui abrite l'Université du même nom, dispose d'un des plus grands potentiels en terres aménageables pour la culture irriguée. Ce potentiel en terres irrigables étant estimé à plus de 2 millions d'ha. Ce qui fait de notre région un grenier potentiel pour la sous-région et pourquoi pas de l'Afrique.

En plus des terres irrigables, la région de Ségou est grande productrice de cultures sèches comme le mil, le sorgho et surtout le niébé aux qualités nutritives exceptionnelles pour les populations de notre pays et l'Afrique de l'Ouest qui vivent dans un contexte marqué par une insécurité alimentaire et nutritionnelle récurrente.

Les résultats des travaux du Colloque doivent renforcer les capacités des acteurs pour conforter le positionnement de la région de Ségou dans la chaîne alimentaire du Mali et de la sous-région. De nos jours, des efforts importants sont opérés par tous les acteurs des filières agricoles, pour une meilleure gestion des ressources en eau à cet effet, à travers les économies d'eau d'irrigation et la diversification avec des cultures qui consomment peu d'eau.

Les agrosylvopasteurs et autres producteurs attendent avec patience les solutions idoines que vous leur proposerez pour relever le challenge, celui de produire plus des produits de qualité meilleure.

En souhaitant plein succès à vos travaux je vous réitère le vœu d'un agréable séjour dans la belle cité des balazans.

Je vous remercie

1.1.2. Discours de Bienvenue du Maire de la Commune Urbaine de Ségou

Excellence Madame le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique ;

Mesdames et Messieurs les Ministres ;

Madame le Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France au Mali ;

Monsieur le Gouverneur de la Région de Ségou ;

Monsieur le Recteur de l'Université de Ségou, Initiateur du Premier Colloque de l'Université de Ségou ;

Monsieur le Président Directeur Général de l'Office du Niger ;

Monsieur le Directeur Général de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger ;

Monsieur le Représentant de l'Institut de Recherche pour le Développement ;

Mesdames et Messieurs les Recteurs des Universités du Mali ;

Mesdames et Messieurs les Directeurs d'Instituts de Formation et de recherche du Mali ;

Mesdames et Messieurs les Directeurs des Services Centraux de la Région de Ségou

Honorables Enseignants chercheurs du Mali et des pays invités ;

Distingués invités, Mesdames et Messieurs, en vos Rangs, Grades et Qualités

Toute la joie est pour moi de m'adresser à vous au nom de la population de Ségou et en mon nom propre pour vous souhaiter la chaleureuse bienvenue et un agréable séjour dans notre cité, la cité historique des balazans.

Comme cela se dit chez nous, vous avez quitté de chez vous et, vous êtes venus chez vous.

Permettez-moi tout d'abord de remercier l'Université de Ségou et ses partenaires pour le choix porté sur la ville de Ségou pour abriter le Premier Colloque. Je sais que ce choix n'est pas fortuit et honore à plus d'un titre les populations de Ségou. La ville de Ségou qui vous accueille aujourd'hui est à l'heure de la modernisation, une ville qui bouge et qui se construit tel un oiseau tissant sa toile.

Honorables Invités, Mesdames, Messieurs,

Aujourd'hui, se tient à Ségou, le Premier Colloque de l'Université internationale de Ségou sur le thème : « *L'Université de Ségou face au défi de la transformation accélérée de l'Agriculture en Afrique* ».

La région de Ségou n'est-elle pas souvent décrite comme le grenier du Mali et pourquoi pas de l'Afrique de l'Ouest. En effet, notre Région abrite la première agro-industrie alimentaire du Mali, à savoir l'Office du Niger. Par ailleurs, la région dispose d'un potentiel en terre irrigables inégalable en Afrique de l'Ouest de plus de 2 millions d'ha ce qui en fait un grenier incontestable dans la sous-région. En plus des terres irriguées, les cultures sèches comme le mil et dans une moindre mesure le sorgho occupe une place de choix dans les systèmes de production

agricoles. L'ingéniosité de nos braves agriculteurs se traduit de nos jours par la diversification des productions agricoles avec le développement des cultures de contre saison pour renforcer la sécurité alimentaire.

Le présent Colloque vient à point nommé et constitue un espoir pour tous les producteurs de la région qui attendent de vos travaux les moyens d'impulser un nouveau souffle à leur productivité

Pour couronner vos travaux de réussite, la cité des balazans met à votre disposition un cadre de vie exceptionnel, naturel, riche, agréable et historiquement plein d'inspiration par ses lieux touristiques pour agrémenter vos temps de loisirs.

Vous pourrez aussi profiter, grâce au fort dynamisme associatif qui caractérise notre commune, d'une grande diversité d'activités sportives et d'une offre culturelle abondante et de qualité.

Le personnel de la mairie se tient à votre disposition pour toutes les démarches que vous pourrez engager.

Chers Invités, Mesdames et Messieurs, au nom des populations de Ségou, je vous réitère le vœu d'un agréable séjour dans la belle capitale de la 4^{ème} Région administrative du Mali.

Je vous remercie.

1.1.3. Mot du Recteur de l'Université de Ségou

Créée par la loi N° 2013*04/du 21 Mai 2013 portant ractification de l'ordonnance N° 10*011/PRM di 1^{er} Mars 2010, l'Université de Ségou est l'une des plus jeunes Universités du Système d'enseignement Supérieur du Mali. Elle entend jouer toute sa partition dans la formation et le développement socioéconomique de l'Afrique, du Mali en général et de la région de Ségou en particulier. C'est ainsi qu'elle s'est donnée pour objectif d'organiser le présent Colloque Scientifique avec une vision africaine à savoir la déclaration des Chefs d'Etat et de Gouvernement dite de Malabo qui recommande aux Etats d'allouer au moins 10% de leur budget pour assurer la croissance et la transformation de l'Agriculture africaine pour une prospérité des peuples. Pour contribuer à la réalisation de cette vision, l'Université de Ségou a choisi comme thème de Colloque : « L'Université de Ségou face au défi de la transformation accélérée de l'Agriculture en Afrique ».

En effet, notre contient est confronté aux effets combinés des catastrophes naturelles dont le changement climatique et de la mauvaise gouvernance, qui anéantissent tous les efforts de développement. Les conséquences l'insécurité alimentaire, la pauvreté, la dégradation des valeurs sociétales et les conflits de toutes natures qui affectent la paix en générale et la quiétude quotidienne des populations.

Chers participants, l'Université de Ségou attend de vous un diagnostic sans faille des causes, des contributions de qualité à la génération de connaissances techniques et scientifiques pour augmenter les productions agrosylvopastorales et halieutiques pour améliorer la cadre de vie des populations rurales et contribuer à leur épanouissement. Ce Colloque doit être une tribune d'échange, de capitalisation et de transfert d'expériences entre tous les acteurs présents pour contribuer à la formation des hommes et des femmes en charge de la génération des connaissances techniques et scientifiques pour le Bonheur des Peuples.

1.1.4. Discours de Madame le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Monsieur le Gouverneur de la Région de Ségou,

Monsieur le Représentant du Service de Coopération d'Action Culturelle Bamako ;

Monsieur le Représentant de l'Institut de Recherche pour le Développement ;

Monsieur le Président Directeur Général de l'Office du Niger,

Monsieur le Directeur Général de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger

Monsieur le Maire de Ségou ;

Mesdames et Messieurs les Représentants des Partenaires Techniques et Financiers ;

Chers Participants, Mesdames et Messieurs ;

Mesdames et Messieurs les Journalistes, Hommes et Femmes de Presse ;

Honorables Invités, Mesdames et Messieurs, en vos Rangs, Grades et Qualités tous protocoles confondus ;

C'est un agréable devoir pour moi de présider la cérémonie d'ouverture du Premier Colloque Scientifique du cadet de notre système Universitaire, l'Université de Ségou.

A toutes et à tous, je souhaite la bienvenue et un agréable séjour sur les bords mythiques du fleuve Niger dans toute sa grandeur d'âme.

Mes Chers Invités,

Je puis vous affirmer que je me réjouissais déjà de la perspective de vous accueillir depuis l'annonce de cet important événement scientifique qui vient à point nommé, pour consacrer l'édiction définitive de l'Université de Ségou dans le giron de notre arsenal universitaire et scientifique, pour combler le déficit de connaissances, de formation et d'informations dans notre pays et pourquoi pas sur notre continent avec la participation remarquable de nos hôtes venus d'un peu partout pour cette initiative africaine. La participation remarquable de nos amis d'Europe et d'Amérique, en dépit de circonstances sécuritaires inquiétantes, dénote de notre volonté commune de participer à la génération de connaissances et de technologies pour relever les défis de la mondialisation en matière de développement et de partage.

Le thème du Colloque : « L'Université de Ségou face au défi de la transformation accélérée de l'Agriculture en Afrique », s'inspire de la déclaration des Chefs d'Etat et de Gouvernement de l'Union Africaine dite de Malabo, Guinée Equatoriale en 2010.

C'est en 2003, lors du sommet de Maputo, au Mozambique, que les pays africains s'étaient engagés à consacrer au moins 10% de leur budget national au secteur agricole (agriculture, élevage et pêche). Il s'agissait pour les pouvoirs publics de stopper l'insuffisance d'investissements dans ce secteur sous l'effet des plans d'ajustements structurels déployés dans les années 1980. L'agriculture étant le premier moyen de subsistance en Afrique (17% du PIB), il devient évident qu'investir dans ce domaine permet à la fois de pérenniser les emplois et de réduire la faim et la pauvreté, qui est le premier Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD), transformé depuis, en Objectifs de Développement Durable (ODD). Selon la Banque mondiale, la croissance du secteur agricole est environ deux fois et demie plus efficace pour faire reculer la pauvreté que la croissance dans les autres secteurs.

Dix ans après avoir pris cet engagement à Maputo, force est de constater que seulement 10% des 53 pays signataires du protocole peuvent se targuer d'avoir alloué 10% de leur budget au secteur agricole. L'essentiel des bons élèves se trouvent dans l'espace sahélien ou ouest-africain : Burkina, Niger, Guinée, Sénégal, Mali, Ghana ; ou en Afrique orientale : Ethiopie et Malawi. Notre pays est un bon élève de cette déclaration avec 12,7% des dépenses publiques consacrées aux investissements dans le secteur Agricole en 2008. Mais ce niveau semble encore insuffisant pour atteindre l'objectif de l'Union africaine traduit dans la déclaration dite de Malabo dont le défi est je cite : « Transformer l'agriculture en Afrique pour une prospérité partagée et de meilleures conditions de vie, grâce à l'exploitation des opportunités de croissance inclusive et de développement durable ».

Pour relever ce défi, les attentes en termes de génération de connaissances et de transfert de technologies générées sont primordiales, et justifient le choix du présent thème de Colloque par notre jeune Université. La vision du département de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, portée par l'Université de Ségou, est de capitaliser, de transformer et d'adapter les connaissances, les savoirs et les savoirs faire de toutes provenances pour booster le secteur agrosylvopastorale et halieutique afin de combattre la faim et augmenter la création de richesses pour faire reculer la pauvreté.

L'environnement de l'Université de Ségou s'y prête au regard de son très riche potentiel en terres agricoles, en eaux et en ressources humaines qualifiées dans le domaine agrosylvopastorale et halieutique.

Les communications de qualité et de domaines assez variés qui feront l'objet de discussions et d'échange d'expériences, contribueront à éclairer chacun, afin de faciliter les prises de décision, pour l'atteinte des objectifs du présent Colloque scientifique.

Je voudrais ici saluer tous les enseignants/chercheurs de tous horizons, qui ont voulu par leur présence, manifester un intérêt pour ce Colloque en particulier et pour le Mali et l'Afrique en général malgré l'insécurité civile rampante. La qualité scientifique des participants, des panels et des sous thèmes, laisse entrevoir déjà un succès éclatant des différentes sessions. Nous sommes donc très fiers et très honorés par votre présence en terre africaine du Mali.

Pour relever ce défi, un partenariat exemplaire a été développé entre l'Université de Ségou et l'Office du Niger, l'Agence du bassin du Fleuve Niger d'une part et d'autre part, avec l'Institut pour la Recherche et le Développement (IRD) et le Service d'Action et de Coopération Culturelle (SCAC) de l'Ambassade de France au Mali. Il me plaît ici, de saluer ce partenariat fécond, d'en féliciter les auteurs et d'encourager la multiplication de telles initiatives afin de mutualiser les ressources humaines et financières pour plus d'efficacité et d'efficience.

Enfin, je voudrais remercier ici tous les partenaires techniques et financiers qui ont contribué à l'organisation et au succès du présent Colloque.

En souhaitant plein succès aux travaux, je déclare ouvert le Premier Colloque de l'Université de Ségou.

Je vous remercie.

1.2. LES COMMISSIONS DU COLLOQUE ET LEURS MISSIONS

Président du Colloque: Pr Alhousseini Bretaudeau, IPR/IFRA de Katibougou

1.2.1. Commission Scientifique et Technique

Composition

Président : Dr. Soïba DIARRA, Université de Ségou

Membres :

1. Dr. Konimba BENGALY, Université de Ségou, FAMA
2. Dr. Abou TRAORE, Université de Ségou, FAMA
3. Dr. Dionkounda TRAORE, Université de Ségou
4. Dr. Dantouma KAMISSOKO, Université de Ségou
5. Dr Baba Faradji N'DIAYE, Agence pour le Bassin du Fleuve Niger
6. Dr. Simon KOITA, Université de Ségou
7. Dr. Ousmane SACKO, FST/USTTB
8. Pr. Alhousseini BRETAUDEAU, IPR/IFRA
9. Dr Bruno SICARD, Représentant IRD Bamako, Mali

Taches

- Réceptionner et lire les résumés des communications transmis par les auteurs et formuler des avis
- Envoyer le feed-back sur les résumés aux auteurs
- Recevoir en retour les résumés corrigés et classer les résumés par thématique ou par atelier
- Editer un document contenant les résumés
- Préciser le délai pour la prise en compte des observations faites par la commission scientifique et technique sur les résumés
- Etudier la possibilité de regrouper les résumés en 3 ateliers
- Editer les actes du Colloque

1.2.2. Commission d'Organisation Matérielle

Composition

Président : Dr. Métaga COULIBALY

Vice-Président : Dr. Ousmane KONIPO

Membres :

1. 01 Représentant de la FAMA ;
2. 01 Représentant de la FASSO ;

3. 01 Représentant de l'IUFP ;
4. 01 Représentant de la FAGES ;
5. 02 Représentants du Service Finances;
6. 02 Représentants du Service Patrimoine;
7. 02 Représentants du Service Relations Ext. & Coopération;
8. 01 Représentant du Service Juridique;
9. 01 Représentant du Service des Ressources Humaines;
10. 01 Représentant de l'Office du Niger;
11. 01 Représentant de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger.
12. 01 Représentant de l'Ambassade de France au Mali
13. 01 Secrétaire

Tâches de la Commission d'Organisation

- Accueil, hébergement, transport et restauration
- Sécurité
- Levée de fonds
- Communication et orientation (Mairie, autorités locales, Centre Kôrè, etc.)

1.2.3. Comité de lecture

Composition

Président : Dr Adama TRAORE CNRA retraité

Membres:

1. Pr Ogobara DOUMBO, USTTB
2. Dr Oumar NIANGADO, IER/ SYNGENTA;
3. Dr Bouréma DEMBELE, IER
4. Pr Mahamoudou FAMANTA, IPR/IFRA;
5. Dr Harouna YOSSI, IER;
6. Dr Mamadou NIANG, LCV ;
7. Pr Moussa KAREMBE, FST/USTTB ;
8. Dr Ibrahima N'DIAYE, IER;
9. Dr Soumaïla SANOKO, USSGB
10. Dr Fatogoma BAMBA, ENI.
11. Dr Abou BERTHE, IER
12. Pr Cheibane COULIBALY, Université Mandé Boukary
13. Pr Angeline N. ADJAFI, Université Abidjan Cocody
14. Pr Abdoulaye NIANG, Université Gaston Berger, Saint Louis, Sénégal
15. Pr Harouna MAIGA, Université Minnesota, USA

Tâches

Lecture et évaluation des articles

Appui à la commission scientifique et technique

II. Présentation des communications

2.1. Session 1: - Foncier, terres agricoles et pastoralisme ; - Climat et ressources en eaux agricoles ; - Sécurité alimentaire

Président : Dr Soiba DIARRA Vice-Recteur Université Ségou

**Rapporteurs : Dr Sakalmata Clovis HIEMA (Burkina Faso)
Dr Abou TRAORE FAMA Université Ségou**

Communication N°1: Etat des cultures irriguees au Mali: Enjeux et Perspectives dans un contexte marqué par les Changements Climatiques

Garantigui TRAORE^{1*}, Adama DIARRA¹ et Tida TOURE²

¹Direction Nationale du Génie Rural, BP : 155, Bamako-Mali

²Direction Régionale du Génie Rural de Ségou

*Email : traogara00@yahoo.fr, Tél : +223 74 55 07 88

Resume

Le Mali, est un pays sahélien enclavé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, couvrant une superficie de 1 241 138 km² dont 60 % se situe dans la zone subsaharienne ou désertique, avec un climat de type intertropical et une pluviométrie oscillant entre 100 mm 1100 mm par an.

Essentiellement rurale (73%) et jeunes (46,6% ont moins de 15ans et 48,4% se situent entre 15 et 64 ans)¹, sa population est projetée sur 21,3 millions d'habitants à l'horizon 2020. Nourrir cette population et assurer à ce capital de jeunesse des emplois durables dans un contexte marqué entre autres : les changements climatiques, la raréfaction des ressources et la compétitivité économique, voilà des défis que le l'Agriculture malienne doit relever à court et moyen termes, dans un cadre global de développement harmonieux et durable du Pays.

Dans ce contexte, l'irrigation joue un rôle indéniable dans l'amélioration de la productivité agricole par l'affranchissement des cultures des aléas climatiques. Cependant, si les potentialités en ressources aménageables s'offrent au Mali pour y répondre, force est de reconnaître qu'une conception appropriée ne garantit pas toujours une productivité Agricole durable dans un système irrigué.

Ainsi, le développement de l'irrigation scelle un lien complexe avec les environnements humain et physique à la fois, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la zone d'influence du système irrigué. Cela constitue pour l'irrigation, des enjeux sociaux et environnementaux, et même politiques, se manifestant parfois par des obstacles majeurs d'ordres institutionnel, technique, et social.

La présente contribution fait un état des lieux non exhaustif de l'agriculture irriguée au Mali, développe quelques opportunités pour le développement de cette agriculture et évoque ses enjeux et ses perspectives dans un contexte marqué par les changements climatiques. Enfin, la contribution se termine par quelques questions de réflexion à l'attention des lecteurs.

Mots clés : Agriculture, Irrigation, Productivité, Compétitivité, ressources, Changements Climatiques, Enjeux et Perspectives.

I. Introduction

Le Mali, est un pays sahélien enclavé au cœur de l'Afrique de l'Ouest. Il couvre une superficie de 1 241 138 km² dont près de 60 % appartiennent à la zone subsaharienne ou désertique.

¹ Cf. RGPH 2009

Il a un climat de type intertropical caractérisé par une longue saison sèche et une saison des pluies variant de moins de 3 mois dans sa partie Nord, à 5 à 6 mois dans sa partie Sud. Dans ces conditions, la pluviométrie moyenne annuelle oscille entre 100 mm au nord à et plus de 1100 mm au sud.

La population du Mali estimée à 14,5 millions en 2009 et projetée sur 21,3 millions d'habitants à l'horizon 2020 sur la base d'un taux d'accroissement annuel estimé 3,6% (RGPH, 2009). Cette population est Essentiellement rurale (73% avec une incidence de la pauvreté estimée à 43,6% en 2010) et jeunes (46,6% ont moins de 15ans et 48,4% se situent entre 15 et 64 ans).

D'après différentes sources d'estimations, le Mali possède de grandes potentialités en terres cultivables (43,4 millions d'hectares de terres propices aux activités agro-sylvo-pastorales et aquacoles dont 5 millions d'hectares de terres serraient cultivées soit 11,44 % environ des terres propices) et en ressources en eau (près de 2,2 millions d'hectares aptes à l'irrigation dont 1,8 millions d'hectare dans la vallée du fleuve Niger).

Les pluies apportent chaque année environ 415 milliards de m³ d'eau en moyenne. Selon le schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau adopté en 1991, le potentiel est estimé à 56 milliards de m³/an pour les fleuve et leurs affluents, et 15 milliards de m³/an pour les eaux de surface des cours d'eau non pérenne.

En tenant compte des fréquences de retour, ces bassins drainent environ 70 milliards de m³ d'eau en année moyenne, 110 milliards de m³ d'eau en année humide, et 30 milliards de m³ d'eau en année sèche.

Quant aux ressources en eaux souterraines, elles sont estimées à 2700 milliards de m³ de réserves statiques avec un taux annuel de renouvellement évalué à 66 milliards de m³.

Exploitées de façon rationnelle, ces différentes ressources naturelles (eaux et terres) peuvent constituer des atouts pour le développement durable de la l'agriculture irriguée au Mali. Cependant, l'agriculture malienne reste encore largement tributaire des aléas climatiques. Ainsi, le pays est confronté à des déficits alimentaires cycliques avec comme-conséquence la paupérisation des populations rurales.

Alors, quel est l'état des lieux sur l'agriculture irriguée au Mali ? Quel est le potentiel en ressources (eaux et terres) aménageables au Mali ? Quelle opportunité ces ressources offrent-elles pour le développement de son agriculture irriguée ? Quels en sont les enjeux et les perspectives dans un contexte marqué par les changements climatiques ?

Voilà, autant de questions dont nous tenterons d'apporter des éléments de réponses dans la présente contribution. Aussi, nous la terminerons par quelques questions de réflexion auxquelles les acteurs du sous-secteur de l'irrigation se doivent d'apporter des éléments de réponses dans un futur proche.

II. Potentiel d'aménagements hydro agricoles au Mali

Selon diverses sources d'estimation, le potentiel des terres aptes à la culture irriguée au Mali est de l'ordre de 2 200 000 ha (PNUD/GERSAR, 1982). Les régions hydrauliques de localisation de ces potentiels sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau N° 1 : Estimation du potentiel aménageable au Mali sous réserve d'aménagement

Régions hydrauliques	Surface brute (ha)	Caractéristiques hydrauliques
Vallée Sénégal Térékolé- Kolombiné	45 000 et 25 000	Zones inondables et terrasses
	20 000	Bas- fonds
Haute vallée du Niger	100 000	Zones inondables et terrasses
	10 000	Bas- fonds
Office du Niger	250 000	
Ségou	150 000	Principalement zones inondables
San- Mopti	800 000	Alluvions inondables
Delta vif	100 000	Alluvions anciennes d'aptitude marginale
Mali Sud	300 000	Vallées inondables et bas- fonds
Zone lacustre	280 000	Dont 100.000 ha de dépressions inter dunaires
Gao-Boucle du Niger	80 000	Alluvions inondables
	30000	Valée inondables
Divers et pays Dogon	110 000	Valée cuirassées
TOTAL	2 200 000	

Parmi ce potentiel, environ 566 500 ha sont réputés être facilement aménageables à partir des ressources en eau de surface pérennes (cf. tableau suivant).

Tableau N° 2 : Estimation du potentiel facilement aménageable au Mali

Régions hydrauliques	Surface brute facilement aménageable (ha)
Vallée Sénégal : Térékolé- Kolombiné	225 00
Haute vallée du Niger	15 800
Office du Niger- Ségou	200 000
San- Mopti - Delta vif	148 000
Mali Sud	20 000
Zone lacustre	99 500
Gao-Boucle du Niger	10 000
Divers et pays Dogon	5 000
TOTAL	566 500

III. Etat des lieux du sous secteur de l'irrigation au Mali

Face à la dépendance de l'agriculture aux aléas climatiques, ses incertitudes sur les productions et les déficits alimentaires chroniques, le Gouvernement de la République du Mali (GRM), avec l'appui de ses PTF, a œuvré à la l'élaboration et la mise en œuvre des politiques, stratégies et plans d'investissements (LOA, PDA, SNDI, PNISA, etc.) dans l'optique de développer son Agriculture.

La maîtrise de l'eau pour l'agriculture est au cœur de ces politiques, stratégies, et plans d'investissements qui ont pour objectif de contribuer à faire du Mali une puissance agricole émergente dans des conditions de durabilité et de préservation des écosystèmes fragiles.

Le sous-secteur de l'irrigation au Mali a connu des évolutions au cours de la dernière décennie. Ces évolutions résultent de la nécessité pour la promotion du sous-secteur, de l'articuler à un cadre institutionnel mouvant qui cherche sans relâche, à s'adapter au contexte macroéconomique et environnemental international du moment.

Ainsi, les évolutions du sous-secteur de l'irrigation s'articulent autour des politiques programmes sectoriels et sous sectoriels nationaux de l'Agriculture, de l'Eau et de l'Environnement dont les principaux sont déclinés ainsi que suit.

III.1. Cadre institutionnel

III.1.1. Politiques, programmes et stratégies sectoriels

Les interventions dans le domaine de la maîtrise de l'eau au profit de l'agriculture reposent sur les orientations et axes stratégiques fixés par les documents de base ci-après.

III.1.1.1. Le Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté :

Le CSCRP décrit les politiques que le pays entend mettre en œuvre dans la promotion de la croissance économique et la réduction de la pauvreté. La relance des secteurs productifs dont les infrastructures de maîtrise de l'eau comme facteur de réduction de la pauvreté de croissance économique, constitue un objectif majeur de cette stratégie.

III.1.1.2. La LOA adoptée en en 2006 :

En tant qu'outil d'orientation et de fédération de l'ensemble des dispositions législatives et réglementaires touchant le secteur de l'Agriculture. La LOA assigne à l'Etat la tâche d'élaborer et de mettre en œuvre de la PNMEA avec comme principes directeurs : (i) la responsabilisation des acteurs ; (ii) l'appropriation du processus d'identification, de mise en place et de gestion des investissements par les bénéficiaires et (iii) la gestion durable et optimale des AHA. Elle prévoit aussi l'élaboration d'une loi sur le foncier Agricole qui aura pour but d'assurer la sécurisation foncière des producteurs ruraux, de lutter contre la spéculation et les détentions coutumières abusives.

III.1.1.3. La Politique Nationale de l'Eau (PNE) :

Adoptée en février 2006, elle a pour objet de contribuer au développement du pays, en apportant des solutions appropriées aux problèmes liés à l'eau, dans le respect d'une gestion durable des ressources en eau. Un de ses objectifs est de contribuer au développement des activités agro-sylvo-pastorales par leur sécurisation vis-à-vis des aléas climatiques, afin de prendre part à la lutte contre la pauvreté et à la réalisation de la sécurité alimentaire. Elle édicte pour le sous-secteur de l'irrigation, le développement des AHA, la diversification et l'intensification de la production, la création d'emplois et l'amélioration de la gestion des ressources naturelles.

III.1.1.4. La PDA :

Elle a été adoptée en 2013 et vise à garantir la souveraineté alimentaire et à faire du secteur Agricole le moteur de l'économie nationale en vue d'assurer le bien-être des populations. Parmi ses objectifs, on peut citer : la souveraineté et la sécurité alimentaires du pays, la réduction de la pauvreté rurale, la modernisation de l'agriculture familiale et le développement de l'agro-industrie, la protection de l'environnement et la gestion durable des ressources naturelles, l'aménagement Agricole équilibré et cohérent du territoire.

III.1.1.5. Le PNISA :

Le PNISA est le plan d'actions de la PDA et vise la modernisation du monde Agricole par la mobilisation massive d'investissements dans les facteurs fondamentaux de production dont les infrastructures hydro Agricoles. La distinction

y est faite entre l'irrigation à grande échelle et l'irrigation de proximité, procédant de ce fait, à une catégorisation des AHA au Mali.

III.1.1.6. La Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE) :

Cette politique statue sur les mesures règlementaires et les conduites à tenir en matière d'études d'impacts, de correction ou d'atténuation des impacts environnementaux dans la conception et dans l'exécution des projets d'AHA.

III.1.1.7. La SNDI:

Elle fut adoptée en 1998 et relue en 2007 avec les principes directeurs se reposant sur les éléments suivants:

- la définition d'une politique d'investissement ;
- la garantie d'une Gestion optimale et durable des aménagements ;
- l'intensification et la diversification de la culture irriguée ;
- la redéfinition du rôle des intervenants dans le sous-secteur de l'irrigation ;
- l'appropriation du processus d'identification, de mise en place et de gestion des investissements par les bénéficiaires.

III.1.1.8. La Politique Foncière Agricole (PAF):

Le PAF a pour but je cite : « Assurer l'accès équitable de toutes les productrices et de tous les producteurs maliens et d'autres utilisateurs du foncier agricole de façon cohérente aux ressources foncières notamment les terres agricoles sécurisées afin de favoriser des investissements publics, communautaires, individuels maîtrisés dans les exploitations familiales en priorité et les autres formes entreprises agricoles susceptibles de les rendre plus performantes et viables dans une perspective de souveraineté alimentaire durable ». Ainsi, l'une de ses axes d'intervention à savoir je cite « Renforcer l'aménagement de l'espace territorial et la gestion des ressources naturelles » met l'accent sur l'amélioration de la gestion des périmètres aménagés.

III.1.2. Règlements sur l'utilisation des eaux des fleuves

La principale législation en vigueur au Mali sur la réglementation des prélèvements d'eau des fleuves reste la loi n°02- 006/ du 31 janvier 2002 portant Code l'Eau. Elle définit les principes directeurs d'utilisation, de conservation, de protection et de gestion des ressources en eau. Il stipule que l'eau est considérée comme un bien relevant du domaine public, son usage s'exerce dans le respect de l'intérêt public et de la solidarité entre les usagers.

L'obligation d'une mise en valeur rationnelle et optimale des ressources en eau, par les propriétaires et les exploitants Agricoles est l'un des principes directeurs du code de l'eau. Il en est de même pour la mise en place d'organes consultatifs de gestion des ressources en eau auprès de l'administration chargée de l'eau et des

collectivités territoriales (conseil national de l'eau, conseils régionaux et locaux de l'eau et comités de bassins ou de sous- bassins).

La section 1 du chapitre V de cette loi traite des dispositions propre à l'eau d'irrigation dont les détails techniques doivent être précisés par un arrêté du Ministre chargé de l'Irrigation (cf. article 58 de ladite loi).

III.1.2.1. Comités des bassins fluviaux

La mise en place d'organes consultatifs de gestion des ressources en eau auprès de l'administration chargée de l'eau et des collectivités territoriales (conseil national de l'eau, conseils régionaux et locaux de l'eau et comités de bassins ou de sous- bassins) est l'un des principes directeurs du code de l'eau.

A ce jour, ces différents comités sont mis en place sur les principaux bassins fluviaux, par le Ministère chargé de l'Eau. Cependant, leur opérationnalisation reste confrontée à des difficultés liées à l'insuffisance, voir l'absence des crédits de fonctionnement.

III.1.2.2. Cas spécifique de L'Office du Niger (ON)

L'ON dispose d'un Schéma Directeur d'aménagement approuvé en conseil des Ministres le 24 décembre 2008 qui définit pour le moyen et le long terme les grandes orientations de développement et sert de cadre de cohérence pour les futurs projets et programmes d'intervention dans sa zone. Le contrat plan entre l'Etat, l'Office du Niger et les Exploitants agricoles a été retenu comme outil pour la mise en œuvre de ce Schéma.

S'agissant de la disponibilité de l'eau en zone ON, plusieurs études (schéma directeur, KfW, projet d'irrigation d'Alatona, UEMOA) ont été menées. Ces études ont montré qu'en :

- période d'hivernage, l'ON prélève environ 4% du débit au niveau du barrage de Markala, il n'y a donc pas de contrainte de disponibilité en eau au droit du barrage en cette période ;
- étiage (mars, avril, mai et juin), il arrive entre 80 et 120 m³/s en amont du Barrage de Markala, tandis que les prélèvements tiennent compte du débit sanitaire de 40m³/s à lâcher à l'aval du barrage de Markala, recommandé par la Commission de gestion des eaux du barrage de Sélingué, en tenant compte des accords sous régionaux signés par le Mali.

III.2. Catégorisation, typologie et classification des AHA au Mali

III.2.1. Catégorisation

Ainsi que ressorti dans le PNISA, on distingue au Mali, deux (2) catégories d'AHA :

III.2.1.1. La catégorie des Grands Aménagements (GA)

Elle est constituée par les aménagements hydro agricoles des grands et moyens périmètres au niveau des offices et des projets structurants. *Ces aménagements sont désignés dans ce qui suit « GA »*. Ils sont généralement sous la gestion des structures disposant d'une autonomie de gestion (ON ; ORS, ODRS, OPIB, ADRS, ORM, OMF, etc.) et dont certaines sont en gestation (Office de Mise en Valeur des Plaines du Moyen Bani).

III.2.1.2. La catégorie des Aménagements de Proximité (AP)

Indistinctement appelé « *Irrigation de Proximité (IP)* » ou « *Aménagement de Proximité (AP)* », cette catégorie d'irrigation est conceptuellement définie comme étant « *tout AHA identifié et réalisé avec l'implication des communautés locales, inscrit dans les plans locaux de développement et visant à créer des zones de production agricole rentables, exploitables et gérables de façon autonome et durable par les communautés bénéficiaires* ».

Elle regroupe les petites et micro réalisations destinées principalement au renforcement de la résilience des populations et la promotion d'exploitations agricoles familiales dans les autres zones de production agricoles du pays. Ainsi, elle concerne essentiellement les aménagements de PPIV, de bas-fonds, de plaines inondables, de mares, d'oueds et de PPM de 5ha au plus.

Les orientations stratégiques, les approches et principes directeurs de cette catégorie d'AHA sont détaillé dans le *Programme National d'Irrigation de Proximité (PNIP)*; qui est un cadre fédérateur assurant la cohérence avec les PDSEC.

III.2.2. Typologies

Dans chaque catégorie d'AHA précédemment décrit, on distingue principalement deux (2) typologies :

III.2.2.1. La typologie des AHA avec maîtrise totale de l'eau

Cette typologie d'AHA permet la pratique des cultures irriguées avec maîtrise totale de l'eau aux moyens de diverses technologies d'irrigation ayant chacun des avantages comparatifs ainsi que commenté dans le tableau suivant.

Selon le niveau de disponibilité des ressources en eaux, ils permettent la pratique d'une double campagne Agricole sous cultures irriguées.

Tableau N° 3 : technologies d'irrigation avec maîtrise totale de l'eau

Technologies d'irrigation	Cultures cibles	Coûts/ha (F CFA)	Rendement (t/ha)	Avantages	Inconvénients
Système gravitaire à ciel ouvert avec transport de l'eau dans les canaux en terre	Riz, cultures horticoles et maraîchères	3 à 4,5 millions	5 à 10 pour le riz	Coûts initiaux d'investissements relativement faibles ; Production sécurisée	Coûts d'entretien et de maintenance élevés
Système gravitaire à ciel ouvert avec transport de l'eau dans les canaux revêtus en béton	Riz, cultures horticoles et maraîchères	5 à 7 millions	5 à 10 pour le riz	Coûts d'entretien et de maintenance relativement faible ; Production sécurisée	Investissements initiaux élevés
Système Californien en basse pression transportant l'eau dans les canalisations fermées	Riz, cultures horticoles et maraîchères	4 à 5 millions	5 à 10 pour le riz	Coûts de maintenance et d'entretien relativement faible ; Production sécurisée	Coûts d'investissements initiaux relativement élevés ; Systèmes moins maîtrisés par les irrigants ; Maintenance requérant une main d'œuvre qualifiée
Système d'aspersion sous pression transportant l'eau dans les canalisations fermées	Canne à sucre, cultures horticoles et maraîchères	6 à 13 millions	ND		
Système goutte à goutte sous pression avec transport de l'eau dans les canalisations fermées	cultures horticoles et maraîchères	7 à 18 millions	ND		
Aménagement de périmètre maraîcher (avec 4 puits à l'intérieur)	cultures horticoles et maraîchères	7 à 18 millions	ND		

III.2.2.2. La typologie des AHA avec maîtrise partielle de l'eau

Cette typologie d'AHA permet de sécuriser les cultures pratiquées dans les zones d'inondations naturelles des cours, par la réalisation des infrastructures et équipements permettant de :

- contrôler l'entrée de l'eau dans la zone sécurisée par une mise en eau graduelle des cultures en fonction de leur variétés et stades végétatif ;

- procéder le cas échéant, à l'irrigation d'appoint en cas de montée tardive des crues ou de sécheresse prolongée.

Les AHA concernés par cette typologie ne permettent généralement que la pratique d'une seule campagne Agricole sous cultures irriguées.

Le tableau suivant renseigne sur quelques technologies d'irrigation irriguées sous cette typologie d'AHA.

Tableau N° 4 : technologies d'irrigation avec maîtrise partielle de l'eau

Technologies d'irrigation	Cultures cibles	Coûts (F CFA/ha)	Rendement (t/ha)	Avantages	Inconvénients
Système gravitaire à ciel ouvert en submersion contrôlée	Riz, sorgho et maïs de décrue, niébé	1,5 à 4 millions	1 à 2 pour le riz	Coûts initiaux d'investissements relativement faibles	Système de production moins sécurisé ; Fable rendement des productions
Aménagements des bas-fonds avec construction de petits barrages	Riz, sorgho et maïs de décrue, niébé	2,5 à 3,5 millions	1,5 à 3 pour le riz	Coûts initiaux d'investissements relativement faibles	Système de production moins sécurisé ; rendement des productions moyen
Aménagement des mares naturelles	Riz, Sorgho et maïs de décrue, legumes	0,5 à 1,5 millions	1 à 1,5 pour le riz	Coûts initiaux d'investissements relativement faibles	Système de production moins sécurisé ; Coûts d'entretien et de maintenance élevés

III.2.3. Classification

La catégorisation des AHA, combinée avec les typologies précédemment définie, nous permet de procéder à leur classification et en distinguer quatre (4) classes principales.

III.2.3.1. La classe des GA avec maîtrise totale de l'eau

Ils regroupent les AHA grands et moyens périmètres irrigués de 100 ha et plus, localisés dans les vallées des fleuves Niger et Sénégal et leurs affluents.

III.2.3.2. La classe des GA avec maîtrise partielle de de l'eau

Cette classe concerne les AHA de submersion contrôlée, équipés d'infrastructures et/ou d'équipements dont l'entretien et la maintenance requiert un niveau d'expertise dépassant les capacités des communautés bénéficiaires. Ils sont

réalisés au moyen d'une dérivation partielle des eaux des rivières et cours d'eau adjacents.

III.2.3.3. La classe des AP avec maîtrise totale de de l'eau

Celle-ci regroupe les AHA de PIV et de PPIV de moins de 100 ha le long des fleuves et cours d'eau pérennes, ainsi que les PPM de 5 ha au plus. Cette classe d'AHA intègre les principes directeurs du PNIP.

III.2.3.4. La classe des AP avec maîtrise partielle de de l'eau

Elle concerne essentiellement les AHA de de bas-fonds, de plaines inondables, de mares, et d'oueds avec un niveau d'infrastructures et/ou d'équipements dont l'entretien et la maintenance peuvent être assurés par les communautés bénéficiaires, avec peu d'intervention des services publiques.

III.3. Niveau de réalisation des AHA par typologie, par classe et par région

III.3.1. Différents Programmes Gouvernementaux d'Aménagements

De 1998 à 2013, trois (3) phases successives de Programmes Gouvernementaux d'Aménagements (PGA) calés que les mandats Présidentiel, ont été réalisées avec un bilan cumulé de 69.667ha aménagés.

Le PGA en cours connaît un niveau d'exécution de 52 246ha, ce qui porte le cumul des résultats des différents PGA à 221 943 ha. En outre, ils ont permis de rehausser le niveau² des AHA du Mali à 456 409 ha.

III.3.2. Niveau des AHA réalisés par type et par classe, au 30 juin 2016

Le dernier rapport de suivi des réalisations d'AHA établi par la DNGR estime au 30 juin 2016, le cumul de superficies aménagées au Mali à 456 409 ha, tout type d'AHA confondus.

Ce cumul est composé de 196 987 ha d'AHA avec maîtrise totale de l'eau dont 926 ha de PPM et 259 424 ha d'AHA avec maîtrise partielle.

Le tableau suivant donne le détail de ce cumul par région, par type et par classe d'AHA.

² L'annexe 1 renseigne sur le détail des résultats annuellement obtenus par PGA.

Tableau N° 5 : détail de ce cumul par région, par type et par classe d'AHA

DESIGNATIONS	RESULTATS OBTENUS EN TERMES DE SUPERFICIES AMENAGEES (HA)					
	MAITRISE TOTALE		SUBMERSION CONTROLEE (GA)	BAS- FONDS	PERIMETRES MARAICHERS ³	TOTALE
REGIONS	GA (>100)	AP (<100)				
Kayes	882	997	202	3 604	131	5 685
Koulikoro	5 464	1 070	10 181	5 858	285	22 573
Sikasso	1 061	222	6 813	9 761	117	17 857
Ségou	131 187	575	44 718	14 409	175	190 889
Mopti	2 826	6 693	61 581	1 759	144	72 859
Tombouctou	6 664	37 975	59 133	24 748	33	128 520
Gao	-	1 344	16 303	270	28	17 917
Kidal	-	27	-	84	13	111
TOTAL PAYS	148 084	48 903	198 931	60 493	926	456 411
		196 987		259 424		
Ratios	32,45	10,71	43,59	13,25	0,20	100,00
		43,16		56,84	x	100,00

III.3.3. Niveau d'exploitation des AHA en cultures de contre saison

Actuellement, les cultures diversifiées de contre saison sont pratiquées selon le niveau disponibilité des ressources en eaux, sur les AHA réalisés avec maîtrise totale dans les proportions ci-après :

- 100% des superficies des superficies équipées pour les AHA ayant un système d'exhaure gravitaire de prise en rivière sans pompage (périmètre de Baguinéda pour 3000ha, périmètre de la zone ON, périmètre aval du barrage de Sélingué pour 1000ha environ, périmètre aval du barrage de Manantali pour 2000ha environ) ;
- 40 à 50% des superficies équipées pour les périmètres irrigués ayant comme système d'exhaure, le pompage énergétique (plaines aménagées de San Oust, PIV et PPIV les longs des fleuves Niger et Sénégal) ;
- 100% pour les PPM.

III.4. Principaux enjeux du sous secteur de l'irrigation au mali

Il apparaît clairement que l'irrigation joue un rôle important dans la production alimentaire. Cet état de fait constitue un atout important en matière de sécurité alimentaire dans un contexte marqué par les aléas climatiques. Cependant, une conception appropriée d'un système irrigué ne lui garantit pas une production durable.

³ Les PPM sont comptabilisées avec les AP avec maîtrise totale de l'eau.

Ainsi, le développement de l'irrigation scelle un lien complexe avec les environnements humain et physique à la fois, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la zone d'influence du système irrigué. Ce lien complexe constitue pour l'irrigation des enjeux sociaux et environnementaux, et même politiques, qui font qu'elle fait souvent face à des obstacles majeurs d'ordres institutionnel, technique, et social.

Dans ce qui suit, nous présenterons les défis de l'Irrigation face à la Sécurité Alimentaire, puis nous nous intéresserons à ses enjeux sociaux et environnementaux. Ces enjeux se manifestent tant en terme d'atouts que de contraintes.

III.5. Défis à relever pour un accroissement harmonieux et durables des cultures irriguées

La vision pour le sous-secteur irrigué se fonde sur les défis que le Mali se doit de relever à moyen et long terme et qui résident dans les solutions idoines à :

- assurer la sécurité alimentaire pour l'ensemble de la population qui dépassera 20 millions d'habitants à l'horizon 2020 ;
- assurer la disponibilité de l'eau pour l'irrigation en quantité et qualité suffisante dans un contexte de raréfaction de la ressource eau et de changements climatiques ;
- faire en sorte que les cultures puissent contribuer à l'amélioration de la compétitivité de l'économie nationale (particulièrement du secteur Agricole) et à la création de richesse dans le cadre de l'intégration des marchés sous régionaux.

Pour relever ces défis, les mesures suivantes sont envisageables :

- disposer de superficies irriguées dans une proportion compatible avec les engagements internationaux et sous régionaux en matière de gestion intégrée et durable des ressources naturelles (terres et eaux) ;
- améliorer le cadre institutionnel de planification, de conception et de suivi des AHA par le renforcement des capacités et des compétences des acteurs du sous-secteur ;
- élaborer la PNMEA conformément aux directives de la LOA ;
- améliorer l'état de la connaissance⁴ sur les ressources en eau, en mettant un mécanisme de suivi approprié et en veillant sur la ressource par les mesures de sauvegarde ;
- promouvoir les technologies appropriées d'irrigation qui permettent l'optimisation de l'utilisation des ressources naturelles ;

⁴ La base de données SIGMA installée à la DNH, contribue déjà en cela. Cet effort doit être poursuivi dans le cadre du PAGIRE par l'installation d'outil de prévision ou de simulation (stations hydrométriques, modèle mathématique) et la dynamisation des cadres de planifications et de concertation au niveau national et sous régional.

- promouvoir les organisations professionnelles agricoles pour une mise en valeur rationnelle, efficiente et durables des AHA réalisés ;

III.6. L'Irrigation face aux Enjeux Sociaux

La Sécurité Alimentaire est un enjeu social et même politique. Elle joue un rôle indéniable dans la stabilité sociale et politique du Pays, voir même sa souveraineté.

Cependant, il convient de noter que la dimension de la Sécurité Alimentaire va au-delà d'une simple production agricole et embrasse à la fois les aspects liés entre autres à : la disponibilité et l'accessibilité à des produits alimentaires, la politique des prix, les habitudes alimentaires, la formulation de la ration alimentaire, etc.

Nous savons toute même que, l'irrigation permet une augmentation des rendements agricoles de 0,8T/ha de riz paddy en cultures traditionnelles, à 3T/ha en submersion contrôlée, et jusqu'à 6T/ha avec maîtrise totale de l'eau.

Ainsi, l'irrigation se pose comme une réponse à la disponibilité des produits alimentaires à travers la sécurisation des cultures par leur affranchissement des aléas climatiques. Elle constitue donc un levier sur lequel les politiques de sécurité alimentaire peuvent être mieux bâtis dans un contexte marqué par les changements climatiques.

De ceux qui précèdent, l'Irrigation joue en faveur de ces enjeux par l'amélioration de la productivité agricole et du régime alimentaire des ménages à travers la diversification des cultures. Elle stimule les économies locales et favorise la fixation des jeunes à travers la création d'emplois.

Cependant, la promotion de l'Irrigation au Mali fait aussi face à des enjeux sociaux liés à:

- le statut foncier des sites destinés à l'Irrigation;
- l'effective participation des bénéficiaires à tous les aspects de la planification, de la conception et de la mise en œuvre des systèmes irrigués;
- la répartition équitable (y compris l'équité Genre) des avantages provenant des systèmes irrigués;
- l'absence de capacité opérationnelle au niveau local pour la gestion et la maintenance des systèmes irrigués.

III.7. L'Irrigation face aux Enjeux Environnementaux

Autant le développement d'un plan d'Irrigation produit des effets de changement sur l'écosystème, autant ce développement est conditionné par le fonctionnement naturel de cet écosystème.

En général, les effets induits par le développement d'un plan d'irrigation sur son écosystème se manifestent par:

- l'engorgement des sols et leur salinisation;
- les pollutions et nuisances locales;
- la prolifération des agents pathogènes;
- la modification de l'habitat écologique;

Les effets les plus difficiles à gérer sont l'engorgement et la salinisation des sols. Au Mali, nous ne disposons pas encore de données scientifiques attestant la manifestation de ces effets sur nos systèmes irrigués. Aussi, les systèmes irrigués permettent l'Agriculture intensive et la rationalisation des espaces agricoles en favorisant ainsi, la reconstitution des écosystèmes.

En outre, le développement de l'Irrigation fait face aujourd'hui à des modifications naturelles liées aux effets des changements climatiques, des caractéristiques de fonctionnement naturel des écosystèmes. Elles concernent les paramètres de base suivants qui conditionnent la planification de l'irrigation:

- la physiographie des bassins versants (déterminant dans la conception des aménagements de bas-fond et des bassins versants);
- le régime hydrologique des cours d'eau (sources d'alimentation des périmètres irrigués);
- l'évapotranspiration de base ou ETP (paramètre de détermination des besoins en eau des cultures) ;

Ainsi, les politiques et stratégies d'élaboration des plans d'irrigation doivent perpétuellement s'adapter au changement du fonctionnement naturel des écosystèmes constituant les zones de prédilection.

III.8.Potentiel d'accroissement des cultures irriguées au mali

Les eaux de surfaces constituent la principale source pour l'irrigation au Mali. Les besoins actuels en eau du secteur de l'irrigation sont de l'ordre de 10 milliards de mètre cube (soit 20.000 m³/ha). Ces prélèvements sont presque entièrement concentrés sur une période de sept mois (allant du 1er juin au 31 décembre), ce qui semble laisser une grande marge pour des extensions de superficies irrigables.

En effet, avec près de 2.200.000 ha de terres aptes à l'irrigation, dont plus de 1.800.000 ha dans la seule vallée du fleuve Niger, le Mali peut constituer un grenier potentiel de l'Afrique de l'Ouest sous réserve d'une exploitation optimale des AHA existants (456 411ha soit à peine, 21% du potentiel).

Ainsi, le potentiel d'accroissement des AHA résume donc les actions en cours et les projections envisagées pour stimuler le développement de l'agriculture irriguée, tout en intégrant les facteurs inhérents aux différents enjeux évoqués.

III.9. Existence d'infrastructures structurants et en projet

Le Mali dispose actuellement sur les fleuves Sénégal et Niger et leurs affluents, de cinq barrages ayant une vocation hydro agricole. Il s'agit des barrages de :

- Sélingué sur le Sankarani, qui permet d'irriguer en gravitaire, environ 2 000 ha en aval ;
- Sotuba sur le Niger qui alimente le canal de Baguinéda pour irriguer environ 3 000 ha ;
- Markala sur le Niger qui relève le niveau du fleuve et permet l'alimentation des canaux de l'Office du Niger par dérivation;
- le barrage de Talo sur le Bani, qui a la capacité d'irriguer par dérivation, 20 000 ha en submersion contrôlée;
- Manantali sur le Bafing, qui contrôle les débits du fleuve Sénégal, et sécurise un potentiel d'irrigation de 15 000 ha pour le Mali.

En plus de ces barrages, d'autres seuils de régulation et de dérivation (Kourouba sur le Sankarani, Djenné sur le Bani, et Taoussa sur le fleuve Niger) sont en cours de réalisation, pour stimuler le développement de l'agriculture irriguée au Mali. Ces infrastructures permettront à termes, de mieux sécuriser les AHA existant sur les terres dominées (Maninkoura pour 1096 ha à partir du seuil de Kourouba et Sarantomo pour 1000ha à partir de celui de Djenné) et y permettre la double campagne avec des cultures de contre saison d'une part, et d'autre part, offrir des possibilités de nouveaux AHA (5000ha dans le Mandé à partir du seuil de Kourouba, plus de 60000ha dans le Pondori à partir du Seuil de Djenné, et plus de 30 000ha à partir du barrage de Taoussa).

III.10. Création de l'ATI

L'analyse de l'évolution des AHA a montré un faible rythme de réalisation inférieur à 15.000 ha/an. Les ambitions ci-dessus imposent, pour atteindre les objectifs fixés, un rehaussement de ce rythme à plus de 20.000 ha/an. A cet effet, le dispositif actuel de mise en œuvre des AHA est renforcé par la création de l'ATI dont le rôle principal est de booster le rythme d'aménagement grâce à la mobilisation de financements innovants et la mise en place de procédures accélérées de réalisation des AHA.

III.11. Actions en cours

III.11.1. Mise en œuvre du PGA de 100.000ha sur la période de 2014-2018

A court terme, pour la période 2014-2018, il est prévu d'aménager 100.000 ha nouveaux conformément aux orientations du Président de la République et à la Déclaration de Politique Générale du Premier Ministre devant l'Assemblée Nationale. Ce programme concernera en grande partie des projets dont le financement est déjà disponible ou qui sont en cours de négociation avec les PTF. Le tableau suivant renseigne sur le détail chiffré de ce programme par région et par classe d'AHA

Tableau N°6 : Présentation du Programme des 100 000 ha par région et par type d'aménagement

Designations	Resultats obtenus en termes de superficies amenees (HA)					
	Maitrise totale		Submersion controlee (GA)	Bas-fonds	Perimetres maraichers ⁵	Totale
Regions	GA (>100)	AP (<100)				
Kayes	880	340	2 000	5 169	96	8 389
Koulikoro	1 821	271	-	1 050	271	3 142
Sikasso	300	160	-	2 545	160	3 005
Ségou	43 017	96	10 540	4 619	96	58 272
Mopti	1 964	1 250	21 100	425	110	24 739
Tombouctou	200	842	-	400	25	1 442
Gao	-	984	-	-	25	984
Kidal	-	20	-	-	20	20
District de Bamako	-	56	-	-	56	56
TOTAL PAYS	48 182	4 019	33 640	14 208	859	100 049

III.11.2. Elaboration du PAHA de la zone Office du Niger

En vue de permettre la mise en valeur durable en cohérence avec les ressources en eau disponibles et conformément aux orientations du schéma directeur, le GRM est en train d'élaborer le PAHA de l'Office du Niger sur un financement de la Banque Mondiale à travers le Projet d'Amélioration de la Productivité Agricole au Mali (PAPAM).

III.11.3. Elaboration du PARIIS

Suite à la Déclaration de dite de « Dakar » en octobre 2013 sur la relance de l'agriculture irriguée dans le sahel, la Communauté internationale s'est engagée à apporter son appui technique et financier en vue de l'élaboration et la mise en œuvre d'un Programme d'Appui Régional à l'Initiative pour l'Irrigation au Sahel (PARIIS).

En cours d'élaboration avec l'appui technique et financier de la Banque Mondiale, la finalité de ce programme est de contribuer à la croissance et à la résilience de la région sahélienne en améliorant la compétitivité de l'agriculture irriguée et en augmentant sa valeur ajoutée dans le développement agricole des pays concernés, contribuant ainsi à la création d'emplois et à la réduction de la pauvreté.

L'initiative se fixe comme objectif d'atteindre à l'horizon 2020 et dans les pays concernés⁶, 1 million d'hectares de terres aménagées en maîtrise totale dont 350 000ha au Mali.

⁵ Les PPM sont comptabilisées avec les AP avec maîtrise totale de l'eau.

III.12. Perspectives à l'horizon 2024

L'ensemble des initiatives en cours vise l'atteinte des objectifs d'engagement du GRM pour la réalisation *350.000 ha dans le cadre du Programme Régional d'Aménagement Hydro Agricole (PRAHA)* de 600.000ha à l'horizon 2020. Dans le cadre de ce Programme :

- 60.000 ha intègrent les objectifs à court terme ;
- 200.000 ha de nouveaux aménagements est l'objectif minimal fixé à l'horizon 2020, par le Schéma Directeur de Développement de la Zone ON adopté en 2008, dont la mise en œuvre se fera en cohérence avec les conclusions des études d'élaboration du PAHA ;
- 90.000 ha sont prévus d'être réalisés dans les autres agropoles identifiés qui seront mis en place.

III.13. Traduction spatiale du potentiel d'accroissement

L'existence de terres aptes et de la ressource en eau facilement mobilisable sont les facteurs susceptibles de limiter le développement des infrastructures hydro agricoles. C'est pour cette raison que ces aménagements se situent en général dans les vallées d'inondation des cours d'eau pérennes ou sur les terrasses qui leur sont adjacentes.

III.13.1. Pour les AHA en maîtrise totale de l'eau

Les GA en maîtrise totale de l'eau occupe environ 141.923 ha de superficies brutes exploitées dont près de 89% dans la zone de l'Office du Niger (ON).

Les autres aménagements sont localisés dans : le haut bassin du fleuve Niger, le delta central et la boucle du Niger, la zone Mali Sud et la vallée du fleuve Sénégal.

Les principales zones concernées sont :

- la vallée du fleuve Sénégal encadrée par l'ADRS avec 1.000 ha aménagés sur un potentiel de 15.000 ha ;
- la haute vallée du Niger où évoluent l'OPIB (3.000 ha aménagés sur un potentiel d'environ 5.000 ha) et de l'ODRS (1.500 ha sur un potentiel de l'ordre de 20.000 ha, amont et aval) ;
- le moyen périmètre de Sofara (région de Mopti) ;
- plaines de San Ouest sur 1.540 ha aménagées ;
- des moyens périmètres totalisant environ 2.000 ha dans la région de Tombouctou (Goubo, Hamadja, Daye, Koriomé).

⁶ Les pays concernés sont : le Burkina Faso, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Sénégal et le Tchad.

III.13.2. Pour les AHA en maîtrise partielle de l'eau

Elle est pratiquée dans les plaines annuellement submersibles des régions de :

- Sikasso autour du périmètre de Kléla (800 ha) ;
- Ségou Tamani, Farako et Dioro en zone ORS (35.415 ha) et Moyen Bani Bla/San (8.000 ha) ;
- Mopti dans les casiers à l'ORM (49.190 ha) et dans le cercle de Djenné (Pondori, Kandara et casier amont de l'ORM pour 60.000 ha) ;
- et dans les lacs et mares des régions de Tombouctou et Gao ;
- dans le Sud du Mali (Sikasso, Koulikoro et Kayes).

III.13.3. Pour les cultures de décrue :

Cette technique traditionnelle d'irrigation est pratiquée dans les lacs et mares des Régions de Kayes (vallée du Térékolé/Kolimbiné/lac magui), Tombouctou (système des lacs rive gauche du Niger) et de Gao (amont et aval). Le surcreusement des chenaux naturels et la réalisation d'ouvrages de régulation ont permis d'améliorer ce système. La superficie occupée, variable en fonction du niveau de la crue se situe autour de 60.000 ha.

III.14. Le rôle des acteurs dans l'accroissement des AHA

Les acteurs jouant un rôle dans l'organisation institutionnelle et la mise en œuvre des projets/programmes d'aménagements hydro agricoles sont :

- L'Etat : à travers ses démembrements, assure les missions de services publiques (législation, réglementation, et de suivi et de coordination). Il joue aussi un appui conseil auprès des Organisations Paysannes et des collectivités territoriales ;
- Les chambres consulaires (APCAM/CRA et la Chambre des Métiers) et les organisations paysannes, ont la charge d'exploiter, de gérer et d'entretenir les infrastructures de production. Elles participent au processus de planification et de récupération des redevances ;
- Les Collectivités Territoriales : assurent la maîtrise d'ouvrage du développement local. Il est retenu dans le PNIP que la maîtrise d'ouvrage des projets leurs soit dévolue ;
- Les cadres de concertation et de planification : jouent un rôle d'équilibre social, permettant ainsi de veiller à la prise en compte par les différents acteurs de l'accès équitable aux ressources. Il s'agit des CROCSAD et des CLOCSAD ; des CRE (Comité Régionaux de l'Eau) et des CLE (Comités Locaux de l'Eau) ;
- Les prestataires de services privés : interviennent dans les études et les travaux sur la base de contrats rémunérés ;
- Les PTF : appuient sur le plan technique et financier les différentes initiatives y compris, les réflexions sur les politiques et les stratégies ;
- Les Organisations Non Gouvernementales (ONG) : viennent en appui aux populations ou aux collectivités en fonction de leur domaine de compétence.

III.15. Les contraintes à l'accroissement des AHA :

Elles ont trait à :

- la connaissance insuffisante ou obsolète de l'état de la ressource en eau et en terres,
- les conceptions inappropriées ou parfois, le manque de professionnalisme dans la réalisation des AHA ne permettant pas l'efficacité souhaitée de l'utilisation de l'eau et la durabilité des infrastructures ;
- le manque d'appropriation par les bénéficiaires, du processus d'identification, de conception et de réalisation avec comme conséquence, les déficits d'entretien et l'abandon de certaines infrastructures réalisées ;
- l'insuffisance d'appui-conseil et l'inorganisation des producteurs pour une gestion et une mise en valeur rationnelle et efficace des aménagements ;
- les difficultés de mobilisation des ressources internes et externes pour le financement de l'irrigation.

III.16. Les solutions proposées

Les solutions à ces contraintes résident dans :

- a1- la réalisation d'une nouvelle revue du sous-secteur de l'irrigation ;
- a2- la modernisation du réseau et du système de collecte des informations ainsi que le suivi de la ressource en eau notamment au niveau des Offices ;
- b1- la promotion des techniques d'irrigation moins consommatrices de l'eau ;
- b2- la poursuite de la reconversion des périmètres à submersion contrôlée en périmètres de maîtrise totale de l'eau ;
- b3- l'examen de la possibilité d'une tarification volumétrique de la redevance ;
- c1- la prise d'acte redéfinissant les rôles et les responsabilités des intervenants dans le sous-secteur de l'irrigation ;
- c2- le renforcement des cadres de concertation ;
- c3- la mise en place d'un programme minimum de recherche et d'expérimentation en irrigation ;
- d1- le renforcement de l'appui-conseil ;
- d2- le renforcement des capacités des organisations faitières ;
- e2- la définition d'une politique d'investissement et d'un mécanisme de financement.

Pour assurer la durabilité des infrastructures existantes, le système actuel d'entretien et gestion des aménagements doit être améliorée. *Ainsi, il est prévu l'organisation d'un forum des structures chargées de l'entretien et de la gestion des AHA pour faire le diagnostic des faiblesses du système et des propositions concrètes de solutions adaptées.*

L'amélioration du système passera par une meilleure clarification et codification du rôle de tous les intervenants, le renforcement des capacités des acteurs et la mise en place d'un mécanisme performant d'audit de l'entretien et de la gestion des aménagements hydro agricoles.

III.17. Questions de reflexion pour le futur

Au regard des différents enjeux, le développement de l'Irrigation au Mali appelle à des questionnements de divers ordres parmi lesquels:

- 1. Comment diminuer la forte dépendance des programmes d'irrigation, des financements extérieurs en mobilisant plus de ressources nationales et locales pour son financement ?*
- 2. Dans un contexte marqué par la décentralisation et la déconcentration des services de l'Etat, comment organiser le transfert de la « Maîtrise d'Ouvrage » des systèmes irrigués aux Collectivités Territoriales?*

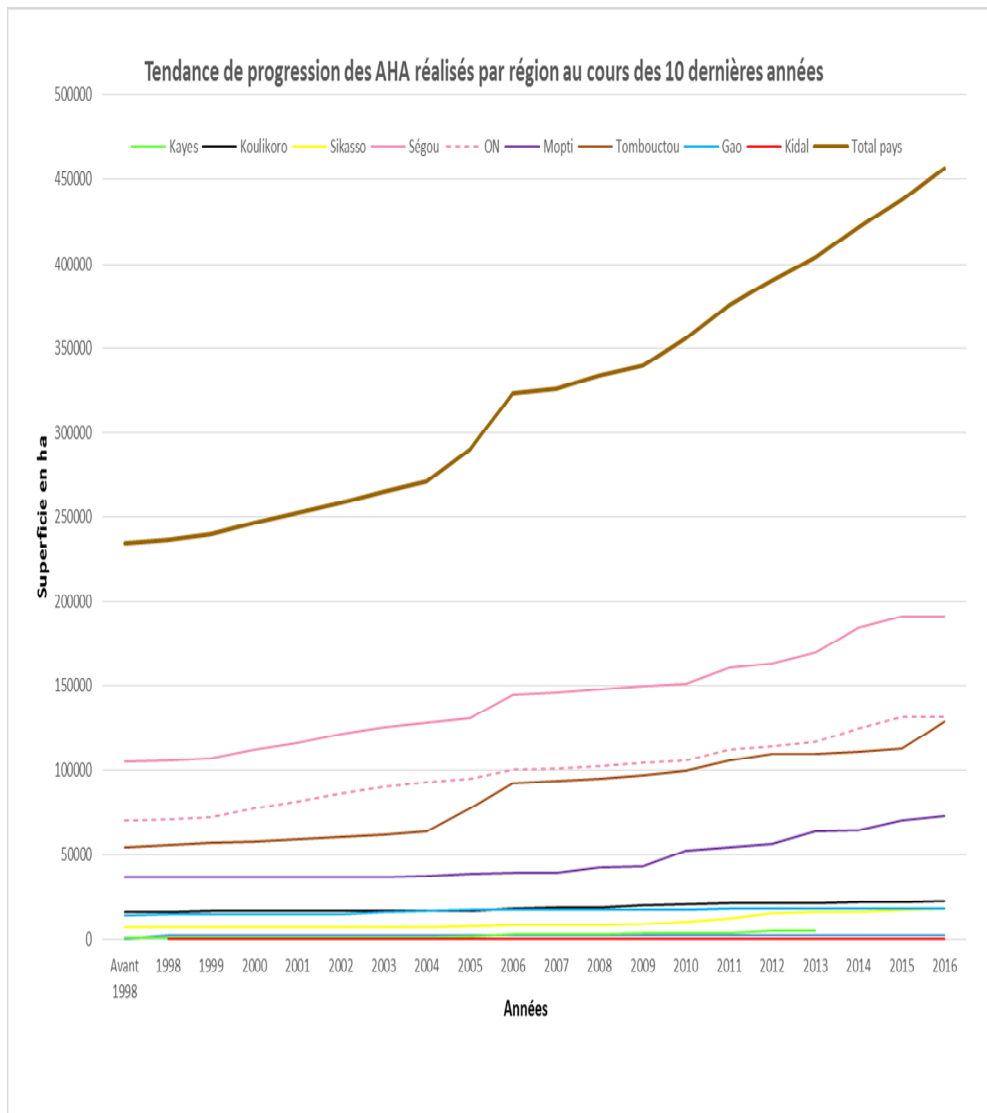
Voilà des questions d'actualité du sous-secteur que nous voudrions soumettre à la réflexion de nos lecteurs.

Annexes

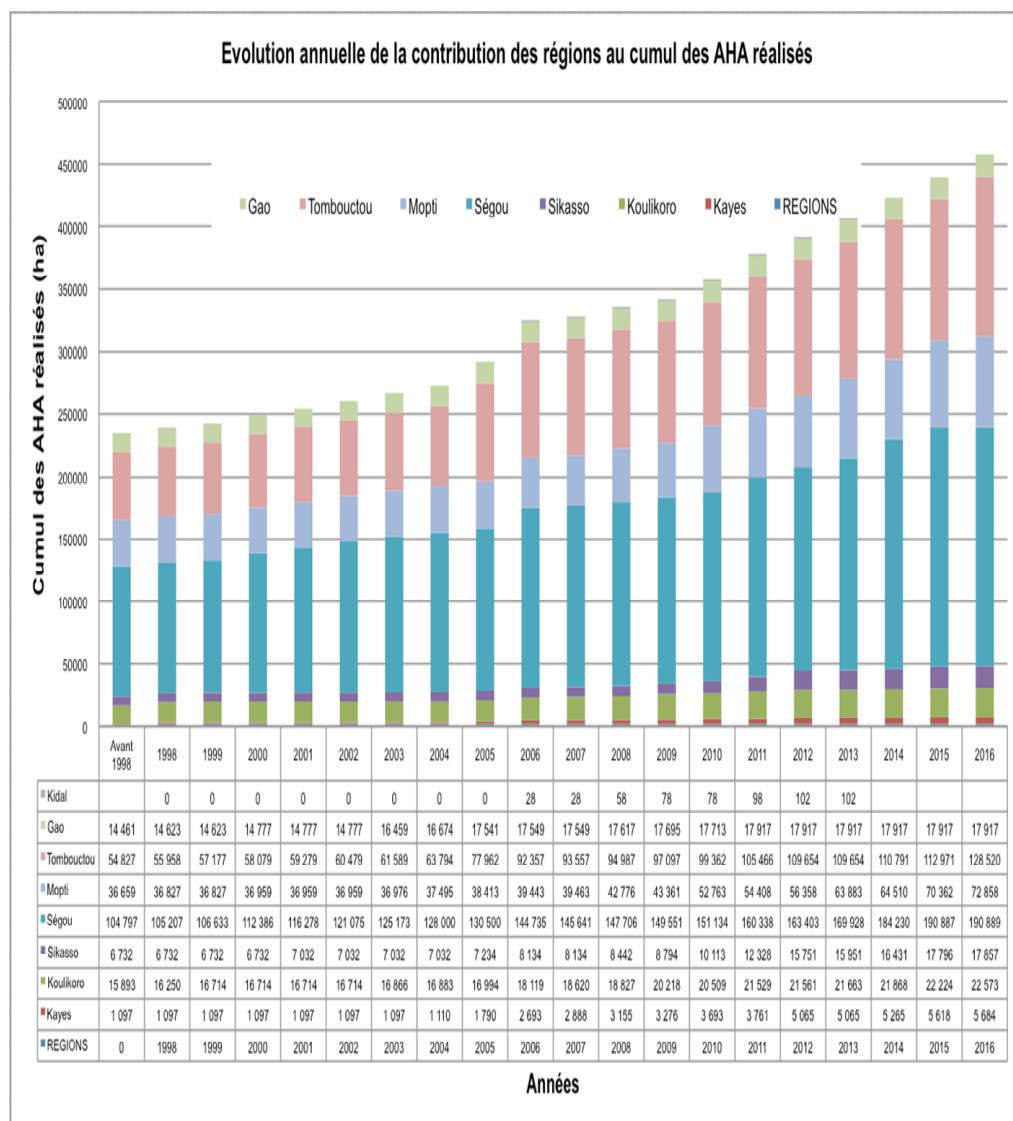
Tableau N°7 : Evolution des superficies aménagées (ha), tout type d'AHA confondu

Aucune entrée d'index n'a été trouvée.	x	30 000 ha					50 000 ha					103 000 ha					100 000 ha					x	
REGIONS	Avant 1998	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Kayes	1 097	-	-	-	-	-	-	13	680	903	195	267	121	417	68	1 304	-	200	353	66	0	0	5 684
Koulikoro	15 893	357	464	-	-	-	152	17	111	1 125	501	207	1 391	291	1 020	32	102	204,5	356	349,1	0	0	22 573
Sikasso	6 732				300		-	-	202	900	-	308	352	1 319	2 215	3 423	200	480	1365	61	0	0	17 857
Ségou	104 797	410	1 426	5 753	3 892	4 797	4 098	2 827	2 500	14 235	906	2 065	1 845	1 582	9 204	3 065	6 525	14 302	6 657	2	0	0	190 888
ON	70 704	410	1 426	5 393	3 892	4 797	3 560	2 732	2 025	5 174	810	1 538	1 539	1 580	6 713	1 820	2 500	8 358	6 116	0	0	0	131 087
Mopti	36 659	168		132		-	17	519	918	1 030	20	3 313	585	9 402	1 645	1 950	7 526	627	5 852	2 496	0	0	72 859
Tombouctou	54 827	1 131	1 219	902	1 200	1 200	1 110	2 205	14 168	14 395	1 200	1 430	2 110	2 265	6 104	4 188	-	1137	2180	15549	0	0	128 520
Gao	14 461	162	-	154	-	-	1 682	215	867	8	-	68	78	18	204	-	-	0	0	0	0	0	17 917
Kidal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	30	20	-	20	4	-	8,5	0	0	0	0	111
District de Bamako	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total pays	234 466	2 228	3 109	6 941	5 392	5 997	7 059	5 796	19 446	32 624	2 822	7 688	6 502	15 294	20 480	13 966	14 353	16 960	16 763	18 523	0	0	456 409
Résultats par PGA	x	23 667					67 747					78 283					52 246					221 943	

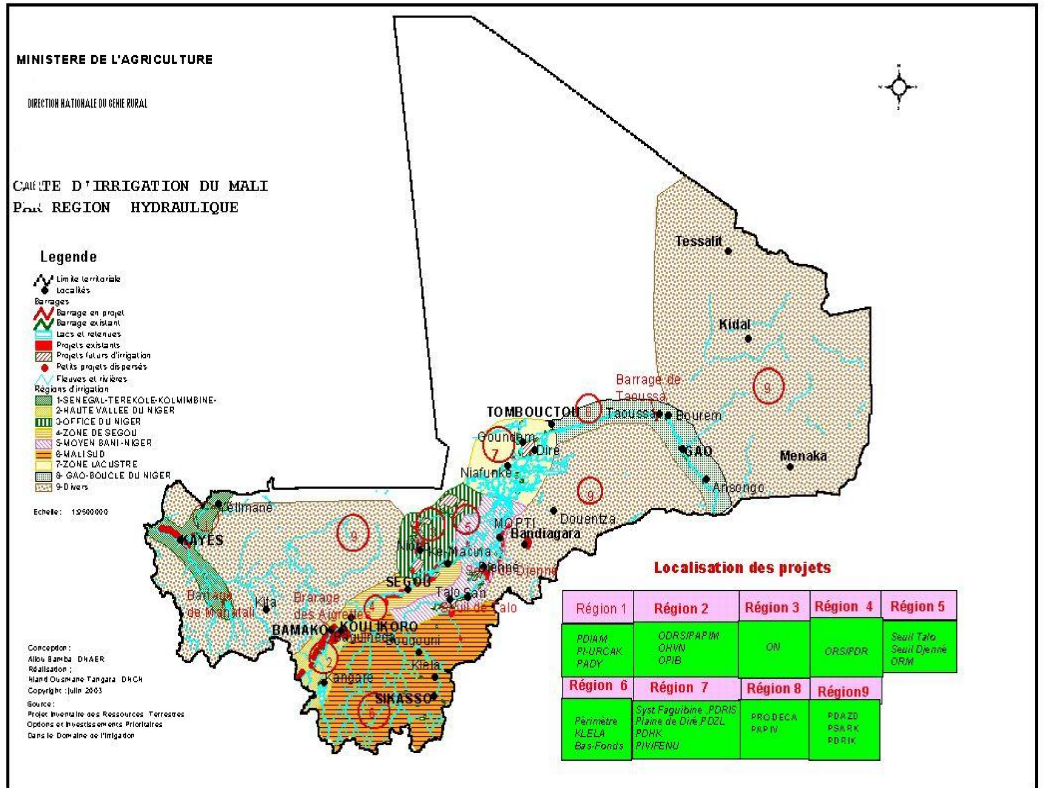
Graphique N°1 : Courbes d'évolution des superficies aménagées au Mali



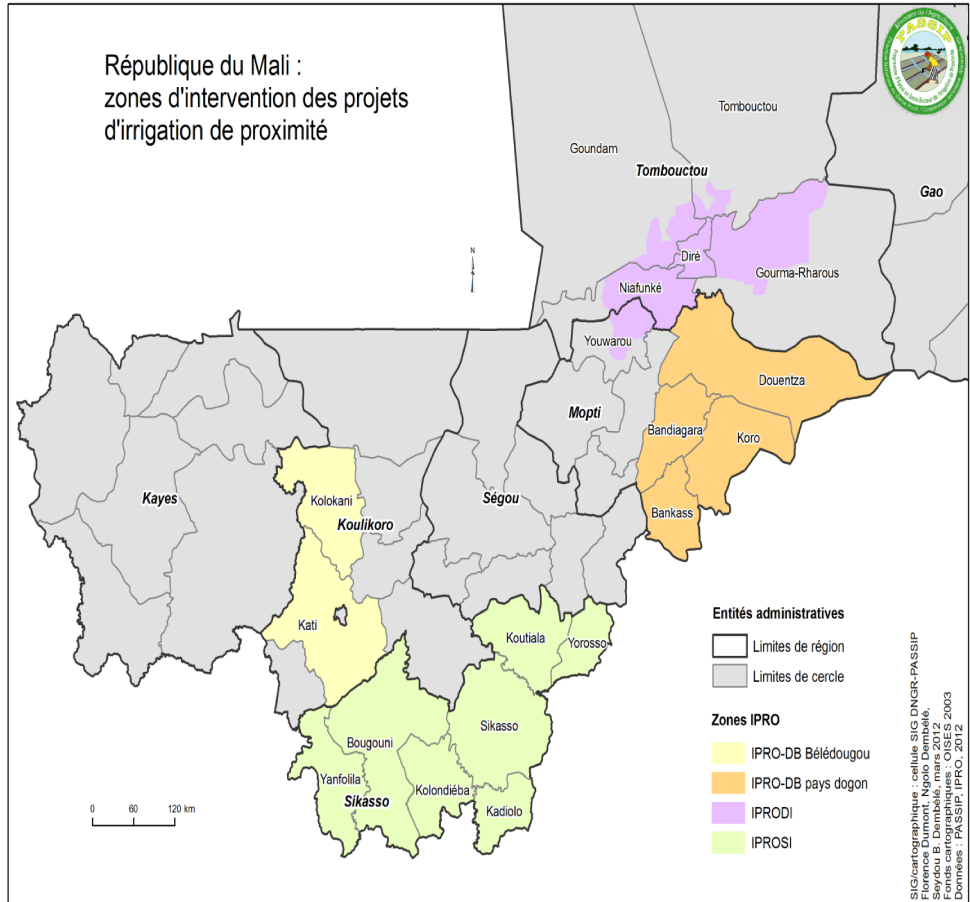
Graphique N°2 : évolution des AHA par région au 30 juin 2016



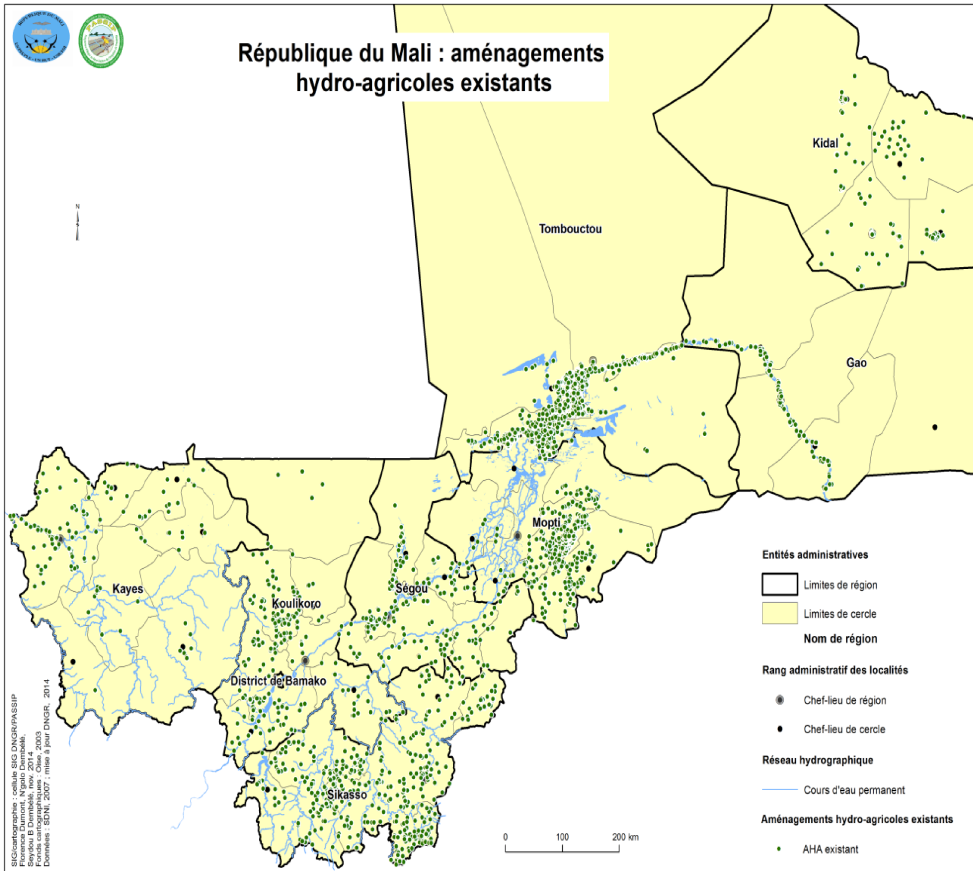
Carte N°1 : Localisation des régions hydrauliques du potentiel aménageable :



Carte N°2 : Zones d'intervention des projets d'irrigation de proximité :



Carte N°3 : localisation des AHA répertorié et géo référenciés au Mali :



Communication N°2: Décentralisation et développement agricole au Mali. Rôle et enjeux des filières agricoles dans la région de Ségou.

Moussa TOURE¹, Géographe, ENSup, Bamako, touremou@yahoo.fr
Aliou IBRAHIMA², Géographe, FASSO: Ségou, maimouna@yahoo.fr

¹- Ecole Normale Supérieure (Ensup) Bamako.

²- Faculté des Sciences Sociales (FASSO), US.

Résumé

Dans le contexte actuel de la décentralisation marqué de plus en plus par le désengagement de l'état, l'appui au développement agricole passe par le développement des filières agricoles à travers des réalisations et investissements dans les activités liées à la production et à la commercialisation agricoles, et par la mise en place de structures locales fournissant les services agricoles requis.

L'appui au développement agricole vise, entre autres, à aider les acteurs du secteur à mieux répondre à des enjeux de sécurité alimentaire, de valorisation et la préservation du potentiel agricole en investissant dans les *facteurs naturels de production, les infrastructures et équipements, les exploitations, la structuration et l'organisation professionnelle*.

Cette communication vise à analyser les enjeux liés à la décentralisation et au développement agricole à travers l'approche des filières agricoles. Elle offre l'occasion de s'interroger, dans un premier temps, sur le modèle de croissance redistributive inscrit dans les textes fondateurs notamment le *Cadre stratégique pour la croissance, l'emploi et la réduction de la pauvreté (CSCERP)* et les *Objectifs de Développement Durable (ODD)*, en questionnant les politiques et les cadres législatifs, stratégiques et opérationnels du développement agricole au Mali.

Dans un deuxième temps, nous explorerons, à travers une approche quantitative fondée sur la collecte et l'analyse des données sur les différentes filières agricoles dans la région de Ségou, les impacts de ces évolutions sur le développement économique régional et national.

Mots clés: Décentralisation, développement agricole, développement des filières agricoles.

Quelques concepts clés

Le concept de décentralisation fait référence «*au processus qui consiste à transférer une part de pouvoir exercé par un Etat à des entités politiques ou administratives d'échelon inférieur*». *Dictionnaire de la géographie de l'espace et des sociétés*. J. Levy et M. Lussault, Belin 2003.

C'est un terme polysémique et multi scalaire englobant plusieurs dimensions: la décentralisation politique, la décentralisation administrative, la décentralisation économique.

La décentralisation politique vise à conférer aux citoyens et/ou à leurs élus plus de pouvoir de décision en se fondant sur l'hypothèse de la participation des citoyens et divers groupes de la société. Elle suppose pour sa mise en œuvre des réformes constitutionnelles et statutaires et le renforcement d'un système politique pluraliste.

La décentralisation administrative vise à répartir, selon différents échelons de gouvernement, les responsabilités et les ressources financières pour assurer la fourniture de services publics. Il s'agit donc de transférer les responsabilités de planification, de financement et de gestion de tout ou partie des compétences sectorielles de l'Etat central et de ses organes vers des unités d'administration sur le terrain, des autorités publiques semi-autonomes ou des collectivités locales. Elle comprend:

- **la déconcentration**, qui consiste en un transfert de responsabilité du gouvernement central à des agents ou organismes locaux appartenant à l'administration d'Etat ;
- **la délégation de pouvoir** par laquelle l'Etat délègue un certain nombre de ses compétences à des structures publiques semi-autonomes qui, en dernier ressort, doivent lui rendre compte de la bonne exécution des tâches qui leur ont été confiées.
- **la dévolution** est la forme de décentralisation administrative qui accompagne la plupart des décentralisations politiques.

La décentralisation économique ou décentralisation des marchés : il s'agit là de transférer une part plus ou moins étendue des responsabilités de décision, de financement et de gestion exercées par le gouvernement central, concernant en particulier les services publics, à des structures privées (entreprises, associations, coopératives ...).

Le développement agricole est défini comme le « Progrès de l'agriculture et des agriculteurs dans les domaines économique, technique et social ; mais aussi comme l'ensemble des moyens et des organismes qui contribuent à la diffusion des progrès techniques dans les campagnes» Larousse Agricole, 1981, concerne les acteurs de l'agriculture en tant que secteur d'activité économique particulier, aux différentes échelles concernées. Il touche de façon générale l'équipement, la formation et les services pour la production et la commercialisation des produits

végétaux et animaux, ainsi que le renforcement des institutions publiques et privées du secteur.

Le **développement des filières agricoles** est un ensemble de réalisations et d'investissements dans les activités liées à la production et à la commercialisation agricoles, et par la mise en place de structures locales fournissant les services agricoles requis.

Introduction

Dans le contexte actuel de la décentralisation marqué de plus en plus par le désengagement de l'état, l'appui au développement agricole passe par le développement des filières agricoles à travers des réalisations et investissements dans les activités liées à la production et à la commercialisation agricoles, et par la mise en place de structures locales fournissant les services agricoles requis.

L'appui au développement agricole vise, entre autres, à aider les acteurs du secteur à mieux répondre à des enjeux de sécurité alimentaire, de valorisation et la préservation du potentiel agricole en investissant dans les *facteurs naturels de production, les infrastructures et équipements, les exploitations, la structuration et l'organisation professionnelle*.

Cet article tente les enjeux liés à la décentralisation et au développement agricole à travers l'approche des filières agricoles. Elle offre l'occasion de s'interroger, dans un premier temps, sur le modèle de croissance redistributive inscrit dans les textes fondateurs notamment le *Cadre stratégique pour la croissance, l'emploi et la réduction de la pauvreté (CSCERP)* et les *Objectifs de Développement Durable (ODD)*, en *questionnant les politiques et les cadres législatifs, stratégiques et opérationnels du développement agricole au Mali*.

Dans un deuxième temps, nous explorerons, à travers une approche quantitative fondée sur la collecte et l'analyse des données sur les différentes filières agricoles dans la région de Ségou, les impacts de ces évolutions sur le développement économique régional et national.

1. L'appui au développement agricole passe par le développement des filières agricoles

L'appui au développement agricole consiste à aider et à inciter les acteurs du secteur à mieux répondre à des enjeux nationaux (de sécurité alimentaire, de valorisation du potentiel agricole du pays pour l'obtention de devises...) tout en améliorant la situation de ces acteurs et en préservant éventuellement le potentiel productif. Il fait référence au progrès technique, à l'augmentation de la production et à l'amélioration des revenus et des conditions de vie des producteurs par une mise en valeur plus intensive des ressources disponibles. Cela passe par un accès :

- aux facteurs naturels de production,
- aux infrastructures et équipements,
- au financement des exploitations,
- à l'accès aux services non financiers (innovations techniques, gestion, commercialisation ...),
- et à la structuration et l'organisation professionnelle.

1.1. L'Accès aux facteurs naturels de production

Le développement agricole passe par la sécurisation de l'accès des producteurs aux ressources et aux facteurs naturels de la production agricole (eau, rivières, nappes phréatiques, terres agricoles, parcours, bois, friches...).

Les collectivités apparaissent comme ayant un patrimoine domanial et foncier réduit aux seuls biens clairement et précisément appropriés par elles (ce qui comprend les achats mais aussi les transferts de l'Etat).

Le Mali aussi a donné aux collectivités locales le pouvoir d'organiser l'utilisation des ressources naturelles et de la terre, sans pour autant lui permettre d'intervenir dans la procédure domaniale »⁷.

1.2. L'Accès aux infrastructures et aux équipements

L'équipement du territoire et les infrastructures rurales touchent directement ou indirectement le développement des activités agricoles ou d'élevage. Sont concernés l'accès aux infrastructures et aux équipements liés à l'approvisionnement (bâtiments et locaux), à la production (aménagements pour l'irrigation, ouvrages de protection ou réhabilitation de terres agricoles), la commercialisation, la transformation, le stockage (magasins).

1.3. L'Accès aux financements

Un volet important des appuis en matière d'agriculture concerne l'accès pour les acteurs du secteur, en particulier les producteurs, aux services financiers nécessaires au développement de leur activité (campagnes agricoles, matériels).

Peu d'éléments sont à rapporter sur ce thème. Aussi bien les textes de loi, les politiques nationales sectorielles et les stratégies des bailleurs de fonds n'incluent pas les collectivités dans l'appui au financement des producteurs et de leurs organisations via les systèmes de crédit agricole.

1.4. L'Accès aux services non financiers et appuis à l'organisation et à la structuration professionnelle

L'accès aux services non financiers tels que la recherche, la vulgarisation technique, la formation et le conseil mobilise des acteurs publics (services de l'Etat, recherche publique) et privés (organisation de producteurs, prestataires de services, recherche privée...).

Plus que dans la maîtrise d'ouvrage des services d'appui aux producteurs qui relève soit de l'Etat soit de plus en plus fréquemment des organisations de

⁷ Au Mali, le transfert des compétences de l'Etat aux collectivités locales, en matière de foncier et des différentes ressources naturelles (forêts, eau...) n'est pas encore effectif à l'heure actuelle.

producteurs, c'est dans la subvention à ces services que l'on peut envisager une intervention des collectivités (subvention à la recherche, mise en place de centres de formation, subvention aux organisations de producteurs).

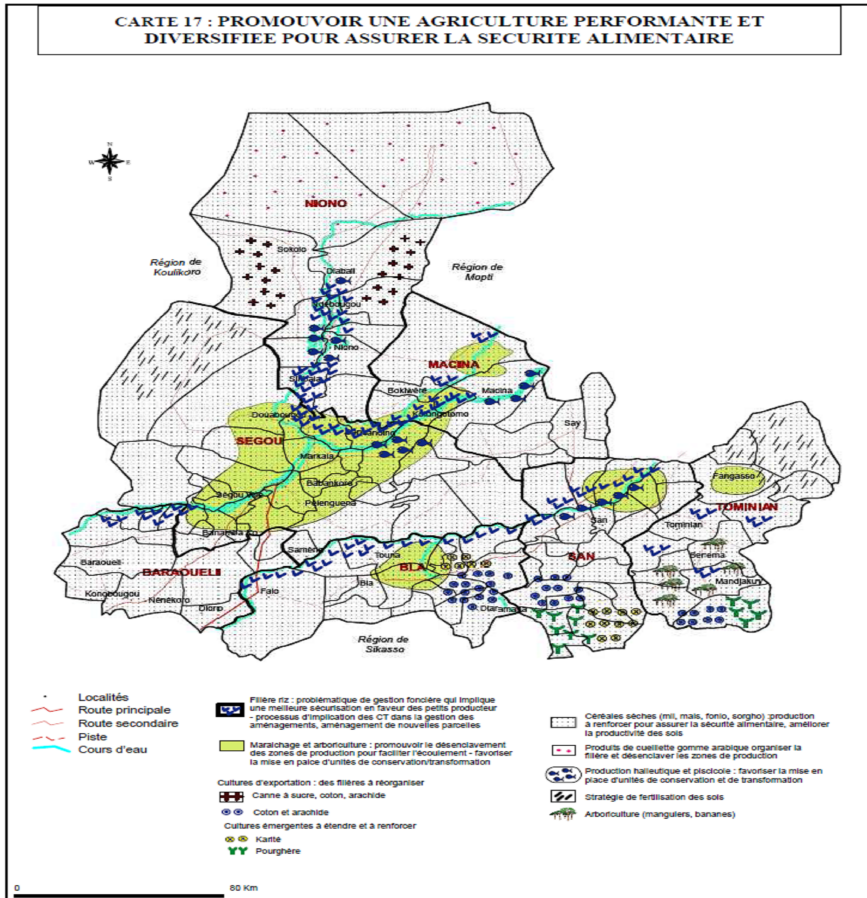
2. Les enjeux du développement des filières agricoles dans la région de Ségou

La région de Ségou est aujourd'hui perçue comme l'espace vital sur lequel doit s'appuyer le Mali pour assurer son développement économique, garantir son autosuffisance alimentaire et asseoir son rayonnement international. Ségou est le grenier du Mali, telle est l'image qui apparaît dans le discours des acteurs de développement de la région. Cette ambition est inscrite dans les documents de planification de premier degré (SRAT, PSDR, PDSEC, etc.) et fonde la vision de développement qui consiste à faire de Ségou à l'horizon 2030 « *une région attractive, une puissance agricole de la sous-région basée sur sa biodiversité, ses atouts économiques, culturels touristiques pour en faire la capitale économique du Mali.* »

Cette vision s'appuie sur *six axes de développement prioritaires* :

1. La promotion d'un développement agricole durable basé sur la valorisation de l'important potentiel de la région en aménagements hydro-agricoles ;
2. La promotion des infrastructures de stockage des céréales ;
3. La promotion des unités de transformation et de conservation des produits locaux (agro industrie) ;
4. Le soutien des échanges pour la commercialisation des produits agricoles notamment par le désenclavement des zones périphériques aux zones de productions et la promotion aux bourses de produits agricoles;
5. Le renforcement des activités de la recherche Agricole dans la région ;
6. Le développement et le soutien de l'agro-business ;

CARTE 17 : PROMOUVOIR UNE AGRICULTURE PERFORMANTE ET DIVERSIFIEE POUR ASSURER LA SECURITE ALIMENTAIRE



2.1 Le développement des filières s'appuie sur d'importantes potentialités agro-sylvo-pastoral

La région de Ségo recèle d'énormes potentialités en matière de ressources agro-sylvo-pastorales. Des superficies importantes agro-pastorales et hydro-agricoles aménageables estimés à près de 500 000 ha de bas fonds repartis dans l'ensemble de la Région et de plus d'un million d'hectares en zone Office du Niger.

La région dispose également de la présence de cours d'eaux importants : le fleuve Niger (près de 300 km) et son affluent le Bani (250 km). On y retrouve aussi deux cents mares permanentes, semi-permanentes ou temporaires.

Par ailleurs, la région est aussi une zone d'élevage par excellence avec un cheptel important et diversifié.

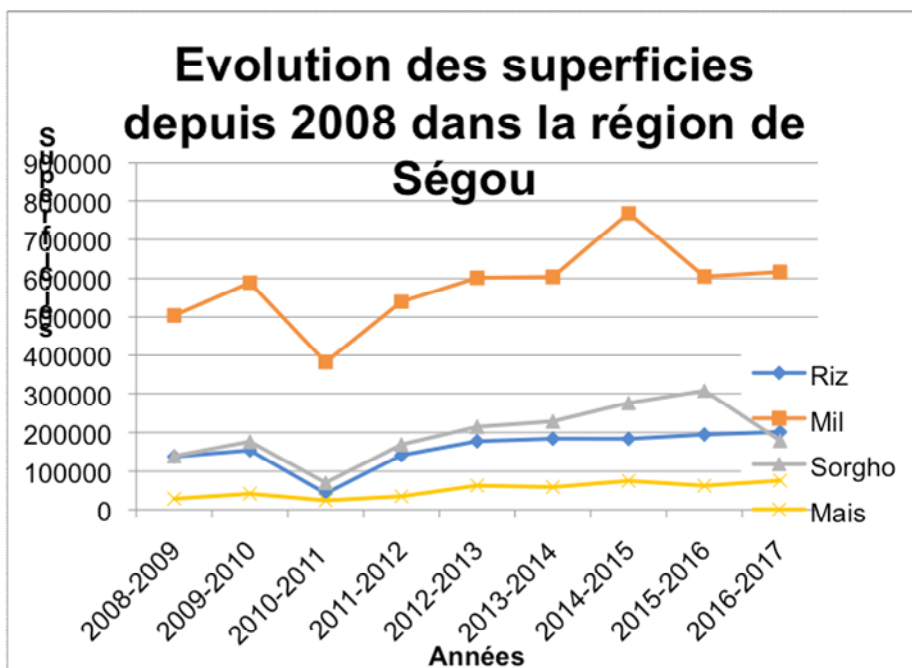
En plus des cultures traditionnelles, on observe l'émergence de l'arboriculture et la culture maraîchère.

Pour valoriser ces importantes potentialités agro-sylvo-pastorales, la région dispose de ressources humaines disponibles avec de bonnes initiatives de valorisation des potentialités socioculturelles, touristiques et artisanales.

Un autre atout de la région constitue sa position de rupture de charge et de zone de tampon au centre du pays et ayant des frontières communes avec cinq régions du Mali et deux Etats de la sous-région (Burkina Faso et la Mauritanie).

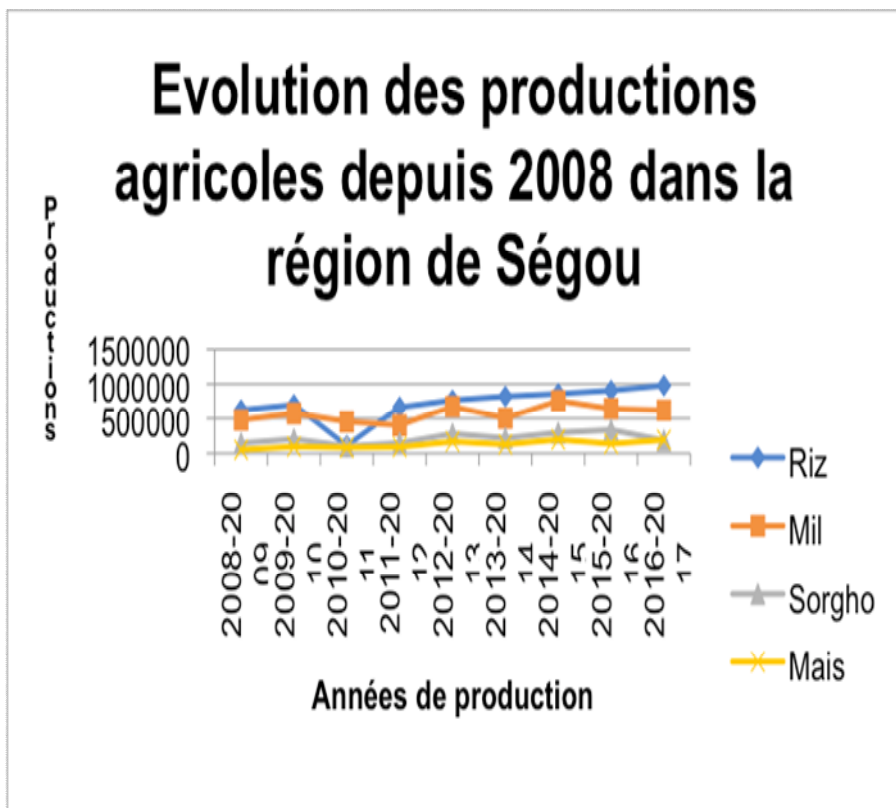
2.2. Des superficies agricoles des principales filières en augmentation fulgurante

En seulement dix années de productions observées (de 2008 à 2017) pour les principales filières agricoles (riz, mil, sorgho, maïs) les superficies emblavées sont passées presque du simple au double. La filière riz voit sa superficie augmentée de 138267ha en 2008-2009 à 201423 ha en 2016-2017 ; la superficie du mil, pour la même période passa de 459 804 à 616 796 ha ; le sorgho de 138 288 à 179 210 et le maïs, de 20 467 à 75 739 ha.



Les productions observées (de 2008 à 2017) pour les principales filières agricoles (riz, mil, sorgho, maïs), sont en constante augmentation. Les productions de riz sont passées de 625 214 tonnes en 2008-2009 à 981 405 en 2016-2017. On a observé tout de même en 2010-2011 une chute brutale de la production à seulement 110 486 tonnes liées à la mauvaise pluviométrie. Pour la filière mil, la production passe de 402 331 tonnes en 2008-2009 à 622 321 tonnes. Le sorgho

pour les mêmes périodes voit sa production passer de 130010 à 187202 tonnes. Le maïs a enregistré une croissance exponentielle de sa production passant de 22612 à 194 419 tonnes.



3. Les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces (FFOM)

FORCES	FAIBLESSES	OPPORTUNITES	MENACES
<p>1. Présence de cours d'eau importants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fleuve Niger : 292 km, • Le Bani : 250 km, • Les mares <p>(permanents, semi permanents, temporaires) plus de 200.</p> <p>2. Des potentialités agro-pastorales et hydro agricoles aménageables importants estimés à près de 500 000 ha de bas fonds repartis dans l'ensemble de la Région et de plus d'un million d'hectares en zone Office du Niger;</p> <p>3. Des ressources humaines disponibles avec de bonnes initiatives de valorisation des potentialités socioculturelles, touristiques et artisanales;</p> <p>4. Un cheptel important et diversifié;</p> <p>5. Emergence de l'arboriculture et la culture maraîchère;</p> <p>6. Zone tampon de par sa situation géographique au centre du pays et ayant des frontières communes avec 5 Régions du Mali et deux Etats de la sous Région (Burkina Faso et la Mauritanie).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • certains aménagements ne sont pas entièrement pas sécurisés (cas des aménagements à submersion contrôlée Office riz) • les producteurs ont des difficultés pour accéder au crédit (intrants et équipements) • une mauvaise structuration des marchés ne garantit pas des prix au producteur assez rémunérateurs • le coût élevé des intrants • faible productivité des filières de cultures sèches tributaires de la pluviométrie et des sols pauvres; • manque d'infrastructures de transformation • grande proportion de paille fourragère encore sous-exploitée par l'élevage /compost (gaspillage de 50% par piétinement vu la non récolte) 	<ul style="list-style-type: none"> • existence des structures de financement pour l'extension des superficies • l'accroissement de la demande au niveau national, sous régional et international ; • Le potentiel d'irrigation est très important dans la région • La possibilité d'étendre les superficies pour faire face à une demande de produit plus grande ; • Des marges de productivité existent en production comme à la commercialisation. Il est donc possible de diminuer les coûts et d'améliorer la compétitivité des produits. • Il est possible d'enclencher un effet d'entraînement, dans le sillage des flux de produits principaux, de produits "secondaires" • Des labels officiels sont favorables au renforcement de dynamiques et de cohésions locales. Ce sont des outils puissants de promotion sur les marchés traditionnels et ceux restant à découvrir 	<ul style="list-style-type: none"> • la concurrence du riz importé à moindre coût • l'envahissement des plantes aquatiques rendant difficiles les irrigations • la dégradation du réseau dans certains aménagements • l'attaque des déprédateurs : criquets et oiseaux granivores ; • La régression des ressources en eau menace la pérennisation de certaines productions. • L'enclavement et l'augmentation du prix du transport réduit la compétitivité des produits. • La concurrence de produits étrangers

Conclusion et recommandations

La mise en œuvre du processus de décentralisation à travers les réformes engagées a donné un coup de fouet au développement agricole à travers l'approche du développement des filières agricoles par des investissements dans les activités liées à la production et à la commercialisation agricoles, et par la mise en place de structures locales fournissant les services agricoles requis. La croissance de ces filières à travers les superficies emblavées et mises en valeur et l'augmentation des productions agricoles ont contribué sensiblement à l'augmentation du niveau de vie des populations à travers l'accès aux ressources générées.

Afin de renforcer l'impact du développement agricole sur les conditions de vie des populations des efforts importants doivent être déployés encore pour développer ces filières. Dans cet ordre d'idées, les recommandations suivantes sont nécessaires :

- Le développement des aménagements agricoles,
- La Mise en valeur des grands bas-fonds de la région,
- L'intégration progressive agriculture-élevage,
- L'accroissement des rendements par l'utilisation de la matière organique et les bonnes techniques de CES/DRS, la fixation des dunes et l'exploitation rationnelle des bassins versants ;
- La mise en œuvre efficace des politiques sectorielles agricoles, sylvicoles et d'élevage ;
- La création d'une synergie entre les artisans, les commerçants et les agriculteurs dans les filières porteuses ;
- Le développement des activités de la recherche agricole en fonction des zones agro -écologiques.

En outre les mesures d'accompagnement suivantes pourront être envisagées :

- La mise en place d'un système de crédit agricole (matériels agricoles, intrants, etc.) ; accessible aux agriculteurs étant donné la faiblesse de leurs revenus ;
- Le renforcement des banques de semences et de céréales ;
- La création d'infrastructures de conservation, de conditionnement et de transformation des produits agricoles : séchoirs, stockages, moulins ;
- L'équipement et la formation des producteurs en lutte anti – acridienne et aviaires ;
- L'organisation des producteurs et le renforcement de leur capacité.

Communication N°3: Gouvernance des ressources pastorales dans un contexte de changement climatique au Mali: cas de la Commune rurale de Sincina

**Tidiani SANOGO¹, Amadou SIDIBE²,
Moussa KAREMBE³ et Abdou BALLO⁴**

¹ Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako;

² International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) du Mali;

³ Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako (USTTB); 4. Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako.

Resume

La présente étude vise à déterminer les mécanismes de gouvernance des ressources pastorales dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques dans la commune rurale de Sincina, cercle de Koutiala au Mali. Cent vingt (120) chefs de ménages ont fait l'objet d'enquêtes individuelles dans quatre (4) villages. Des données de pluies et de températures de la station de Koutiala ont été collectées et analysées, sur une période de quarante ans. Les résultats ont montré que la valeur sociale apparaît comme un obstacle dans l'application correcte des règles de gestions des ressources pastorales. À Koutiala, la variabilité interannuelle des pluies n'est pas significative en revanche une tendance à la hausse des températures a été observée. La pratique de la transhumance, la pratique des cultures fourragères, le reboisement d'espèces végétales appréciées, de la conservation des forêts sacrées sont les principales stratégies adoptées par les communautés face aux aléas climatiques.

Mots clefs: Gouvernance, ressources pastorales, variabilité climatique, valeur sociale, Sincina, Mali.

Introduction

Au XXème siècle, la question d'une meilleure gestion des ressources pastorales est devenue plus pressante dans le sahel du fait des changements structurels qui ont profondément modifié la problématique de l'accès aux pâturages (RéDéV., 2005). De nombreuses pistes de passage et aires de pâturages ont été mises en culture. Les droits d'accès au foncier et les rapports entre agriculteurs et éleveurs furent modifiés (RéDéV., 2005). Cette situation a contribué à la transformation des modes de gestion des pâturages et des points d'eau. Les résidus de cultures, les mauvaises herbes et les rejets ligneux, longtemps fourrages libres d'accès dans les champs une fois la récolte faite, sont de plus en plus réservés pour une utilisation privée par le cultivateur (Hiernaux, 2013). Pour mieux faire face à cette situation, de nombreux pays sahéliens ont mis en place des législations pastorales. Des instances locales sont impliquées dans la définition de l'accès et la gestion des ressources naturelles (Hilhorst., 2008).

Les conflits locaux sont souvent résolus conformément aux procédures coutumières (Hilhorst., 2008). Ce pendant de nos jours, l'accès aux ressources pastorales souffre de la pression des pratiques agricoles et des changements climatiques. Les impacts de ces phénomènes sur l'élevage pastorale au Mali se sont faits déjà sentir depuis les épisodes de sécheresses des années 1970 avec comme conséquence la diminution en quantité et en qualité des pâturages (PANA-Mali., 2007) traduisant une diminution des ressources ligneuses et herbacées appréciées par le bétail (Sanogo *et al.*, 2016). La présente étude a pour objectifs de déterminer les mécanismes de gouvernance des ressources pastorales dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques dans la commune rurale de Sincina.

II. Materiel Et Methodes

2.1. Présentation du site de recherché

La présente étude a été conduite dans la commune rurale de Sincina qui relève administrativement du cercle de Koutiala dans la région de Sikasso (Figure 1). La commune est traversée par la RN 11 (Koutiala-Sikasso) et la RN 12 (Koutiala-Koury). Elle est composée de sept (07) villages : Bania, N'Goukan, Sincina, Try1, Try2, Nampossela, Kaniko. En 2009, la population était de 18 832 habitants, dont 9 265 hommes et 9 567 femmes (INSTAT, 2013). Le climat est du type soudanien avec une précipitation moyenne annuelle variant entre 700 et 900 mm par an avec une température moyenne annuelle de 27°C.

2.2. Collecte des données

Le nombre de ménages à enquêter a été déterminé à partir de la formule de Lahcen (2014).

$$n = \frac{N}{(1 + N) e^2}$$

N= Nombre total de ménages ; **n**= Taille de l'échantillon ou Nombre de ménages à enquêter ; **e**= Marge d'erreur

Une marge d'erreur de 10% a permis d'avoir un échantillon de 100 acteurs prévus dont 120 chefs ont été enquêtés individuellement dans la zone d'étude. Sincina a été choisie sur la base de la fréquence des conflits de gestion, de l'existence des conventions locales et l'importance du cheptel. Les villages enquêtés ont été choisis sur la base des critères suivant: la taille du cheptel, la fréquence de conflits de gestions des ressources pastorales, la répartition géographique. Des groupes de discussion ont été organisés dans tous les villages enquêtés. Des données mensuelles de pluviométries et de températures ont été collectées dans la station de Koutiala.

2.3. Analyse des données

Des recherches documentaires ont été menées dans plusieurs centres de documentation du Mali afin de cadrer la méthodologie de recherche. La saisie, le traitement et l'analyse des données ont été faits les logiciels suivant: SPSSv20 (données d'enquête), Excel 2010 (graphiques), XLSTAT 2017 (test statistiques). Les anomalies du cumul pluviométrique et de températures ont été analysés à travers les logiciels Instat+v3.36.

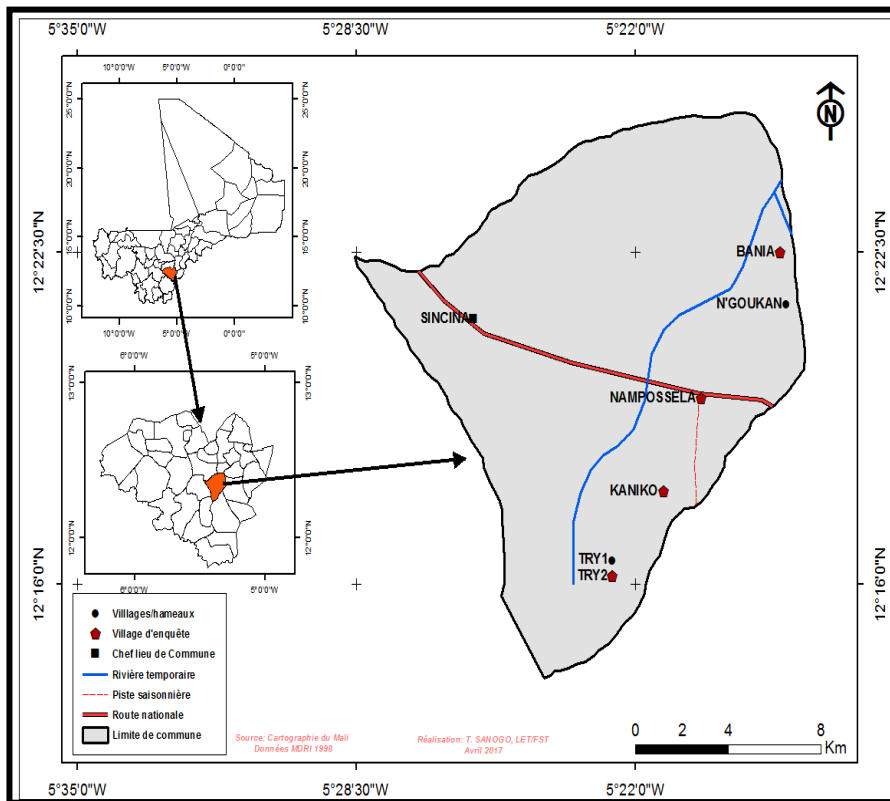


Figure 1: Localisation de la commune rurale de Sincina sur la carte du Mali

III. Resultats Et Discussions

3.1. Les acteurs de la gouvernance des ressources pastorales à Sincina

Dans la commune rurale de Sincina, les acteurs de la gouvernance des ressources pastorales sont les autorités traditionnelles, les Groupements Socioprofessionnels des Hommes (GSH), les Groupements Socioprofessionnels des Femmes (GSF), la convention locale SIWAA et la convention locale WUSIGUIGNON, le maire et ses collaborateurs de service; les services techniques communaux, les services techniques niveau cercle. Ces acteurs enquêtés sont majoritairement Minyanka. Ce résultat concorde avec celui obtenu par la Mairie de la Commune Rurale de Sincina (MCRS) en 2016 dans le cadre de l'élaboration du Plan de Développement Social Economique et Culturel (PDSEC) qui a illustré que les Minyanka sont majoritaires dans le cercle de Koutiala. Les autorités traditionnelles constituent l'autorité de base dans la gestion des ressources pastorales dans la commune rurale de Sincina. Ce résultat a des rapports avec celui de RéDéV (2005) rapportant que les autorités traditionnelles locales exercent une forte influence dans le domaine foncier suivant les pays.

3.2. Gestion des ressources pastorales : Règles et pratiques

3.2.1. Règles

Les communautés de Sincina ont signé des conventions locales, SIWAA et WUSIGUIGNON pour une meilleure gestion des ressources pastorales. Cela a nécessité une gestion participative des ressources pastorales régies par des règles dont toutes les communautés sur places ou en mobilités sont tenues de respecter. Le non-respect de ces règles nécessite des sanctions en fonction des exigences des conventions signées et celles verbales. Ce résultat converge vers une étude menée par sur la gouvernance des ressources pastorales dans la commune rurale de Kouri qui rapporte que les transhumants sont légalement exempts de sanctions en cas de non-respect des principes établis par la convention (Hochet., 2004). Ainsi dans l'espace (zone) SIWAA et WUSIGUIGNON, les animaux en transhumance ne doivent pas séjourner. Certaines espèces d'importance écosystémiques (alimentaire, médicale....) telles que *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa*, *Acacia albida*, *Guiera senegalensis* sont protégées.

3.2.2. Pratiques

Dans la pratique, les animaux étrangers peuvent séjourner pendant 2 à 5 jours selon un village donné. La population a tendance à craindre l'exploitation de forêts sacrées villageoises que les forêts conventionnelles signées compte tenu des conséquences à subir. La pratique des règles de gestion des ressources pastorales reste fortement influencée par la valeur de la solidarité et le statut social. Ce résultat corrobore celui de RéDeV (2005) qui a démontré que la gestion des ressources pastorales est régie par un éventail de facteurs sociaux tels que la parenté, l'appartenance ethnique, le statut et la résidence. L'application des règles dans la gestion des ressources pastorales constitue des stratégies d'adaptation aux changements climatiques.

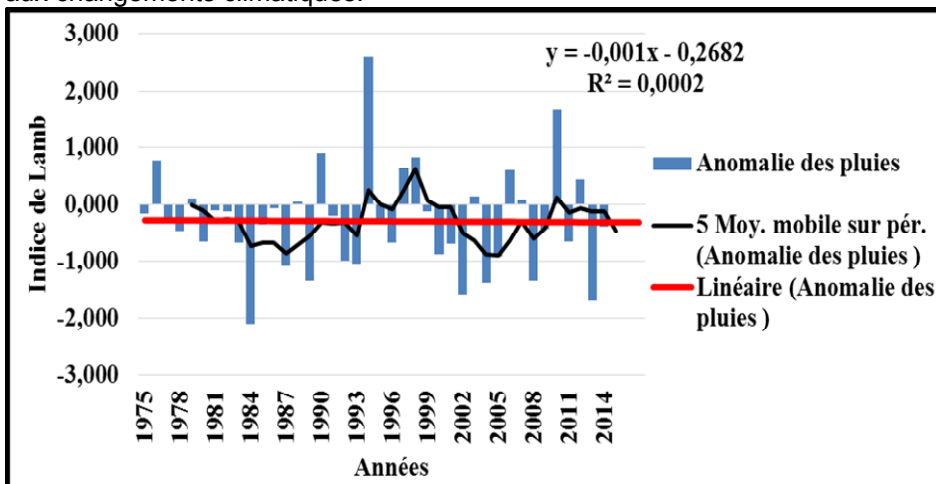


Figure 2: Évolution interannuelle de la pluviométrie dans la station météorologique de Koutiala de 1975 à 2015

3.4. Cumuls pluviométriques

L'analyse de l'anomalie standardisée indique une variabilité interannuelle des cumuls pluviométriques dans la station du cercle de Koutiala pour la série 1975 à 2015. Cette variabilité se caractérise par une légère tendance générale à la baisse (figure 2). L'application du test de Pettitt et de Mann Kendall n'a pas pu permettre d'observer une valeur significative. Ce résultat concorde avec les observations de Traoré *et al.*, (2004), de l'AEDD du Mali (2011) qui stimulent une diminution de la pluviométrie au Mali avec un déplacement des isohyètes vers le sud. Par contre, il est contraire à celui de Sanogo *et al.*, (2016) qui a observé une tendance générale à la baisse de la pluviométrie dans la station de Kolokani pour la série 1980-2014.

3.5. Température maximale et minimale

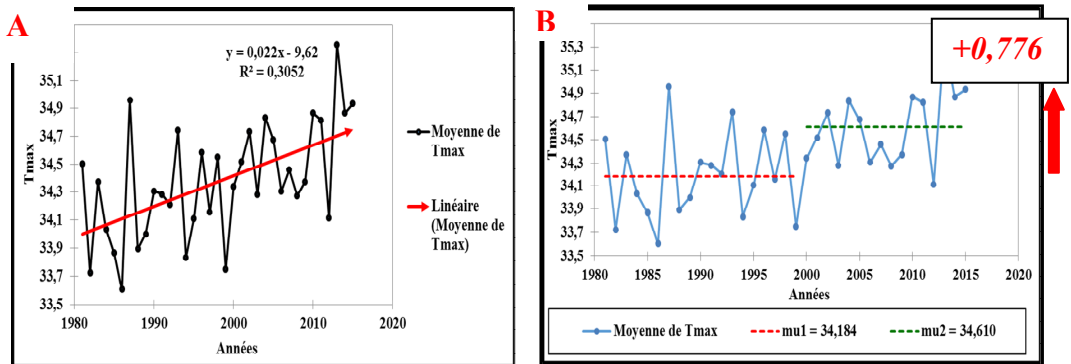


Figure 3: Tendence (A) et Rupture (B) de la série de Tmax dans la station de Koutiala de 1980 à 2015

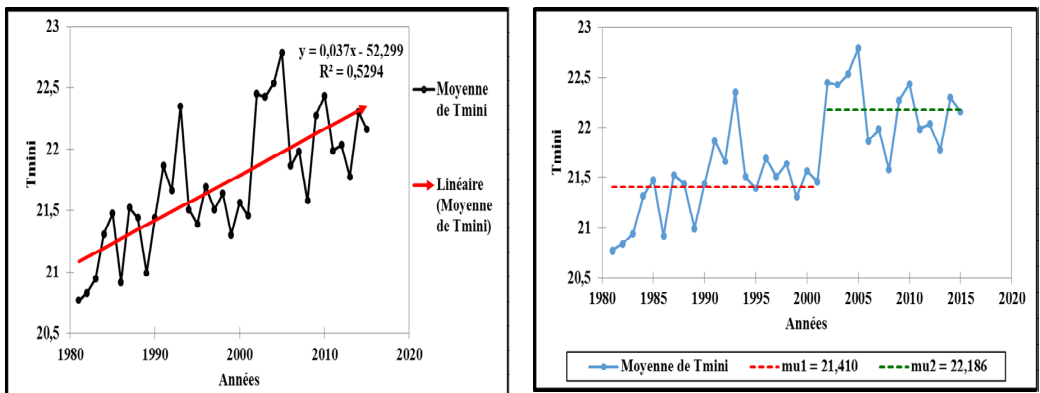


Figure 4: Tendence (A) et Rupture (B) de la série de Tmini dans la station de Koutiala de 1980 à 2015

L'application des tests statistiques aux températures a permis de constater une tendance significative à la hausse soit $+0,426^{\circ}\text{C}$ pour la température maximale (Figure 3) et $+0,776^{\circ}\text{C}$ pour la température minimale (Figure 4) entre 1980 et 2015 dans la station de Koutiala. Ce résultat concorde avec celui de Touré (2014) dans la Région de Koulikoro au Mali qui montre une augmentation des températures maximales et minimales dans la station de Bamako pour la série 1950-2010 soit 0,92 pour les minimales.

3.5. Stratégies des communautés paysannes de gestion des ressources pastorales dans un contexte des changements climatiques

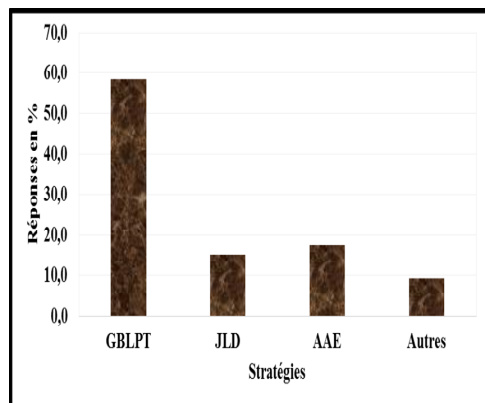


Figure 5: Stratégies adoptées face au rétrécissement des

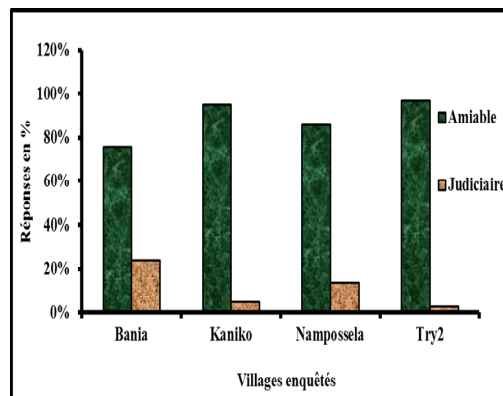


Figure 6: Stratégies de gestion des conflits par les

L'analyse de la figure 5 illustre que la stratégie la plus importante est la garde des bœufs de labour et la pratique de transhumance. Ce résultat est corroboré par celui d'Abiola *et al.*, (2005) qui stimule que la pratique de la transhumance la sauvegarde de la valeur marchande des animaux en mettant à leur disposition de l'eau et du pâturage, la transhumance peut permettre la création d'emplois même s'ils sont temporaires. Les conflits liés aux ressources pastorales est résolue généralement de façon à l'amiable à Sincina (Figure 6). Des résultats similaires au Sahel avait été rapportés par Hilhorst (2008) montrant que les conflits locaux sont souvent résolus conformément aux procédures coutumières qui prévoient l'intervention d'intermédiaires indépendants dont le statut est reconnu par la société et les groupes parties au conflit afin d'éviter de porter les conflits devant l'administration ou les tribunaux.

Conclusion

Les principaux acteurs de la gestion des ressources pastorales sont les autorités traditionnelles, les conventions locales, groupements socioprofessionnels des hommes et des femmes, les services techniques communaux; le maire et ses conseillers, les services techniques au niveau cercle, le tribunal de première instance. Des règles ont été mises en œuvre pour la gestion des ressources

pastorales. Cependant de multiples contraintes entravent l'application de ces règles: niveau élevé de la solidarité, le statut social, les niveaux de apports existants entre les parties et les autorités traditionnelles. Les différentes stratégies adoptées par les producteurs sont la Régénération Naturelle Assistée (RNA), le reboisement d'espèces végétales appréciées par les animaux, la pratique de la transhumance, la résolution à l'amiable des conflits liés à la gestion des ressources pastorales, la création de couloir de passage des animaux. La station de Koutiala révèle une légère tendance à la baisse de la pluviométrie et une augmentation des températures.

IV. References

- Abiola F. A., Teko-Agbo A., Biaou C., Niang M. 2005. Importance socio-économique et zoonitaire de la transhumance, 15p.
- AEDD, 2011. Politique Nationale sur les changements climatiques. Rapport final, Mali, 45p.
- Hiernaux P., 2013. Les facteurs d'insécurité liés à la dégradation des ressources pastorales: pratiques d'exploitation des terres et changement climatique. Colloque Régional De N'Djamena, 8p.
- Hilhorst T., 2008. Le rôle des instances locales de gouvernance dans la gestion des ressources naturelles au Mali, au Burkina Faso et au Niger. KIT Working Papers Series G1. Amsterdam: KIT. Royal Tropical Institute, 35p.
- INSTAT, 2013. 4ème Recensement Général de La Population et de L'Habitat (RGPH) du Mali. Résultats Définitifs, Tome 0 : Répertoire des villages, 318p.
- Lahcen O., 2014. Echantillonnage Action Contre la Faim (ACF). (<https://fr.scribd.com/doc/221854657/1/INTRODUCTION?sh=9c21696b02e8cb0e>)
- PANA-Mali, 2007. Programme de préservation des ressources naturelles. République du Mali, Ministère de l'Équipement et du Transport, Direction Nationale de la Météorologie, 101p.
- RéDéV, 2005. Concertations multi-acteurs pour une gestion agro-pastorale. Sahel occidental. Iram, 24p.
- Sanogo T., Ballo A., Garba I., 2016. Vulnérabilité des Ressources Pastorales face à la Variabilité et au Changement Climatique dans la Commune Rurale de Tioribougou, Mali. Cahiers du CBRST, N° 10 Décembre 2016, Environnement et Sciences de l'Ingénieur, ISSN : 1840-703X, Cotonou (Bénin), 26p.
- Touré N. K., 2014. Etude de la Vulnérabilité de la Forêt Classée de la Faya et des Populations Riveraines Face aux Changements Climatiques au Mali. Mémoire de Mastère en CCDD, Niger, CRA, 91p.

Communication N°4: Modalités d'accès des maraichers à la terre dans le district de Bamako

**Fatoumata MAIGA¹, T'dji dit Jacques DEMBELE¹,
Sabaké Tianégué DIARRA²**

¹. Faculté d'Histoire et de Géographie de l'Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB) Mali, E-mail : fsamba2004@gmail.com

². Institut Polytechnique rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou, Mali

Résumé

L'urbanisation de Bamako a été qualifiée d'anarchique due d'une part à des problèmes d'aménagement de l'espace et d'autre part à la présence d'une forte densité de population rurale. Cette forte population rurale, confrontée à des difficultés d'insertion, se donne à des activités informelles comme le maraichage pour satisfaire les besoins essentiels pour leur survie. Cependant, l'acquisition de l'espace pour cette activité constitue une réelle problématique aujourd'hui dans la mesure où les politiques d'urbanisation ne l'ont pas inséré dans ses plans d'aménagement. L'objectif visé est d'analyser les modalités d'accès des maraichers aux espaces maraichers, les motifs du choix de sites et la durée de l'occupation de l'espace. Pour atteindre cet objectif, une enquête à base de questionnaire a été menée auprès de 150 maraichers sans distinction aucune, choisi par méthode aléatoire. L'appareil GPS a permis de relever les coordonnées géographiques des sites de maraichage. Les logiciels Epi Data, Access, MapInfo, SPSS et Excel ont servi pour la saisie, le traitement et l'analyse des données.

En termes de résultat, l'étude montre que 51% des maraichers ont reçu leurs parcelles par emprunt contre 1,33 qui l'avait acheté. Les motifs évoqués pour le choix de site sont la disponibilité de l'espace et de l'eau respectivement pour 51% et 31% contre 18% pour la fertilité des sols. Quant à l'ancienneté dans le métier, 69% des maraichers exercent il y a 10 ans contre 4% depuis plus d'un demi-siècle.

En conclusion, nous pouvons dire que l'avenir du maraichage à Bamako est sombre. S'il constituait une préoccupation des décideurs d'avant, force est de reconnaître que les espaces se rétrécissent pour d'autres fins urbaines.

Mots clés : Mode, Maraichage, Espace, Urbanisation, Bamako.

Introduction

L'urbanisation est l'une des transformations qui a affecté le continent africain depuis la veille des indépendances. Elle est l'un des phénomènes les plus marquants du 20^{ème} siècle et devient spectaculaire à Bamako avec le taux de croissance le plus élevé d'Afrique soit 5,8% et deuxième du monde. Selon VERNIER J. (2011), 2/3 de la population mondiale vivront en ville d'ici 2050 soit 66 %. Ce spectacle est perceptible à Bamako et est dû à deux facteurs : le fort taux de natalité et l'exode rural. Avec un effectif de 658.275 habitants en 1987 elle atteint 1.809.106 en 2009 soit 12% de la population du pays (RGPH, 2009). Cette augmentation exponentielle perturbe les projets d'aménagements. Le périmètre d'urbanisation défini par le Schéma Directeur d'Aménagement Urbain qui couvre une superficie totale de 142.000 ha dont 24.000 dans les limites actuelles du district et 118.000 dans la région de Koulikoro (MAIGA F., 2009) en est une preuve palpable.

La croissance démographique entraîne également des difficultés importantes en termes d'occupation et d'accès à la terre, d'assainissement et d'hygiène, d'accès aux besoins vitaux, etc. En effet, la grande question est de savoir comment tous ces citadins vont se loger et se nourrir et avec quel moyen ? La pratique du maraichage urbain pour satisfaire lesdits besoins pourrait répondre à cette question étant donné que la ville reste le plus grand consommateur des produits du maraichage.

A titre indicatif, selon une étude de SAMAKE F. et al. (2011), Bamako consomme annuellement 28 402,4 tonnes de produits maraichers divers dont 22 931,9 tonnes de légumes. Ces légumes sont produits en toute saison dans le district de Bamako. Sa production est passée de 15 745 tonnes en 2015 à 22 561 tonnes en 2016. (DNA, 2016). En terme d'espace, à part les 20 hectares de Sotuba, il n'y a pas d'espace aménagé officiellement dans le district pour l'activité. Les autres espaces aménagés par les autorités se situent dans un rayon de 30 km (Baguinéda et Samankô). Ces constats compliquent davantage la dynamique de l'occupation et la gestion de l'espace. Cependant, on assiste à une occupation anarchique des parcelles par les maraichers dans les bas fonds (fleuve, rivière), à proximité des cimetières, le long des axes de communication et à l'intérieur des quartiers sur des espaces non construits ou en chantier. En guise de preuve, le rapport de projet AAP n°002007/ de l'Agence Nationale de la Sécurité Sanitaire des Aliments (ANSSA, 2007) a détecté des superficies exploitées par les maraichers réparties comme suit : 131,92 ha à Sotuba, 112,78 ha à Magnabougou, 83,95 ha à Djelibougou, 76,27 ha à Korofina et 18,92ha de Ngolonina. Cela s'explique par la disponibilité des espaces et l'accès facile à l'eau ainsi qu'aux fumures organiques provenant des ordures ménagères, industrielles et artisanales et aux intrants agricoles. Par ailleurs, l'avenir de l'activité à Bamako est sombre et la vraie difficulté du secteur réside aujourd'hui dans l'acquisition des espaces et/ou le rétrécissement de l'existant à cause des contraintes liées à l'urbanisation, à l'insécurité foncière et aux problèmes d'organisation des maraichers en association professionnelle. Les différentes enquêtes conduites par l'ANSSA en 2007, ont révélées que 51% des maraichers de Bamako sont

regroupés en association professionnelle contre 49% qui évoluent isolément même si ces derniers profitent des expériences du groupe professionnel. Dans cette situation de faiblesse, ils subissent les retombées des décisions d'expulsion unilatéralement prises par des pouvoirs politiques pour des projets de régularisation foncière, de lotissement, ou de réattribution des espaces. A titre indicatif, cette étude a révélé que seulement 1,33% des maraichers enquêtés étaient propriétaires de leurs espaces. Le gouvernement du Mali en collaboration avec la Banque Mondiale a initié le lancement d'un programme pluri annuel pour le développement de l'agriculture sans intégrer les spécificités sociales du milieu. Pour les programmes et projets de développement, au dire de ZALLÉ D. (2004), l'agriculture urbaine est classée parmi les activités informelles empêchant le développement intégré même si elle reste considérée comme un moyen de recycler les déchets organiques que produit la ville.

I. Méthodologie

L'étude a été réalisée suivant une approche méthodologique qui a suivi le cheminement suivant :

1.1. Recherche et analyse bibliographique

La présente étude nous a conduit à la recherche des données auprès des structures suivantes : Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement, Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Équipement et des Transports, Direction Nationale de l'Agriculture (DNA), Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances, Agence du Bassin du Fleuve Niger, Communes, Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat, etc. Cette prise de contact avec les services nous a permis de s'imprégner sur le rôle joué par le maraichage dans l'équilibre alimentaire en général et les contraintes liées à sa pratique dans le district.

1.2. Choix des communes

L'étude a concerné l'ensemble du district de Bamako. Un sondage aléatoire a été fait parmi les communes en fonction de leurs superficies maraichères. Ainsi, les communes I (196,87 ha) et IV (96,99 ha) sur la rive gauche et les communes V (33,42 ha) et VI (87,16 ha) sur rive droite ont été sélectionnées. De la même façon, les quartiers en fonction de leurs superficies ont été sélectionnés pour l'enquête, soit trois quartiers sur la rive gauche (Sotuba - 196,87 ha, Kalabambougou - 56,87 ha, et Djicoroni Para - 33,96 ha), et trois sur la rive droite (Magnabougou - 62,98 ha, Magnabougou Sokoro - 15,52 ha et Bacodjicoroni - 9,99 ha).

1.3. Echantillonnage

L'enquête quantitative a porté sur le maraichage suivant un choix raisonné. Pour le choix des maraichers à enquêtés, nous avons pris l'effectif des exploitants des quatre communes sélectionnées par l'étude à savoir : 262 (Com I), 771 (Com IV),

712 (Com V), 1872 (Com VI) soit un total de 3617 (DNA, 2009) pour une moyenne de 904 exploitants. Ensuite nous avons pris un sixième (1/6) de cette moyenne que nous avons trouvé représentatif pour l'étude. Ainsi, la fraction globale de sondage pour les maraichers est de : 150 des 904 exploitants.

1.4. Enquêtes auprès des maraichers

La phase de terrain a été réalisée conformément à la disponibilité des maraichers qui variait en fonction des zones maraichères. Ceux qui sont installés aux bords du Niger occupaient l'espace selon les exigences du fleuve (espace occupé uniquement pendant la décrue). Tandis que, ceux qui sont installés sur les autres sites sont permanents et pratiquent l'activité toute l'année. Pour les maraichers installés dans les espaces (non batis ou en chantier) à l'intérieur des quartiers, la durée d'occupation des espaces dépend du propriétaire foncier du site. A cet effet, ils peuvent quitter à tout moment.

II. Etude et Analyse du site

2.1. Site de Bamako

Située à 7°59' de longitude Ouest et à 12°40' de latitude Nord, sur les rives du fleuve Niger, la ville de Bamako est établie dans une cuvette entourée de collines. Elle occupe une superficie de 267 km² dans la vallée du fleuve Niger, qui s'écoule d'ouest en est. Son climat est de type tropical qui se caractérise par une saison pluvieuse, et une saison sèche. Les températures, en règle générale, sont élevées avec la moyenne annuelle de 27,8°C. Bamako devient une commune de plein exercice (1955) et la capitale administrative et économique du Mali indépendant (1960) avant d'être le district (1977). Ville carrefour, son urbanisation qualifiée de galopante favorise la pratique des activités comme le maraichage pour satisfaire les demandes en produit agricole. (MAÏGA F. 2012).

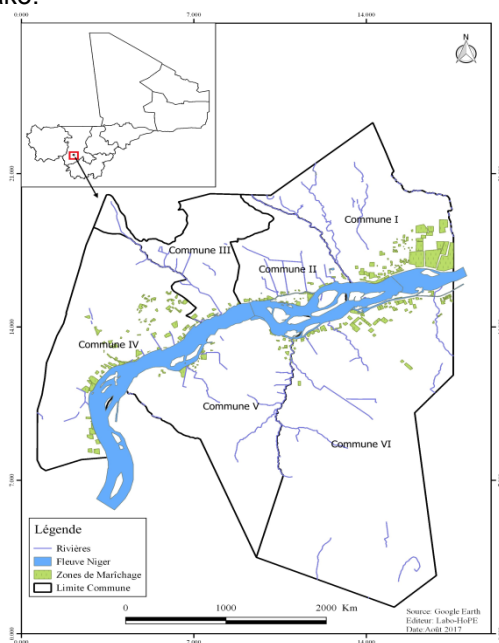
2.2. Facteurs déterminants pour la pratique du maraichage

La pratique du maraichage à Bamako ne vient pas du hasard. En plus du facteur démographique, le cadre physique et le climat de la ville de Bamako répondent aux critères favorables pour la pratique de l'activité. Les espaces occupés par les maraichers résident sur le site initial de Bamako qui est situé sur la terrasse alluviale du fleuve Niger. Cela explique la disponibilité très grande en eau de surface et en eau souterraine. A cela s'ajoute d'autres facteurs à savoir :

- la nature du sol (à Bamako il existe deux types de formations pédologiques ; la formation éluviale ou colluviale issue du processus de latéritisation de la roche mère sous-jacente et la formation alluviale recouvrant les lits majeur et mineur du fleuve Niger et ses affluents. A cet endroit, nous constatons que le sol est fertile avec une forte proportion de matières organiques provenant des déchets ménagers et parfois artisanaux).

- un climat favorable : l'alternance de deux saisons à Bamako est également déterminante pour la pratique du maraichage.

La carte ci dessous donne la situation des espaces occupés par commune par le maraichage à Bamako.



Carte des espaces occupés par commune par les maraichers à Bamako

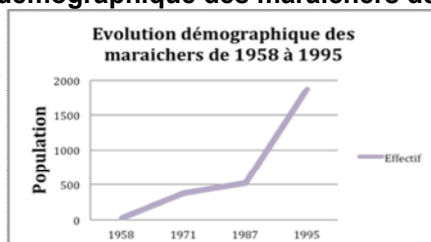
2.3. Evolution historique du maraichage à Bamako

La culture des légumes de type traditionnel était pratique depuis la période précoloniale. De ce type est né l'agriculture maraichère dite moderne au début du siècle pour produire des légumes de type européen (carottes, salades, persil, tomate...) afin de satisfaire les besoins alimentaires de l'administration coloniale française et des commerçants européens et assurer la promotion des cultures. Le premier périmètre maraicher urbain à Bamako dit jardin du Commandant était situé sur le site actuel de hôtel de l'amitié. Ensuite, fut créé en 1904 le jardin de Sogonafing pour le ravitaillement du palais du gouverneur du Soudan et des garnisons militaires. Après la première guerre mondiale, les sites actuellement occupés par l'Office des Radio et Télévision du Mali et l'école Mamadou Konaté ont été aménagés pour le jardin d'expérimentation des plantes fruitières et le jardin de l'école rurale. Après 1945, les périmètres actuellement occupés par l'Ambassade de France et l'échangeur du pont des martyrs, Djicoroni para (1948-1957) et Bakaribougou, (1955) ont été aménagés par les autorités coloniales. A ceux-ci s'ajoutent la portion du titre foncier de la régie des chemins de fer du Mali, le long des rails sur la route de Koulikoro, et les zones de Niaréla, de N'golonina, de la Base aérienne et de Sotuba (ZALLE D. in OLANREWAJU B. S., 1999).

2.4. Evolution spatiale et démographique du maraichage à Bamako

Les espaces maraichers du district de Bamako ont connu une évolution de l'indépendance au début des années 2000. Ainsi, leur superficie est passée de 273,291 ha en 1960 à 572,181 ha en 1999. La même évolution a été constatée au niveau de l'effectif des maraichers. Ainsi, il est passé de 29 maraichers en 1958 à 1875 en 1995 (figure 1). Il est à signaler que la Coopérative des planteurs et maraichers du district de Bamako avait évalué le nombre des maraichers à 865 personnes en 1984 contre 1037 personnes en 1995 repartis différemment entre les communes du district de Bamako (figure 2) (ZALLE D., 2004).

Figure 1 : Evolution démographique des maraichers de 1958 à 1995



Source : ZALLE D. (2004)

Figure 2 : Evolution démographique des maraichers par commune de 1984 à 1995



Source : CRADB, (1995)

L'augmentation de la population a entraîné une augmentation de l'espace maraicher à Bamako. Ainsi, selon le rapport annuel de la DNA (2009), les espaces maraichers de Bamako ont augmenté et couvrent une superficie d'environ 300 hectares inégalement repartis sur les six communes du district (tableau 1).

Tableau 1 : Répartition des maraichers et des espaces cultivés par commune à Bamako

Communes de Bamako	Nombre de coopérative	Nombre de maraichers	Superficie des espaces (en ha)
I	4	262	44,31
II	8	396	108,64
III	6	340	26,82
VI	6	771	41,00
V	7	712	55,50
VI	39	1872	1 152,30
Total	70	4353	1 428,57

Source : Rapport DNA, 2009.

L'analyse détaillée du tableau 2 révèle qu'en 2009, la DNA avait recensé 70 coopératives et 4353 maraichers. La superficie totale des espaces maraichers s'élevait à 1428,57 hectares. Par ailleurs, nous remarquons que la commune V possède le plus petit espace maraicher avec 55,5 hectares et la commune VI, le plus grand espace de maraîchage du district, soit 1152,3 hectares.

En effet, le nombre de maraîchers est passé de 118 à 4353, entre 1984 et 2009. Durant la même période l'espace maraicher est passé de 180 ha à 1428,57 ha (ZALLE D, 2004).

A Bamako, les espaces maraichers en 2000, étaient classés en trois grands secteurs : les secteurs riverains du fleuve Niger (photo 1), ceux des périmètres maraichers situés le long des axes de communication et à l'intérieur des quartiers récents sur des parcelles non construites ou en chantiers (photo 2) et enfin les bas fonds des marigots (photo 3).



Photo 1 : Maraicher sur les berges du fleuve Niger



Photo 2 : maraichers installés à l'intérieur des quartiers



Photo 3 : maraicher dans les bas fonds des marigots

Source : Clichés personnels (2012 et 2017)

Ces trois images sont des bels exemples d'emplacement des sites de maraîchage dans les bas-fonds et à l'intérieur des quartiers. La question qu'on se pose est : pourquoi ces lieux ? Les réponses formelles sont les suivantes : (i) l'accès facile à l'eau pour arroser les légumes ; (ii) la disponibilité des espaces (gratuitement ou à des prix abordables de location) sur les axes de communication et à l'intérieur des quartiers ; (iii) la proximité du centre ville qui permet d'avoir de la clientèle à tout moment.

III. Résultat

3.3. Sexe, âge et situation matrimoniale des maraichers

Pour ce qui concerne le genre, l'étude a révélé une prédominance des femmes (figure 1), soit 92 sur un total de 150. S'agissant de l'âge, nous remarquons que 59% soit 89 des 150 maraîchers, sont dans la tranche d'âge 40-59 ans (figure 2). Ce groupe d'âge est suivi par ordre d'importance par celui de la classe des jeunes de 15 à 39 ans soit 21%. Enfin, les 60 ans et plus sont représentés par 20% des questionnés. Quant à la situation matrimoniale, l'étude indique quatre modalités (figure 3).

Figure 1 : Sexe



Figure 2 : Age

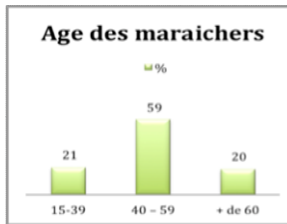
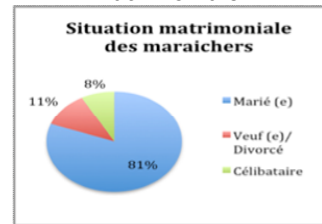


Figure 3 : Situation matrimoniale



Nous constatons que les maraichers qui vivent en union représentent 81% contre 8% de célibataire. La situation socio économique difficile, le revenu très faible et le chômage chronique poussent ces couches vers le maraichage qui devient une source de revenu plus sûre.

3.2. Niveau d'instruction et ancienneté dans la profession

S'agissant du niveau d'instruction des maraichers, la figure 4 indique une très forte proportion des analphabètes, soit 109 des 150 maraichers. En termes d'ancienneté dans la profession de maraicher, nous remarquons sur la figure 5 que 69% des maraichers exercent depuis plus de 10 ans.

Figure 4 : Niveau d'instruction

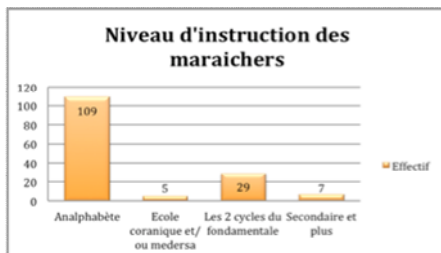
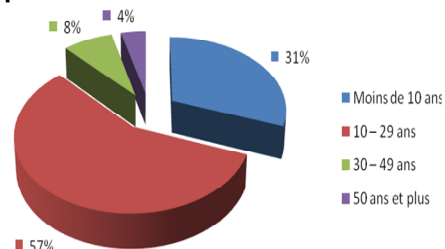


Figure 5 : Ancienneté dans la profession



Cela suppose que l'essor du maraichage dans le district de Bamako ne date pas d'aujourd'hui.

Les personnes qui pratiquent le maraichage il y a plus de 50 ans ne sont pas nombreuses. Elles représentent seulement 4,0%.

3.3. Motifs du choix du maraichage et période d'activité

Pour ce qui est des motifs invoqués par les maraichers sur le choix de leurs activités, une série de motifs ont été révélés (Figure 6). Quant à la période de l'activité, nous remarquons (figure 7) que 82% des maraichers exercent ce métier en saisonniers contre 18% en permanence. Cette situation est due à la position géographique des sites choisis par les maraichers.

Figure 6 : Motifs pour le choix de l'activité

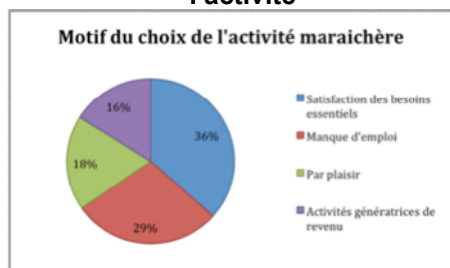


Figure 7 : Période de l'activité dans l'année



Le premier motif évoqué est la satisfaction des besoins essentiels (36%) suivi par le manque d'emploi (29%) et le plaisir (18%). Nous constatons aussi que 16% des personnes interrogées disent que le maraîchage est une activité génératrice de revenus.

3.4. Motifs du choix du site et les modalités d'accès à la terre

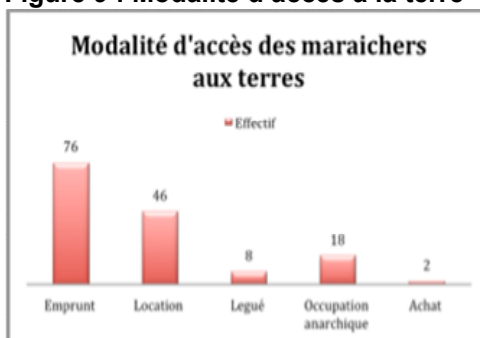
L'analyse des motifs avancés par les maraîchers pour expliquer le choix du site mentionnés sur la figure 8 révèle 3 raisons : la disponibilité des parcelles pour 51% des maraîchers, la disponibilité de l'eau (31%) et la fertilité du sol (18%). Dans les bas fonds du fleuve Niger et ses affluents, la disponibilité de l'eau occupe le premier rang. Il est suivi par la disponibilité des parcelles et la fertilité du sol. Par ailleurs, sur les axes de communication et dans l'intra-urbain, la disponibilité des parcelles occupe la première place suivie de la fertilité du sol et de la disponibilité de l'eau.

En ce qui concerne les modalités d'accès des maraîchers à la terre, l'analyse de la figure 9 montre que 76 d'entre eux ont reçu leurs parcelles par emprunt contre 2 qui avaient acheté leurs parcelles.

Figure 8 : Motif du choix des sites



Figure 9 : Modalité d'accès à la terre



Pour les modalités d'accès à la terre, à titre d'information, le nombre de maraîchers exploitant des parcelles louées s'élève à 46 sur les 150 contre 76 d'emprunt. Le contrat de location est basé sur des conditions entre le soit disant

propriétaire⁸ et le producteur. Pour 87%, d'entre eux, les frais de location sont inférieurs à 100 000f CFA par an (tableau 2).

Tableau 2 : Frais annuel (en FCFA) de location de terrains maraîchers

Frais annuel	Effectif	%
Moins de 100 000	40	87,0
De 100 000 à 199 999	1	2,2
De 200 000 à 299 999	2	4,3
De 400 000 à 499 999	1	2,2
500 000 et plus	2	4,3
Total	46	100,0

Source : MAIGA F., 2012

IV. Discussions

Cette étude nous a révélé que la pratique du maraîchage à Bamako ne date pas d'aujourd'hui. Son essor a évolué dans le temps et dans des contextes différents pour des objectifs différents. SEBASTIEN P. dans son ouvrage « *Une histoire de Bamako* » réalisé en 2009, mentionne 1894 avec l'arrivée des colons ; qui dans leurs schémas d'aménagement ont dû transférer le jardin maraîcher situé à proximité du poste (terrain trop sec), dans un terrain humide à 500 mètres du fleuve Niger pour obtenir un rendement plus important. Quant à MBAYE A. (1999) de la même source, il rappelle qu'il est le résultat d'un regroupement important de la population et la concentration d'activités économiques dans des capitales régionales ; un avis partagé avec DURANT L. A. (2015) qui mentionne que l'augmentation significative et rapide de la population urbaine pourrait constituer une opportunité extraordinaire pour la croissance et le développement économique de l'Afrique.

L'étude constate que le métier de maraîchage est accessible à toutes les couches de la société : femmes, hommes, marié, célibataire ou veuf (ve), vieux ou jeunes, autochtones ou étrangers. Il est pratiqué toute l'année selon la position géographique des sites et la disponibilité des espaces. L'activité n'a aucun lien avec le niveau d'instruction des pratiquants. Cependant, il est à noter que 2/3 des maraîchers enquêtés sont des analphabètes généralement venant d'ailleurs sans formation professionnelle.

En ce qui concerne les motifs du choix de l'activité, l'étude révèle quatre raisons à savoir : la satisfaction des besoins essentiels, le manque d'emploi, par plaisir et en tant qu'activité génératrice de revenus. Cela a été confirmé par ZALLE D. (1999) dans une étude sur l'agriculture urbaine en Afrique de l'ouest réalisée sous la

⁸ Les propriétaires des parcelles ne sont pas connus par l'autorité et ne possèdent aucune pièce justificative qui prouve que ces parcelles leurs appartiennent. Ils sont généralement héritier du père, d'un grand parent ou d'un parent plus ou moins proche. A la longue ils se considèrent propriétaires de la parcelle.

direction de OLANREWAJU B. Smith en 1999. Il mentionne que les revenus maraichers à Bamako jouent non seulement un rôle déterminant dans l'équilibre économique de l'exploitation familiales mais aussi permettent la couverture des besoins de consommation courante (alimentaire, santé, éducation, etc.) et le financement du capital de production.

S'agissant du motif du choix du site, l'étude mentionne qu'il diffère en fonction des zones maraichères. Pour certains c'est la disponibilité des parcelles (51%) suivie de celle de l'eau (31%) et de la fertilité du sol (18%) ; pour d'autres, c'est plutôt la disponibilité de l'eau qui vienne en première position suivi de celle de l'espace. SEBASTIEN P. ne partage pas cet avis. Il signale plutôt l'humidité du sol dans les alentours du fleuve avec une nappe phréatique peu profonde (1 à 7 mètres selon les zones). Cela a été confirmé par MAIGA F. (2012) qui indique que la fertilité du sol associée à la disponibilité de l'eau sont l'une des raisons de l'intensité du maraîchage autour de Bamako.

Quant à l'accès à la terre, l'étude a révélé cinq modalités dont plus de la moitié est empruntée avec 1/8 d'occupation anarchique contre à peu près 1/3 de terre louée. Cet emprunt est effectué auprès d'un propriétaire invisible et méconnu dans la plupart des cas. Ceux qui acceptent de se montrer ne détiennent pas de papier officiel/conforme au droit de disposer la terre. Cependant, l'étude note que le problème réside au concept « Propriétaire » en tant que usagé ou avoir le droit de disposer la terre avec un titre foncier. En tous les cas, pour le maraîchage à Bamako, l'accès à la terre reste ambigu. Cette ambiguïté selon DURANT L. A. (2015) est lié au système de tenure foncière et aux procédures de mise à disposition de terres pour un usage, qu'il juge complexes (difficile, peu sûr), coûteuses (de 120f Cfa/m² à 5000f Cfa pour des maisons à titre d'habitation) et opaques (multiples acteurs) surtout lorsqu'il s'agit de la population pauvre. Ce constat demeure une réalité dans les pays de l'Afrique subsaharienne et devient un défi majeur pour leur planification urbaine. Défi lié selon le même auteur, au statut informel de l'accès à la terre, aux services urbains et aux infrastructures ; le tous causé par le manque de gouvernance foncière et la défaillance du secteur foncier. Cette hypothèse est contradictoire à celle de ZALLE D. (1999), qui trouve que les problèmes rencontrés par les maraichers en termes d'accès à la terre sont liés aux problèmes d'insécurité foncière, à l'absence de législation spécifique et à la pénurie de terres consécutive à l'extension des zones bâties à vocation résidentielle, commerciale ou industrielle. A ceux-ci s'ajoute, le statut analphabète et rural des maraichers qui fait d'eux une proie des commerçants et des autorités municipales.

En ce qui concerne le 1/3 de l'espace alloué, le prix de location varie selon la dimension des parcelles, l'emplacement du site et le quartier⁹. Sur le total, seulement 4,3% paient une somme supérieure ou égale à 500 000f CFA par an. En cas de violation du contrat, la parcelle est retirée.

⁹ Nous n'avons pas pris en compte la surface des parcelles pour évaluer la somme payée par les locataires.

V. Conclusion

L'activité maraichère dans le district de Bamako est d'une importance non négligeable à plusieurs titres. En effet l'étude nous a montré qu'au delà de l'approvisionnement des marchés en légumes frais, le maraichage participe à la résorption du chômage. Son apport à l'économie nationale est visible.

Mais, nous pouvons dire que l'avenir du maraichage à Bamako est sombre et ambigu, car il reste confronté à d'énormes difficultés parmi lesquelles l'insécurité foncière et l'indifférence apparente des autorités, et le problème d'organisation professionnelle occupe une place importante. Le rétrécissement des espaces exploitables, pourra conduire dans un proche avenir à des conséquences perceptibles pour toute la population.

Par ailleurs, l'étude n'a pas pu approfondir à hauteur de souhait l'aspect foncier du maraichage à Bamako. Des investigations futures permettraient d'éclaircir d'avantage les décideurs et les pratiquants de l'activité.

Références bibliographiques

- A L. DURANT, M. L. DURAND et Ha. SELOD, (2015) : *Le système d'approvisionnement en terre dans les villes d'Afrique de l'Ouest : exemple de Bamako*, Paris, Banque Mondiale, 106 pp ;
- A MAIGA, (2004) : *Etude sur les référentiels technico-économiques : diffusion des technologies d'irrigation et de production*, Ministère de l'Agriculture, Mali, 45 p.
- ANSSA, (2007) : *Evaluation de la qualité sanitaire des produits maraichers cultivés dans la zone périurbaine et urbaine de Bamako*, rapport, ANSSA, Bamako, 30 p.
- CPS/SDR, (2016) : *Annuaire statistique 2015 du secteur développement Rural*, SG, Mali, 133 p.
- Direction Nationale de l'Agriculture (2016) : *Plan de campagne 2015-2016*, rapport, Bamako, 38 p.
- D. TRAORÉ, (2006) : *Schéma Directeur d'Urbanisme du district de Bamako et environs*, rapport du MHU, Mali, La Soudanaise / Siguiyorodia, Bamako, 9 p.
- D ZALLE, (1997) : *Le maraichage intra-urbain à Bamako*, Bamako, ISFRA, thèse, 418 p.
- D ZALLE, (1999) : *Stratégies politiques pour l'agriculture urbaine, rôle et responsabilité des autorités communales : le cas du Mali* in OLANREWAJU B. Smith : *Agriculture urbaine en Afrique de l'ouest : une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes*, CRDI, Canada, 208 p.
- D. ZALLE, F. MEITE, A. KONATÉ, (2003) : *Le foncier dans l'agriculture urbaine dans le district de Bamako*, CAHB, Bamako, 27 p.
- F. MAIGA, (2009) : *Développement urbain et environnement naturel : analyse des externalités négatives du développement urbain de Bamako sur le fleuve Niger*, Master/EAMAU, Lomé, 164 p.

- F. MAIGA, (2012) : *Analyse des externalités négatives du développement urbain de Bamako et pollution du fleuve Niger*, Thèse de doctorat, ISFRA, Bamako, 259 p.
- F. SAMAKE et al. (2011) : *Risques sanitaires liés à la consommation des produits maraîchers cultivés dans la zone urbaine et périurbaine de Bamako*, Bamako, Mali Santé Publique 27-31 pp.
- H SIDIBE, (1997) : *Etude de la pauvreté des ménages en milieu urbain et périurbain : Bamako et Ségou*, Bamako, OXFAM/BAAP, 23 p.
- Institut National de la Statistique INSAT, (2009) : *Resultat du 4ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat*, DNSI, Bamako.
- J. F. BELIERE, P. M. BOSCH, G. FAURE, St. FOURNIER, B. LOSCH, (2002) : *Quel avenir pour les agricultures familiales d'Afrique de l'Ouest dans un contexte libéralisé*, CIRAD, 32 p.
- Ministère de l'Agriculture, (1995) : *Evolution démographique et spatiale du maraichage à Bamako*, rapport, CRADB, Bamako.
- Ministère de l'Agriculture et Secrétariat Général, (2004) : *Etude sur les référentiels technico économiques : diffusion des technologies d'irrigation et de production*, DTIP, Bamako, 45 p.
- Ministère de l'Agriculture et Secrétariat Général, (2016) : *Annuaire Statistique 2015 du Secteur Développement Rural*, cellule de planification et de statistique (CPS/SDR), Bamako, 133 p.
- P. SEBASTIEN, (2009) : *Une histoire de Bamako*, GRANDVAUX, Espagne, 262 p.
- VERNIER J. (2011) : *L'environnement : Que sais-je*, France, PUF, 127 p.

Communication N°5: Effet du feu et de la pâture sur l'évolution de la valeur pastorale des herbacées en zone soudano-sahélienne au mali: cas des terroirs de lakamané et de korokodio dans la région de kayes.

**Boureima KANAMBAYE¹, Moussa KAREMBE¹
et Fadiala DEMBELE²**

¹*Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako, BP : E. 3206 Bamako Mali*

²*Institut Polytechnique Rural de Formation et de recherché Appliquée de Katibougou, BP 06 Koulikoro Mali*
kanambayeboureima@gmail.com
Tel : 66 12 49 62/ 79 35 67 71

Résumé

La présente étude cherche à déterminer l'effet des pratiques du feu et de la pâture sur la dynamique de la valeur pastorale des herbacées en zone soudano-sahélienne. Elle a été réalisée de 2012 à 2015 dans les terroirs villageois de Lakamané (cercle de Diéma) et de Korokodio (cercle de Nioro du Sahel) par la mise en place d'un dispositif expérimental de seize parcelles dans chaque terroir. Dans chacune de ces parcelles unitaires, il a été effectué un inventaire floristique de la strate herbacée de 2012 à 2015. Sur la base de ces inventaires, la valeur pastorale a été calculée.

Les inventaires ressortent que, la richesse floristique est plus importante dans les parcelles non pâturées (36 espèces) que pâturées (25 espèces) dans le site de Korokodio, et cela quel que soit la pratique du feu. À Lakamané, cette richesse est plus élevée dans les parcelles non brûlées (49 espèces) que brûlées (36 espèces), et cela quel que soit le mode de pâture. En plus, la richesse floristique varie en fonction des années sur les deux sites.

L'analyse de la valeur pastorale n'a donnée aucune différence statistiquement significative entre les deux sites soit une probabilité de 0,8003 à Lakamané et 0,446 à Korokodio au seuil de 5%. Par contre, une différence a été observée entre les années à Korokodio ($P = 0,0172$).

Au terme de cette étude, on peut noter que le lien entre la pluviométrie annuelle et la valeur pastorale n'est presque pas existant dans les deux sites, avec un coefficient de corrélation de 0,11 à Korokodio et de -0,32 à Lakamané. Des études similaires méritent d'être réalisées dans plusieurs zones agro écologiques et cela sur le long terme pour une gestion durable des ressources pastorales du pays.

Mots clés: feu, pâture, herbacées, valeur pastorale, zone soudano-sahélienne, Mali.

1. Introduction

Au Mali, l'élevage pratiqué est de type pastoral, avec un cheptel estimé à 9.721.327 de bovins, 13.081.451 d'ovins et 18.216.006 de caprins (DNPIA, 2014). Il contribue à près de 13% au Produit Intérieur Brut (PIB) du pays et représente jusqu'à 40% de la part du secteur primaire (INSTAT, 2015). Dans ce système d'élevage, l'alimentation des animaux provient essentiellement de l'exploitation des pâturages naturels par le biais de la conduite des troupeaux. En raison de la variabilité climatique au Sahel, la productivité et la disponibilité des pâturages naturels varient dans le temps et dans l'espace.

Des études antérieures ont permis de déterminer le potentiel de production pastorale des parcours selon le gradient climatique au Mali (Karembé *et al.* 2009). En condition naturelle, cette production varie de 1 à 6 tonnes par hectare en zone guinéenne nord (PIRT 1986), 3 à 6 tonnes en zone soudanienne et 0,5 à 2 tonnes en zone sahélienne où elle demeure plus faible en moyenne (Boudet, 1979 ; Dembélé *et al.* 2009 ; Karembé *et al.* 2009).

En effet, l'atteinte de ce potentiel de production est confrontée aux effets conjugués des facteurs anthropiques néfastes (surexploitation, feux de brousse) et du changement climatique dont la principale conséquence est la régression continue de la production et de la productivité des pâturages.

La diminution de la biomasse fourragère et de la valeur nutritive des pâturages naturels en saison sèche entraîne des carences nutritionnelles chez les animaux (Breman et Ridder, 1991). Malgré la baisse marquée du potentiel productif des pâturages et de la restriction des aires de pâture, l'effectif du cheptel ne cesse de croître (DNPIA, 2016). Selon la cellule de Planification et de Statistique (CPS/SDR, 2010) du Secteur du Développement Rural du Mali, le taux moyen d'accroissement annuel du cheptel est de 21% au Mali.

Actuellement, les systèmes traditionnels ne permettent plus de répondre efficacement aux problèmes d'alimentation et d'abreuvement des animaux. Il en résulte une dégradation continue voir irréversible des écosystèmes de savane entraînant la paupérisation des communautés humaines.

Au Mali, tous les acteurs impliqués dans la gestion des ressources naturelles, notamment végétales, admettent que le feu de brousse constitue une calamité presque endémique. Ces feux brûlent chaque année des milliers d'hectares de pâturage et font partie des facteurs déterminants de la modification des formations végétales naturelles forestières (Dembélé, 1996 ; Maïga, 1992). La superficie brûlée chaque année, entre septembre et mars, se chiffre à environ 9 191 400 ha selon une évaluation à partir des images SPOT de 1987 à 1990 (MEA, 2006). Cette superficie brûlée varie en fonction des zones bioclimatiques. Elle est de 2 539 400 ha en zone sahélienne, de 2 620 400 ha en zone soudanienne Nord, de 2 417 300 ha en soudanienne Sud et de 1 616 200 ha en zone pré guinéenne.

Le bétail doit brouter durant la longue période sèche sur des pâturages limités par rapport au ceux qu'il avait à sa disposition durant la période des pluies. En effet, les pâturages sahéliens présentent une valeur nutritive assez faible pendant une

bonne partie de l'année. Les vaches arrivent à peine à nourrir leur veau à cette période. Une production animale négligeable, une perte de 20% de leur poids vif (DICKO, 1980) ou même la mort des animaux en sont des conséquences. La mauvaise nourriture a aussi son effet sur la composition des troupeaux. Toutefois, une partie importante des productions de viande vient de ce système d'élevage (Traoré, 2001).

Vu l'importance socioéconomique des ressources naturelles, notamment végétales, dans la vie des populations et les agressions anthropiques auxquelles elles sont soumises, une attention particulière mérite d'être accordée à leur mode de gestion au risque de compromettre à court ou à moyen terme le développement du pays.

En effet pour bien cerner ces problèmes, la présente étude cherche à déterminer l'effet du feu et de la pâture sur l'évolution de la valeur pastorale des herbacées en zone Soudano-sahélienne au Mali.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Caractéristiques de la zone d'étude

La zone d'étude est caractérisée par le bioclimat sahélien sud et celui du soudanien nord. La figure 1 donne la localisation des sites d'étude.

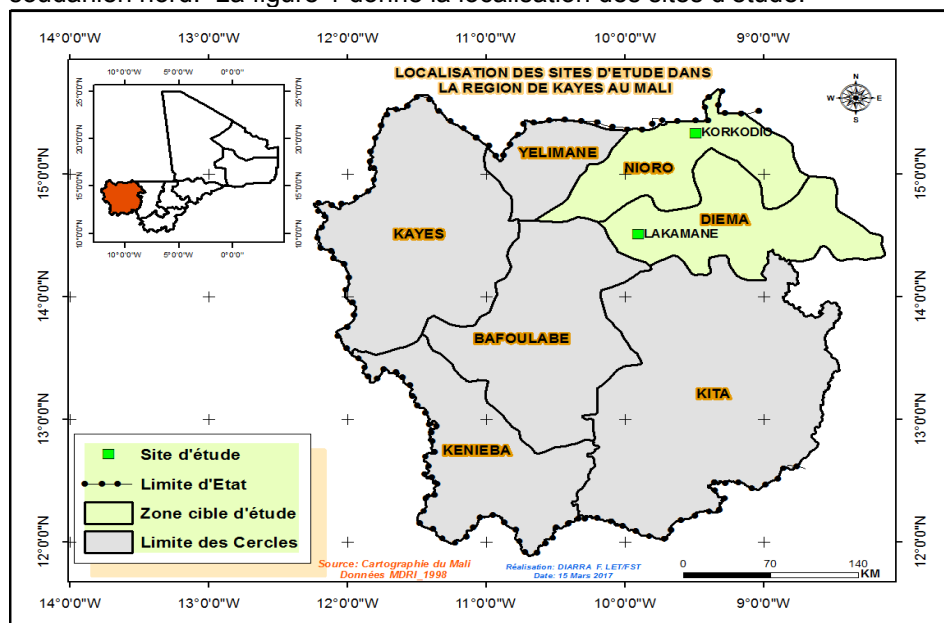


Figure 1 : Localisation des zones d'étude

L'étude a concerné le terroir de Lakamané et celui de Korokodio dans la région de Kayes au Mali. La zone pastorale de Lakamané est située dans le cercle de Diéma, couverte par le bioclimat Soudanien Nord, avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 550 mm et 750 mm. La zone pastorale de Korokodio est située dans le cercle de Nioro du Sahel, couverte par le bioclimat Sahélien Sud, avec une pluviométrie moyenne annuelle varie entre 350 mm et 550 mm.

L'élevage constitue la principale activité socio-économique des communautés de ces zones.

Matériel végétal

La végétation herbacée rencontrée dans les zones d'étude a constitué le matériel d'étude.

2.2. Méthodes

Dispositif expérimental

La figure 2 illustre le plan du dispositif expérimental adopté dans les sites d'étude.

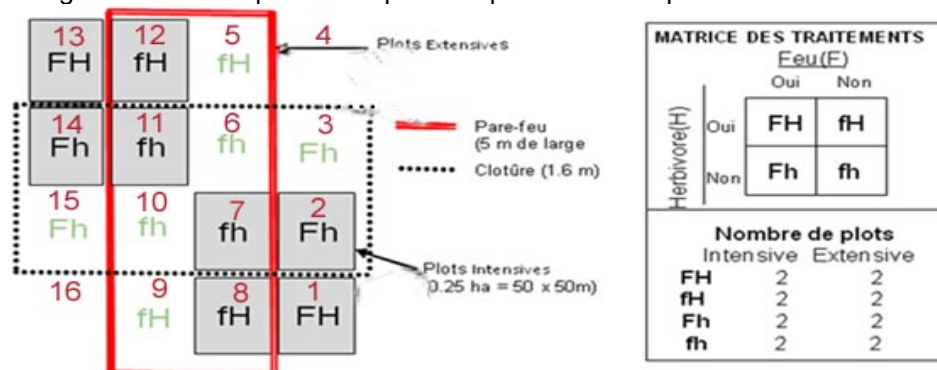


Figure 2 : Plan du dispositif expérimental

Le dispositif adopté est du type bloc de Fischer avec deux facteurs étudiés. Chaque facteur a deux niveaux de variation soit quatre (4) traitements qui sont répétés aussi 4 fois soient 16 parcelles unitaires pour chaque site. Il s'agit des facteurs suivants :

Feu : deux modalités : (f) veut dire sans feu et (F) veut dire avec feu; les parcelles non brûlées sont des parcelles protégées avec un pare-feu de cinq mètres de largeur;

Pâturage : deux modalités : (h) veut dire sans pâture et (H) veut dire avec pâture; les parcelles non pâturées sont toutes protégées par un grillage. Les traitements sont constitués par la combinaison des modalités des facteurs étudiés

2.2.1. Influence du feu et de la pâture sur la richesse floristique

La richesse floristique a été déterminée par la méthode de l'aire minimale ou courbe aire espèce et cela chaque année et dans chaque parcelle unitaire des sites d'étude. À cet effet, il a été recensé, toutes les espèces herbacées présentes dans l'aire minimale qui est de 16 m² dans la zone d'étude. Il s'agit de déterminer l'évolution de la richesse floristique de 2012 à 2015 dans les différents sites. Pour déterminer la richesse floristique, nous avons procédé à l'analyse des données disponibles dans la base des données du Laboratoire d'Écologie Tropicale (LET). Depuis 2009, ce Laboratoire est en train de constituer une base de données sur la végétation le long du gradient climatique au Mali.

2.2.2. Influence du feu et de la pâture sur la valeur pastorale de 2012 à 2015

La valeur pastorale est un indicateur de la qualité d'un pâturage (Delpech, 1960 ; Daget et Poissonet, 1972). Elle tient compte de l'abondance relative ou contribution spécifique (Csi) et de la qualité des espèces (Isi). L'Indice Spécifique (Isi) s'obtient soit en considérant la valeur bromatologique d'espèces, ou en s'appuyant sur le classement des espèces par les bergers. En ce qui nous concerne, nous avons utilisé cette deuxième méthode. Cet indice est compris entre 0 et 5 (Daget et Godron, 1995). Les espèces à indice de qualité 0 sont non appréciées par les animaux et sont considérées de mauvaise qualité pastorale, tandis que celles à indice de qualité 5 sont les plus appréciées et par conséquent sont de très bonne qualité pastorale. La formule utilisée pour calculer cette valeur pastorale est la suivante:

$$VP = 1/5 \sum Csi * Isi * R$$

VP= Valeur pastorale en pourcentage (%);

Csi= Contribution spécifique de l'espèce en pourcentage;

Isi = Indice spécifique de qualité (0 à 5) ;

R= Recouvrement.

Cette méthode a été appliquée au niveau de chaque traitement des sites d'étude.

2.2.3. Détermination de la relation entre la valeur pastorale et la pluviométrie

La détermination de la relation entre la valeur pastorale et la pluviométrie est très importante et permettrait de savoir si la pluviométrie a une influence sur la valeur pastorale des pâturages dans les zones d'étude. Pour ce faire, nous avons obtenu à travers le service de la météorologie du Mali, les données pluviométriques de 2012 à 2015 des zones d'étude. Il a été effectué le test de corrélation de la pluviométrie annuelle avec la valeur pastorale des sites de Korokodio et Lakamané. Ce test de corrélation entre les deux paramètres nous a permis de voir la qualité du lien.

2.3. Analyse des données

Les données collectées ont été saisies d'abord dans le logiciel Excel Office 2007. Pour les analyses statistiques, il a été utilisé les logiciels SAS, SPSS et R. Des tableaux et des graphiques ont été utilisés pour la présentation et l'analyse des résultats.

3. Résultats

Les résultats obtenus sont relatifs à la diversité floristique et à la valeur pastorale et leurs évolutions en fonction des années et des traitements dans les sites de Korokodio et de Lakamané. Aussi, il concerne la relation entre la valeur pastorale et la pluviométrie dans ces sites d'étude.

3.1. Variation du nombre d'espèces herbacées des sites de Korokodio et Lakamané

Les résultats d'analyse de variance du nombre d'espèces herbacées entre les traitements des sites de Korokodio et Lakamané sont rapportés dans le tableau 1.

Une différence significative du nombre d'espèces herbacées entre les traitements a révélé à Korokodio. Le test de Newman et Keuls, au seuil de 5%, a donné trois groupes homogènes de moyennes (a, ab et b). Les traitements (Fh, fh) constituent le groupe (a), le traitement (FH) représente le groupe (ab) et le traitement (fH) groupe (b). Le nombre d'espèces herbacées des traitements soumis au feu sans pâture (Fh) et à protection intégrale (fh) est supérieur à la moyenne générale. Le traitement pâturé (fH) est moins riche en espèces herbacées que les trois traitements avec une moyenne inférieure à la moyenne générale. Dans le site d'étude de Lakamané, le test de Newman et Keuls au seuil de 5% ($P= 0,00031$) a donné trois groupes homogènes (a, ab, b). Le traitement soumis à la pâture sans feu (fH) constitue le groupe (a). Les traitements à protection intégrale (fh) et pâturés et brûlés (FH) ont constitué le groupe (ab). Le groupe homogène (b) est constitué par le traitement brûlé sans pâture (Fh).

Tableau1: Variation du nombre d'espèces herbacées en fonction des traitements du site de Korokodio et Lakamané

Traitements	Korokodio	Lakamané
Fh	36,75a	40,75a
fh	35,25a	38,25ba
FH	30,50 ab	37,25ba
fH	24,50b	35,00b
Moyenne	31,75	37,81
Probabilité	0,0299	0,00031
Signification	S	HS
C.V%	15,95	0,097

Le résultat d'analyse de variance du nombre d'espèces herbacées entre les quatre années d'observation sur les sites de Korokodio et Lakamané est rapporté dans le tableau 2. Il existe une différence significative entre les années en nombre d'espèces herbacées à Korokodio. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% ($P=0,0299$) a révélé deux groupes homogènes (a et b). Le groupe (a) est constitué par les années 2014 et 2012 avec des moyennes supérieures à celle de la moyenne générale. Le groupe (b) est constitué par les années 2015 et 2013 avec des moyennes inférieures à la moyenne générale. Par rapport au site de Lakamané, le test de Newman et Keuls au seuil de 5% ($P=0,00031$) a permis d'obtenir quatre groupes homogènes (a, b, ab et c). Le groupe homogène (a) pour 2014, le groupe (b) pour 2013, le groupe (ab) représente 2012 et le groupe (c) pour 2015 avec une moyenne inférieure à la moyenne générale (tableau 2).

Tableau 2: Variation du nombre d'espèces herbacées en fonction des années du site de Korokodio et Lakamané

Années	Korokodio	Lakamané
2014	41,75a	44,75a
2012	38,00a	41,25ab
2015	24,50b	29,00c
2013	22,75b	36,25b
Moyenne	31,68	37,81
Probabilité	0,0009	0,0004
Signification	HS	HS
C.V%	15,95	8,45

3.2. Variation de la valeur pastorale en fonction des années dans les sites d'étude de Korokodio et Lakamané

Une différence significative a été révélée entre les années en ce qui concerne la valeur pastorale du site de Korokodio. Le test de Newman et Keuls effectué au seuil de 5% ($P= 0, 0172$) a révélé quatre groupes homogènes (a, ab, bc et c). Le groupe (bc) est constitué par l'année 2012, le groupe (a) par l'année 2013, le groupe (c) pour 2014 et le groupe (ab) pour l'année 2015. Dans le site d'étude de Lakamané, la valeur pastorale entre les années n'a pas révélé de différence significative. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% n'a donné qu'un seul groupe statistique homogène (a).

Tableau 4: Variation de la valeur pastorale en fonction des années du site de Korokodio et Lakamané

Années	Korokodio	Lakamané
2012	46,68bc	46,27a
2013	55,41a	48,19a
2014	44,25c	45,58a
2015	53,23ab	50,14a
Moyenne	49,89	47,54
Probabilité	0,0172	0,5048
Signification	S	NS
CV%	8,45	9,4

3.3. Test de corrélation entre la valeur pastorale et la pluviométrie des sites de Korokodio et Lakamané

Le test a révélé que le lien entre la valeur pastorale et la pluviométrie annuelle est insignifiant dans le site de Korokodio. Le coefficient de corrélation calculé est de 0,11. Par rapport à Lakamané, il a été révélé une faible corrélation négative entre la valeur pastorale et la pluviométrie annuelle. Le coefficient de corrélation calculé est de -0.32.

NB : La valeur de référence statistique de corrélation est de 1 ou de -1.

4. Discussions

Les résultats obtenus qui font l'objet de la présente discussion sont :

- l'évolution de la richesse floristique en fonction des traitements de 2012 à 2015 des sites de Korokodio et de Lakamané ;
- l'évolution de la valeur pastorale des herbacés en fonction des traitements et années dans les sites d'étude;
- la relation entre la valeur pastorale et la pluviométrie dans les zones d'étude.

4.1. Variation de la richesse floristique

Dans le site de Korokodio, les parcelles brûlées non pâturées (Fh) et celles à protection intégrale (fh) se révèlent plus riches en espèces herbacées (36 espèces) que les autres parcelles (25 espèces). Cela pourrait s'expliquer par l'effet négatif de la pâture sur la richesse floristique herbacée. Ce résultat est contraire à ceux rapportés par Karembé (2001) et Dembélé (1996) en zone soudanienne nord au Mali. Ces derniers ont trouvé, après une étude de la biodiversité végétale au Baoulé, que la végétation herbacée est plus riche dans les zones pâturées et diminue avec la pratique du feu.

Dans le site de Lakamané, ce sont les parcelles non brûlées et pâturées (fH) et à protection intégrale (fh) qui sont les plus riches en espèces herbacées. Par contre Fané (2012), a trouvé dans le même site expérimental que les parcelles pâturées et brûlées (FH) sont plus riches en espèces herbacées que les parcelles non brûlées et pâturées. Toutefois, plusieurs auteurs ont souligné que la pâture modérée augmente la richesse en espèces herbacées (Fournier et al, 2000 ; Karembé, 2001).

4.2. Estimation de la valeur pastorale

L'importance de la valeur pastorale dans les parcelles non brûlées, qu'elles soient pâturées ou non, dans les deux sites pourrait s'expliquer par l'abondance des espèces aux indices de qualité spécifique élevé (*Zornia glochidiata*, *Dactyloctenium aegyptium*, etc.). Contrairement aux parcelles brûlées où dominent les espèces aux indices de qualité spécifique faible (*Andropogon pseudapricus*, *Schizachirium exile*, etc.). Ce résultat corrobore avec ceux d'Amevor (2011) et d'Akpo (2003) qui soulignent que la pâture améliore la valeur pastorale au sahel. Selon Daget et Godron (1995), cette valeur pastorale est fonction de la qualité des espèces dans un milieu ainsi que leurs contributions spécifiques. Elles sont plus importantes dans les parcelles pâturées que mises en défens et cela quel que soit le bioclimat. La pâture influe donc positivement sur la valeur pastorale des herbacées (Akpo et al, 2002; Karembé, 2001). L'étude de Rakotoarimanana et Grouzis (2008) confirme notre résultat. Ils ont rapporté qu'une proportion élevée de Poaceae à indice de qualité spécifique élevé augmente la valeur pastorale dans les parcelles à protection intégrale.

4.3. Relation entre la valeur pastorale et la pluviométrie

Le test de corrélation de la pluviométrie annuelle avec la valeur pastorale a révélé une dépendance relativement faible et cela quelle que soit la zone d'étude. Le coefficient de corrélation du site d'étude de Korokodio est de $r = 0,11$ contre une corrélation négative ou $r = -0,32$ trouvée Lakamané. Ce résultat ne corrobore pas avec celui de Cissé (1986), qui a souligné que les variations pluviométriques modifient la composition floristique et la structure de la végétation herbacée. L'auteur a rapporté qu'une pluviométrie élevée entraîne une modification de la végétation en condition pâturée et non pâturée composée d'herbacées vivaces et annuelles, à cycle long et à germination rapide. Par contre, une pluviométrie déficitaire entraîne la colonisation d'espèces annuelles de petite taille, à cycle court, à germination lente et hétérogène.

Il est important de souligner ici que les données pluviométriques utilisées sont issues des stations météorologiques des cercles d'où relèvent ces sites. Ces données pluviométriques ne sont pas recueillies réellement sur les sites expérimentaux.

5. Conclusion

Les pâturages naturels jouent un rôle extrêmement important dans l'alimentation du bétail au Mali. Ils constituent la base et, le plus souvent, la totalité des ressources alimentaires des ruminants. L'herbe des pâturages est un aliment de haute valeur nutritive qui peut satisfaire la totalité des besoins des animaux en production, si elle est correctement exploitée.

Le potentiel de production pastorale est confronté aux effets des facteurs anthropiques néfastes (surpâturage, déforestation, feux de brousse) et du changement climatique dont la principale conséquence est la perte croissante de la production et de la productivité des troupeaux. Les résultats obtenus au terme de la présente étude ont permis de comprendre l'effet du feu et de la pâture sur l'évolution de la valeur pastorale des herbacées notamment dans le cercle de Diéma et de Nioro du sahel dans la région de Kayes.

Dans le site d'étude de Korokodio, le nombre d'espèces herbacées est plus élevé dans la parcelle soumise au feu sans pâture (Fh), avec 36,75 espèces, suivi de la parcelle à protection intégrale (fh) avec 35,25 espèces. La richesse floristique de 2014 et 2012 est plus abondante avec respectivement 41,75 et 38 espèces que les années 2013 et 2015.

Dans le site d'étude de Lakamané, le nombre d'espèces herbacées est plus élevé en 2014, suivi de 2012 et 2013. Ce nombre d'espèces herbacées est inférieur en 2015 et cela au niveau de tous les traitements. La valeur pastorale est plus importante à Korokodio avec (50%) et (48%) à Lakamané. Aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les traitements dans les deux sites. Cependant, une différence significative a été observée entre les années à Korokodio, ce qui n'est pas le cas à Lakamané. Il faut noter que le lien entre la pluviométrie et la valeur pastorale n'est pas important au niveau des deux sites d'étude. Le coefficient de corrélation calculé est de 0,11 à Korokodio et de -0,326 à Lakamané.

References

- AKPO L.E. et GROUZIS M. (2003) : Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicultura*, 18 p.
- AKPO L.E., MASSE D., GROUZIS M. 2002 : Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop*, 55 (4): 275-283p.
- AMEVOR K. A, 2011 : Effet du gradient climatique sur la production et la biodiversité des herbacées au Mali. 52p.
- Breman et De Ridder N., 1982 : manuel sur les pâturages des pays sahéliens, Paris Wageningen Karthala, A.C.C-T.-Abol- D.L.O.-C.T.A., 485p
- Cissé A., 1986 : Dynamique de la strate herbacée des pâturages de la zone Sud sahéenne. PPS CABO, 211 p.

- CPS 2011: ministère de l'agriculture, 17p
- Daget P. et Godron M., 1995 : Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés. HATIER- AUPELF, 510 p.
- Dembélé F., 1996. – Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord du Mali. Cas des jachères du terroir de Missira (cercle de Kolokani). Thèse doct. Univ. Aix-Marseille III. Option biologie des populations et écologie. 182 p.
- DNPIA 2014: Rapport annuel, 17p.
- Fané, F., 2012 : *Effet du feu et de la pâture sur la dynamique de la végétation savanicole suivant le gradient climatique au Mali*, Mémoire du cycle ingénieur IPR/IFRA 72p
- FOURNIER .2000 : Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudanienne pâturées. Les jachères de la région de Bondoukuy (Burkina Faso). *Ecologie* 1994 ; 25 : 173-88.
- GROUZIS M. (2003). Valeur pastorale des herbages en région soudanienne, le cas des parcours sahéliens du Nord-Sénégal. *Tropicultura*, 18 p.
- INSAT 2015 : Rapport annuel
- Karembé M., 2001 : La production végétale et utilisation des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne au Mali. Thèse de Doct. de l'Univ du Mali. 155p.
- Karembé M., Dembélé F., Diallo D., 2009 : Surveillance de la biomasse herbacée en fonction du gradient climatique dans le bassin du fleuve Sénégal au Mali. 3eme Conférence International sur l'analyse multidisciplinaire de la mousson Africaine. Ouagadougou 2009, 193p.
- Maiga A. Y., 1992. Teledetection et utilisation de terres. Cas de Missira, Réserve de la Biosphère de la Boucle de Baoulé. Communication au Séminaire Bilan sur les recherches relative au sylvo-pastoralisme au Sahel. Dakar, Sénégal, 7-12 Mai 1992, 8p
- RAKOTOARIMANANA V., GROUZIS M : Influence du feu et du pâturage sur la richesse et la diversité floristique d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar (Région de Sakaraha). *Candollea* 2008
- Traoré et al 2001: Les systèmes agriculture-élevage au Mali, 77p.
- Yossi, H., 1996 : Dynamique de la végétation post-culturelle en zone soudanienne au Mali. Thèse Doct. Option Population-Environnement, ISFRA, Bamako, Mali, 141 p.

Communication N°6: La sauvegarde du fleuve Niger au Mali : enjeux et perspectives

**Baba Faradji N'DIAYE¹, Diakaridia GNAMBELE¹,
Moussa DIAMOYE¹ et Abdoulaye TRAORE¹**

¹ Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFN)

Résumé

Cette étude est une réflexion sur la sauvegarde du fleuve Niger au Mali. Elle pose la nécessité de la sauvegarde du fleuve Niger au regard de ce qu'il représente pour les populations mais surtout de ses risques existentiels. On cherche également à connaître la nature des contraintes à cette sauvegarde. L'approche méthodologique s'est appuyée sur la recherche documentaire et la réalisation de plusieurs entretiens avec des personnes ressources expertes sur les questions des ressources en eaux. Cette recherche a révélé que face aux risques existentiels du fleuve Niger, il existe une volonté affichée des autorités maliennes de sauvegarder le fleuve Niger. Une des actions est sa mise en portefeuille à travers un service technique en charge de sa sauvegarde et l'adoption d'un programme national pour sa sauvegarde. Par contre la sauvegarde du fleuve reste hypothéquée par des conflits institutionnels. La participation et la responsabilisation des acteurs locaux constituent des défis majeurs à la sauvegarde du fleuve Niger au Mali.

Mots clés : sauvegarde, fleuve Niger, abfn, enjeux et perspectives

Introduction

La pénurie d'eau a été identifiée par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) comme l'un des problèmes les plus graves du nouveau millénaire. Elle sera plus criarde pour les pays du Sahel où les ressources en eau constituent le moteur du développement et où l'économie est principalement dominée par l'agriculture, l'élevage et la pêche. Plusieurs études menées au sur le Sahel et le Mali ont démontré les conséquences de la détérioration du climat sur les ressources en eau durant ces dernières années (SERVAT E., 1994 ; Mahé et al., 2011). Des études menées sur les ressources en eau du bassin du fleuve Niger, il ressort que les eaux de surfaces ont une forte sensibilité à un changement climatique. Ainsi, selon ces études une baisse de 18 % de la pluie pourrait entraîner une diminution de 35 % des ressources en eau de surface (DIARRA et al., 2007) .

Dans le contexte actuel de croissance démographique et de changement climatique, tous deux facteurs de dégradation et d'amenuisement des ressources du fleuve, notre génération fait face à un enjeu majeur, comme évoqué par Son SEM Ibrahim Boubacar KEITA, le 22 octobre 2014 à la tribune de l'OCDE, *« j'alerte sur le sort du fleuve Niger, l'histoire connaît le sort des fleuves et cours d'eau qui ont disparu, je ne souhaite pas cela pour mon pays »*. Au regard de notre usage actuel du fleuve, la question est de savoir, dans quel état allons-nous le transmettre aux générations futures ? Pour que les services écosystémiques fournis par le fleuve puissent perdurer, il nous faut faire face à un autre enjeu, non moins important : la sauvegarde du fleuve Niger et de ses ressources.

La présente communication est une réflexion sur la sauvegarde du fleuve Niger au Mali. Elle est construite essentiellement à partir de la revue documentaire. Quels sont les enjeux actuels en matière de sauvegarde du fleuve Niger ? Quel est le dispositif institutionnel mis en place pour la sauvegarde du fleuve Niger au Mali ? Quels sont les grands défis pour assurer cette sauvegarde ? Autant de questions abordées par la présente communication.

1. Présentation du fleuve Niger

Avec une longueur de 4200 km, le fleuve Niger est le troisième fleuve africain après le Nil et le Congo et le 1^{er} de l'Afrique de l'ouest. Au Mali, son parcours est long de 1750 km, soit 42 % de sa longueur totale. Il arrose un bassin actif de 300.000 km² qui comporte, en plus du District, 6 des 11 régions administratives. Son bassin est subdivisé en quatre sous bassins : le Haut Niger, le Bani, Le Delta intérieur du Niger et la Boucle du Niger.

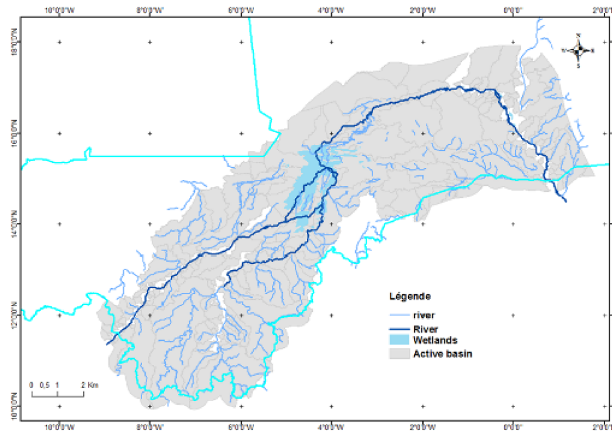


Figure 1: Le bassin du fleuve Niger au Mali

2. La sauvegarde du fleuve Niger, un impératif ?

2.1. Le fleuve Niger, la sève nourricière du Mali

Le Niger, une artère vitale (Zwarts et al., 2005), le fleuve Niger, la sève nourricière, *Djoliba*, autant de qualification qui dénotent de la place qu'occupe le fleuve Niger dans la vie de Mali et de chaque malien. Pour le pays, le fleuve Niger joue le rôle d'un véritable moteur pour le développement économique du Mali.

Le fleuve Niger et son affluent (Sankarani) sont dotés de barrages permettant l'irrigation de plus de 100.000 hectares et une production électrique de 50 MW. Le secteur élevage au Mali compte pour 43% des exportations de bétail de la sous-région du Sahel. L'apport de ce secteur au Produit Intérieur Brut (PIB) est d'environ 12% (Ouattara et al., 2001). En saison sèche, les vallées du fleuve et de ses affluents où de vastes superficies sont couvertes de végétation abondante (bourgoutières) servent de zones de repli pour plus de 3 millions d'animaux. La pêche représente 3% du PIB du Mali. Elle occupe donc une place prépondérante dans l'économie nationale, que ce soit sur le plan de la sécurité alimentaire, de la création d'emplois ou de participation à la richesse nationale. En temps normal, le potentiel halieutique du Mali est évalué à 175000-180000 t avec des prises annuelles de 100.000 t. Les principales villes du Mali sont implantées le long du fleuve Niger et de ses affluents. Ces villes (Bamako, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Mopti, Tombouctou, Gao, Bougouni, Markala, Sélingué) possèdent un système d'approvisionnement en eau potable alimenté soit directement par le fleuve ou indirectement à partir de nappes phréatiques alimentées par les eaux du fleuve. Dans le domaine de l'urbanisme et de l'habitat, le fleuve est encore sollicité pour l'exploitation des matériaux de construction tels : le sable, le gravier, etc. Véritable outil de communication et de désenclavement, le fleuve Niger favorise incontestablement la mobilité, les échanges entre les populations et contribue à la cohésion nationale. Du point de vue social, l'importance du fleuve Niger n'est plus à démontrer. Toutes les grandes agglomérations sont implantées sur ses abords. Il constitue le vestige de nombreuses civilisations qui font la gloire de notre cher

pays. Il continue à abriter, encore de nos jours, des activités culturelles légendaires comme les traversées de bœufs et les courses de pirogues en différents endroits de son parcours dans son delta intérieur. Sur le plan environnemental, le fleuve Niger et ses affluents fournissent les quatre catégories de services écosystémiques : les services de support, de régulation, d’approvisionnement et socioculturels.

2.2. Mais un écosystème rendu vulnérable

De nombreuses études ont montré que depuis les années 1970 un déficit pluviométrique frappait toute l’Afrique de l’Ouest et Centrale. Le volet " Ecoulements " du programme ICCARE (Identification et Conséquences d’une variabilité du Climat en AfRIque de l’ouest non sahélienne) a permis de rassembler un certain nombre d’éléments afin de déterminer l’évolution des caractéristiques hydrologiques des rivières et fleuves d’Afrique de l’ouest et centrale en relation avec la baisse de la pluviométrie annuelle observée depuis le début des années 1970.

Pour le fleuve Niger on peut constater depuis 1907 (figure 2) une grande variabilité naturelle du régime interannuel, marquée depuis la fin des années 1960 par une diminution prolongée des débits, et surtout par une augmentation très importante du coefficient de tarissement (Roche, 1963). On met également en évidence un changement de fonctionnement hydrologique du Delta Intérieur depuis la sécheresse (Mahé *et al.*, 2006 ; Mahé *et al.*, 2002 ; Zwarts *et al.*, 2005) et du Bani (Zwarts *et al.*, 2005). Les surfaces inondées ont considérablement diminué, passant de près de 30 000 km² à moins de 10 000 km² pendant les années 1980 et début 1990.

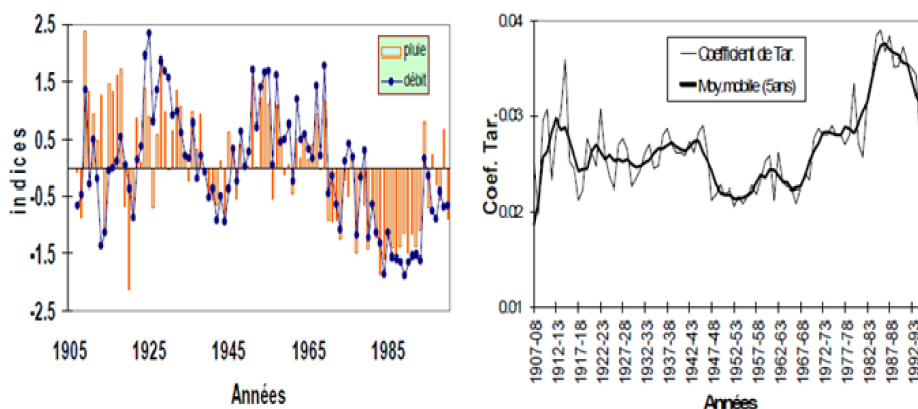


Figure 2: Pluies, débits (1907-2000) et coefficients de tarissement (1907-1993) sur le fleuve Niger à Koulikoro (120 000 km²) au Mali (Mahé *et al.*, 1997)

Le lien étroit qui existe entre transport de MES et débit amène à se poser la question de l’impact des changements de régimes hydrologiques depuis 1970 sur

le transport de MES. Le fleuve Niger apporte en l'entrée du Delta entre 1000 et 2500 tonnes de matières en suspension selon les années sèches ou humides, De 30 à 60% des MES sont piégées dans le centre du Delta. (Bricquet *et al.* 1997 ; Bricquet *et al.* 1998 ; Picouet *et al.* 2002).

L'aridification des états de surfaces constitue également un enjeu majeur du fleuve Niger. En milieu sahélien la déforestation/le défrichage, puis les cultures, entraînent une augmentation de la susceptibilité des sols au ruissellement de surface, surtout en début de saison des pluies quand le sol est à nu (Sodter *et al.*, 2003). Avec le temps, et l'absence de pratiques conservatoires, ces sols cultivés deviennent plus sensibles à l'érosion et à l'apparition de ravines. Les sols surexploités qui sont abandonnés laissent souvent place à des surfaces imperméables qui favorisent le ruissellement et diminuent d'autant l'infiltration. Enfin les problèmes liés à la qualité de l'eau. Au Mali, ces problématiques portent sur les pollutions pathogènes et organiques et sur les teneurs élevées en nitrates des eaux en raison de l'absence / insuffisance de collecte et de traitement des eaux usées domestiques (Maiga 2012 ; SOMAPEP 2015). Les risques de pollution des eaux du fleuve Niger liés essentiellement aux rejets d'eau usée dans le fleuve sans traitement préalable, le dépôt de déchets solides sur les berges ou dans le lit fleuve. Cela a pour conséquence leur lessivage lors des pluies et rejet des lixiviats vers le fleuve pouvant contenir de fortes teneurs en ammoniacque.

Les effets conjugués des changements climatiques et des activités anthropiques ont conduit à la perturbation de l'équilibre qui assure le renouvellement des ressources du fleuve, le rendant de plus en plus vulnérable. Ainsi, depuis quelques années, le fleuve n'arrive plus à bien fournir les services écosystémiques, comme il le faisait il y a 30 – 40 ans. Pour beaucoup de maliens, il s'agit d'une question de survie. Et pour tous, sa sauvegarde apparaît comme un impératif.

3. Le fleuve Niger au Mali, quel dispositif pour sa sauvegarde ?

3.1. Une volonté politique affichée

Dès le début des années 90, le contexte politique était marqué par la volonté des autorités d'aller vers des orientations novatrices dans la gestion des ressources en eau. Cette volonté s'est traduite par l'adoption en 1990 de la loi No 90-17 AN-RM du 27 février 1990. L'objet de cette loi est d'assurer la protection, l'utilisation, le développement et la conservation des ressources en eau. Cette loi consacre l'eau comme propriété de l'état et précise que les individus, les collectivités, les entreprises publiques et privées ne peuvent acquérir que des droits d'usage sur le domaine hydrique. La loi reconnaît et garantit les droits d'usage coutumiers des eaux du domaine public. Elle établit des prescriptions visant à préserver le milieu naturel et la qualité de l'eau. Elle n'a pas été appliquée à cause de son inadaptation au contexte actuel de la décentralisation. Mais en 1991 un schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau du Mali fut planifié sur la période 1992-2001 (dix ans) et regroupe un ensemble d'actions : Hydraulique villageoise et urbaine, Adductions d'eau sommaires, Assainissement rural et urbain, Hydraulique

pastorale, Hydraulique agricole (Eaux de surface pérennes). Les objectifs étaient entre autres :

la couverture totale des besoins en eau des populations sur la base de normes réalistes :

- la couverture totale des besoins en eau du cheptel ;
- la mise en œuvre d'un programme de réhabilitation de la grande irrigation et de développement de la petite irrigation dans le cadre d'une politique d'aménagement du terroir.

La mise en œuvre du schéma directeur a contribué à une meilleure maîtrise de l'eau pour les différents besoins de développement socio-économique. Le schéma directeur a aussi permis d'avoir une meilleure connaissance des ressources en eau du Mali. En dépit des progrès réalisés notamment sur le plan des investissements dans le secteur de l'eau, la mise en œuvre du schéma directeur n'a pas pris en compte certains aspects de la gestion des ressources en eau considérés aujourd'hui comme importants (concertation, diversité des usages et des fonctions, gestion par bassin, valeur économique, réalités sociologiques, etc.).

La Loi N°02- 006 / du 31 janvier 2002 portant Code de l'eau jette les bases d'une nouvelle réglementation du secteur de l'eau. Il consacre le principe de la domanialité publique de l'eau, précise les modalités de gestion et de protection des ressources en eau en déterminant les droits et obligations de l'Etat, des collectivités territoriales et des usagers. Le contexte politique de la mise en valeur des ressources en eau est aussi marqué par un fort engagement de l'Etat malien dans l'acceptation et la ratification des Accords et Conventions protocoles internationaux relatifs à la gestion des ressources en eau et de l'environnement en général. Ainsi, au regard de ce qui précède, on se rend compte qu'en ce qui concerne le fleuve Niger, jusqu'en 2002, sa prise en charge s'est toujours effectuée au travers d'un cadre institutionnel assez diversifié, plusieurs départements se partageant les prérogatives de protection, de gestion, et d'aménagement des ressources du bassin et du fleuve. Mais déjà, il ressort du rapport d'étude que *« pour sauvegarder le fleuve Niger, ses affluents et sous-affluents, et promouvoir l'utilisation optimale de ses eaux, il est donc indispensable de mettre sur pied un organisme spécifique (Agence) qui sera chargé de la protection et de la gestion concertée de ses ressources en eau sur le territoire de la République du Mali »*. C'est réellement à partir de 2002 que la sauvegarde du fleuve Niger apparaît au premier plan avec sa « mise en portefeuille ».

3.2. La « mise en portefeuille » du fleuve Niger, comme solution pour sa sauvegarde

La volonté politique des plus hautes autorités du Mali de sauvegarder les ressources du fleuve Niger et de son bassin a été clairement exprimée dans la Déclaration de Politique Générale du Premier Ministre en décembre 1997 qui envisageait la création d'une structure autonome chargée de la gestion du fleuve en vue de lutter contre l'ensablement, de préserver et d'exploiter de façon plus

rationnelle son énorme potentiel biologique. Cette volonté s'est traduite en 2002 par la création de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFN), par l'ordonnance N°02-049/P-RM du 29 mars 2002. Pour la rendre plus fonctionnelle, elle est créée sous forme d'établissement public à caractère Administratif (EPA), doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elle est créée et placée sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement. Son conseil d'administration de 25 membres est élargi à l'ensemble des usagers et groupes d'intérêt, à travers quatre collèges : (a) les représentants des pouvoirs publics¹⁰, (b) les représentants des Collectivités territoriales¹¹, (c) les représentants des usagers et (d) le représentant du personnel. La mission principale de sauvegarde du fleuve Niger, de ses affluents et de leurs bassins versants et la gestion intégrée de ses ressources sur le territoire de la République du Mali lui a été assignée. Avec la création de l'ABFN, le Mali s'inscrit dans une perspective de développement durable du fleuve Niger et de ses ressources.

4. La sauvegarde du fleuve Niger face à ses défis

Si le fleuve Niger est aujourd'hui un enjeu de société, s'il n'a jamais été autant présent dans les discours, force est de constater que les changements des comportements et les prises de décisions concrètes qui conditionnent la sauvegarde du fleuve sont encore bien timides.

4.1. Quelle fiscalité pour assurer cette sauvegarde ?

Depuis la création de l'ABFN, les actions de sauvegarde sont exclusivement soutenues par le budget national. Celles-ci, se limitaient d'ailleurs seulement à un programme de protection des berges et à un programme de curage et de faucardage du fleuve. Dans le contexte actuel de croissance démographique et de changement climatique tous les deux facteurs de dégradation et d'amenuisement du fleuve et de ses ressources, il est important de développer des programmes ambitieux, et cela ne sera possible que lorsque les utilisateurs du fleuve et de ses ressources contribueront au financement des opérations de sauvegarde du fleuve Niger. D'où tout l'intérêt de la fiscalité. Il faut toutefois bien distinguer deux formes de fiscalité (Rotillon, 2007). La fiscalité environnementale et celle des fiscalistes. La première, dont l'objectif est la réduction des dégradations environnementales, diffère de la seconde qui consiste à fournir à l'Etat des recettes stables et prévisibles, acceptées par ceux qui y sont assujettis, ou du moins, n'induisant pas de profonds changements de comportements. Dans le cadre de la sauvegarde du fleuve Niger, la fiscalité a pour objectif de diminuer l'impact des activités humaines sur l'environnement et devrait de ce fait inciter les usagers à moins polluer et moins consommer pour une gestion responsable des ressources du fleuve.

Au Mali, cette fiscalité trouve son fondement dans la loi n°02-006 du 31 janvier 2002 portant code de l'eau et dans l'Ordonnance n°02-049/P-RM du 29 mars 2002

¹⁰ L'ensemble des départements ministériels intervenants sur le fleuve Niger ou ses ressources.

¹¹ L'ensemble des collectivités situées dans le bassin du fleuve Niger.

portant création de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger. Une des innovations de taille apportée par le Code de l'eau réside dans l'importance accordée aux aspects économiques et financiers à travers notamment l'encadrement juridique des recettes du service public de l'eau et des principes tarifaires (articles 52 à 54) et, d'autre part, l'institution d'un fonds national de l'eau (article 55). L'article 52 souligne avec force que toutes les recettes perçues au titre du service public de l'eau doivent être entièrement affectées au secteur. Pour cela, il est créé un Fonds de Développement¹² du service public de l'eau. Le Fonds est logé dans un compte d'affectation spécial du trésor et est géré par un Comité de gestion. Il est constitué de dotations de l'Etat, de subventions des partenaires au développement, des dons, legs et emprunts et subsidiairement du produit des amendes perçues sur les pollueurs ainsi que de tout ou partie des redevances sur les ressources en eau. Cette même précaution existe au niveau des collectivités décentralisées qui tiennent un budget pour le service public de l'eau séparé de leur budget principal et l'exécute à partir d'un compte spécifique ouvert auprès d'une banque.

En ce qui concerne le fleuve Niger, cette disposition a une limite, dans la mesure où lorsque l'on parle du coût de l'eau, la loi fait référence surtout à l'eau potable et implicitement du coût nécessaire à sa mobilisation jusqu'au destinataire final et non pas du coût de l'eau elle-même. En réalité, même si le Code institue le « *Principe Pollueur – Payeur* », il ne prévoit pas de dispositions spécifiques pour la gestion économique du fleuve Niger. Il convient de noter la redevance du service public d'assainissement des eaux usées perçue par l'Agence Nationale de Gestion des Stations d'Épuration au Mali (ANGESEM) auprès des industriels, sans possibilité de rétrocession d'un quelconque pourcentage à l'Agence du Bassin du Fleuve Niger, malgré le rejet des effluents de l'ANGESEM dans le fleuve Niger. Il existe d'autres taxes relatives à l'exploitation du fleuve, de ses ressources, des ouvrages ou infrastructures qui l'enjambent. C'est le cas notamment des permis de pêche, de la fourniture de l'eau potable, les taxes perçues par les mairies pour exploitation de sable et gravier, les taxes sur embarcations, les taxes pour la recherche et l'exploitation minière, les péages, etc. Le point commun à toutes ces redevances et taxes est qu'elles ne profitent pas au fleuve.

Par contre, le seul texte qui de façon spécifique et exclusive aborde le fleuve Niger dans ses aspects économiques et financiers est l'ordonnance n° 02-049 du 29 mars 2002, portant création de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger. En plus d'avoir comme mission principale la sauvegarde du Fleuve Niger au Mali, de ses affluents et de leurs bassins versants, ainsi que la gestion intégrée de ses ressources, un des mandats de l'ABFN (alinéa 7) est de « *concevoir et de gérer un mécanisme financier de perception de redevances auprès des organismes préleveurs et pollueurs et d'utilisation de ces ressources* ».

La difficulté majeure réside dans la mise en œuvre de la politique de perception de redevances, ce pour plusieurs motifs. Premièrement, la gestion du fleuve Niger dans sa portion nationale devient compliquée et difficile à saisir dès lors qu'elle

¹² Le fonds de développement de l'eau est créé par le Code de l'Eau depuis 2002, organisé par le décret de 2003 puis l'arrêté de 2007.

s'inscrit dans celle des ressources en eau selon l'esprit du Code de l'eau. Deuxièmement, la gestion économique et financière du fleuve Niger est administrativement compliquée, car l'utilisation du fleuve fait intervenir des considérations juridiques, environnementales, technologiques, économiques et politiques. Enfin, face à la multitude d'usages et d'usagers comment concilier les différents objectifs économiques, environnementaux, culturels, politiques, etc. ces préoccupations majeures devraient trouver leurs solutions dans la Programme National de Sauvegarde du fleuve Niger, dont la mise en œuvre constitue un autre défi de taille pour la sauvegarde du fleuve Niger.

4.2. Le Programme National de Sauvegarde du Fleuve Niger (PNS-FN)

La gestion des ressources en eau du fleuve Niger en République du Mali relève d'une large gamme d'institutions techniques gouvernementales, paraétatiques, et non gouvernementales. Généralement toutes ces institutions ont des préoccupations sectorielles. Le paysage caractérise par le grand nombre d'acteurs institutionnels chacun intervenant de façon autonome, selon ses propres règles. La question de savoir quelle est la structure responsable du fleuve Niger peut paraître grossière, mais elle se pose. La multitude d'intervenants et l'insuffisance de coordination entre eux se ressentent sur la performance des projets et programmes ont été implémentés pour la gestion des ressources du fleuve Niger. La plupart de ces projets-programmes ont eu le mérite de s'attaquer aux contraintes majeures auxquelles celui-ci est confronté. Mais en dépit de leur caractère ponctuel, de leur portée limitée et de leur vision non commune de gestion des ressources dudit fleuve, leur impact réel sur le terrain a été peu viable et peu visible.

Le Programme National de Sauvegarde du Fleuve Niger (PNS-FN) répond au besoin de coordination des actions de sauvegarde du fleuve Niger au Mali. Il vise à contribuer à la réalisation et à la capitalisation de toutes les actions concourant à maintenir le fleuve Niger dans sa fonction économique, environnementale, sociale et de mobilité. Adopté lors du conseil des Ministres du 19 août 2016, il traduit la volonté politique du Président de la République de redonner au fleuve Niger sa fonction d'artère vitale pour le Mali en circonscrivant les menaces qui pèsent sur ce cours d'eau. Il sert de cadre de coordination approprié, permettant à l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion des ressources du bassin du fleuve Niger, de compiler, de traiter et de diffuser les informations relatives à sa sauvegarde et à sa réhabilitation. La sauvegarde du fleuve Niger passe nécessairement par la mise en œuvre d'actions de grande envergure qui impliquent l'ensemble des acteurs intervenant dans le bassin.

Conclusion

La sauvegarde du fleuve Niger, est certainement une des questions préoccupantes de l'heure. Au regard de la place qu'occupe le fleuve Niger dans la vie du Mali et de chaque malien, elle pose une question de survie. Elle pose aussi un problème de développement durable. Au regard de notre usage actuel du fleuve, la question est de savoir dans quel état allons-nous le transmettre aux générations futures. Les plus hautes autorités ont pris la pleine mesure de la

question et leur engagement s'est traduit par plusieurs décisions dont entre autres la création d'une structure spécialement dédiée à la sauvegarde du fleuve Niger et l'adoption d'un Programme National de Sauvegarde du fleuve Niger. Mais, il apparait en ce qui concerne le fleuve Niger, que les questions importantes de sauvegarde du fleuve et de ses ressources se posent également en termes de participation et de responsabilisation des acteurs locaux. Pour cela, une connaissance des menaces qui pèsent sur le fleuve et surtout leur large diffusion auprès des communautés riveraines est un préalable. Il est donc essentiel de fournir des connaissances et des outils qui permettent une prise en charge des aspects de sauvegarde du fleuve par les gestionnaires et usagers au niveau local.

Bibliographie

- Danté, Y., *Le Fleuve Niger au Mali, Problématiques et acteurs*, Bamako, Avril 1999.
- Diarra B., Diakité C.H., Macina M., 2007 : *Elaboration de stratégie d'adaptation des ressources en eau aux changements climatiques*, STP/NCAP, Mali, 61 p.
- Gilles Rotillon, « La fiscalité environnementale outil de protection de l'environnement ? », *Regards croisés sur l'économie* 2007/1 (n° 1), p. 108-113. DOI 10.3917/rce.001.0108
- Ministère de l'Environnement, L'Agence du fleuve Niger: un appui à la protection du fleuve et à la gestion durable des ressources de son bassin, document d'orientation, novembre 1999.
- Mahé et al., *Le fleuve Niger et le changement climatique au cours des 100 dernières années* in *Hydro-climatology : Variability and Change (Proceedings of symposium J-H02 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, July 2011)* (IAHS Publ. 344, 2011)
- Maiga, F. (2012). *Analyse des externalités négatives du développement urbain de Bamako et pollution du fleuve Niger*. 211. Bamako: ISFRA.
- Projet RAF/93/G31 et MLI/97/G32 : *Inventaires des émissions de gaz à effet de serre au Mali*.
- SOMAPEP-SA. (2015). *Livrable D5 - Rapport d'actualisation du SDAB et identification d'un projet d'assainissement connexe au PAEP Bamako-Kabala Volet assainissement des eaux usées – Rapport, V.0*. Bamako: SOMAPEP-SA.
- Secrétariat du Gouvernement : *Loi N°02- 006 / du 31 janvier 2002 portant Code de l'eau*
- Secrétariat du Gouvernement : *Ordonnance N°02-049/P-RM du 29 mars 2002 portant création de l'Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFN)*
- Zwarts, L., P. van Beukering, B. Kone & E. Wymenga (eds.) 2005. *Le Niger, une artère vitale. Gestion efficace de l'eau dans le Bassin du Haut Niger*. RIZA, Lelystad / *Wetlands International*, Sévaré / *Institute for Environmental studies (IVM)*, Amsterdam / *A&W conseillers écologiques*, Veenwouden. Mali / Pays-Bas.

Communication N°7: Renforcement des systèmes d'innovation agricoles pour permettre l'adoption du transfert de la gestion de l'irrigation: Cas de l'Office du Niger au Mali.

¹Djakaridja GNAMBELE, ¹Baba Faradji N'Diaye et ¹Abdoulaye Traoré

¹Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFN)

Email : gnambele.jack3@gmail.com

Tél : 66 89 87 82/ 77 00 76 72

Resume

L'étude diagnostique des contraintes liées à la mise en œuvre du transfert de la gestion de l'irrigation à l'Office du Niger suite à la réforme opérée en 1994, financée par la Direction générale de la coopération internationale (DGIS) des Pays-Bas via l'Université de Wageningen, a été réalisée en partenariat avec le programme COS-SIS et l'IPR/IFRA de Katibougou. Elle a été réalisée dans trois villages des zones Office dans le cadre d'une recherche-action sur la gestion intégrée des ressources en eau. Son objectif était d'avoir une compréhension claire des contraintes institutionnelles qui entravent les petits producteurs de riz dans leur développement socioéconomique afin d'identifier des fenêtres d'opportunités pour induire des innovations institutionnelles visant à améliorer leurs conditions de vie. L'étude a porté sur les déterminants de l'action collective dans la gestion participative de l'irrigation. Un échantillonnage aléatoire systématique a permis de sélectionner 228 ménages participants auprès desquels ont été collectées les données portant sur ladite étude. Les résultats ont révélé de nombreuses lacunes en matière de la mise en œuvre de ce transfert. En effet, les causes de ce faible taux d'adoption sont multiples. Alors que certaines sont techniques, la majeure partie des problèmes sont d'ordre socio-institutionnel. Cette étude, en confirmation des résultats d'une étude exploratoire préalable, a établi des indicateurs sur la base desquels une action collective peut être motivée. L'article conclut que pour améliorer la gestion de l'irrigation à l'ON, certains obstacles doivent être levés par le biais d'un processus d'apprentissage social permettant de concevoir des institutions entre les producteurs eux-mêmes d'une part visant à reconstruire le capital social, et entre la direction centrale de l'ON et les producteurs d'autre part pour rétablir la confiance.

Mots clés : *action collective, capital social, transfert de gestion de l'irrigation, maintenance des réseaux d'irrigation, ON.*

Introduction

L'Office du Niger est le plus grand système d'irrigation du Mali avec 130.000 ha. Restructuré en 1994 sous la coalition de donateurs internationaux et l'Etat malien, le périmètre d'irrigation n'a pas arrêté d'attirer de nouveaux arrivants en raison de son nouveau spectacle économique. En effet, de 1994 à 2003, il y eut une augmentation spectaculaire du revenu des producteurs en raison principalement des paquets technologiques mis en service, la réhabilitation du périmètre en grande partie, l'acquisition d'équipements agricoles, et des nouveaux arrangements institutionnels partageant les responsabilités entre les agriculteurs et la direction centrale. Depuis, la population augmente chaque année, et a atteint 417 851 habitants en 2004 selon le recensement de l'Office du Niger. (ON, 2004). A travers cette restructuration, le transfert de la gestion de l'irrigation aux utilisateurs visait à améliorer la gestion des systèmes d'irrigation et leur viabilité financière. Cependant, depuis 2003, il a été constaté une baisse drastique des rendements conduisant les exploitants dans une spirale de paupérisation en dépit du potentiel irrigable. En effet, le transfert des responsabilités de maintenance du réseau aux producteurs relatives à l'entretien des réseaux peine à prendre corps. Les canaux demeurent dégradés et/ou sont envahis par les herbes avec comme conséquences la baisse de rendement à l'hectare.

Cette étude s'inscrit dans ce cadre pour faciliter l'accès aux opportunités (y compris les solutions technologiques) pour les petits producteurs avec un focus sur le changement institutionnel à un niveau plus élevé que celui du champ (organisation, localité, région, nation, sous régional ou mondial), tout en mobilisant les acteurs pour faciliter leurs interactions afin de réaliser ces opportunités.

Ainsi, une étude diagnostique a permis de déterminer les raisons probables de cette situation sur le terrain. Le diagnostic a révélé des contraintes institutionnelles à la base de cette problématique de gestion participative de l'irrigation qui bloque toute possibilité d'action collective. C'est alors qu'une étude de base a été initiée pour établir une situation de référence avant la mise en œuvre de tout projet de recherche-action pour le développement dans les trois villages de l'étude en vue d'induire des innovations institutionnelles favorisant le rétablissement de la confiance et de la réciprocité pour la relance des actions collectives autour de la maintenance des réseaux d'irrigation.

Objectifs de l'étude: L'objectif général de cette étude est de faciliter l'adoption et la réussite de la politique du "*Transfert de gestion de l'irrigation*" à l'ON à travers une approche d'innovation participative.

Objectifs spécifiques:

Les objectifs spécifiques sont :

- Identifier les institutions et les organisations socio-professionnelles impliquées dans la gestion de l'irrigation à l'ON;

- Evaluer les rôles joués par ces acteurs en facilitant la coordination des activités d'irrigation, et mesurer le niveau de réseautage parmi ces acteurs ;
- Investiguer la nature, les niveaux et les déterminants de l'action collective autour des tâches de maintenance des infrastructures
- Evaluer la performance actuelle de l'irrigation.

Methodologie

Cette étude s'est réalisée en différentes phases :

Choix de la zone et des villages de l'étude

Une première étude exploratoire a permis d'identifier les opportunités d'intervention dans les zones agricoles du Mali notamment Koulikoro, Ségou et Sikasso afin de voir les zones à forte potentialité mais présentant de nombreuses contraintes et d'opportunités pour les petits producteurs. A l'issue de cette phase, la zone ON a été retenue à cause des problèmes liés à l'irrigation. Ainsi, 4 villages dans trois (3) zones administratives de l'ON furent choisis au préalable pour la mise en œuvre du projet. Par la suite, trois (3) villages dont 1 situé dans la zone de Molodo et 2 dans la zone de Niono ont été retenus sur la base de certains critères définis conjointement par l'ON et les membres du projet. Ainsi, les villages de Koyan Coura et de Médina (Km 39) à Niono, et le village de Kangaba (M3) à Molodo ont servi de sites pour le projet d'étude.

Etude diagnostique

Une étude diagnostique a été menée en vue de cerner les problèmes réels de production ainsi que les causes sous-jacentes. L'approche de recherche rurale participative a été utilisée pour collecter les données sur les perceptions, les buts, les contraintes et les opportunités des acteurs. La collecte des données a concerné les données secondaires et primaires recueillies à travers des interviews et des discussions de groupes focaux auprès de l'encadrement technique de l'ON, des ONG et prestataires, et des ménages de producteurs dans les villages (cf. Photo 1).

Etude de base

La seconde étape a consisté en l'étude de base formulée sur la base des résultats de l'étude diagnostique. Elle fut conduite dans trois villages irrigants dans les 2 zones de Niono et Molodo. L'échantillonnage systématique a été utilisé pour sélectionner les participants à partir d'une liste de ménages fournie par les directions de zones de production. Ainsi, 1/3 de ménages a été sélectionné pour l'enquête. Alors un total de 228 répondants ont fait l'objet de cette étude de base. Un questionnaire semi-structuré avec des questions ouvertes a été préparé pour collecter les informations essentielles en lien avec les déterminants de l'action collective en matière de gestion d'irrigation. Les chefs de ménage ou

représentants de famille étaient interviewés autant que possible pour assurer la fiabilité des informations recueillies.

Les données d'enquête des ménages ont ensuite été toilettées et codifiées pour être analysées sur le logiciel MS Excel. Les informations furent extraites en utilisant des outils comme les tableaux, les graphiques, l'analyse des fréquences et la moyenne selon les besoins.



Photo 1 : Séance de discussion de GF

Resultats

Les résultats de la présente étude se présentent comme suit :

A. Etude diagnostique

A l'issue de l'étude diagnostique, il a été identifié quatre (4) groupes d'acteurs :

- La direction centrale de l'ON ou l'encadrement technique,
- Les producteurs,
- Les bailleurs de fonds qui investissent dans la réhabilitation des infrastructures d'irrigation, et
- Les prestataires de service.

Le diagnostic a permis de révéler un certain nombre de facteurs inhibant l'appropriation de la gestion participative de l'irrigation par les producteurs, et par conséquent qui contribuent à la baisse du rendement. Au nombre de ceux-ci on retient :

Aspects techniques

Une dégradation générale du réseau d'irrigation constatée au niveau des canaux tertiaires qui sont dans un très mauvais état. En effet, les producteurs ne sont pas à mesure de se mettre ensemble pour nettoyer les tertiaires en vue d'assurer une bonne distribution de l'eau entre usagers d'un même casier (*Image 2*). Et la capacité manque parfois.



Image 2 : Canaux tertiaires dégradés à l'ON.

Aspects institutionnels

Les institutions actuelles de l'ON sont ancrées dans un contrat de performance dénommé « Contrat-plan » associé à un comité de pilotage, des comités paritaires de gestion pour la maintenance des infrastructures et l'attribution des terres, et des règles de tenure foncière. Les institutions reliées sont les Caisses et les Associations de crédits, ainsi qu'un service de vulgarisation. Quant aux organisations paysannes, la quasi-totalité des associations villageoises (AV) a disparu à la suite de l'effondrement général des années 2003.

- Au niveau producteur

Les producteurs sont normalement organisés en organisations des réseaux tertiaires (OERT) qui est l'unité de gestion de l'irrigation au niveau village. Mais dans notre cas, on note une absence totale d'OERT ou leur dysfonctionnement. Et cela a comme conséquence l'impossibilité d'appliquer les règles et les sanctions en cas de manquement. Et cette absence de règles conduit au laisser-aller des usagers. En plus, les troupeaux de bœufs dans leur passage dégradent le talus des canaux sous la conduite des bergers dans les rizières très souvent contre le gré du producteur (cf. Image 3).



Image3 : Canaux détruits par les bœufs

Il existe une atmosphère d'absence totale de communication ou de coordination entre les producteurs d'un même casier d'une part, et entre les producteurs et leurs représentants d'autre part. en effet, en ce qui concerne la tenure foncière,

toutes les terres appartiennent à l'Etat. Par conséquent, la plupart des producteurs detiennent seulement un permis annuel d'exploitation qui donne le droit d'usufruit exclusif. Toutefois, la pratique de location est très courante dans la zone. Cependant, certaines personnes achètent des terres et peuvent s'en approprier définitivement, toute pratique très répandue dans la zone. Par ailleurs, les producteurs non-résidents sont très souvent installés par l'encadrement sans consulter le village ou sans son avis.

- Au niveau de l'encadrement (ON)

La gestion des terres souffre d'un manque de respect des principes de redistribution. En effet, les comités paritaires villageois de gestion des terres sont membres de la commission de relocation ou redistribution des terres en cas d'éviction d'un mauvais payeur de redevance eau. A cet effet, le village est normalement informé et avec l'encadrement, ils procèdent à l'installation des nouveaux demandeurs. Mais dans la plupart des cas, l'encadrement attribue les terres à de nouvelles personnes à l'insu des membres de ces comités ou sans leur avis. Et c'est cela qui favorise l'anarchie au niveau des non-résidents.

De même, pour le dégrèvement, l'ON applique un quota de 3% par village en cas d'inondation des rizières. Et cela se fait sans consulter les producteurs qui ne trouvent aucune base à ce choix de pourcentage qu'ils considèrent comme arbitraire.

- Au niveau national

L'accès aux intrants et crédits est très limité dans la zone. Dans la pratique, il n'y a pas de crédits à long ou moyen terme dans le système de crédit permettant aux agriculteurs d'investir davantage dans l'agriculture. La seule possibilité est le système de crédit annuel payable à la fin de la campagne agricole.

Un autre aspect est la gestion des animaux dans la zone ON. Il s'avère que les textes de réforme ont exclu les animaux des périmètres. Cependant, dans la pratique ces derniers sont très fréquents sur les périmètres et dégradent les canaux ou dévastent parfois les parcelles contre le gré des producteurs sans aucune sanction à leur encontre.

Aspects socio-économiques

Le principal problème identifié par les participants de ces trois villages est la non-coopération entre les acteurs. Les organisations sociales sont en panne. Aucune OERT n'existe ou ne fonctionne. La situation générale sur le terrain ne permet pas de s'engager dans des actions collectives pour générer des bénéfices communs. Tout ceci conduit à une paupérisation générale chez les exploitants. Rares sont eux qui sont autosuffisants en termes de production alimentaire. En effet, le capital social dans ces lieux est très maigre. Toutes les organisations sociales se sont disloquées et luttent pour reconstruire la confiance afin d'amorcer un nouveau départ.

B. Etude de base

Principales caractéristiques démographiques

- L'hétérogénéité de la population

L'hétérogénéité de la population est considérée comme l'un des indicateurs les plus importants de l'action collective. Dans les villages étudiés, il apparaît que la population est fortement hétérogène au regard de sa composition ethnique. Elle se présente comme suit par village suivant :

Repondants	Groupes ethniques	%	Occupation	Village N°
n=72	Bamabara	6	97 % paysans 1% enseignant	1
	Minianka	81		
	Peulh	1		
	Bella	1		
	Dafing	4		
	Dionka	1		
	Kalaka	1		
	Soninke	4		
n=74	Samogo	34	100% paysans	2
	Bambara	30		
	Minianka	12		
	Bozo	1		
	Peulh	5		
	Dionka	1		
	Dafing	5		
	Maure	1		
	Marka	3		
	Mossi	3		
	Sonhrai	3		
	Soninké	1		
	n=82	Bambara		
Bozo		4		
Dionka		1		
Dogon		4		
Marka		36		
Minianka		12		
Maure		1		
Mossi		1		
Peulh		15		
Samogo		5		
Sonhrai		1		

Figure 3: Composition ethnique

- *Niveau de scolarité* : Le niveau de scolarité est un indicateur important pour concevoir les organisations sociales. Dans le cas de la zone d'étude, respectivement 15%, 31% et 10% ont fréquenté l'école primaire mais n'ont jamais terminé. Seulement 1%, 12% et 23% de la population ont fréquenté achevé le niveau d'enseignement supérieur respectivement. Très peu ont fréquenté l'école secondaire. Le taux le plus élevé de l'éducation est l'alphabétisation en Bamanankan, la langue commune malienne dans laquelle respectivement 76%, 20% et 48% peuvent écrire et lire un texte et faire des calculs (Figure 2).

niveau d'Education	Village 1 n= 72	Village 2 n=74	Village 3 n=82
Primaire	15%	9%	10%
Secondaire	6%	0%	2%
Superieur	1%	0%	0%
Alphabétisés	76%	8%	23%
Illitré	1%	36%	7%
Autres	1%	7%	20%

Figure 4 : Niveau d'éducation dans les villages d'étude

- *Le capital social* : Le concept de capital social est étroitement lié à l'action collective, et est souvent considéré comme un indicateur de capacité d'action collective, ou pensé être un déterminant important. Le terme capital social saisit l'idée que les liens sociaux et les normes sont importants pour les personnes et les communautés. Etant donné que le capital social réduit les coûts de transaction de travailler ensemble, il facilite la coopération. Les gens ont la confiance nécessaire pour s'investir dans les activités collectives, sachant que les autres feront autant. Ils sont également moins susceptibles de s'engager dans l'action privée sans entrave avec des résultats négatifs, tels que la dégradation des ressources. Dans le cas de l'ON, le capital social a fortement baissé depuis plusieurs années, de sorte qu'il est devenu difficile pour les gens de coopérer. Les quatre caractéristiques importantes qui sont composées des relations de confiance, de réciprocité et des échanges, des règles communes, des normes, et des sanctions sont pratiquement absentes dans la zone. Il n'y a plus de relations de confiance pour lubrifier la coopération. Etant donné que la confiance prend du temps à construire ou à se reconstruire lorsqu'elle a été brisée, de nombreux efforts déployés pour redresser la situation ont jusqu'ici obtenu de résultats maigres.

- *Appartenance à une organisation sociale quelconque* : Dans la même mesure, l'appartenance à d'autres organisations sociales a également été évaluée. Dans les trois villages, il est remarqué un certain manque d'organisations sociales. L'ensemble de la situation est illustrée dans la figure 8. La méfiance est cependant faible dans le deuxième village où il reste un certain capital social fondé sur le fait que leur Association villageoise (AV) a échappé au vent de l'effondrement général qui a soufflé dans la zone.

- *Ratio Superficie parcelles/taille des ménages* : Beaucoup de producteurs sont réticents aux organisations sociales à cause de plusieurs raisons fondées sur l'héritage historique de l'ON. La méfiance est particulièrement forte dans le village

de Médina (3^e). Un grand nombre n'évoque aucune raison pour la non-appartenance (Figure 5).

Conclusions

Cette étude a identifié trois types de contraintes d'ordre technique, institutionnel et socio-économique dont la levée est essentielle pour la survie de la production dans la zone ON.

Les contraintes techniques relatives à la dégradation des infrastructures exacerbent réellement la baisse de rendement au niveau des producteurs en premier lieu. En effet, l'état actuel du réseau ne permet pas une bonne irrigation. Et cela aboutit forcément à la destruction des récoltes, et par conséquent l'insécurité alimentaire.

En plus, les contraintes institutionnelles relatives constituent un handicap majeur dans la mise en œuvre de toute action collective qui permette aux producteurs d'un même casier de faire face aux lourds travaux de maintenance des réseaux tertiaires. Ainsi, il apparaît nécessaire de travailler sur l'ensemble de ces contraintes en permettant un dialogue inclusif entre les acteurs à travers un processus d'apprentissage social. Pour ce faire, une expérimentation sociale s'avère fondamentale pour reconstruire les rapports de coopération aux différents niveaux.

Quant aux contraintes socio-économiques, une redynamisation des organisations paysannes notamment les OERT et leur formation et/ou recyclage aidera à remettre les irrigants d'un même casier ensemble en vue de reconstruire le capital social, gage de toute coopération entre des individus. Au regard de l'accroissement de la taille des ménages, une redistribution des terres s'avère indispensable pour permettre la survie économique des exploitations.

Pour la maîtrise des mécanismes de fixation des tarifs de redevance eau, une expérimentation biophysique participative en matière de mesure volumétrique de l'eau d'irrigation dans les canaux tertiaires permettra de créer une confiance dans ce sens.

Références

- Amy R. Poteete, and Elinor Ostrom, 2004. In pursuit of comparable concepts and data about collective action.
- B. Bates, R. H. 1999. Ethnicity, capital formation, and conflict. *Social Capital Initiative, Working Paper No. 12*. Washington, DC: The World Bank.
- Beshah, T. (2009), Innovation systems in agriculture and rural development, International Livestock Research, Institute, CTA, 9p.
- Oriana Bandiera, Iwan Barankay, Imran Rasul, April 2005. Cooperation in Collective Action.
- Djibril Aw and Geert Diemer. Making a Large Irrigation Scheme Work. A Case Study from Mali.

- Douglas L. Vermillion and Juan A. Sagardoy. Transfer of irrigation management services, Guidelines, FAO Irrigation and Drainage paper 58.
- E. OSTROM, Aout 1996. Pour les systèmes irrigués autogérés et durables: façonner les institutions, Groupe Inter-Réseaux - Groupe Irrigation – Observatoire sur périmètres irrigués sahéliens.
- Florence Ouvry, Bréhima Tangara, Boutout LY, PSI-Mali, juillet 1998. Dans le cadre de la composante de recherche "Gestion Technique et Organisation Sociale et Foncière de l'Irrigation".
- G. V. SKOGERBOE et G. P. MERKLEY, 1996. Irrigation Maintenance and Operations Learning Process.
- Giller, K. E., C. Leeuwis, J. A. Andersson, W. Andriessse, A. Brouwer, P. Frost, P. Hebinck, I. Heitkönig, M. K. van Ittersum, N. Koning, R. Ruben, M. Slingerland, H. Udo, T. Veldkamp, C. van de Vijver, M. T. van Wijk, and P. Windmeijer. (2008). *Competing claims on natural resources: what role for science?* Ecology and Society 13 (2): 34.
- J. - L. Couture (Gret), P. Lavigne (Gret), J.-B. Spinat (Iram), EDR Cluster. Institutional Innovations and Water management in Office du Niger (1910-1999). The Long failure and new success of a big irrigation scheme.
- Jules Pretty. Social capital and the collective management of resources.
- Klaartje VANDERSYPEN, June 2007. Improvement of collective water management in the Office du Niger irrigation scheme (Mali): Development of decision support tools. Thesis dissertation.
- Leeuwis, C. (2004a), Innovation as a process of network building, social learning and negociation - Implication for transdisciplinary research collaboration, Communication presented at Trans-KARST2004- International Transdisciplinary Conference on Development and Conservation of Karst-Region, Hanoi 13-18 september, 13p.
- Leeuwis, C. (2004b), Communication for Rural Innovation, Rethinking agricultural extension, Blackwell Science, 412p.
- Leeuwis, C. (2009), Reflections on system innovation, innovation systems, opportunities and change, In van Huis, A. and A. Youdeowei (eds), Towards enhancing innovation systems performance in smallholder African agriculture, Proceedings of the first CoS-SIS international conference, Elmina, Ghana, 22-26 June, pp 106-115.
- OSTROM E., 1990. *Governing the commons, the evolution of institutions for collective action*, Cambridge University Press.
- Paul Mathieu, Institut d'Etudes du Développement, Document de Travail n° 11, Avril 2001. Quelles institutions pour une gestion de l'eau équitable et durable ? Décentralisation et reformes du secteur irrigué dans les pays ACP.
- Ruth Meinzen-Dick, K.V. Raju, and Ashok Gulati, June 2000. What affects organization and collective action for managing resources? Evidence from canal irrigation system in India.

Communication N°8: Analyse de la gestion des ressources en eau du bassin de la Comoé au Burkina Faso.

HIEMA Sakalmata Clovis - Ministère de l'Eau et de l'Assainissement, Burkina Faso – Email : hiema.clovis@gmail.com

Résumé

Depuis les années 1960, les politiques de développement du secteur de l'agriculture se sont tournées vers la construction de barrages couplée à l'aménagement de périmètres irrigués. L'irrigation est toutefois reconnue être le plus grand consommateur d'eau sur terre avec environ 70% des consommations.

Le Burkina Faso, malgré un contexte de ressources financières limitées pour la réalisation des ouvrages à même de couvrir tous les usages de l'eau, développe un programme de promotion de l'irrigation. Se pose alors pour le pays, la question de l'efficacité des politiques de gestion intégrée des ressources en eau adoptées et déclinées en Plan d'Action.

Afin de répondre à cette interrogation, une analyse de la gestion des ressources en eau pour le cas spécifique du bassin versant de la Comoé a été menée. L'approche d'analyse utilisée est le « DPSIR », un système d'indicateurs conçu pour étudier les dynamiques de l'évolution des ressources naturelles. Il est particulièrement usité pour les ressources en eau.

Les résultats de l'analyse indiquent que malgré le déficit de ressources en eau mobilisées pour combler tous les usages du bassin, le stress hydrique y est considéré 'faible' et les mécanismes du PAGIRE offrent de réelles opportunités d'amélioration de la gestion des eaux.

Mots clés : ressources en eau, gestion intégrée, irrigation, bassin versant, Comoé, DPSIR.

Introduction

L'eau, facteur important de développement, est une ressource dont la disponibilité s'amenuise (UNESCO, 2006). Cette situation peut s'expliquer par la multiplication des usages de l'eau, mais également par les changements climatiques marqués par une augmentation de la vitesse des vents et une hausse des températures (Diendéré, 2016).

Au Burkina Faso, pays sahélien de l'Afrique de l'Ouest, tenant compte de l'importance que revêt l'agriculture¹³, l'État a accordé une priorité à la construction de retenues d'eau qui a permis un essor considérable de l'irrigation. Dans le même temps, les eaux de surface et des nappes phréatiques mobilisées sont utilisées pour satisfaire les besoins domestiques, de l'élevage et de l'industrie (MCA-BF, 2012).

Pour faire face à cette multitude d'usages de l'eau, dans un contexte global mondial de sa raréfaction, le Burkina Faso a adopté un Plan national d'action pour la Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Ce plan a pour but « d'assurer le développement et la gestion coordonnée de l'eau, des territoires et des ressources qui s'y rapportent afin de maximiser le bien-être économique et social de manière équitable, sans toutefois compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux » (GWP/AO, 2009).

Cependant, comme stipulent Lavorel *et al.* (2016), en matière de gestion intégrée des ressources naturelles, le concept de service écosystémique semble simple et intuitif, mais révèle toute sa complexité dès qu'on s'intéresse à son implémentation. Si donc l'adoption par le Burkina Faso du Plan d'action de GIRE est à saluer, il nous paraît essentiel de nous interroger sur sa mise en œuvre et sur son efficacité. Ainsi, dans cet article, nous focalisons notre analyse sur le cas du bassin versant de la Comoé dont les spécificités sont présentées dans le premier point. Le second point pour sa part, précise l'approche méthodologique DPSIR utilisée comme cadre d'analyse. En cohérence avec cette méthodologie d'analyse, le troisième point examine l'exploitation des ressources en eau dans la Comoé ; cette partie présente également les principaux résultats. Enfin, pour le quatrième point, l'implication opérationnelle de ces résultats est discutée.

1. Présentation du bassin versant national de la Comoé

Le bassin de la Comoé est situé au Sud-Ouest du Burkina Faso et couvre les provinces de la Comoé, de la Léraba et une partie de la province du Houet, sur une superficie de 17 590 km². La Léraba et la Comoé sont les principaux affluents du bassin qui compte 10 sous-bassins ; c'est un bassin national qui est en tête d'un bassin international du même nom que partagent essentiellement le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire (MCA-BF, 2012).

¹³ L'agriculture occupe environ 84 % de la population et participe à près de 32% du produit intérieur brut selon le Discours sur la situation de la nation 2017 du Premier Ministre du Burkina Faso à l'Assemblée Nationale.

La Comoé reçoit au Burkina Faso environ 19 milliards de mètres cubes (Mm³) d'eau de pluies par an. Environ 2 Mm³ de ces eaux ruissellent et alimentent les fleuves et lacs. 1,8 Mm³ s'infiltrent dans le sous-sol tandis que 15,2 Mm³ se « perdent » par évapotranspiration (Traoré et Gombert, 1998 ; MCA-BF, 2012).

Sur le bassin, 26 barrages, 16 mares, 5 boulis et 2 lacs ont été répertoriés (MAH, 2011). Ils ont une capacité de stockage d'environ 115 millions de m³ et un taux de remplissage moyen annuel de 71% (DGH, 2001). Ces retenues d'eau stockent donc en moyenne un volume de 81 millions de m³, représentant seulement 6 % des eaux de surface ruisselant annuellement.

L'abondance du réseau hydrographique permanent ou semi-permanent de la Comoé offre une faune aquatique riche ; 55 espèces de poissons réparties en 17 familles ont été enregistrées (Lankoandé et Sébégo, 2008).

Il ressort de cette présentation que le bassin versant de la Comoé au Burkina Faso dispose d'un important potentiel de ressources en eau et d'une biodiversité aquatique variée.

2. État de l'art sur l'approche DPSIR

L'approche DPSIR (*driving forces, pressure, state, impact, response, en français, FPEIR : Forces motrices, Pressions, Etats, Impacts, Réponses*) que nous mobilisons pour notre analyse a été largement adoptée par plusieurs auteurs (Crouzet *et al.*, 2009 ; Tonneau *et al.*, 2009). Une telle approche, grâce au système d'indicateurs qui la compose permet des choix politiques optimaux pour un environnement de bonne qualité. Nicolas (2008) explique que les *forces motrices* comme l'agriculture et l'industrie, exercent des *pressions* sur l'environnement de par les prélèvements d'eau et les émissions polluantes. Ces prélèvements et les émissions polluantes après divers processus naturels sont susceptibles de modifier l'*état* des ressources en eau. La modification de la qualité et des quantités d'eau engendre des *impacts* environnementaux et économiques sur les écosystèmes, conduisant la société à développer des *réponses*. Les réponses vont consister entre autres à l'adoption de lois afin de prévenir ou atténuer ces impacts, ou alors, à l'adoption de comportements en vue de s'adapter aux changements survenus dans l'environnement. Une rétroaction agit de ce fait sur les forces motrices, et par ricochet, sur les pressions exercées sur l'eau et les impacts qui en découlent. Cette approche est donc un cadre dynamique qui met en évidence les différentes étapes logiques du mécanisme en boucle (Kristensen, 2004).

3. Analyse de l'exploitation et de la gestion des ressources en eau de la Comoé

Dans cette section, nous examinerons la gestion des ressources en eau de la Comoé au Burkina Faso en prenant appui sur l'approche DPSIR à travers ses 5 composantes.

« Forces motrices »

Deux catégories de forces motrices peuvent être dégagées dans l'exploitation et la gestion de l'eau du bassin. Il s'agit des orientations politiques de développement d'une part, et d'autre part, des activités socioéconomiques développées dans le bassin.

En effet, le Burkina Faso, face à la récurrence des périodes sèches depuis les années 1970, a opté pour une politique de développement de l'irrigation. La mise en œuvre des divers programmes et stratégies de cette politique se fait grâce à un dispositif institutionnel conséquent, construit autour de l'érection de directions générales qui s'appuient sur des directions régionales et provinciales pour l'implémentation des activités. L'Etat exhorte également les institutions financières et les organisations non-gouvernementales à participer au développement de l'irrigation. Les emblavures irriguées du bassin ont ainsi été multipliées pratiquement par dix depuis l'adoption de la politique de développement de l'irrigation (DRAHRH/Cas, 2007). Le pastoralisme montre une dynamique similaire (MCA-BF, 2012).

Par ailleurs, dans la mise en œuvre de la politique « *eau potable pour tous* » du pays, l'Office National de l'Eau et l'Assainissement (ONEA) exploite des forages et surtout des barrages aménagés dans le bassin. Avec l'un des taux de croissance de la population les plus élevés du Burkina Faso, la Comoé se retrouve confrontée à une forte augmentation de la demande en eau de boisson des populations (Lankoandé et Sébégo, 2008).

D'autre part, le domaine de l'extraction minière bien que faiblement développé dans le bassin, utilise les ressources en eau pour les différents processus d'exploitation des carrières ; il s'agit en l'occurrence d'un orpaillage mal encadré. Les perspectives indiquent un développement considérable de cette activité sur le bassin (MCA-BF, 2014).

En définitive, les politiques de développement du Burkina Faso et les potentialités en eau du bassin de la Comoé en font non seulement une zone agro-pastorale de prédilection, mais également une zone où l'orpaillage et mêmes certaines industries consommatrices d'eau (fabrication de sucre par la SOSUCO, fabrication de liqueurs par la SOPAL, etc.) se développent.

« Pressions »

Les pressions peuvent être considérées comme l'ensemble des besoins en eau découlant directement des activités socioéconomiques développées dans le bassin, activités qui s'appuient sur les opportunités favorables qu'offrent les politiques de développement du pays. Nous examinons essentiellement ces besoins sous l'angle des quantités d'eau prélevées pour chaque secteur d'activités. Le ratio de ces quantités prélevées par rapport aux ressources renouvelables permet de déterminer le stress hydrique du bassin versant.

La FAO définit le stress hydrique comme la moyenne annuelle, toutes formes confondues, de la demande d'eau dans un bassin par rapport à la moyenne

annuelle des disponibilités en eau (précipitations moins évapotranspiration) dans ce bassin. Le transfert annuel des eaux souterraines en surface est pris en compte dans les disponibilités d'eau (OCDE, 2012).

Les ratios obtenus sont classés en quatre catégories de niveaux de stress hydrique.

Tableau 1 : Détermination du stress hydrique

Ratio	Stress hydrique
moins de 10 %	Nul
10-20 %	Faible
20-40 %	stress moyen
plus de 40 %	stress élevé

Source OCDE (2012)

Plusieurs sources de données sur les besoins en eau du bassin de la Comoé ainsi que sur ses ressources renouvelables sont disponibles. Cependant, les valeurs varient souvent très significativement d'une source à l'autre. Pour notre analyse, les données du MCA-BF (2012) comme indiquées dans le tableau 2 sont considérées.

Tableau 2 : Bilan global des ressources en eau et des prélèvements – situation en 2010

Eléments du bilan	Volumes d'eau en millions de m ³		
	Eau souterraine	Eau de surface	Total
Consommations (Usages)			
Eau potable	-	1,1	1,1
Irrigation	-	111,8	111,8
Elevage	-	8,3	8,3
Industrie	-	2,2	2,2
Total consommations (usages) (1)	5,5	123,4	128,9
Répartition des usages par ressource	4%	96%	100%
Pertes au niveau des ouvrages (2)	-	66,8	66,8
Total prélèvements (1) +(2)	5,5	190,2	195,7
Ressource total produite/renouvelable	938,9	1868,2	2807,1
Transfert eau souterraine/eau de surface	-100	100	0
Ressource produite/renouvelable totale	838,9	1968,2	2807,1
Prélèvements % Ressource	0,70%	9,70%	7,00%

Source COWI dans MCA-BF (2012)

La demande en eau du bassin représente 7% des ressources renouvelables. Le stress hydrique du bassin est considéré donc « nul » selon la classification FAO. Mais il apparaît également que les seuls besoins en eau pour l'irrigation, en tenant compte du taux de remplissage des retenues d'eau, s'élèvent à 137% des

ressources en eau effectivement mobilisables sur le bassin. En effet, l'irrigation utilise essentiellement les eaux de surface. Cette situation démontre que les besoins en eau pour les activités liées à l'élevage, à l'industrie et à l'adduction en eau potable des populations du bassin, ajoutés à ceux de l'irrigation, sont largement au-dessus des quantités de ressources en eau mobilisables. Ils dépassent même les quantités d'eau mobilisables (115 millions de m³) sur le bassin. C'est la traduction des extrêmes pressions exercées sur les quantités d'eau de la Comoé au Burkina.

Aussi, outre ces pressions exercées sur la quantité des ressources en eau du bassin par les activités agricoles, industrielles et d'adduction en eau potable, des pressions sur la qualité de l'eau, liées à l'émission par ces activités de produits chimiques déversés dans la nature le plus souvent sans aucun traitement préalable, sont relevées (Traoré et Gombert, 1998).

Ainsi, dans le bassin versant de la Comoé, les pressions sur les ressources en eau, du fait des prélèvements et des émissions de produits chimiques, sont exercées par les activités liées à l'agropastoralisme, à l'adduction en eau potable, à l'industrie et à l'exploitation minière. Avec 96% des besoins totaux, l'irrigation est l'activité qui présente la plus grande part des besoins en eau. En termes de gestion des ressources en eau renouvelables pour le bassin de la Comoé, à nos jours, le stress hydrique peut être considéré comme « nul » même si en termes de ressources effectivement mobilisées, ce stress hydrique prend des proportions de « stress élevé ».

« Etats »

Les quantités d'eau disponibles de la Comoé sont modifiées par les activités socioéconomiques, surtout par l'irrigation (MCA-BF, 2012). En effet, les prélèvements du suivi piézométrique, même s'ils ne sont pas réguliers, indiquent une tendance globale de baisse des débits (DGH, 2001). Cette diminution des débits est également observée en Côte d'Ivoire (Aka *et al.*, 1996). Par moment, pendant la saison sèche, ces baisses de débits sur le bassin au Burkina Faso se traduisent par l'assèchement de certains affluents jadis pérennes, engendrant l'interruption de chutes d'eau (cascades du Yannon et de Tourni) qui constituent pourtant des attractions touristiques très prisées (Traoré et Gombert, 1998).

S'agissant de la qualité des eaux, des études ont révélé des pics de pollution (SP/RE/R19, 1996). Ces pics seraient liés à l'activité, d'une part, des industries qui rejettent leurs effluents sans traitement adéquat dans les différents affluents et lacs, d'autre part, à l'absence de système adéquat de gestion des eaux usées domestiques, enfin, à l'activité d'orpaillage bien que faiblement développée (Lankoandé et Sébégo, 2008). Toutefois, les analyses de la qualité des eaux, malgré leur caractère sporadique, révèlent que 90 % des eaux sont potables sur le plan physicochimique (MCA-BF, 2012).

En l'état actuel donc, même s'il ne ressort pas un problème majeur de dégradation de la qualité des ressources en eau du bassin de la Comoé, il est enregistré

périodiquement un assèchement de certains affluents du bassin et l'interruption de certaines chutes d'eau.

« Impacts »

La baisse de la disponibilité de l'eau dans ce bassin versant de la Comoé, conjuguée avec les pics de pollution, engendrent de nombreux impacts. Ce sont entre autres des pénuries d'eau face aux multiples besoins, la perte de biodiversité et la régression de l'écotourisme.

En effet, la tendance à la baisse des quantités d'eau et la croissance des demandes pour les divers usages de l'eau, provoquent des pénuries de plus en plus fréquentes au regard des quantités limitées d'eau mobilisées par les infrastructures réalisées dans le bassin. Ces pénuries ont amené certains producteurs à s'installer sur les berges, souvent même dans le lit mineur des cours d'eau, provoquant leur l'ensablement par l'érosion des parcelles qu'ils exploitent. Cet état des faits accroît la rareté des ressources en eau du bassin.

Par ailleurs, les pics de pollution liée aux effluents industriels ont parfois réduit la biodiversité de la faune aquatique. Ces pollutions ont même déjà engendré l'interdiction de la pêche par les pouvoirs publics (SP/RE/R19, 1996). Cette perte de biodiversité et l'assèchement de certaines chutes d'eau qui constituent des attractions touristiques induisent une diminution de retombées financières pour les populations de ces sites.

Enfin, le manque de système adéquat de gestion des eaux usées domestiques peut contribuer à expliquer la fréquence des maladies comme le paludisme, les parasitoses intestinales, les affections de la peau et de l'œil (Lankoandé et Sébégo, 2008).

Il ressort alors de nos analyses que les activités socioéconomiques du bassin entraînent des impacts négatifs significatifs non seulement sur la durabilité des ressources en eau, mais aussi sur les revenus et le cadre de vie des populations.

« Réponses »

Face à la recrudescence des pénuries d'eau, de nombreux conflits entre utilisateurs ont émergé et ont souvent opposé les producteurs des périmètres aménagés par l'État, aux exploitants informels implantés à la lisière des affluents et des barrages. Ce climat conflictuel est accentué par une insuffisance criarde de puits à bétail qui exacerbe les crises entre agriculteurs et éleveurs, les derniers étant obligés de se rabattre sur les points d'eau disponibles généralement déjà exploités pour l'agriculture (Lankoandé et Sébégo, 2008).

Ces nombreux conflits qui sont en voie de remettre profondément en cause la quiétude sociale et le bon déroulement des activités économiques locales, ont conduit l'État à déployé des stratégies à travers une harmonisation des différentes politiques sectorielles. C'est ainsi que dans le domaine spécifique de l'eau, un Plan d'Action pour la GIRE (PAGIRE) a été adopté en mars 2003. Le PAGIRE s'est fixé

pour objectif la participation effective et forte des populations à la base à travers les Comités Locaux de l'Eau (CLE) (MAHRH, 2003).

Au niveau national, le PAGIRE s'est doté en 2003 d'un Secrétariat Permanent (SP/PAGIRE) chargé du suivi-évaluation, de la sensibilisation et de la mobilisation des ressources financières pour la mise en œuvre du Plan d'action. Aussi, des cadres de concertation ont été institués, et cela même au niveau déconcentré. Enfin, pour une bonne coordination de toutes les activités, au moins une fois par an, se tient un cadre de concertation de toutes les parties prenantes de la GIRE dénommé Conseil National de l'Eau (CNE).

Pendant la première phase du PAGIRE déroulée de 2001 à 2006, très peu d'acquis ont été notés dans le bassin de la Comoé. Toutefois, la deuxième phase a enregistré plusieurs avancées majeures comme l'installation de l'Agence de l'Eau des Cascades, l'adoption d'un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE), et le bon fonctionnement du CLE Haute-Comoé qui est un modèle de réussite de par la prévention des conflits alors en baisse. Avec ces résultats, le bassin de la Comoé se place parmi les bassins les plus avancés du pays en matière de GIRE, ouvrant de belles perspectives pour la suite de la mise en œuvre du PAGIRE (MCA-BF, 2014).

La compétition accrue entre les différentes utilisations des ressources en eau a donc généré des conflits ouverts de plus en plus nombreux. Dans le même temps, la mise en œuvre d'une gestion intégrée de l'eau constitue une forme de réponse des pouvoirs publics à la gestion équitable, économiquement efficiente et durable des ressources en eau.

4. Discussions et conclusion

Nos résultats indiquent qu'il n'existe pas encore un véritable stress hydrique lié aux activités socioéconomiques dans le bassin de la Comoé ; ces résultats confirment ceux de Auclair et Lasserre (2013) qui indiquent que contrairement à l'idée répandue, les pays ouest-africains, y compris ceux du Sahel, ne manquent pas d'eau. Cependant, les pressions exercées sur les ressources en eau mobilisées dépassent largement leur capacité. En outre, il ressort que l'agriculture irriguée est l'activité qui participe le plus à cette pression ; ce résultat est conforme aux travaux de Blanchon (2004), de l'OCDE (2012) et de Guigou (2016). Ainsi, si les politiques de développement de l'irrigation au Burkina ont promu la multiplication des aménagements de barrages et périmètres irrigués, force est de constater que cette multiplication a été accompagnée d'une exacerbation du déficit de l'eau pour tous les usages. Cet état de fait a été noté par certains auteurs dans plusieurs pays (Auclair et Lasserre, 2013 ; Benoit, 2017). Il est alors à craindre au fil du temps que le stress hydrique s'intensifie et abaisse la productivité agricole, compromettant davantage la sécurité alimentaire.

D'autre part, si jusqu'ici les risques de pollution sont jugés relativement faibles sur ce bassin, il nous paraît important de mettre en œuvre dès à présent des actions vigoureuses pour éviter la généralisation de la pollution des ressources en eau

comme proposé par Diendéré (2016). Lankoandé et Sébégo (2008) abondent dans le même sens afin de prévenir la pollution des eaux du bassin à grande échelle. Le MCA-BF (2014) a de même suggéré un encadrement des orpailleurs à moyen terme pour ne pas amplifier la dégradation de la qualité de l'eau du bassin pour l'instant acceptable.

Un autre résultat de notre étude révèle que si les principes de la GIRE sont clairs et bien cernés, leur transformation en lignes directrices pour l'action n'est pas évidente et bute sur des difficultés comme souligné par Lavorel *et al.* (2016). Parmi les difficultés, il y a l'autofinancement de la GIRE qui n'est pas encore effectif dans le bassin de la Comoé, limitant la marge de manœuvre dans l'exécution des activités. Gelil (2013) explique que la gestion des ressources naturelles est parfois bloquée par un déficit de fonds ou par des mécanismes de financement compliqués. C'est pourquoi le PNUD et le FIDA (2006), de même que l'ONU (2006), ont jugé primordial une auto-prise en charge des activités de la GIRE pour sa mise en œuvre effective et durable. Concomitamment à ce problème de financement de certaines activités du PAGIRE, nous avons relevé un manque de données fiables lié à un suivi insuffisant de la qualité et de la quantité des ressources en eau. Cette insuffisance complique la planification précise et cohérente des activités. L'UNESCO (2006) et Cap-Net (2009) ont indiqué que la mauvaise qualité des données impacte négativement l'organisation et la bonne conduite des programmes environnementaux.

Nonobstant ces difficultés de mise en œuvre du PAGIRE au Burkina Faso, le bassin versant de la Comoé a de belles perspectives de développement harmonieux des divers domaines d'activités avec l'adoption de son Schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau.

Toutefois, notre travail présente des limites sur lesquelles nous revenons afin de dégager des prolongements possibles de recherche.

La diversité des sources de données, certaines données de la région administrative des Cascades étant même souvent extrapolées au bassin versant de la Comoé, présage d'une grande variabilité dans les résultats de l'analyse. Il n'existe toujours pas des données harmonisées et actualisées sur l'utilisation des ressources environnementales du Burkina.

Aussi, nos résultats sont basés sur un seul bassin national au Burkina Faso ; les 3 autres bassins du pays pourraient rencontrer des situations différentes.

Néanmoins, notre travail permet de dégager des résultats novateurs dans le domaine de la gestion des ressources en eau au niveau d'un bassin versant national.

Sur la base des résultats de notre travail, des recommandations pourraient être faites pour une meilleure implémentation de la GIRE au Burkina Faso :

- améliorer le niveau de connaissance des ressources en eau (eaux de surface et eaux souterraines) ;

- améliorer le niveau de connaissance de la demande en eau des différents secteurs de développement et suivre leur évolution dans le temps ;
- actualiser et dynamiser le système de suivi de la quantité et surtout de la qualité des ressources en eau, notamment en milieu rural ;
- assurer une meilleure coordination et une collaboration entre les institutions du système d'information de l'eau et les autres agences ;
- enfin, renforcer les mécanismes d'autofinancement de la GIRE.

Bibliographie

- Aka A., Kouame B., Paturel J. E., Servat E., Lubes H., Masson J. M., 1996. Analyse statistique de l'évolution des écoulements en Côte d'Ivoire ; *L'hydrologie tropicale : géoscience et outil pour le développement* (Actes de la conférence de Paris, mai 1995), n°238, pp 167-177.
- Auclair A. et Lasserre F., 2013. Aménagements, politiques et conflits sur l'eau en Afrique de l'Ouest, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 13 Numéro 2, septembre 2013, mis en ligne le 04 octobre 2013, consulté le 02 juin 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/13994> ; DOI : 10.4000/vertigo.13994.
- Benoit G., 2017. L'eau, l'alimentation et le climat : revenir aux sources du développement durable, *Responsabilité & Environnement* - N°86, pp 15-19.
- Blanchon D., 2009. Atlas mondial de l'eau. De l'eau pour tous ? La Cliothèque. 3p.
- Cap-Net, 2009. La GIRE: un outil d'adaptation au changement climatique. Manuel du formateur et guide du facilitateur. 145p
- Crouzet P, B Beuzamy, C Carlier - La Houille Blanche, 2009. La Houille Blanche, N°4 (Août 2009), pp. 77-83 Analyse des tendances de la composition des eaux par stratification. Application pilote dans le cadre DPSIR de l'AEE.
- DGH, 2001. État des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion ; Ministère de l'Environnement et de l'Eau, 243p.
- Diendéré A., 2016. Impact des Régimes Institutionnels de Ressources sur le statut de la qualité de l'eau : application à la zone agricole de Mogtédou au Burkina Faso», *Revue d'Economie Théorique et Appliquée, Volume 6, Numéro 2*.
- DRAHRH/Cas, 2007. Rapport annuel des activités, 35p.
- Gelil I. A., 2013. Directives pour l'intégration d'options d'adaptation dans les plans GIRE. Gestion Intégrée Durable de l'Eau (GIRE) - Mécanisme de Soutien UE, 32p.
- GWP/AO (Partenariat Mondial de l'Eau/Afrique de l'Ouest), 2009. *Evaluation de la gouvernance de l'eau au Burkina Faso : Analyse de la situation et actions prioritaires*. Programme de gouvernance des ressources en eau, Composante Afrique de l'Ouest.
- Kristen P., 2004. The DPSIR frame work, 27-29 September workshop on a comprehensive detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin; Nairobi, 10p.
- Lankoandé O. et Sébégou M., 2008. Monographie de la région des Cascades ; Ministère de l'Economie et Développement, 160p.

- Lavorel S., Bierry A., et Crouzat É., 2016. Gestion intégrée des territoires par une approche par les réseaux de services. *Sciences Eaux & Territoires*, numéro 21 (4), 10-17.
- MAH, 2011. Annuaire statistique de l'eau et de ses usages volet : retenues d'eau, 190p.
- MAHRH, 2003. Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso (PAGIRE), 62p.
- MCA-BF, 2012. Rapport d'Etat des lieux des ressources en eau du bassin de la Comoé, 353p.
- MCA-BF, 2014. Evaluation des options de développements des ressources en eau du bassin de la Comoé. 262p.
- Nicolas J., 2004. Les indicateurs environnementaux. Université de Liège. 85p.
- OCDE, 2012. Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : les conséquences de l'inaction. 79p.
- OMM, SIPC et UNU, 2006. Gérer les risques : pérenniser les acquis du développement. *L'eau, une responsabilité partagée*, 2ème Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
- ONU, 2006. Les études de cas ou comment évoluer vers une approche. *L'eau, une responsabilité partagée*, 2ème Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
- PNUD et FIDA, 2006. Les défis de la gouvernance. *L'eau, une responsabilité partagée*, 2ème Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
- SP/RE/R19, 1996. Compte rendu de mission sur la pollution des lacs de Kapogo dans la plaine de Banfora. Rapport n° R19POLLU, décembre 1996, 11p.
- Tonneau J.P., Perret S., Loyat J., 2009. Indicateurs de performance Document de travail, Montpellier, CIRAD, p8.
- Traoré S. et Gombert P., 1998. Diagnostic des ressources en eau dans le bassin versant de la Comoé, Programme RESO/SP Ressources en Eau, VREO, 56p.
- UNESCO, 2006. Approfondir les connaissances et renforcer les capacités. *L'eau, une responsabilité partagée*, 2ème Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.

Communication N°9: Gestion des ressources hydrologiques d'un cours d'eau transfrontalier : cas du sourou

**Abdoulaye M GUINDO¹, Jacques dit N'dji DEMBELE¹
et Moussa dit Martin TESSOUGUE¹**

¹. Laboratoire Hommes-Peuplements-Environnements (HoPE)
Faculté d'Histoire et de Géographie de l'USSGB, Bamako, Mali.
Email : abdoulayemoussaguindo@gmail.com
Tél : 70948376 /69265929

Résumé

Les cours d'eau frontaliers posent souvent des problèmes en terme de gestion des ressources en eau. Cette étude présente, le cas du Sourou, affluent de la Volta noire (Mouhoun) à cheval sur le Mali et le Burkina Faso. Les analyses morphométriques de cette rivière à partir des images Radar (SRTM de 30m) et les analyses des expériences de gestion des ressources en eau ont été effectuées en vue de mettre en exergue sa transnationalité ainsi que les problèmes et avantages pouvant en résulter. Les résultats montrent que sur les 39115,9045 Km² du Sourou, 60% se trouvent au Mali contre 40% au Burkina Faso. Le Mali totalise aussi 59% du nombre de cours d'eau contre 41% au Burkina Faso. En terme de longueur des cours d'eau, 60% se trouvent au Mali contre 40% pour le Burkina Faso. La répartition des ordres montre un avantage pour le Mali, 59% pour les rivières d'ordre 1 ; 58% pour les ordres 2, 7 et 3 ; 57% pour les ordres 4 et 6 ; 54% pour les ordres 5. Pour les bras d'ordre 8 et 9 la faveur revient au Burkina Faso avec respectivement 67% et 100%. L'analyse prouve que la majorité du bassin et les cours d'eau supérieur (collecteur d'eau) se trouvent au Mali tandis que les bras principaux se trouvent au Burkina Faso. Ainsi tout aménagement affectera à la fois (le Burkina Faso et le Mali). L'exemple est le barrage de Léry construit par le Burkina en 1976 et les ouvrages de déviation juste avant la confluence du Mouhoun avec le Sourou en 1984.

Mots clés : Ressources hydrologiques, Cours d'eau transfrontalier, Sourou, Mali.

I. Introduction

Les faits naturels notamment les climats, les vents et les cours d'eau ne s'accommodent pas à nos entités politiques. Hormis les fleuves Yangtzé et Huanghé en Chine puis le Mississipi aux Etats-Unis, la plupart d'entre eux surtout en Afrique de l'Ouest arrosent plusieurs pays. Tel est le cas du Sourou. Le Sourou, affluent de la Volta Noire (Mouhoun) est à cheval entre le Mali et Burkina Faso. Ces deux pays du Sahel à vocation agropastorale ont des ressources hydrologiques assez limitées. Dans ce contexte, la gestion d'un cours d'eau qui a plusieurs propriétaires peut être problématique surtout si les actions menées ne sont pas concertées. Les études relatives à la gestion transfrontalière sont rares. Pourtant, les défis que suscitent les fleuves transfrontaliers sont réels en Afrique de l'Ouest : le fleuve Niger avec 7 pays traversés et le fleuve Sénégal avec 4 Pays. L'objectif de cette étude est de montrer les avantages et les défis que pose la transnationalité des cours d'eau à travers le cas du Sourou. Cette étude est nécessaire d'autant plus que les deux pays ambitionnent chacun d'exploiter les ressources en eaux agricoles et piscicoles qu'offre le Sourou. Comme l'a mentionné (NGODI, 2012) la gestion des ressources en eaux transfrontalières partagées entre différents Etats souverains est un problème délicat qui, traité de manière inappropriée ou partielle, peut être préjudiciable en termes de développement humain et économique à la stabilité politique dans les régions concernées, et peut engendrer des tensions, voire de conflits ouverts. L'étude de la transnationalité amène à s'intéresser à des aspects aussi importants que la dimension spatiale et hydrologique de la transnationalité, ensuite la gestion actuelle et les problèmes (Allan, 2002; Gleick, 1993, 2000 ; Ohlson, 2000 ; Turton, 1999;Turton, Ohlson, 1999) et enfin les perspectives qui montrent les tendances actuelles et de la gestion future (Dinar, 2002).

II. Methodologie

L'appréciation des trois axes ci-dessus énumérés nécessite une approche combinant les techniques variées la collecte, le traitement, l'analyse des données de la télédétection, et les enquêtes de terrain. Les données issues de la télédétection sont de deux types : les Modèles Numériques de Terrain (DEM), et les images Landsat de deux périodes différentes. Les Modèles numériques de terrain téléchargés sur le site de la NASA et sont des images radar SRTM dont la résolution spatiale est de 30 m. Ils servent à appréhender les caractéristiques morphométriques de surface, d'organisation du réseau hydrographique et de texture du bassin. Ils permettent de montrer la répartition du bassin versant ainsi que de ces ressources sur ces 2 pays. Ces données SRTM ont été traitées grâce au logiciel GRASS GIS. Les images multi spectrales Landsat de 2 années de référence (1972 et 2015) ont été utilisées pour extraire la superficie inondées par le cours d'eau, à partir du logiciel QGIS. La référence étant la construction du barrage de Lery en 1976. Il s'agit de montrer l'aire de la zone inondable avant et après cet aménagement. Ceci permet de dégager l'impact de cet ouvrage sur la répartition spatiale des ressources en eau. Pour se projeter dans le futur, des scénarios de gestion des ressources en eau du Sourou ont été simulés en fonction des avantages et inconvénients puis des propositions sont faites pour une

meilleure gestion du cours d'eau. Les enquêtes de terrain couvrent la partie malienne du bassin versant du Sourou, plus précisément les communes rurales de Baye et de Ouenkoro dans le cercle de Bankass. Elles portent sur 2 grands axes : la gestion actuelle et les modes d'appropriation du cours d'eau du Sourou par les populations, et les problèmes entre les tiers parties du Sourou. Elles ont pour but de recueillir les avis des populations locales sur l'aménagement du Sourou et d'appréhender auprès d'elles certains problèmes.

III. Zone d'étude

Le Sourou s'étendant sur 39116 Km² et long de 120 km est l'affluent le plus important du Mouhoun. Il est situé 12°00' et 15°00'N et 0°30' à 4°00'W. Les altitudes varient entre 788 et 232 mètres avec une moyenne de 510 mètres. Il est réparti sur la boucle du Mouhoun (province du Mouhoun, du Sourou) et du Nord (Province de Yatenga, du Loroum) au Burkina Faso.

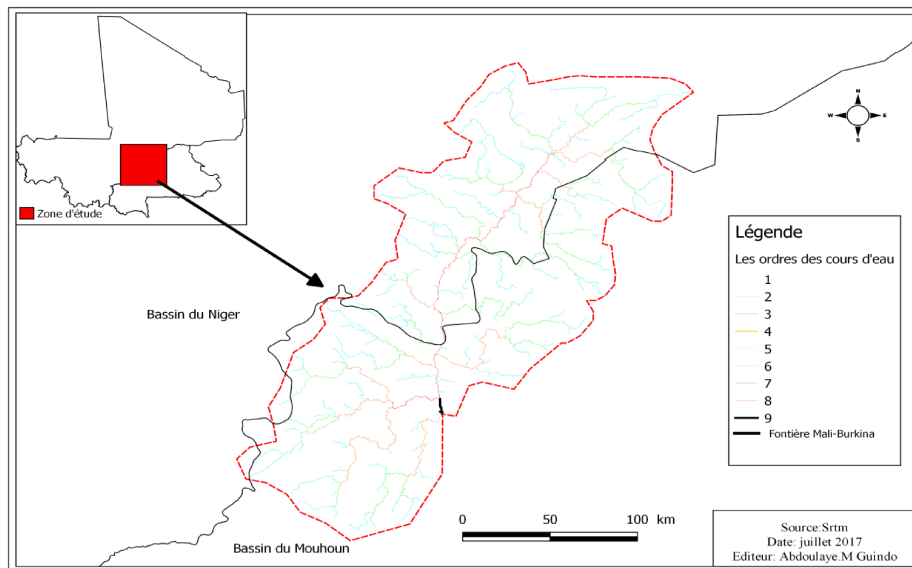
Au Mali, il est réparti dans la région de Mopti, plus précisément les cercles de Bankass, Koro, et une petite portion de Douentza.

Le bassin versant du Sourou fait limite au Nord avec le système hydrographique du fleuve Niger. Le relief est composé du Plateau gréseux au Nord et au Nord Est et de la plaine du Séno au Centre et au Sud (Voir figure n°1). Le plateau fortement disséqué par les affluents du Sourou se raccorde à la plaine du Séno par des versants abrupts ou généralement une falaise. La présence de ces plateaux au nord dicte le sens d'écoulement du Sourou qui est Nord-Sud. L'exutoire du Sourou est le Mouhoun ou Volta noire. Le Sourou est un cours d'eau du climat tropical ayant 2 saisons : Une saison humide plus longue en zone soudanienne (4 à 6 mois) dans la partie Sud du bassin versant, influencée par une pluviométrie annuelle de 750 mm à 500 mm.

Dans la partie Nord du bassin versant, la saison humide en zone sahéenne dure environ 3 mois avec une pluviométrie annuelle de 500mm à 200mm.

Une saison Sèche durant laquelle les pluies sont très rares. Elle est plus courte en zone soudanienne qu'en zone sahéenne. Ce contraste du climat tropical joue sur les écoulements du Mouhoun et du Sourou. Il détermine ainsi la forme de l'hydrogramme de la crue. L'hydrogramme suit la courbe pluviométrique et le régime hydrologique est tropical unimodal. La population vivant dans le bassin versant du Sourou est essentiellement rurale dont pratiquant comme activités principales : l'agriculture sèche, l'élevage extensif et quelques fois la cueillette (pêche, récolte de fruits sauvage).

Figure n°1 : Le bassin versant transfrontalier du Sourou



IV. Résultats

4.1. La transnationalité du Sourou

La transnationalité se définit comme l'appartenance à plusieurs pays ou nation. Dans le cadre des bassins versants, le concept de transnationalité couvre l'idée de la répartition spatiale d'un cours d'eau sur 2 entités étatiques différentes. Le bassin versant du Sourou obéit ainsi à la transnationalité car dans sa partie Nord il relève du Mali et dans sa partie Sud il appartient au Burkina Faso. Les caractéristiques morphométriques du bassin versant du Sourou se dissèquent dans les proportions suivantes entre les deux pays le Mali et le Burkina Faso. (Voir tableau n°1).

Tableau n°1: Répartition statistiques des différentes variables du Sourou entre le Mali et le Burkina Faso

Variables	MALI	Pourcent ages	BURKINA-FASO	Pourcent ages	Total	Total
Superficie(Km ²)	23493,209	60%	15622,696	40%	39 115,90	100%
Nombre de cours d'eau	39566	59%	27643	41%	67 209,00	100%
Longueur de cours d'eau(Km)	4408,0086	60%	29205,662	40%	33 613,67	100%

Le Tableau n°1 montre que 60% du bassin du Sourou, 60% de la longueur totale des bras qui alimentent le cours d'eau principal et 59% du nombre de cours d'eau se situent au Mali. Il apparaît aussi de l'analyse que la partie du bassin au Mali correspond au cours supérieur alors que le cours moyen et inférieur du Sourou se trouve en territoire Burkinabé. Ce qui veut dire que 60% des ressources hydrologiques du Sourou sont collectées au Mali. Le cours supérieur correspond ici aux ordres 1,2 et 3 tandis que le cours inférieur est attribué aux ordres 7, 8,9. L'étude de l'organisation du réseau hydrographique suivant cette hiérarchie permet de démontrer les liens nécessaires entre les eaux provenant des bras du fleuve dévalant les flancs accidentés du plateau Dogon au Mali et le cours principal du Sourou qui se situe dans sa majeure partie en territoire Burkinabé. De façon naturelle, les plaines inondables se situent en grande partie sur les cours moyens et inférieurs du Sourou offrant ainsi des possibilités agricoles et halieutiques. Tout se passe alors comme si le Sourou collecte ses eaux au Mali pour les offrir au Burkina Faso (Voir tableau n°2).

Tableau n°2: Répartition statistiques des différents ordres du cours d'eau du Sourou entre le Mali et le Burkina Faso

Variables	MALI	Pourcenta ges	BURKINA- FASO	Pourcentages	Total	Total %
Nombre de cours d'eau ordre 1	31256	59%	21693	41%	52 949,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 2	6491	58%	4624	42%	11 115,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 3	1410	58%	1012	42%	2 422,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 4	313	57%	232	43%	545,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 5	68	54%	59	46%	127,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 6	20	57%	15	43%	35,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 7	7	58%	5	42%	12,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 8	1	33%	2	67%	3,00	100
Nombre de cours d'eau ordre 9			1	100%	1,00	100

4.2. Diachronique de la plaine inondable de 1972 à 2015

La plaine inondable, comme stipulé plus haut est la zone humide des cours d'eau sur une longue période de l'année. Sur le Sourou cette zone correspond essentiellement aux ordres 7,8 et 9. L'étude diachronique de cette plaine le long du Sourou a été faite sur les images satellitaires sur 2 périodes. 1972 correspondant à la plaine inondable originale, c'est à dire en dehors de tout aménagement agricole. Il apparaît qu'avant la construction par le Burkina du Barrage de Léry, la plaine inondable était une toute petite superficie d'environ 249 km² de part et autre du cours d'eau sur une longueur de 120 km. La superficie est estimée à 249 Km² soit 136 km² au Mali et 113 km² au Burkina ce qui correspond

respectivement à 55 % au Mali et 45% au Burkina. Pour magnifier et augmenter cette superficie, le Burkina a décidé de construire un barrage de retenue à Léry. Après la construction de ce barrage la superficie de la zone inondée a atteint 554 km² soit un peu plus que la superficie de la plaine inondable naturelle. Sur ces 554km², 286 km² se trouvent au Mali alors que 268 km² se situent au Burkina soit respectivement 52% au Mali contre 48% au Burkina. Il apparait que le Mali a beaucoup bénéficié de l'aménagement du Lery. La superficie inondable au Mali a augmenté de 150 km² et de 155 km² au Burkina soit une augmentation de plus du double. Ainsi le Mali sans investir aucun fond financier ou matériel a bénéficié de l'aménagement que le Burkina a effectué sur le cours inférieur du Sourou (Voir Figure n° 3 et n° 4).

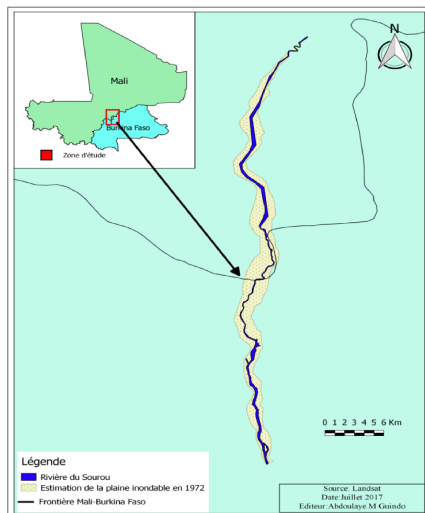


Figure n°3 : La plaine inondable du Sourou en 1972 au Mali et au Burkina Faso

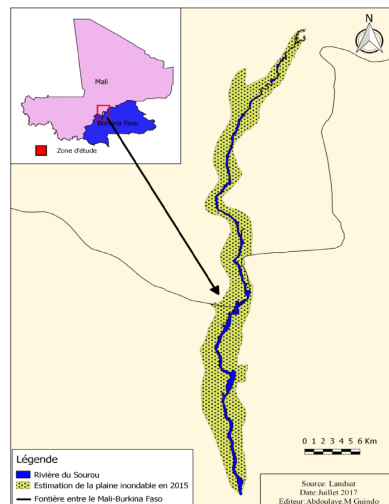


Figure n°4 : La plaine inondable du Sourou en 2015 au Mali et au Burkina Faso

4.3. Construction du barrage et les efforts d'exploitation individualisée du Burkina Faso

Bien que, la construction du barrage de Léry profite au Mali, force est de reconnaître que les efforts consentis proviennent du gouvernement Burkinabé (Voir Figure n°5). Afin de contribuer à la sécurité alimentaire, le gouvernement de Faso a accordé la priorité au projet d'aménagements du bassin versant du Sourou. La figure n°6 témoigne des actes d'aménagement rizicole mené par le Faso. Di, Yaran, Oué ... en sont des exemples.

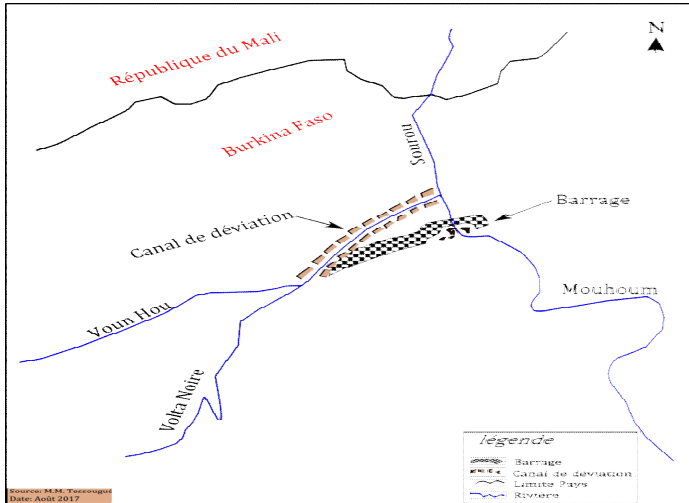


Figure n°5 : Le barrage de Lery

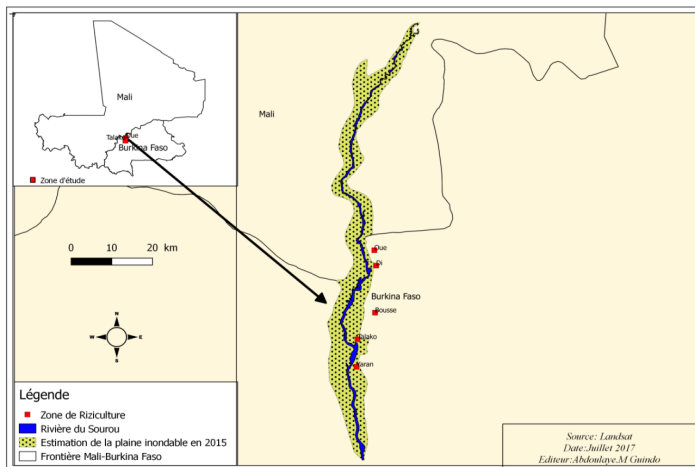


Figure n°6 : Les différents aménagements portés par le Burkina Faso

4.4 Gestion actuelle et Problèmes

4.4.1. Gestion coutumière coordonnée du Sourou au Mali et au Burkina Faso

Si l'aménagement du Sourou a eu un effet bénéfique car elle a augmenté les superficies inondées elle a posé des défis importants à la gestion foncière. Il s'agissait de définir la propriété des nouveaux espaces inondés. Le Sourou est une seule rivière, mais la tradition villageoise le répartit en plusieurs tronçons avec des propriétaires définis. La première règle traditionnelle de répartition se situe entre les villages de la rive Est et ceux de la rive Ouest. Tous les villageois propriétaires d'un tronçon du Sourou sont situés sur la rive Est. Baye réclame la

propriété du Sourou jusqu'à environ 15km en aval au niveau de Yara. De Yara jusqu'en amont de Para sur environ une dizaine de kilomètres, le village de Goéré réclame la propriété traditionnelle du Sourou. Le tronçon dénommé Sakéré appartiendrait au village de Ouro. En amont de Para, jusqu'en aval de Kandé sur une distance de 10 Km le village de Sogué se reconnaît propriétaire. Le tronçon du Sourou dénommé Tamouguinigan est commun aux villages de Oula et de Sogué.

Le dernier village propriétaire coutumier du Sourou dans la partie malienne est le village de Oula. Les droits de propriétés du village de Oula sur le Sourou s'étendent sur environ 15Km. Le tronçon de Bounalori revient au Burkina Faso (peut être au village de Bouna). En outre la partie du Sourou qui coule sur le terroir de Souhé (village malien) revient aussi suivant la coutume au village de Oué au Burkina Faso.

4.4.2 Problèmes de gestion piscicole dans le bassin versant du Sourou

La pêche dans le Sourou, connaît un énorme désordre, puisque les pêcheurs une fois installés par un village X ne se limitent pas uniquement aux eaux revenant à ce village selon la coutume puisqu'ils finissent par sillonner tous les tronçons avec leur pirogue. Une double autorité s'exerce sur le pêcheur étranger, il doit s'adresser au propriétaire coutumier du tronçon avant d'installer son campement de pêche, puis il doit avoir un permis de pêche que lui délivre le service national forestier. Un autre problème en matière de pêche dans le Sourou réside dans l'usage de certains filets prohibés par les législations maliennes et de Burkina-Faso.

V. Discussions

5.1. Les perspectives

Des scénarios ont été élaborés pour modéliser, visualiser théoriquement et évaluer les avantages et les contraintes liées aux aménagements actuels et futurs des deux pays (Mali et Burkina-Faso).

Ils peuvent être appliqués à toutes les rivières qui présentent les mêmes caractéristiques que le Sourou, que ce soit au niveau local, national et international.

5.2. Avantages et Contraintes des scénarios d'aménagement au Mali et au Burkina-Faso

Les scénarios montrent la représentation en quatre (4) phases et actions probables d'aménagement dans le temps et dans l'espace.

- Le temps¹ est le temps avant la construction du barrage. A cette période l'eau s'écoulait du Sourou vers le Mouhoun sans être retenue. Pour cette période les communautés ne valorisaient pas la plaine inondable, car en l'absence de

barrage à Léry la crue baissait très rapidement et toutes les eaux s'écoulaient dans le Mouhoun pour rejoindre l'océan atlantique.

- Le temps 2 est le temps après la construction du barrage de Léry. Les scénarios permettent de constater que la plaine inondable a doublé de superficie.
- La superficie inondable ayant augmenté et le temps de la période humide s'étant prolongé donc la riziculture et les cultures maraîchères furent introduites. Le Mali pratique la riziculture en eaux perdues sans aménagements des casiers mais le Burkina-Faso valorise rationnellement l'eau avec des casiers aménagés. Aucun aménagement n'a été entrepris par l'Etat malien. En zone malienne, la plaine inondable du Sourou devient une zone agricole attractive recevant les populations du plateau et du Séno (Bankass et Koro) en manque de terres arables. On assiste à la déforestation des berges du Sourou et à une extension de la plaine inondable aussi bien du côté malien que burkinabé. Le problème au niveau du temps 2 réside dans la mauvaise exploitation des terres.
- Le temps 3 est le scénario de la construction probable d'un barrage en territoire malien. Le Mali étant le bassin supérieur du Sourou, la plaine inondable coté burkinabé sera alors privée d'eau alors que la superficie de cette plaine augmentera fortement coté malien. Si un tel scénario se matérialise, un conflit certain verra le jour entre les deux populations situées dans le bassin du Sourou. Cette situation est susceptible de provoquer un conflit entre les deux Etats (Mali-Burkina Faso). Par exemple depuis la construction du barrage de Léry, le cours du Sourou est devenu un affluent-défluent. Si le Mali construit un barrage, c'est évident que la plaine inondable disparaîsse entre le nouvel et l'ancien aménagement. Il est à noter que le Mali pratique pendant la saison sèche, la culture de contre-saison par le biais d'une agriculture de submersion. L'eau du fleuve Mouhoun qui alimenterait le Sourou pendant la saison sèche, une fois les vannes fermées au Burkina l'eau ne pourra plus être disponible au Mali et les cultures de submersions actuelles seront compromises.
- Le temps 4 montre la construction de petits barrages de régulation dans le cours supérieur du Sourou au Mali. Dans le contexte actuel de changement climatique et de désertification, les hydrogrammes de crue de beaucoup de cours d'eau ont changé. Au lieu d'être étalé, ils se sont rétrécis avec la présence d'une crue de pointe. Cela est valable aussi pour le Sourou. Pour revenir à un hydrogramme qui se rapprochera des périodes humides, il est nécessaire de construire de petits barrages de régulation dans la partie malienne. Cela permettra aussi bien d'étendre en aval la superficie de la plaine inondable que de régulariser l'hydrogramme de crue (Voir figure n°7).

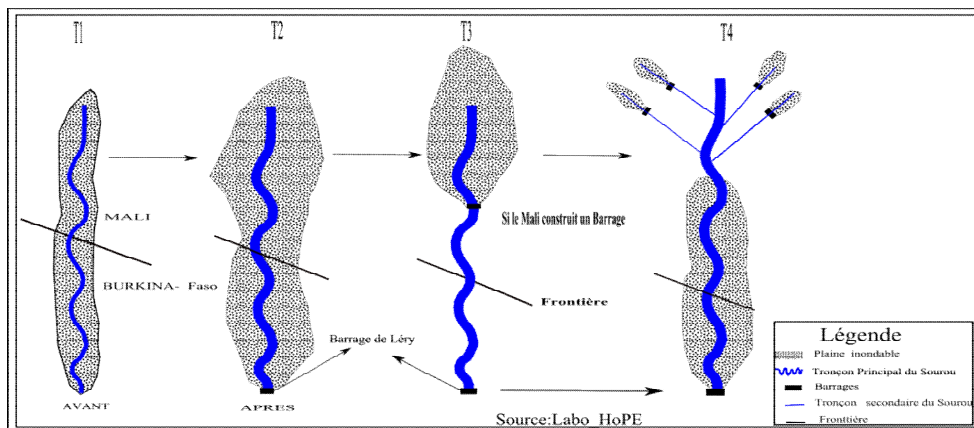


Figure n°7 : Les scénarios des aménagements probables.

VI. Conclusion

Les résultats obtenus sur la répartition spatiale et hydrologique, l'analyse diachronique des images landsat et les analyses de gestions locales et problèmes et enfin les scénarios confirment que la transnationalité du Sourou présentent de défis majeurs à relever. La transnationalité hydrologique et spatiale montre que 60% du bassin se trouvent au Mali contre 40% au Burkina-Faso ; la répartition de la plaine inondable présente 55% au Mali et 45% au Burkina-Faso en 1972 et 52% au Mali contre 48% au Burkina en 2015. Il faut ajouter l'analyse des différentes phases de scénarios entre les deux pays et les propositions.

Dans cette perspective, une meilleure gestion intégrée de ressources en eau avec l'implication de tous les acteurs concernés, avec un mode de gestion qui est en cohérence avec les modes de vie, de valeur et d'éthique de la population locale est nécessaire (Roche, 2003 ; Gangbazo, 2004, Julien, 2006 ; German et Taye, 2008). Aujourd'hui la coopération entre les bassins versants transfrontalières ne doit plus être vue sous le seul angle d'intérêt, elle doit être perçue comme une obligation. Il faut admettre cependant que la cogestion d'un bassin versant transfrontalier favorise plus d'opportunité que de conflit (Beach et al 2000). La coopération entre bassin versant hydrographique à une réussite pérenne lorsqu'elle ne se contente pas que du traité signé entre les Etats (Bernauer,2002). Le Sourou ne fait pas exception à la règle. Les nouveaux paradigmes de la gestion partagée des hydro-systèmes énoncent qu'il vaut mieux partager les bénéfices de l'eau que l'eau elle-même. Ces bénéfices peuvent être socio-économiques, politiques ou environnementaux, ils peuvent être positifs (situation gagnante) ou être liés à des évités (wolf 1999 ; sadoff et Grey 2002).

Références bibliographiques

1. ALLAN (J. A.), 2002, «Hydro-Peace in the Middle East: Why no Water Wars? A Case Study of the Jordan River Basin», *SAIS Review of International Affairs*, 22 (2), p. 255-272.
2. Beach, H. L.J.Hanner, J. Joseph Hewitt, and others., 2000 :Transboundary Freshwater Dispute Resolution Theory, Practice, and annotated references.
3. BERNAUER (T.), 2002, «Explaining success and failure in international river management», *Aquatic Sciences* 64, p. 1-19.
4. Gangbazo, G., (2004). Gestion intégrée de l'eau pas bassin versant : Concepts et application
5. German, L., Taye, H. (2008). A Framework for evaluating effectiveness and inclusiveness of collective action in watershed management, *Journal of international development*, Vol.20, Issue1, P.99-116.
6. GLEICK (P. H.), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, New York, Oxford University Press.
7. Julien, F., (2006). Maîtrise de l'eau et développement durable en Afrique de l'ouest: de la nécessité d'une coopération régionale autour des systèmes hydrologiques transfrontaliers, vertigO.
8. NGODI, E., (2012), gestion concertée des eaux transfrontalières du fleuve du Congo" colloque sur la «gestion coopérative des ressources transfrontalières en Afrique centrale :Quelles ressources leçons pour l'intégration régionale ?43 P.
9. OHLSSON (L.), 2000, «Water Conflicts and Social Resource Scarcity», *Phys. Chem. Earth (B)* 25 (3), p.213-220.
10. Roche, P-A. (2003). L'eau enjeu vital pour l'Afrique, *Afrique contemporaine* ; no printemps. 39-75.P
11. Sadoff, C.W., and D.Grey. 2002. "Beyond the river: The Benefits of cooperation on International Rivers."
12. TURTON (A. R.), 1999, «Water and conflict in an African context», *Conflict Trends* 5, p.24-27.
13. TURTON (A. R.), OHLSSON (L.), 1999, *Water Scarcity and Social Adaptive Capacity, Towards an Understanding of the Social Dynamics of Managing Water Scarcity in Developing Countries*, MEWREW Occasional Paper n° 9, SOAS Water Issues Study Group.
14. Wolf, A.T. 1999. "Criteria for Equitable Allocations: The Heart of International Water conflict." *Natural resources Forum*.

Communication N°10: Usage de la plante vétiver dans la réhabilitation des bassins versants

Abdoulaye TRAORE, abdoulaye_traore2003@yahoo.fr,

Tel : 70.00. 77. 28

Agence du Bassin du Fleuve Niger (ABFN), Bamako

Résumé

Au Mali, des périmètres irrigués existent sur le bassin versant le long du fleuve ou, sur des sols très sensibles à l'érosion hydrique contribuant à l'envasement. Les pertes en sols peuvent être estimées à plus de 10 T/ha/an constituant d'une part un handicap aux activités agricoles, d'autre part à l'acidification des sols et des eaux par les engrais chimiques. Pour faire face au problème, les techniques utilisées privilégient les solutions partielles, ni durables et ni économiques à tort considérées comme model écologique. En effet, au regard à la violence des aléas climatiques extrêmes (précipitations et vents, T° etc.), il faut plutôt privilégier les pratiques intelligentes: le génie végétal a démontré son efficacité dans le contrôle des impacts climato anthropiques indésirables. Les faits vérifiés sont que la plantation de vétiver, entraîne (i) une réduction des phénomènes érosifs, (ii) une diminution de la perte de fertilité, (iii) une diminution de la mobilité des polluants du sol et de l'eau et (iv) une augmentation de stock de carbone entre autres. Comme bonne pratique, ses principes doivent être appliqués de manière appropriée. La présente communication s'inscrit dans cette perspective.

Mots clés : génie végétal, Vétiver, réhabilitation, bassin versant, érosion, pollution

Introduction

L'une des préoccupations majeures du monde scientifique, est l'érosion hydrique. Source d'appauvrissement des terres cultivables, l'érosion hydrique est aussi responsable de la perte de biodiversité en amont, d'ensablement et d'eutrophisations en aval, etc. Ce qui fait d'elle un sujet transversal touchant les domaines allant de l'agriculture, par le transfert de fertilité en passant par les industries extractives par le transfert de polluants dans les bassins versants. Les activités anthropiques en sont causes. Aujourd'hui, on parle trop de la qualité des eaux, la qualité de l'air commence à préoccuper les scientifiques. Par contre, on parle encore peu de la qualité des sols, difficilement renouvelables. On évoque à ce sujet les risques d'une sensibilité à l'érosion, que ceux d'une pollution chimique proprement dite. Ne sous-estime-t-on pas ce phénomène au regard de l'attention portée à l'eau ou à l'air ? Même si on s'intéresse plus à la qualité des eaux, cette dégradation, n'est en effet qu'une conséquence de l'altération des fonctions épuratrices du sol. N'étant pas ou peu enseigné, l'expérience montre qu'il ne se traduit pas du tout dans la vie professionnelle de ceux qui le reçoivent. Telle est la situation marquée par des impacts alarmants sur les bassins versant, libérant dans l'atmosphère des Gigatonnes de Carbone.

Pays minier, avec 47% de sa superficie située dans le bassin du fleuve Niger, 11% dans le celui du Sénégal et 1% dans celui de la Volta le Mali est marqué par un environnement de plus en plus dégradé, (FAO, 2005). Vu l'absence de projet réel dédiée à la réhabilitation des bassins versants, il est admis que le processus de l'érosion n'émeute pas les citoyens car il n'existe à ce sujet, pas de pression sociale alertant la classe politique comme c'est le cas pour la pollution de l'eau. Facteur aggravant, l'inefficacité des procédés lourds (barrières en cailloux enrochement, bétonnage) ni durables ni économiques à tort considérés comme modèles écologiques, infligeant des dégâts et des coûts. A présent les services sectoriels, les appareils de vulgarisation n'ont encore pas créé l'espace de liberté favorisant la créativité. C'est pour inverser cette tendance que le système (SV), basé sur l'application de l'herbacé (Vétiver ZIZANIOIDES), a été développé par la Banque mondiale au milieu des années 80 dans le domaine de la conservation des sols en Inde. Ensuite, les travaux de recherche au cours des 20 dernières années ont clairement démontré qu'en raison des caractéristiques extraordinaires, le SV est aujourd'hui, une technique de bio-ingénierie pour la stabilisation des bassins versants dégradés (phytostabilisation), la décontamination des sols pollués (phytoremédiation) et d'autres objectifs de protection de l'environnement. Pour toutes ces raisons, nous avons choisi ce thème intitulé « Usage de la plante vétiver da réhabilitation des bassins versants »

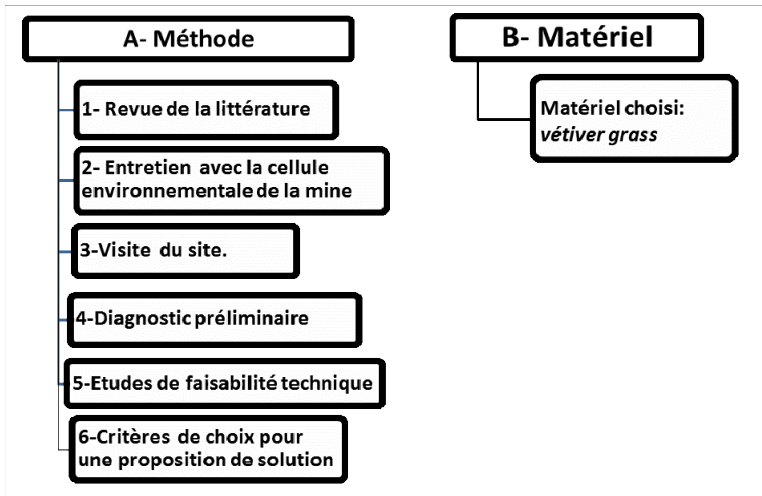
Problématique

Les phénomènes érosifs concernent autant les agronomes, les géographes, les hydrologues.... (Sara *et al.*1997). Ainsi, les mots cachent une philosophie, un préalable à préciser. En chiffre et en ordre, on distingue selon les spécialistes: l'érosion en nappe (*sheet érosion*) : 1 t/ha/an ; l'érosion en rigole (*Rill érosion*) : 10 t/ha/an ; l'érosion en ravine (*Gully érosion*) : 100 à 10.000 t/ha/an (selon Roose,

1994). Cependant, un problème de nature qualitative se pose. Au-delà d'une perte de 1t/ha on perd plus que la nature n'en forme, selon Georges (2008). Pour compenser la perte de fertilité et augmenter leur rentabilité, s'en suit un empoisonnement par des additifs (NPK, le DDT...) Classés préoccupants, pour leurs effets mutagènes, neurotoxiques, perturbateurs endocriniens, visés par la convention de Stockholm (Lahamar, 2005), la décontamination des sols ne peut pas être envisagée sans la question de l'épuration (Ruellan, 2006). Plus édifiant est celui de l'Office du Niger au Mali où 50% des nappes sont salées, très salées ; encore, très sodiques (Rabah LAHMAR, 1996). Ndiaye (2010), signale la présence de pesticides organochlorés et organophosphorés sur plusieurs sites dans le bassin du fleuve Niger. L'expression "mettre en danger la santé humaine" démontre que la pollution a officiellement des effets sanitaires. (Potvin, 2004). Au-delà, le risque et la vulnérabilité deviennent une dimension dans les questions environnementales (SAIDI, 2002 et Roose, 1994). Si en latin l'érosion (erodere) correspond à ronger ; en science du sol elle correspond à : Arrachement → Transport → Sédimentation », (Roose, 1994). Appauvrissant les sols, l'érosion est un problème complexe au-delà, (Georges, 2008), la perte de matière organique devient en lien avec le réchauffement climatique. Au Mali, les 3 à 3,5 millions d'hectares cultivés se caractérisent par une sensibilité à l'érosion de 6,5 t/ha/an. (PNAE 2005) Des chiffres de 31 tonnes ont été enregistrés en zone soudano guinéenne se traduisant par une perte de biodiversité. (FAO, 2005). Confrontés au manque d'information relative au génie végétal, les efforts pour stopper l'érosion se sont traduits par des procédés « lourds ». Malgré leur utilisation, l'érosion s'aggrave, les pentes se rompent inflige des dégâts et des coûts avec un impact sensible, et parfois cause des victimes, (Camuzard, 1999). Représentant un passif environnemental, si la tendance se poursuit, les sols risquent de continuer à libérer de grandes quantités de CO₂, qui pourraient gommer la réduction d'émissions réalisées dans d'autres secteurs, d'où la nécessité d'une technologie intelligente pour des raisons de durabilité de respect à l'environnement dans un contexte législatif en mutation. Ce chapitre axé sur le phytomanagement (gestion par les plantes), décrit la technologie du système et son application dans la réhabilitation des sites miniers.

Méthodologie

Matériels et Méthodes



Schémas explicatif de la méthodologie

Matériels : En effet, l'usage du vétiver sur laquelle est basée cette méthode est une graminée aromatique une herbacée spéciale xérophyte à la fois hydrophyte. Connu sous le nom, *Chrysopogon zizanioides* se classe comme suit :

Règne	<i>Plantae.</i>
Sous règne	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Sous classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Genre	<i>Chrysopogon</i>
Espèce	<i>zizanioides</i>

Capacité de lutter contre l'érosion

Une plante est candidate pour la phytostabilisation si en plus de sa croissance rapide, elle possède un bon potentiel de stabilisation du sol. L'architecture du système racinaire du vétiver s'y prête. (Grimshaw, 1997 ; Xu, 1997). Son exceptionnel système racinaire ralentit le ruissellement, améliore l'infiltration de 20 à 50% et piège les sédiments de 70 à 90 % ainsi, stabilise le sol. S'ensuit l'amélioration significative de la fertilité des sols, puis la formation de terrasses naturelles Salt et al. (1995)

Adaptation aux conditions extrêmes (sol pauvre, aride, acide, riche en métaux lourds)

Si la plus part des plantes ont des difficultés de vivre dans des sols à fort taux de métaux lourds en plus des pH extrême (de 3.4 à 10.5), le vétiver affiche une tolérance à l'acidité, salinité, solidité du sol, aux températures de moins 14 à 55°C. (Antonovics *et al.*, 1971; Gartside et Mc Neilly, 1974).

Capacité de décontaminer les sites pollués

Sa haute biomasse hyper accumulatrice, sont des avantages comme technique d'élimination de l'azote (N) le phosphore (P) et métaux (Truong *et al.* 2009) comme une pompe biologique Son système racinaire extrait absorbe les polluants, sans risques de toxicité pour la plante, selon Kabata (1992) cité par Nadia (sans date). Ce qui lui permet, de prévenir le drainage acide (Truong et Claridge, 1996 ; Baker, 1998).

Être une solution écologique;

Plante de lumière, faisant intensément la photosynthèse, avec 132 tonnes de biomasse/ha/an, (Truong et Richard, 2012) le vétiver est un véritable puits de carbone. 53 tonnes de CO₂ /ha / an, limitant le réchauffement climatique. Poussant dans le sable, le désert, l'argile, et dans l'eau il apparaît comme une réponse au drame de l'érosion, (Truong *et al.* 2009)

Être une solution économique;

Il s'agit d'une technologie à faible coût à haute intensité de main d'œuvre (HIMO).

Zone d'essai

Ce chapitre fait une brève présentation de la zone de l'essai, avec leurs différentes interactions socio-environnementales. Le site retenu pour cet essai est celle de la mine d'or de Tabakoto. Après Avion Gold, et NEVSUN, la mine est actuellement la propriété du canadien ENDEAVOUR. La concession s'élevant à 156 km², se situe à 360 km de Bamako à 15 km de Kéniéba, dans la commune de Sitakily. En exploitation depuis 2006, la mine dispose de deux gisements, celles de Tabakoto et de Ségala découvertes respectivement en 1999 et 2002.



Zone d'essai

Milieu physique

Comme toutes les mines à ciel ouvert, le site est exposé à l'érosion hydrique à cause des emprunts continus, et des dépôts de stériles. Cette situation est aggravée par les fortes pluies car la zone est l'une des régions les plus pluvieuses. Ces paramètres provoquent un accroissement du ruissellement. Au plan relief, les sols sont de type lixisols (classification FAO-UNESCO) désignant un groupe de sol vulnérable à l'érosion. Le terme lixisol désignant sol lessivé, leur perméabilité est médiocre et la stabilité structurale est mauvaise (Zougmore, 1991). Selon Vanbeke (1995), l'utilisation de ces sols est confrontée à certaines contraintes lorsque leur surface n'est pas protégée par une strate végétale, la moindre pente entraîne l'érosion. Selon PIRT (1987), la zone est située dans le soudanien sud de la Falémé caractérisée par une savane herbeuse boisée de *Daniela oliveri*, *Vitellaria paradoxa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Detarium microcarpum*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Andansonia digitata*, *Bombax constatum*, *Ficus gnaphalocarpa*, *Ficus platiphylla*, *Cola cordyfolia*, *Cordia pinnata*... La zone étant riche et variée dans toutes ses composantes laisse une population nostalgique d'un passé récent très giboyeux. Cela se justifie d'ailleurs la proximité de la réserve du Bafing visant entre autre la sauvegarde d'une faune menacée. Un site atelier idéal pour définir une méthodologie de réhabilitation écologique, applicable aux friches minières.

Résultats

Ce chapitre présente les résultats de l'essai qui porte essentiellement sur la mise en application des propriétés phytomanagériales du vétiver par la phytostabilisation et la phytoextraction contre l'érosion et le DMA : 90 pots pour faciliter le déplacement et le transport et éviter le stress



Une pépinière de deux planches de 10 m² et de janvier à mars 2013 104 plants à racines nues avec un écartement de 0,4m dans une première planche de 10 m², (10m X 1m); 208 plants à racines nues avec un écartement de 0,2 dans une seconde planche de 10 m², (10mX 1m) ;



Tableau : Récapitulatif des résultats

Résultats	Indicateurs	
	IOV	Observations
Produit :	90 pots.02 Planches Nombre de ligne Nombre d'éclats	Cette action ayant valeur démonstrative, le risque concerne surtout son non replicabilité
Effet :	Pots /planches standard valorisées en vétiver	
Impact :	Qualité du couvert Croissant Planches Standard : 10X1m esthétiquement et écologiquement installées	La société considérant la positivité des résultats prendra les mesures de replicabilité de l'essai avec son point focal

Il est clair que les mesures biotechniques n'atteignent pas leur efficacité optimale dès l'achèvement des travaux de mise en place. Mais la restauration permet de retrouver la dynamique écologique. Ainsi, le début de la restauration a démarré au mois de juillet par la mise en terre définitive des plants sur un espace de 700 m² (350 m X 2 m) linéaire avec un écartement de 0,4 m. Soit 6 haies de 876 plants au total 5256 plants. Enfin une pépinière de 6 planches de 104 plants a été reconduite pour la campagne prochaine. Avec une prévision de 50 éclats par plants, la mine considérant la positivité de l'essai prévoit élargir son champ d'action pour la campagne prochaine avec son point focal.

Conclusion et recommandation

Dans les pays pauvres à longue saison sèche marquée par des feux de brousse Le vétiver tolérant aux feux ni invasif, ni colonisateur, permet de reconstituer le sol tout en conservant l'humidité *in situ*. N'exigeant ni intrants chimiques, s'adapte à tous les types de sols. En plus, d'être une réserve fourragère vivace pérenne, Le vétiver est entre autres une alternative au surpâturage, un outil de séquestration du CO₂ atmosphérique et peut servir comme source de devise dans le paiement des services éco systémique sur le marché international du carbone. Cet essai au travers du phytomanagement et a intégrer le système vétiver dans le programme de réhabilitation des sols de la mine d'or de Tabakoto. Vu la complexité de l'érosion, nous recommandons ce qui suit :

- renforcer la capacité des structures dont la mission est de veiller à la conservation des sols ;
- vulgariser l'usage du vétiver à travers la sensibilisation, l'information, la formation et l'éducation relative à l'environnement.

Références

- Allouche, N. F. (2006) La Phytoremédiation pour la Dépollution des Eaux Usées. Bulletin des Energies Renouvelables N°10 Division Bioénergiet Environnement.
- Aubertin, M. (1996). Exemples majeurs et récents en géotechnique de l'environnement Presse Pont et Chaussées pages 345
- Brunet, J.-F. (2000). Drainages Miniers Acides Contraintes et Remèdes - État des Connaissances Mémoire de fin d'étude de IIIe cycle. DESS. « Pollutions Chimiques et Environnement » Editions BRGM 176 pages
- Camuzard, J. P. (1999). Le sol, interface nature et sociétés Deuxième partie ENGREF Paris
- Delmas O. (2002). Gestion des sites et sols pollués. Comprendre l'évaluation des risques. Guide des sites et sols pollués
- FAO, (2005). Aquastat. Mali: Géographie, climat et population. fao.org. www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_region/mali/mali_cp.pdf.
- Gélinas, M. A. (2008) La protection et la stabilisation des berges Pourquoi le faire et comment s'y prendre ?

Communication N°11: Nouvelles directions pour l'agriculture malienne mal orientée

Jeff DORSEY¹⁴ et Yacouba SANGARE¹⁵

Le Mali concentre son attention sur la croissance des cultures à faible retour sur investissement au détriment des cultures les plus rentables et plus adaptées à son climat et à l'écologie. C'est ainsi que la riziculture irriguée et la canne à sucre sont développées à l'Office du Niger au détriment de ces cultures et des productions animales, adaptées écologiquement, peu coûteux en investissement et plus productif dans le contexte Sahélien. Le Mali est semi-désertique dans les zones des grands projets d'irrigation dont l'Office du Niger est le système plus important. La conception technique exclut le bétail des projets d'irrigation et de l'utilisation de l'espace irrigué. Les systèmes de cultures sèches pluviales sont détruits et remplacés par le riz et la canne à sucre, deux cultures peu adaptées au milieu. Les systèmes de production efficace de céréales pluviales et le bétail sont déracinés de leur milieu naturel.

Au Mali, dans sa grande majorité, l'irrigation est un système de capture des eaux de pluie avec irrigation complémentaire partielle. Pendant la saison pluvieuse, la disponibilité de l'eau d'irrigation disponible en combinaison avec la pluie font possible la production du riz, mais avec des rendements encore modestes comparés à ceux d'autres pays avec des conditions plus adaptés à sa production. L'irrigation mise en place compense partiellement des déficits pluviométriques et doit se considérer plutôt d'être un supplément des pluies qu'une « maîtrise totale de l'eau ». Hors la saison de pluies, l'offre d'eau pendant la contresaison ne peut pas être assuré, mettant en risque les investissements de ceux qui osent produire hors de la saison de pluies. Le retard dans l'arrivée de l'eau dans les canaux, comme c'est souvent le cas, affectent les rendements et la rentabilité. Il y a souvent une manque d'eau aux mois de juin et juillet quand les demande d'eau de Sélingue prennent priorité sur les besoins de l'agriculture ce qui retard la date de commencer de la production. Les rendements réels obtenus ne sont pas pris en compte dans les calculs de la rentabilité de l'irrigation. Les impacts négatifs en aval des cours d'eau d'irrigation sont nombreux et ne sont pas pris en compte non plus. L'analyse partielle de l'irrigation qui prend en compte les bénéfices estimés en forme optimiste et irréal répondent à une volonté politique qui est sourd aux arguments techniques et aveugle à la durabilité de l'exploitation des ressources des zones humides fleuve en bas. Le coût externe des impacts négatifs en aval et la perte de la production pluviale détruite par la mise en place des systèmes d'irrigations et sont exclus des calculs, ce qui donne une sur évaluation des projets d'irrigation. L'impact sur l'environnement est escamoté bien que réels dans un contexte Sahélien à écosystème fragile comme c'est le cas du Delta Intérieur du Niger au Mali. Ce qui est présenté comme une analyse économique justifiant

¹⁴Economiste agricole

¹⁵Vétérinaire et Chef de Projet

l'expansion massive de l'irrigation en zone Office du Niger n'est qu'une expression d'une volonté politique déconnectée de la réalité écologique du bassin du fleuve Niger. Les cultures de décrues, la pêche et la production de bourgou (fourrage) sont compromis et la population condamnée à l'exode vers les centres urbains ou à l'étranger, et l'accès aux périmètres irrigués est réservé plutôt pour ceux qui n'en ont pas besoin comme moyen de vie.

Le Programme d'Aménagement Hydro-Agricole (PAHA 4) se présente comme une analyse économique de l'expansion massive de l'irrigation au centre du Mali sans suivre les normes minimales de l'analyse économique sérieuse.¹⁶ Il propose diverses chaînes de valeurs et sous-systèmes, mais les définit si mal qu'il est impossible pour les analystes extérieurs d'évaluer de manière indépendante leur contenu précis et donc les résultats qui pourraient résulter de l'expansion proposée. Les coûts externes imposés sur les terrains pris pour le projet et sur les impacts en aval dans le Delta Intérieur du Niger (DIN) et sur les utilisateurs dans d'autres pays ne sont pas pris en compte. Ainsi, le taux de rentabilité interne (TRI) est calculé en se basant sur les composants optimistes et mal définis et sans prendre en compte les coûts externes très importants, dégageant ainsi une rentabilité largement supérieure au réel. En outre, ce n'est pas possible d'estimer une valeur même approximée de rentabilité ou même de s'assurer que les coûts ne soient pas supérieurs à la somme des bénéfices à attendre du projet. Donc sans une analyse économique convaincante, l'extension des superficies irriguée est retenue comme étant la seule alternative pour atteindre la sécurité alimentaire au détriment de l'amélioration des systèmes de production traditionnels bien intégrés et adaptés du Mali.

Les sections qui suivent analysent les éléments de l'économie rurale du Mali, décrivent comment ils ont été perturbés jusque-là et proposent une approche cohérente inclusive pour le développement agricole au Mali.

Les systèmes de production du Delta sont intimement liés au volume et au timing de l'inondation annuelle. Le rythme de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche sont tous régis par l'inondation. Le prélèvement de l'eau par l'Office du Niger et la rétention de l'eau en période d'étiage par le barrage hydroélectrique de Sélingué affecte le système naturel du fleuve Niger en réduisant le volume moyen et la durée de l'inondation. Ainsi les systèmes de production et de cueillette des ressources naturelles dépendant du régime de l'inondation sont compromis et affecte la vie des populations des zones inondables. À la place du système naturel sur lequel repose l'écologie du Delta, développée au fil des siècles, se met en place un système d'ingénierie d'aménagements d'efficacité douteuse et dont les conséquences sont énormément négatives.

La dérégulation du régime de l'inondation dans le Delta Intérieur du Niger a affecté le cycle de développement du bourgou, ressource essentielle pour le système d'élevage pastoral. Le Delta intérieur du Niger n'est plus en mesure d'abriter 2,5

¹⁶ J Price Gittinger, *Economic Analysis of Agricultural Projects*: World Bank and Johns Hopkins, Second Edition, 1982.

millions de bovins et 5 à 6 millions de petits ruminants comme précédemment. Ces animaux sont donc obligés d'effectuer la transhumance vers le sud du Mali et dans les pays limitrophes comme la Côte d'Ivoire contribuant ainsi à exacerber les conflits entre pasteurs et agriculteurs dans ces régions. En raison de la manque d'opportunité dans les métiers associés avec leur ethnie, certains éleveurs et pêcheurs se reconvertissent en agriculteurs. Ces reconversions ont augmenté la pression sur les terres agricoles, entraînant des conflits de tenure foncière supplémentaires. Dans cet environnement conflictuel, de nombreuses personnes (les plus vulnérables) choisissent la migration comme solution ; il y en a ceux qui se mettent aux rangs de rebelles à ne pas trouver d'autre sortie.

Le Mali a signé et ratifié la convention RAMSAR pour protéger l'écologie des zones humides dont le DIN. Le constat est qu'aujourd'hui, le Mali peine à respecter cette convention parce que, les bourgoutières, les forêts et les marais disparaissent d'année en année. Le débit minimum nécessaire pour les soutenir ne peut pas dépasser les barrages de Sélingué et de Markala en saison sèche n'est pas respecté. L'expansion proposée du PAHA IV ne fera qu'exacerber ces problèmes. Les éléphants de Gourma ont également été touchés car les faibles crues réduisent les mares qui les servaient d'habitat pendant les saisons sèches chaudes.

Depuis l'échec du coton, l'Office du Niger s'est tourné vers la production du riz et de la canne à sucre pour justifier sa continuation en activité. Ces cultures parviennent des zones subtropicales humides du Sud-Est Asiatique (le riz) et du Brésil et des Caraïbes (la canne à sucre). Les gens ne pensent pas au Mali avec ses faibles précipitations et se situent sur la frange sud du plus grand désert du monde. La capitale sucrière du Brésil de São Paulo a une moyenne de 1455 mm¹⁷ de pluie par an et 1499 mm¹⁸ pour le Bangkok. Niono a une moyenne de 504 mm de pluie par an.¹⁹ Bien que les agriculteurs fassent de leur mieux pour profiter des pluies en juillet-août-septembre pour cultiver du riz, il y a un déficit de près de 1 mètre de pluie pour atteindre les niveaux de précipitations dans les zones mieux adaptés à ces cultures. L'irrigation doit fournir ce déficit et souvent ne le fait pas. Contrairement au coton dont les besoins en eau sont relativement modestes (7000 m³ / ha), le riz requiert de beaucoup d'eau (plus de 14 000 m³ / ha) et de la canne à sucre, encore plus (20 000 m³ / ha)²⁰. En étiage, le fleuve Niger est pratiquement vide au pont de Markala quand la plus part de l'eau est envoyé dans les canaux de l'ON. Selon MottMacdonald, un flux de 40 m³ / sec, qu'il est convenu de laisser passer en aval pour d'autres utilisateurs et de répondre aux besoins de

¹⁷<http://www.sao-paulo.climatemps.com/precipitation.php>

¹⁸ <http://www.bangkok.climatemps.com/precipitation.php>

¹⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Niono>, Wikipedia, Pluviométrie de Niono pour la période entre 1961 et 1995.

²⁰ Willy van Kampen, Consultant en Irrigation, Message sur Skype 18 Mai 2017.

l'écosystème, n'est pas réalisé dans 82% des jours entre février et mai.²¹ L'eau précisée n'est pas disponible non plus pour faire face aux besoins des cultures de maraîchères de contresaison qui alimentent pas seulement les ventres mais les poches de petits producteurs, particulièrement des femmes. D'ailleurs, en raison des pertes de transport, deux tiers des prélèvements est perdu avant d'arriver aux champs des agriculteurs.²²

Une vaste expansion de l'irrigation est proposée dans le PAHA 4 (d'ajouter 330 000 hectares aux 110 000 qui est actuellement irrigué). Le rapport affirme, incorrectement, que le retrait de l'eau nécessaire pour irriguer cette immense étendue de terre aura un impact négligeable en aval et sur la production dans le Delta. En outre, le PAHA propose d'augmenter la superficie dédiée à la canne à sucre, ce qui représente énorme gaspillage d'eau pour permettes aux maliens de continuer à payer un prix exorbitant pour le sucre. L'expansion des terres sous la canne à sucre rendra l'eau indisponible disponible pour les petits producteurs qui dépendent d'un peu d'eau (à peu près 7000 m³ / ha) pour les cultures de maraichage en contresaison. Les petits producteurs se trouveront en concurrence avec les agro-entreprises sucrières et les individus sans métier agricole qui ont réussis à avoir des bail en raison de leurs relations politiques, qui peuvent s'attendre à une plus grande priorité pour l'eau. Dans les années comme 2018 quand il y a une pénurie de l'eau et donc des conflits au tour de l'eau, qui aura la priorité pour l'eau : les grands entreprises et les individus bien connectés ou les petits producteurs? Les cultures maraîchères sont rentables lorsqu'elles sont cultivées par les petits agriculteurs et leur expansion devrait être encouragée dans la mesure du possible en liaison avec la demande du marché. Mais une quantité suffisante d'eau sera-t-elle disponible pour permettre d'accroître leur production quand l'eau manque ?

Le riz coûte 393 US\$²³ (216 150 FCFA) par MT FOB en Thaïlande (5% brisé), soit 216 FCFA par kg. À Bamako, un kilo de riz coûte FCFA 418. Le sucre coûte 317 US\$²⁴ (174 350 francs) par MT, soit 174 FCFA par kg²⁵, contre 600 FCFA par kg que les maliens paient au détail. Les consommateurs paient environ le double de ce qu'ils devraient payer pour le sucre si tout était importé du Brésil dont le climat et les conditions de production rendent sa production pas cher et rentable. Le sucre coûte du sucre coute cher aux pauvres consommateurs maliens et prend une part plus importante de leurs revenus. Les endroits où les conditions sont

²¹MottMacdonald, Programme d'Appui à la Mise en Œuvre du Contrat Plan de l'Office du Niger, Fév. 2012 – Sept. 2015, Lot n°3: Assistance Technique à la DAGF et la DGEMRH de l'Office du Niger, Rapport Final, p. 19.

²²BRLi-BETICO, Étude du Programme d'Aménagement Hydro-Agricole (PAHA) de la zone Office du Niger (ON)

Phase 1 (Etat des lieux), Volume 2 : Aménagements hydrauliques, Projet d'Accroissement de la Productivité Agricole au Mali (PAPAM), p. 39

²³ https://ycharts.com/indicators/thailand_5_broken_rice_price

²⁴ https://ycharts.com/indicators/world_sugar_price

²⁵ <https://www.numbeo.com/cost-of-living/in/Bamako-Mali>

marginales pour leur production (comme le Mali pour le sucre et pour le riz) ne devraient pas s'engager dans ces cultures. Les cultures comme le sucre et le riz devraient être cultivées ailleurs et importés avec les devises gagnées des produits chers comme les animaux vivants dont la production est idéalement adaptée aux conditions du Mali et dans laquelle le Mali a un avantage comparatif.

La marge nette de la croissance de la canne à sucre en Floride où les agriculteurs obtiennent des rendements de 110 TM par hectare est presque rien (moins de 100 US\$ équivalent à 55 000 FCFA par hectare); à N'Sukala, les rendements sont plus bas, pas plus de 70 MT²⁶ donc la rentabilité de la production de la canne à sucre doit être nul au Mali. Où l'entreprise gagne c'est avec la fixation administrative des prix excessives, réduisant les revenus des maliens des couches plus bas pour confronter leur besoins de sécurité alimentaire et autres

Le Mali gagnerai à mieux cibler les spéculations porteuses à cultiver dans les périmètres irrigués de l'ON. Le coton était abandonné pour ne pas être rentable. Le Mali occupe une position similaire au Chili dans les années 1960. Ce pays a un système d'irrigation lancé par les Incas et s'est développé au cours des 4 siècles. La neige et la glace se fondent dans la saison sèche nourrissant les rivières qui traversent la fertile Vallée Centrale du Chili. Le régime foncier du Chili jusqu'aux années 1960 était basé sur un vaste système de latifundia quasi-féodal (similaires aux grosses exploitations peu efficaces du Mali). Les fermes chiliennes se consacraient aux cultures annuelles de basse valeur: le blé, le maïs, les haricots, même le riz. Une réforme agraire a divisé ces grandes exploitations traditionnelles du Chili et les agriculteurs entrepreneurs se sont mis à profiter des opportunités du marché international pour cultiver des fruits d'exportation très rentables: pommes, raisins et autres fruits. Ses exportations de fruits frais ont passées d'environ 18 500 tonnes métriques (TM) en 1961 à plus de 2 000 000 tonnes métriques en 2003. Ce fruit est un produit de haute valeur qui valorise l'eau d'irrigation autrefois employé anciennement pour produire des cultures annuelles de faible valeur. Le Mali est à une étape où le Chili était il y a un demi-siècle. Le Mali a beaucoup à apprendre du Chili sur l'emploi efficace de l'irrigation.

Le Mali exporte déjà des mangues, principalement des régions de Sikasso et de Koulikoro. Ces exportations ont augmenté de façon spectaculaire de 425 tonnes métriques²⁷ en 1995 à 600 000 TM en 2015²⁸. Le recteur de l'Université de Ségou (Dr. Souleymane Kouyate) et un des auteurs de l'actuelle étude (Dr. Jeff Dorsey) nous avons calculé la marge nette des agriculteurs par hectare sur les variétés d'exportation de mangues à 474 000 FCFA (1000US\$) en 2004. Les mangues

²⁶Coûts et rendements prévus pour la production de canne à sucre sur les sols minéraux du sud de la Floride, 2007-20081 Fritz M. Roka, Jose Alvarez et Leslie E. Baucum, IFAS, SS-AGR-232, p. 7.

²⁷Dorsey et Kouyate, Risque du Crédit Agricole, MaliFinance (USAID), Bamako, Mars 2005, p. 54. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadi788.pdf

²⁸<http://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/11/28/augmentation-de-l-exportation-de-mangues-maliennes-rend-les-agriculteurs-plus-productifs>

exigent presque autant d'eau que le riz²⁹. Les mangues exportées constituent le type de cultures qui devraient être cultivées avec de l'eau d'irrigation limitée dans l'Office du Niger, et non du riz et de la canne à sucre.

La production de sucre utilise beaucoup d'eau pendant la saison sèche quand l'eau est demandé pour des cultures à forte valeur ajoutée : des échalotes, des oignons, et des pommes de terre. La rentabilité de ces cultures élevée par hectare, selon le Dr. Yenizie Koné, est extrêmement, 1 650 000 FCFA (3 300 US\$) pour les échalotes et 1 950 000 FCFA (3 900 US\$) pour les pommes de terre, mais aussi leur gestion et leur main-d'œuvre. Les petits agriculteurs produisent de très petites zones de ces cultures, donc ils peuvent les gérer correctement et fournir la plus grande partie de la force du travail (jusqu'à 666 jours par jour dans le cas des pommes de terre) des membres de leurs propres familles,³⁰ (ce qui est impossible pour les grands agriculteurs). La demande des cultures maraichères de saison sèche est également faible, au tour des 7 000 m³ / ha.

Depuis 2002, l'Office du Niger rapporte qu'un peu moins de 15% de la superficie utilisée pendant la saison principale est cultivée pendant la saison sèche.³¹ La proposition du PAHA, d'autre part, utilise le chiffre peu probable de 30% comme pourcentage de la superficie qui sera en production en saison sèche pour les calculs dans le PAHA. Si l'énorme expansion proposée dans le PAHA se réalise, les entreprises étrangères et des non-agriculteurs auront l'accès prioritaire ce qui laissera peu d'eau pour les petits agriculteurs. Il faudrait certainement des travaux de chaîne de valeur considérables pour permettre même l'expansion graduelle de ces cultures rentables. Mais en plus, il faudra une stratégie d'irrigation qui n'est pas discriminatoire pour les petits agriculteurs et leur emploi de l'eau pour les cultures de contresaison.

Rendre le riz rentable

La rentabilité du riz est faible, car les rendements sont également bas, beaucoup plus bas que le chiffre officiel de 6 TM par hectare. (Depuis les années, ces chiffres officiels donnent systématiquement des rendements oscillant étroitement autour de 6 MT sans que personne les croit.) Dorsey et Kouyate pour leur étude ont utilisé 5 MT pour le riz; Koné en 2010 a constaté que les rendements étaient un peu moins de 4,3 MT. Parce que les rendements sont faibles, de même les bénéficiaires; la faible rentabilité limite également la capacité de l'ON à augmenter la valeur des redevances d'eau (redevances) pour se rapprocher des coûts d'approvisionnement de l'eau. Les partenaires techniques financiers (les bailleurs) subventionnent les opérations ON et paient donc la majeure partie du coût de

²⁹ Office du Niger rapport sur les Redevances, ORedevanceEau_Rapport Redevance final de l'eau_2.pdf

³⁰Dorsey et Kouyate (2005), p. 47.

³¹ A Alatona près de Diabaly, pour deux ans de suite (2017 et 2018), il n'y a pas eu de cultures de contresaison.

l'approvisionnement de l'eau. De toute évidence, il faut augmenter la rentabilité comme première priorité pour rationaliser les périmètres existants.

Riz pisciculture: Clé pour rendre rentable le riz irrigué dans la zone ON

Le système de production du riz-poisson s'est développé en Chine il y a des siècles. La production des poissons s'ajoute à celle de riz paddy, les rendements en riz ne diminuent pas, mais ils restent les mêmes ou augmentent dans certains cas. Le système de production mixte du poisson-riz a été adapté aux conditions maliennes et testé avec succès par le Ministère de Elevage et de la Pêche financé par l'USAID, suivi par le Peace Corps et de ses volontaires de les essais qui ciblaient la rentabilité.³² (Ce travail est disponible en français et certains matériels d'accompagnement le sont aussi à Bamabanakan). Ce travail a démontré que c'est possible d'obtenir 1 TM de poisson par hectare en associant celle des poissons à la production de riz. Le riz supporte presque tous les coûts de ce système de production conjointe. Certains agriculteurs obtiennent déjà une tonne de poisson malgré le fait que les agriculteurs reçoivent peu d'aide ou de conseils.³³ Le système construit sur ce qui existe déjà : les poissons se trouvent déjà naturellement dans les rizières, et ils arrivent avec l'eau d'irrigation. La clé du succès de la production conjointe entre riz et poisson est d'ajouter beaucoup plus de poisson à la production de riz et de le faire d'une manière qui minimise des coûts. Ce n'est plus la recherche ; c'est le business. L'objectif est de gagner de l'argent. Les coûts doivent être limités à un minimum tout en générant des revenus moyennant la vente directement du poisson aux consommateurs. Gagner de l'argent est l'objectif pour les agriculteurs. Mais la sécurité alimentaire est améliorée aussi dans le processus, puisque les familles des pêcheurs mangent une partie du poisson eux-mêmes. L'accent mis sur la rentabilité est couronnée de succès alors que l'approche essayée plus tôt par l'Office du Niger lui-même, la FAO et la recherche a échoué.

L'ajout de poisson à la production irriguée de riz paddy doublera le retour sur l'ensemble du système riz-poisson par rapport au riz seul, et les coûts supplémentaires sont minimales.³⁴ Il est nécessaire de creuser un étang et aux tranchées d'accès qui lient le trou avec le rizier. Ces investissements s'agissent principalement de la main-d'œuvre des agriculteurs; très peu ou rien de financement extérieur est requis. Une fois que le champ du riz paddy est inondé, les poissons nagent entre les rangées de riz repiqué et se nourrissent tous seuls pendant plusieurs mois jusqu'à la récolte de riz. La rizipisciculture est plus la zone de l'Office du Niger pour la disponibilité d'eau et l'imperméabilité des sols. L'insécurité foncière dans l'ON avec ses contrats annuels limite la capacité des agriculteurs à adopter ce système. L'ajout de poisson à la production de riz change

³²Chris Harmer and Kevin Cumiskey.

³³<http://www.jeffdorsey.com/pdf/fr-Rapportdel'ateliersurlaRizipiscicultureVersionFinalFrancaise151023.pdf>

³⁴<http://www.jeffdorsey.com/pdf/fr-Rapportdel'ateliersurlaRizipiscicultureVersionFinalFrancaise151023.pdf>

la rentabilité d'une culture qui es peu intéressant dans le meilleur des cas pour la transformer en système commun de production jointe qui est très rentable pour les agriculteurs et pour le pays. Le Mali gagne avec un système qui produise un repas complet (le riz et sa sauce de poisson) à partir d'une seule parcelle irrigué et en même temps.

Le Mali dépend des pêches de capture pour la plupart de ses protéines; ces pêches sont principalement situées dans la DIN. Les captures de poisson ont diminué de 19,3% entre 2013 et 2014.³⁵ Les captures de poissons seront réduites encore avec l'expansion de l'irrigation proposée, plus si le barrage de Fomi est construit puisqu'il réduirait la taille moyenne de l'inondation sera réduite en 11% et avec des conséquences négatives pour les captures de poissons. Pour compenser les pertes de captures, le PAHA 4 base la production du poisson sur la culture poissons en cages. Chaque cage coute 3 millions de FCFA et le producteur doit alimenter les poissons pendant les mois. Ce système, selon le PAHA, doit augmenter au rythme de 20% par an. Mais au lieu d'augmenter, la production de poisson d'aquaculture est tombée réellement de 2 197 TM en 2013 à 1 953 TM en 2014. Clairement, les petits agriculteurs qui sont la majorité ne peuvent jamais maitriser la culture de poissons en cages. La technologie appropriée aux besoins du Mali et en fonction des capacités de sa population agricole est la rizipisciculture.

Vue d'ensemble des composants de le PAHA

Le PAHA promeut des technologies mal définies (comme la production semi-intensive d'élevage et bien d'autres) et pas clairement expliquées. La production semi-intensive de bétail, a échoué au Mali dans le passé, mais le PAHA4 s'attend cette fois à des résultats différents. Sur la base de ces technologies, le PAHA pose alors des résultats et des taux de croissance trop optimistes pour ainsi obtenir un taux de rendement interne très favorable et également illusoire. Les coûts externes de la production déclenchée sur les pertes terrestres et les pertes en aval dans le Delta ne sont pas estimés et ne sont pas déduits des bénéfices du programme par le PAHA. Sur cette base, il propose la destruction des systèmes d'élevage et d'agriculture à faible coûts qui fonctionnent et ne dépendent que de la pluie qui tombe gratuitement du ciel et d'une inondation qui, si elle n'est pas entravée, offre une immense opportunité de production de riz et de bourgou pour nourrir les maliens et le bétail. Le PAHA a proposé de remplacer ces systèmes fonctionnels par des travaux d'ingénierie énormes et coûteux qui doivent ensuite être gérés par l'Office du Niger. Dans l'état actuel des choses, l'ON n'arrive pas à fournir aux agriculteurs une eau adéquate en quantité et en temps opportun sur les quelques 100 000 hectares existants. Comment l'Office pourrait-il fournir de l'eau à une échelle beaucoup plus grande? La réponse à cette question est à chercher à travers l'analyse des pratiques et la prospective.

³⁵ Politique Nationale de Maitrise de l'Eau Agricole, Juin 2017, p. 3.

Ce qui doit être fait

- Promouvoir le professionnalisme de l'encadrement technique et la bonne gouvernance de l'Office du Niger pour rationaliser l'exploitation des 100000 ha existants.
- N'entreprendre aucune expansion supplémentaire des systèmes d'irrigation à grande échelle tant que les systèmes actuels ne sont pas bien gérés et valorisés durablement.
- Réaliser une étude comparative des chaînes de valeurs dans le système irrigué. Pour ce faire une analyse sans complaisance du régime et des usages des eaux du fleuve Niger orientera mieux le choix des décideurs ; les chercheurs y ont une grande responsabilité.
- Préserver et améliorer l'agriculture pluviale et l'élevage basé sur la transhumance.
- Toute expansion supplémentaire des grands systèmes d'irrigation devrait avoir lieu uniquement en fonction d'une compréhension claire de son impact physique sur les zones prises pour les systèmes et les zones voisines et les impacts en aval sur le Delta. Ces impacts doivent être évalués et quantifiés, ce qui n'a pas été fait dans le PAHA.
- Impliquer et responsabiliser les populations dans le choix, la conception et la mise en œuvre des projets

Communication N°12: Utilisation du ^{137}Cs dans l'étude de l'érosion des sols des petits bassins versants en zone soudanienne du Mali

Aboubakar BENGALY¹, Yacouba DIALLO¹, Bocar AHAMADOU¹, Drissa DIALLO¹ et Philippe BONTE²

Email: bengalyaboubakar@gmail.com, Contact téléphonique : (+223) 76337992/69619237

¹ Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou-Mali

² Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) Gif sur Yvette CEDEX - France

Résumé

La dégradation des sols par l'érosion est de plus en plus importante et inquiétante au Mali. Ce phénomène reste peu étudié alors que les programmes de développement rural et plus généralement ceux en lien avec la protection de l'environnement ont besoin d'outils d'aide à la décision dans ce domaine. C'est dans ce contexte, que la présente étude a été réalisée dans deux bassins versants : à Bélékoni dans la zone de Bougouni où le site a une faible pression anthropique sur l'espace avec un substrat granitique sous 1100 mm de pluie annuelle et une mécanisation moyenne alors qu'à Koro-Koro situé dans la zone de Fana, il a également une faible pression anthropique sur l'espace mais avec un substrat gréseux sous 750 à 800 mm de pluie annuelle et une mécanisation élevée. L'érosion a été étudiée en utilisant le ^{137}Cs avec le modèle proportionnel où la perte en sol est directement proportionnelle à la quantité de ^{137}Cs au sol. Cette méthode a l'avantage de permettre la quantification du bilan érosion / sédimentation. Par dépôt atmosphérique, le ^{137}Cs dans le sol, est fixé aux particules fines avec une distribution homogène dans l'espace dans les zones non perturbées, permettant ainsi de suivre son évolution. Son activité décroît régulièrement avec la période du ^{137}Cs de 30.17 ans. Ce bilan a été établi à partir d'échantillons de sols prélevés dans les bassins versants en fonction des unités morphopédologiques (sols peu épais sur cuirasse ferrugineuse, sols épais de glaciais d'épandage, sols épais de dépression) et de l'occupation des terres (cultures, jachères, réserves foncières). Les sites de références donnent des valeurs en Bq.m^{-2} de l'ordre de 880 pour Koro-Koro et 1035 pour Bélékoni et les taux d'érosion en perte et gain varient en t/ha/an de 0,76 à 22,21 à Bélékoni et de 0,19 à 4,44 à Koro-Koro.

Mots clés : Mali, zone soudanienne, bassin-versant, érosion des sols, bilan de césium

1. Introduction

Certaines actions anthropiques (déboisements, labours) peuvent entraîner des pertes énormes de sol affectant ainsi les ressources agricoles (coton et l'industrie qui en découle, irrigation) mais aussi, en aval, les retenues d'eau (envasement, sources d'électricité) et même la navigabilité du fleuve Niger. En outre, ces pratiques favorisent l'érosion à travers l'accélération des interactions entre encroûtement et érosion. Le déboisement met le sol à nu et l'expose ainsi aux actions directes des agents d'érosion. Quant au labour, il est responsable d'une nette diminution du taux d'agrégats stables dans les sols (Diallo et al 1998). Au Mali, des stations de jaugeage existent, surtout sur le fleuve Niger, qui fournissent des données sur les débits et transports de matières (Droux, 1999).

Diallo et al. (1999) ont montré que les variations de la quantité de terre érodée en fonction du type de sol ou du mode d'utilisation (sous jachère ou sous culture) s'expliquent essentiellement par les teneurs en carbone organique mais aussi par la présence éventuelle d'éléments grossiers comme dans les sols gravillonnaires et caillouteux. Ils ont aussi montré qu'en zone soudanienne du Mali Sud, la production de sédiments sur les bassins versants varie en fonction des types de sol. Cette variation est de l'ordre de 1.2 à 3.9 t.ha⁻¹.an⁻¹ sous jachère pendant qu'elle augmente sous cultures pratiquées sur labour conventionnel de 9.9 à 15.8 t.ha⁻¹.an⁻¹. Les plus fortes érosions sont enregistrées sur sols ferrugineux et les plus faibles sur sol caillouteux (Diallo et al. 1999). Mais les données sur petits bassins versants (Droux, 1999) restent limitées en nombre.

Selon Diallo (2000) au Mali seulement 7% des matériaux érodés dans le bassin versant se retrouvent à l'exutoire. Les facteurs qui peuvent contribuer à cette érosion sont d'ordre divers : topographie et type de sol, type de culture etc.

A l'échelle de la parcelle, du versant ou du bassin versant, par la diversité des processus d'érosion (hydriques, éoliens et aratoires), il ne s'agit plus seulement de quantifier l'érosion mais plutôt de connaître l'origine et le devenir des sédiments. Dans l'étude du cycle de l'érosion, l'utilisation du ¹³⁷Cs surmonte beaucoup ces difficultés posées pour identifier spatialement les zones de dépôt et de pertes en sol à l'intérieur des bassins versants (Bonté, 2000; Bouhlassa et al, 2000; Bonté, 1999; Walling et Quine, 1991).

Bonté (2000), en utilisant le ¹³⁷Cs dans différentes situations géographiques au Mali, a trouvé des résultats encourageants, qui présentent une activité de ¹³⁷Cs largement au dessus du seuil de détection (dans les sédiments du lac Débo l'activité du ¹³⁷Cs est de 2 Bq/kg), démontrant la faisabilité de la méthode dans une région où les retombées des particules radioactives issues de l'explosion des bombes ont été relativement faibles.

La méthode est basée sur l'hypothèse que la redistribution du ¹³⁷Cs reflète celle des sols depuis 40 ans. Une activité de ¹³⁷Cs d'un point de prélèvement inférieure à une activité choisie comme référence témoigne de l'érosion au niveau de ce secteur et une activité de ¹³⁷Cs supérieure à l'activité de référence témoigne d'une accumulation sur ce secteur (Walling et He, 1997). Elle constitue une technique de

diagnostic global pouvant hiérarchiser rapidement les zones sensibles à l'érosion. Cette technique, par comparaison avec les parcelles expérimentales, la bathymétrie de la retenue aval et la mesure de turbidité à l'exutoire, est moins encombrante et plus rapide à réaliser (Moukhchane M., 1999).

Une autre application du marquage des particules par le ^{137}Cs porte sur les sédiments dans le lit des rivières et fleuves, en particulier dans le delta du Niger, ou sur celle des bourgoutières, qui nourrissent des millions de têtes de bétails (Diara et al., 2002).

C'est dans ce contexte, et dans le souci de mieux cerner le problème d'érosion en zone soudanienne du Mali que ; nous avons appliqué la méthode du ^{137}Cs dans les bassins versants de Bélékoni sous 1100 mm de pluie annuelle et une mécanisation moyenne et de Koro Koro sous 750 à 800 mm de pluie annuelle et une mécanisation élevée (cf. carte sur la situation géographique des sites). L'étude vise à apprécier la faisabilité de la méthode dans une région où les retombées des particules radioactives issues de l'explosion des bombes ont été relativement faibles (Mali) et d'identifier les pertes et les gains des particules de sol à l'intérieur des bassins versants.

2. Matériel et méthodes

Le césium 137 est un isotope radioactif artificiel de 30.17 ans de période, c'est l'un des isotopes radioactifs introduit par l'homme en grande quantité dans l'atmosphère, et détectable dans l'environnement en raison de sa période suffisamment longue et de l'émission d'un photon gamma d'assez forte énergie (Mc Henry et Ritchie, 1977). Il est utilisé très souvent pour étudier le déplacement et l'exportation des particules de sol à moyen terme. Selon Ritchie et Mc Henry (1990), l'utilisation du césium-137 dans l'étude de l'érosion des sols repose sur un certain nombre de principes dont:

- une redistribution uniforme et à un moment précis des retombées de césium-137 à l'échelle d'un bassin versant ;
- une fixation rapide et solide du radioélément avec particules du sol ;
- une relation entre la perte de césium-137 et celle des particules de sol.

Il existe une relation entre les mouvements du sol et ceux du ^{137}Cs retombé au sol. C'est cette relation qui est utilisée pour l'estimation des redistributions des particules, une accumulation de particules de sol étant marquée par un gain de ^{137}Cs et une ablation étant marquée par une perte de ^{137}Cs . De nombreuses études ont déjà été menées, utilisant la distribution spatiale de ^{137}Cs à l'échelle de bassins versants (Ritchie et Mac Henry, 1990 ; A. Zouagui et al. 2012).

La technique a été utilisée sur deux sites : un à Bélékoni dans la région de Bougouni où le site a une faible pression anthropique sur l'espace avec un substrat granitique sous 1100 mm de pluie annuelle et une mécanisation moyenne et un autre à Koro-Koro situé dans la région de Fana, il a une faible pression

anthropique sur l'espace avec un substrat gréseux sous 750 à 800 mm de pluie annuelle et une mécanisation élevée

2.1. Critères de choix des sites de référence

Le site sélectionné doit remplir certain nombre de conditions : (i) il ne doit pas être perturbé (labour ou dérangement quelconque) depuis le début des retombées de ^{137}Cs en 1954 ; (ii) il ne doit pas avoir été le siège de déplacements (ni ablation, ni sédimentation) des particules de sols depuis cette même date ; et enfin (iii) il doit se situer à proximité de la parcelle culturale étudiée.

En zone tropicale, les réserves foncières sont les plus susceptibles de répondre à ces critères. Les sites forestiers et la proximité des routes doivent être évités (Sutherland, 1996) car ils surestiment de 1.20 à 1.65 l'activité totale de ^{137}Cs avec des risques de ruissellement et perturbation éolienne.

2.2. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons a été effectué sur les deux sites (fig 1) avec le carottier Eijkelkamp Chaque tronçon est clairement identifié dans un sac plastique, et, tous les tronçons d'une même carotte sont ensuite regroupés dans un sac. Les références des points de carottage sont obtenues avec le GPS map 76 Garmin. Le carottier a permis d'obtenir des carottes de 30 à 80 cm de longueur. Ainsi 16 carottes prélevées ont donné lieu à 45 tranches d'échantillons dont 9 carottes au Bassin versant de Bélékoni en 26 échantillons et 7 carottes au bassin versant de Koro-Koro en 19 échantillons.

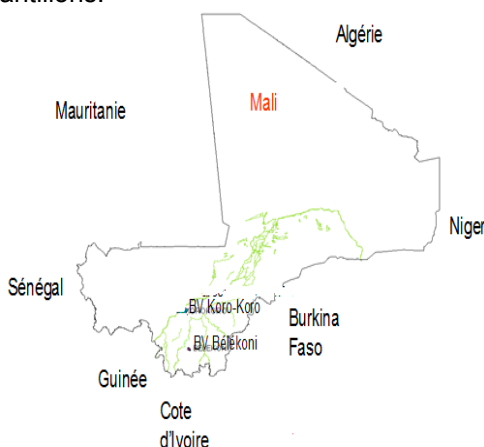


Figure 1 : Situation géographique des sites de recherches

2.3. Conditionnement des échantillons prélevés

L'intégralité des échantillons lors du carottage a été bien conservée. Ce type de carottier permet de s'assurer que la surface prélevée est toujours la même.

Au laboratoire, les échantillons ont été séchés à l'air libre, puis pesés et tamisés à 2 mm. Une partie (environ 100 g par échantillon) de cette fraction inférieure à 2 mm a été envoyée en France au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement pour la détermination de l'activité spécifique en ^{137}Cs par la spectrométrie gamma. Le reste est conservé au laboratoire des sciences du sol de l'IPR/IFRA de Katibougou pour les analyses pédologiques classiques (granulométrie : méthode internationale modifiée par emploi de la pipette de Robinson, pH eau et pH KCl, carbone (méthode Anne).

2.4. Conversion de pertes/gains de ^{137}Cs en t/ha/an

Pour la conversion des bilans de ^{137}Cs en taux d'érosion, la méthode proportionnelle a été choisie. Elle suppose que les pertes de sol sont directement proportionnelles aux pertes de ^{137}Cs . Dans une zone qui a toujours été stable (sans apport ni perte de particules), l'activité totale de ^{137}Cs doit être celle de la zone de référence. Le passage d'activité surfacique en taux net d'érosion s'effectue par la méthode proportionnelle (Martz et al., 1987):

$E = (A * D * L) / t$, où A est le pourcentage de perte en ^{137}Cs , D la densité, L est la profondeur de labour et t le temps écoulé depuis le pic de ^{137}Cs .

Le pourcentage de perte de ^{137}Cs , A, est calculé par comparaison du bilan de ^{137}Cs par unité de surface à une valeur de référence, correspondant au bilan de ^{137}Cs qu'on devrait avoir en l'absence de tout mouvement de sol (ni gain, ni perte). Le bilan de ^{137}Cs étant obtenu à partir de l'activité spécifique et du poids de chaque sous-échantillon. Dans les dépressions qui donnent lieu à une sédimentation, la vitesse d'accumulation peut être déterminée à partir du profil de pénétration des éléments radioactifs (Appleby et Oldfield, 1992).

3. Résultats et discussion

Dans les deux bassins versants, des transects ont été suivis, des plateaux cuirassés (haut de toposéquence) au réseau hydrographique (bas de toposéquence). L'observation des versants a permis de distinguer des plateaux cuirassés indurés, des gravillons et des dépôts sédimentaires sous trois principales unités morphopédologiques (sol peu épais sur cuirasse ferrugineuse, sol épais de glaciaire d'épandage, sol épais de dépression), ensuite les caractéristiques biochimiques et le bilan érosion-sédimentation global sont établies.

3.1. Caractéristiques biochimiques

3.1.1. Sol peu épais sur cuirasse ferrugineuse

A Bélékoni, sur le site cultivé, on a une faible teneur en matière organique par rapport à la jachère et la réserve foncière (tableau1), ce qui est normal car la mise en culture des sols favorise une réduction de la matière organique (Boutkhil Morsli, 2013 ; Diallo et al, 2004 ; Piéri, 1989).

L'acidité dans l'ensemble est moyenne même sur le sol cultivé, cela s'explique par le soin que les paysans accordent aux champs à proximité du village par l'apport de fumier. Par contre, les sols en jachère des deux bassins versants présentent une activité surfacique très faible alors que le sol cultivé indique des apports équilibrés (tableau 1), cela peut être expliquée par la surexploitation des jachères (surpâturage, feu de brousse, coupe de bois à usage domestique etc...).

A Koro Koro, le sol présente une faible teneur en matière organique (moins de 1%) qui pourrait s'expliquer par le surpâturage du site (tableau 1) teneur.

Tableau 1 : Caractéristiques du sol peu épais sur cuirasse ferrugineuse

Bassin versant de Bélékoni

Sol	Profondeur (cm)	% m.o	pH	¹³⁷ Cs Bq.m ⁻²	occupation
1	0-20	1,6	5,9	1088	cultivé
2	0-20	2,5	4,7	494	jachère
3	0-15	2,2	4,9	572	réserve foncière

Bassin versant de Koro Koro

Sol	Profondeur (cm)	% m.o	pH	¹³⁷ Cs Bq.m ⁻²	occupation
1	0-20	0,79	6,24	362	jachère
	20-30 base	2,01	5,77		
	Total			362	
2	0-20	0,86	6,2	580	jachère
	20-base	0,79	5,7	0	
				580	

3.1.2. Sol épais sur glacis d'épandage

A Bélékoni, les sols présentent toujours une faible acidité. Sur cette unité topographique, les sites prononcent une faible activité surfacique (tableau2) dans les reserves foncières exposées à la transhumance et la matière organique est faible partout même à Koro Koro à peu près 1%. Les sols cultivés présentent une activité surfacique en ¹³⁷Cs très variable. Ceux s'expliquent par la surexploitation et la position des sites dans les microtopographies.

Tableau 2: Caractéristiques du sol épais sur glacis d'épandage

Bassin versant de Bélékoni

Sol	Profondeur (cm)	% m.o	pH	¹³⁷ Cs Bq.m ⁻²	Occupation	¹³⁷ Cs total
1	0-10	0,8	5,7	795	Cultivé	1151
	10-20	1,11	5,6	153		
	20-30	1,32	5,7	161		
	30-base	0,79	5,2	42		
2	0-20	0,28	5,8	371	Cultivé	371
	20-30	0,52	5,5			
	30-base	0,74	5,6			
3	0-5	0,43	6,2	182	réserve foncière	303
	5-10	0,68	6,0	75		
	10-15	0,34	5,6	46		
	15-20	0,77	5,2			

Bassin versant de Koro Koro

Sol	Profondeur (cm)	% m.o	pH	¹³⁷ Cs Bq.m ⁻²	Occupation	¹³⁷ Cs total	
1	0-10		0,58	6,6	455,6	Cultivée	857
	10-20		1,06	6,6	317,4		
	20-30		1,11	6,4	84,4		
	30-40		1	6,3			
	40-50		0,63	6,1			
	50-60		0,48	6,1			
2	0-20		1,12	7,2	308	Cultivée	308
	0-20		0,22	5,8	780		
3	20-base		0,90	5,7	114	Cultivée	893

3.1.3. Sol épais des dépressions

La variabilité de la dynamique de l'activité surfacique de ces deux sites s'explique par leur position par rapport à la toposéquence. C'est ainsi qu'on observe des activités stables, fortes et faibles, alors qu'on devrait s'attendre à des fortes activités. La teneur en matière organique en surface est toujours faible partout (tableau3).

Tableau 3: Caractéristiques du sol épais de dépression

Bassin versant de Bélékoni

Sol	Profondeur (cm)	% m.o	pH	¹³⁷ Cs Bq.m ⁻²	Occupation	¹³⁷ Cs total
1	0-20	1,1	5,2	1495		2229
	20-30	2,5	5,4	325		
	30-40	2,9	5,9	153	Cultivée	
	40-50	1,5	6,0	183		
	50-60	1,7	6,5	74		
	60-70	2,3	6,2	0		
	70-76	2,4	6,6			
2	0-20	0,4	5,4	572		572
	20-30	1,0	5,7	0	Cultivée	
	30-40	0,5	5,6			
	40-45	0,8	5,5	0		

Bassin versant de Koro Koro

Sol	Profondeur (cm)	% m.o	pH	¹³⁷ Cs Bq.m ⁻²	Occupation	¹³⁷ Cs total
1	0-20	1,12	5,7	670		791
	20-30	0,64	5,4	121		
	30-40	0,37	5,1	0	Cultivée	
	40-50	1,34	5,0			
	50-60	0,32	5,1			
2	0-40	0,32	5,4	1069	Jachère	1069

3.2. Profils de distribution du ¹³⁷Cs

Dans un sol, l'activité spécifique du ¹³⁷Cs décroît de façon exponentielle avec la profondeur pour un site non perturbé. Par contre sur site cultivé la redistribution de ¹³⁷Cs est constante tout au long du profil labouré à cause de l'homogénéisation induite par le travail du sol.

Les figures 2, 3 et 4 montrent les redistributions moyennes verticales du ¹³⁷Cs dans les sols des deux bassins versants sur des sites d'occupations différentes. Ces figures ne montrent pas de différence importante entre jachère et site cultivé : 0, 25 m pour les sites sous culture et 0,3 cm pour les jachères. Par contre, la profondeur de pénétration du ¹³⁷Cs est nettement plus faible dans les réserves foncières : 0,15 m. La faible différence entre sites de jachère et sites cultivés, en ce qui concerne la profondeur de pénétration du ¹³⁷Cs, peut s'expliquer par le fait que tous ces sites ont été perturbés par les instruments aratoires pendant au

moins un bout de temps au cours des 40 dernières années. Ce qui n'est pas le cas des réserves foncières qui n'ont jamais été vues sous cultures par les populations des villages.

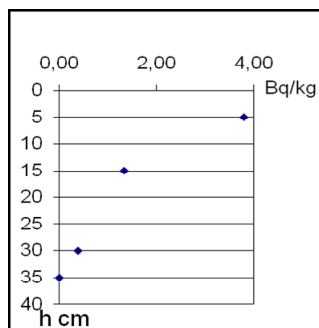


Figure 2: Profil de distribution du ^{137}Cs dans une jachère sur sol épais de glacis d'épandage

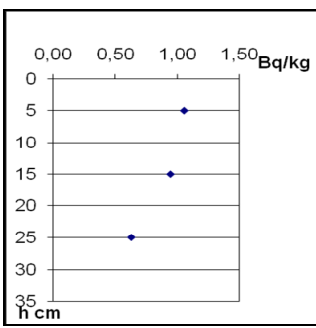


Figure 3: Profil de distribution du ^{137}Cs d'un site cultivé sur sol épais de glacis d'épandage

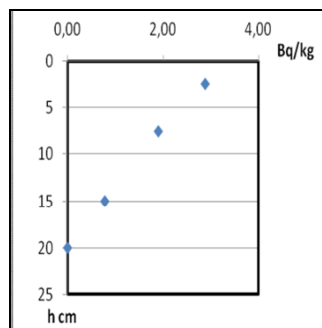


Figure 4: Profil de distribution du ^{137}Cs d'un site de réserve foncière sur sol épais glacis d'épandage

3.3. Bilan érosion-sédimentation

Il faut rappeler que dans un bassin versant, on peut à l'aide du ^{137}Cs situer les points de mobilisation, de relais temporaires ou de dépôt des particules de sol.

Après avoir décrit le bilan de perte et de gain de l'activité spécifique du ^{137}Cs dans les deux bassins versants (Bélékoni et Koro Koro) pour chacune des trois principales unités morphopédologiques : sol peu épais sur cuirasse ferrugineuse, sol épais de glacis d'épandage, sol épais de dépression, le bilan érosion-sédimentation global est ensuite établi. Le bilan établi pour chaque unité morphopédologique représente la valeur moyenne de tous les usages (cultures, jachères et réserves foncières).

A l'intérieur des deux bassins versants, les activités du ^{137}Cs sont comprises entre 303 et 2229 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ avec une moyenne de 791 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ pour Bélékoni et de 308 à 1069 avec une moyenne de 694 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$. Par rapport aux valeurs de référence calculées pour notre étude, on peut dire que la morphodynamique actuelle sur la plus grande partie des deux bassins versants est caractérisée par une perte de terre. Sur une plus petite partie des bassins, on enregistre plutôt une dynamique d'accumulation de matériaux. Les activités moyennes de perte et de gain de ^{137}Cs à Bélékoni (Tableau 4) sont respectivement 48 et 60%. Elles sont élevées en perte et faible en gain par rapport aux mesures réalisées en France par Mabit en 1999 (41 et 79 % respectivement en perte et gain de ^{137}Cs) et elles sont élevées par rapport à celles de Sogon en 1999 (46 et 43 %). Cependant cette variation est plutôt faible en perte par rapport aux données de Walling et Bradley en 1988 dans le Devon au Royaume Uni (88%) et de Bernard et Laverdière en 1992 au Québec (59 %) et de Zouagui en 2012 au Maroc.

Les activités moyennes de perte et de gain de ^{137}Cs à Koro Koro sont respectivement 34 et 12%. Elles sont faibles par rapport aux mesures réalisées dans les autres sites cités ci-dessus. Les pertes sont enregistrées sur les glacis cuirassés et les glacis d'épandage, alors que les accumulations sont observées dans les dépressions. On comprend que les unités morphopédologiques du bassin versant se comportent de façon significative vis-à-vis de l'érosion. Cela est tout à fait compréhensif, chacune de ces unités ayant une organisation topographique spécifique. Il en est de même pour les propriétés de leurs sols. On note par ailleurs que l'occupation du sol est responsable d'un comportement différentiel à l'intérieur de l'unité morphopédologique.

Tableau4 : Détermination des pertes /gains de terres

Sites	Occupation	Référence	taux de ¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs	Densité	Profondeur	Perte /gain t/ha/an	Unité	Bassin versant
		Bq.m ⁻²	Bq.m ⁻²	%	Kg.dm ⁻³	M			
1	cultivée	1035	1088	5,12	1,98	0,3	0,72	cuirasse	Bélékoni
2	cultivée	1035	2229	115,36	1,4	0,55	21,15	dépression	
				60			11		
3	jachère	1035	494	-52,27	0,83	0,15	-1,55	cuirasse	
4	Reserve foncière	1035	572	-44,73	0,98	0,15	-1,57	cuirasse	
5	cultivée	1035	828	-20	1,5	0,35	-2,50	Long glacis	
6	reserve	1035	505	-51,21	1,27	0,2	-3,10	Long glacis	
7	reserve	1035	303	-70,72	1,2	0,15	-3,03	Long glacis	
8	cultivée	1035	371	-64,15	1,3	0,2	-3,97	Long glacis	
9	cultivée	1035	726	-29,86	1,25	0,2	-1,78	dépression	
				-48			-2,5		
1	jachère	880	1069	21,48	0,78	0,25	1,00	cuirasse	Koro-Koro
2	cultivée	880	893	1,48	1,45	0,35	0,18	Long glacis	
				12			0,6		
3	jachère	880	580	-34,09	1,18	0,2	-1,92	cuirasse	
4	jachère	880	362	-58,86	1,18	0,2	-3,31	cuirasse	
5	cultivée	880	857	-2,61	1,4	0,3	-0,26	Long glacis	
6	cultivée	880	308	-65	1,82	0,15	-4,23	Long glacis	
7	cultivée	880	791	-10,11	1,4	0,3	-1,01	dépression	
				-34			-2		

4. Conclusion

La méthode du ^{137}Cs constitue une technique expresse d'identification des zones d'ablation et d'accumulation des particules de sol à l'intérieur d'un bassin versant. Elle complète les mesures sur parcelle expérimentale dans les prises de décision dans les programmes de développement rural. Le ^{137}Cs intègre, avec une seule visite sur le terrain, les processus érosion/accumulation sur 40 ans au moins. C'est en effet un moyen d'estimer la vitesse d'envasement du lit mineur et des bassins de retenue et/ou d'obtenir un repère chronologique dans l'étude de l'évolution de la pollution des rivières par l'accroissement de l'urbanisation,

5. Remerciements

Cette étude a été réalisée en partie dans le programme de mobilité franco-malienne dans son action d'appui à l'enseignement supérieur et dans le programme CORUS.

Nous tenons à remercier tout le personnel du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) à Gif sur Yvette en France pour les analyses, la Direction Nationale de l'Hydraulique du Mali pour le carottier et les populations de Bélékoni et de Koro Koro pour leur disponibilité et leur soutien.

Références

- Appleby P.G. & Olfield F. (1992). *Application of lead-210 to sedimentation studies*. In Uranium-series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences, Ivanovich R.S; (Editor), Clarendon Press, Oxford: 731-778.
- Bernard C. et Laverdière M.R. (1992) – Spatial redistribution of ^{137}Cs and soil erosion on Orleans Island, Quebec, *Canadian Journal of Soil Science*, 72, 543-554.
- Bonté P. (1999). *Evaluation radio-isotopique de l'érosion et du transport sédimentaire en zones soudano-sahéliennes au Mali*. Rapport de mission AIEA. Référence n° ER44.
- Bonté P. (2000). *Evaluation radio-isotopique de l'érosion et du transport sédimentaire en zones soudano-sahéliennes au Mali*. Collection « Etudes et Rapports Gihrex », Fond documentaire IRD, 32 av. Henri Varagnat, France : 26p + annexes.
- Bouhlassa S., Moukhchane M., Aichi, A., 2000. Estimates of soil erosion of cultivated soil of Nakhla watershed, Morocco, using technique and calibration models. *Acta geologica Hispanica*.: 239-249.
- Boutkhil Morsli, Mohammed Habi, Mohamed Meddi (2013). Dynamique de l'érosion en zone méditerranéenne algérienne : facteurs explicatifs de variation du ruissellement et de l'érosion sous différentes occupations du sol. *Journal of Water Science* Volume 26, numéro 2, p 90-104

- Diallo D., Roose E., Barthès B., Khamsouk B., Asseline J.(1998). Recherche d'indicateurs d'érodibilité des sols dans le bassin versant de Djitiko (Haut Bassin du Niger au Sud Mali). *Bull. Réseau Erosion* 18, 336-347
- Diallo D., Roose E., Barthès B. (1999). Comparaison de tests d'érodibilité des sols en laboratoire et de mesure sur parcelles d'érosion dans le bassin versant de Djitiko (zone soudanienne du Mali-sud). *Bull. du Réseau Erosion*. 19, 168-175.
- Diallo D. (2000). *Erosion des sols en zone soudanienne du Mali. Transfert des matériaux érodés dans le bassin versant de Djitiko (Haut Niger)*. Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier de Grenoble : 202 p
- Diallo D., Barthès B., Orange D., Roose E. (2004). Comparaison entre stabilité des agrégats ou des mottes et risques de ruissellement et d'érosion en nappe mesurés sur parcelles en zone soudanienne du Mali. *Sécheresse*, 15, 1, 57-64.
- Diarra S., Orange D., Bonté P. (2002) *Fonctionnement hydrosédimentologique du lac Débo : le rôle du bourgou*. In Orange D., Arfi R., Kuper M., Morand P., Poncet Y. : Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales, Colloques et séminaires, Ed IRD, Paris, 315-328.
- Droux J.P. (1999). *Hydrologie et flux de matières solidesparticulaires et dissoutes sur petits bassins versants du bassin du fleuve Niger au Mali (bassins versants du Doufing, de Djitiko et de Bélékoni)*. Thèse, Université Louis Pasteur-Strasbourg 1 : 304 p.
- Mabit L. (1999)- *Estimation de l'érosion hydrique des sols par la méthode du ¹³⁷Cs : application aux bassins versants de Vierzy (France) et Lennoxville (Québec)*, Thèse de Doctorat de l'Université Paris1, 257 P.
- Martz L.W. et De Jong E. (1987) – Using Caesium-137 to assess the variability of net soil erosion and its association with topography in Canadian prairie landcape, *Catena*, 14, 439-451.
- McHenry, J.R. & Ritchie, J.C. (1977) Estimating field erosion losses from fallout caesium-137 measurements. In: Erosion and Solid Matter Transport in Inland Waters (Proc. Paris Symp. July 1977) 26-33. IAHS Publ. no. 122.
- Moukhchane M., 1999. *Contribution à l'étude de l'érosion hydrique dans le Rif occidental. Applications des méthodes expérimentales du ¹³⁷Cs et de la susceptibilité magnétique aux bassins Nakhla, El Hachef et Smir*. Thèse, Université Abdelmalek Essaidi, Tétouan, Maroc :260p.
- Piéri C. (1989). *Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. Paris, Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD, 444 p.
- Ritchie J.C., Mc Henry J.R., 1990. Application of Radioactive Fallout Caesium-137 for measuring Soil Erosion and Sediment Accumulation Rates and patterns : *Areview. Jour. Environ Qual.*, 19 : 215-233.
- Sogon S. (1999) – *Erosion des sols cultivés et transport des matières en suspension dans un basin versant de Brie. Application des traceurs radioactifs naturels et magnetiques*. Thèse Univ. Paris I, 304 p.
- Sutherland R.A. (1996) - Caesium-137 soil sampling and inventory variability in reference locations: a literature survey, *Hydrological Processes*, 10, 43-53.
- Walling D.E. et Bradley S.B. (1988) - *The use of Caesium- 137 measurements to investigate sediment delivery from cultivated areas in Devon, UK*. In:

- Sediment budgets, Proceedings of the Porto Alegre symposium, Décembre 1988, I.A.H.S. Publication 174, 325-335.
- Walling D.E. et Quine T.A. (1991) - Use of ^{137}Cs measurements- to investigate soil erosion on arable fields, in the UK: potential applications and limitations, *Journal of Soil Science*, 42, 147-165.
- Walling D.E., He, Q. (1997). *Models for converting ^{137}Cs measurements to estimates of soil distribution rates on cultivated and uncultivated soils*. Repport to IAEA, University of Exeter, U.K.
- Zouagui A., M. Benmansour M., N. Amenzou N., A. Nouira A., Sabir M., H. Benjelloun H., Marah H., Benkada A. (2012). Application de la technique de ^{137}Cs à l'estimation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Moulay Bouchta, *Rif occidental, Maroc, Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* p:53-58

Communication N°13: L'Afrique à la quête perpétuelle de l'autosuffisance alimentaire. Pourquoi encore au XXIe siècle ce défi semble difficile à relever

Mamoutou TOUNKARA et Amadou TRAORE

Université de Ségou, Faculté des sciences sociales (FASSO),
tounkara_karamoko@yahoo.fr

Résumé

Il est bien vrai que l'Afrique est le continent qui regorge le plus de potentiel dans le secteur primaire (agriculture, élevage et pêche) grâce à l'abondance de surfaces cultivables, à la richesse de ses terres, mais aussi, à la jeunesse de sa population. Dès les premières années des indépendances, ce continent a eu des dirigeants soucieux d'extraire leurs peuples de la sous-alimentation. Pour ce faire, ils engagèrent leurs concitoyens à compter d'abord sur leur propre force. Pour eux, les pays pauvres doivent eux-mêmes redéfinir leurs priorités économiques et sociales sans faire référence à un modèle de développement existant, imposé par les autres. Cette politique appelée « *self-reliance ou développement auto centré* » avait pour objectif le travail de la terre afin d'assurer le développement et l'autosuffisance alimentaire. Ainsi, ont été mises en œuvre des réformes agraires, lesquelles étant salutaires à bien des égards, ont connu des échecs à cause des considérations politiques, économiques, idéologiques, etc. De cette période à aujourd'hui, le constat amer en Afrique est que des millions de personnes sont au bord de l'anéantissement à cause de la famine. Selon la FAO (2017), 795 millions de personnes souffrent de la faim dans le monde, soit une personne sur neuf. La grande majorité de ceux-ci vivent dans les pays en développement. L'Afrique subsaharienne est la région avec la plus forte prévalence de la faim. Une personne sur quatre y est sous-alimentée. Alors, qu'est ce qui explique ce phénomène ? L'autosuffisance alimentaire dont il est question est-elle un mythe ou peut-elle être une réalité en Afrique ?

Pour répondre à ces questions, cette communication met un accent particulier sur les aléas climatiques ; les mauvaises ou absences de politiques agricoles ; les effets de la mondialisation sur la vie des communautés, l'insécurité, les migrations internes, communément appelées exode rural, un phénomène en apparence temporaire, mais qui devient de plus en plus permanent, etc.

Mots clés : agriculture, sécurité alimentaire, climat, érosion des sols, migration, exode rural

Introduction

L'autosuffisance alimentaire est une priorité, voire une urgence dans plusieurs pays africains, notamment ceux du sahel. Cette situation est due à plusieurs facteurs, allant des aléas climatiques aux politiques nationales et internationales de l'agriculture et de la population.

En effet, il y a environ dix mille ans, notamment au début du Néolithique, des sédentaires ont commencé à cultiver des plantes et à dompter les animaux, notamment dans le croissant fertile³⁶. La population mondiale était alors estimée à environ cinq millions (Traoré, 2017). À l'époque, si les hommes se déplaçaient à la recherche de survie face à une nature de moins en moins opulente, il fut nécessaire pour certains de se sédentariser. La seule option à cet effet fut le développement de l'agriculture. « *Sans agriculture, point de vie !* » dira-t-on.

Si l'agriculture a pour objectif principal la satisfaction des besoins alimentaires, elle recouvre aujourd'hui des réalités différentes selon les régions du monde, allant des plus rudimentaires aux plus sophistiqués (Mazoyer M., Roudart L., 1998). Cet écart de productivité a véritablement explosé au cours du XXe siècle parce que dans le monde une partie des agriculteurs ont bénéficié de la révolution agricole contemporaine et de la révolution verte, tandis que beaucoup d'autres n'ont pas progressé. Ce développement agricole inégal s'est accompagné d'une énorme croissance de la production alimentaire mondiale, qui nourrit plus de six milliards d'êtres humains au début du XXIe siècle (Haubert M., 1998).

L'agriculture moderne se caractérise par l'emploi des moyens scientifiques et une faible implication directe de la motricité humaine. Il s'agit d'un niveau de développement que les seuls pays industrialisés ont atteint. Dans ces pays, la population agricole ne cesse de baisser au fur et à mesure de l'évolution de la technologie agricole. En même temps, le type d'agriculture traditionnelle est la caractéristique des pays en développement. Il constitue le principal moyen de création d'emplois directs dans ces pays et atteint parfois jusqu'à 80% des actifs. Ainsi, l'agriculture joue un rôle central dans le développement économique parce que la majorité des habitants de ces pays « pauvres » tirent leur substance du sol. Elle a un effet sur la santé et la nutrition des membres de l'unité de production agricole (famille) à travers les produits, leur quantité, leur diversité, leur accessibilité, leur qualité sanitaire et leur composition nutritionnelle quand les ménages agricoles sont essentiellement des consommateurs de leur propre production. Elle conditionne également l'accès aux biens alimentaires quand les produits sont vendus (Dury S. et Bocoum I., 2012). Tout simplement, dans ces pays, l'agriculture fait la société. Shaka Bagayoko, dans *Le Delta intérieur du Niger : grenier de l'Afrique de l'Ouest* (2015), fait mention d'un cri de cœur émouvant lors du Forum de Bamako, du 16 au 20 février 2010 : « *La faim insulte,*

³⁶ Terme introduit en 1916 par l'archéologue James Henry Breasted de l'Université de Chicago pour désigner une région biogéographique du Proche-Orient formant une bande de terres cultivables grâce à un climat suffisamment pluvieux..

parce que la faim ronge, consume et tue tout ce qu'il y a d'humain dans l'homme : le corps et son charme, l'âme et sa beauté, le cœur et sa dignité, la Foi et sa grandeur, la raison et ses raisons ».

Pour lui, le seul moyen dont disposent les dirigeants, réellement soucieux du bien-être de leurs concitoyens, pour améliorer la situation du plus grand nombre d'entre eux est de les aider d'abord à accroître la productivité de leurs cultures alimentaires et commerciales (*Ibid.*). Pourtant, des efforts sont déployés au service du développement agricole dans les pays africains, notamment ceux du Sud du Sahara. La question que nous nous posons dans cette communication traduit le paradoxe d'un anachronisme dans un contexte de modernité : pourquoi encore au XXI^e siècle ce défi de l'autosuffisance alimentaire semble difficile à relever ?

1. L'Afrique face à l'autosuffisance alimentaire : une diversité

L'Afrique est un continent très disparate tant sur le plan social, économique, géographique, etc. Essentiellement composée de pays en développement, ceux-ci n'ont toutefois pas les mêmes réalités. Certains, tels que les pays du Maghreb et l'Afrique du Sud ont atteint un niveau soutenu en termes d'autosuffisance alimentaire. Par contre, la majorité, ne parvient pas encore à jouir des avantages de la transition technologique et politique. Ces pays africains qui sont favorisés par la nature en termes d'hydrographie, de superficie agricole, etc., vivent de l'importation, quel paradoxe ! Pourtant des pays tels que la Côte d'Ivoire, le Cameroun, le Ghana ... fournissent les marchés occidentaux en café et cacao. Le Mali, le Burkina... sont les champions en coton, et le Sénégal en Arachide. Le Zimbabwe, le Congo... qui disposent de terres propices à la production agricole de tout genre, sont parmi les plus pauvres du continent. Avec plus d'un million d'hectares irrigable (Office du Niger), le Mali est parmi les grands importateurs du riz en Afrique de l'Ouest. Est-ce l'opulence qui défavorise ?

Toutefois, les politiques internationales convergent vers une augmentation des budgets autour de l'agriculture. Le Mali alloue 15% de son budget au seul secteur de l'agriculture. Malgré ces efforts, la crise alimentaire est encore récurrente. L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions du monde qui n'a pas encore achevé sa transition démographique (Traoré A, 2017, p.197). Dans bon nombre de pays, notamment ceux de la bande sahélienne, on observe une baisse de la mortalité couplée à des taux de natalité encore très élevés. Ainsi, les pays ouest-africains devront produire davantage et/ou importer plus pour répondre à une demande alimentaire sans cesse croissante. Par ailleurs, la structure de la population connaît une évolution spectaculaire ; d'une part, la population urbaine a été multipliée par 20 entre 1950 et 2010, et d'autre part, la population non agricole est désormais aussi nombreuse et augmente beaucoup plus vite que la population agricole (Secrétariat du CSAO/OCDE, 2012). Cette situation joue beaucoup sur la bande sahélienne (*Ibid.*).

En effet, selon l'Alliance Globale pour l'Initiative Résilience (AGIR) la bande sahélienne est une zone où des millions de personnes sont structurellement en proie à la faim et à la malnutrition. Elle est définie comme l'ensemble des zones dominées

par des systèmes agricoles, agro-pastoraux et pastoraux. Au-delà de l'extrême fragilité de la bande sahéenne, les parties septentrionales des pays côtiers voient depuis plusieurs décennies leur environnement agro écologique se dégrader et se rapprocher des conditions sahéennes. Les pays sahéens représentent 23% de la population régionale en 2010, et plus de 40% des cas de malnutrition chroniques (AGIR, 2013). Ils sont en outre les plus vulnérables aux crises alimentaires conjoncturelles frappant régulièrement la région. Selon la FAO, depuis les grandes sécheresses de 1973 et 1984, le sahel a été le théâtre de crises alimentaires et nutritionnelles successives plus ou moins aiguës, notamment en 2005, 2010 et 2012. Les pays de la région ont été également touchés par la crise financière et la hausse mondiale des prix alimentaires en 2008. Les taux de malnutrition aiguë globale (MAG) dépassent le seuil d'alerte de 10% au moins depuis le début de ce siècle. Au Niger, au Burkina Faso, au Mali et au Tchad, près de la moitié des enfants de moins de cinq ans sont atteints de malnutrition chronique. En 2011 par exemple, 40 à 45% des enfants de moins de cinq ans dans la bande sahéenne accusaient un retard de croissance. Cette population n'a pas changé de manière significative depuis 1990. Au-delà du Sahel, la situation de la malnutrition infantile est également très préoccupante au Liberia, en Sierra Leone, en Guinée-Bissau (AGIR, 2013).

2. L'agriculture et l'autosuffisance alimentaire

Aujourd'hui, l'agriculture n'a pas pour seul but de produire pour nourrir, puisqu'on remarque de plus en plus l'extension des cultures commerciales au détriment des cultures vivrières ; le développement du biocarburant, etc. ; ce qui d'une manière générale, contribue à la famine et à la malnutrition. S'agissant de la nourriture, il ne suffit pas de produire pour atteindre l'objectif de l'autosuffisance. Il s'agit d'orienter l'agriculture dans un sens favorable à cet objectif. À titre d'exemple, si jadis la lutte contre la malnutrition était associée au seul secteur de la santé, aujourd'hui l'on se rend de plus en plus compte que l'agriculture peut y jouer un rôle capital. Toutefois, cette agriculture doit être teintée du social. On parle par exemple du paradoxe de Sikasso au Mali.

En fait, dans cette région du Mali, la production agricole importante est concomitante à une malnutrition infantile étendue (Dury S. et Bocoum I., 2012). Certes, la production n'est pas forcément le « bon » indicateur face à la qualité et à la diversité alimentaire ; toutefois, l'accès en dépend. Dans cette contrée, les produits de qualité sont destinés au marché, notamment urbain. Cela, parce que la seule source de revenu constitue les produits agricoles, dont la vente s'impose. Face à un capitalisme et un impérialisme exacerbés, le producteur rural n'a donc pas accès à sa production. Cela se trouve renforcé aujourd'hui par l'introduction des Organes Génétiquement Modifiés (OGM), dont le paysan ignore la technologie, de surcroît, avec le brevetage. Désormais l'accès aux semences entre dans un schéma capitaliste qui lui transcende en limitant son champ d'action. Son autonomisation se trouve donc totalement compromise. Aussi, le paysan devient-il un allogène sur la terre de ses ancêtres, dans la mesure où son cadre de vie se trouve menacé par un nouveau type de prédateur que constituent les accapareurs de terres. Ceux-ci mettent en branle la structure sociétale et économique des

ruraux (Traoré, 2017). Divers secteurs, dont l'agriculture, doivent collaborer autour de cette question. C'est de la « *multisectoralité* ». Cette option motive et mobilise divers acteurs. Elle se traduit par la réorientation des politiques nationales de nutrition en Afrique et la redéfinition des plans d'actions des partenaires techniques et financiers, dont les agences onusiennes et les ONG nationales et internationales. Cette situation a occasionné la création des mouvements de la société civile et les autres acteurs du développement³⁷.

3. Quelques difficultés liées à l'Agriculture en Afrique

L'Afrique a reçu sa première assistance alimentaire à la fin des années 1950. Depuis le milieu des années 1980, le nombre d'urgences alimentaires qui s'y sont présentées a triplé (OMD, 2013). L'insécurité alimentaire et les crises que celle-ci entraîne se produisent malgré une abondance de ressources, y compris en eau et en terres. Face à chaque crise il y a eu des interventions, mais ces crises n'ont cessé de se reproduire (*Ibid.*). Leur succession a empêché l'Afrique d'en être entièrement libérée, d'autant que ses efforts ont été entravés par l'inefficacité des interventions régionales et mondiales, le sous-développement de l'agriculture, le manque de modernisation, de mauvaises structures foncières, une pauvreté chronique et un manque de volonté et d'orientation politiques (*Ibid.*). Nous voyons ainsi que l'agriculture africaine souffre. Elle souffre non seulement du retard technique, mais aussi de facteurs anthropiques qui la tirent vers le bas.

En effet, les estimations sur les risques de dégradation de la nature sont localement faites sur des bases asymétriques et parfois fortuites. Toutefois, il n'est pas nécessaire de faire appel à des analyses d'experts pour se rendre compte de la gravité de cette situation. Que le changement climatique soit une réalité, il est évident que la nature de proximité se dégrade graduellement. De nos jours, on assiste à des phénomènes tels que la réduction du couvert végétal, l'érosion des sols, la salinisation des terres agricoles, etc. Ces phénomènes sont observables dans la vie d'une génération à une autre (Traoré, 2017). Même si l'immense émission mondiale du CO₂, du CH₄, etc. constitue le gros du problème, des phénomènes tels que la dégradation du cadre de vie de proximité sont imputables aussi à plusieurs comportements anthropiques locaux, dont la surexploitation de la forêt et des cours d'eau. Ces comportements s'intensifient progressivement à travers une urbanisation parfois mal planifiée et incontrôlée.

Dans « *La société face au mythe de « la nature vivante et sacrée » au Mali : un placebo vain face au changement climatique et au développement agricole et durable ?* », nous retenons les points suivants :

3.1. La sur exploitation de la forêt

L'exploitation de la forêt est marquée notamment par la coupe abusive de bois et la production du charbon de bois. Ces activités ont, de nos jours, tendance à

³⁷ Par exemple la coordination REACH (Renew Effort Against Child Hunger and Undernutrition), a été créée en 2008 par quatre agences des Nations Unies (FAO, OMS, PAM, UNICEF).

devenir de catégories socioprofessionnelles. Les bucherons et exploitants de charbons fleurissent. De nos jours, il n'existe pas une étude sérieuse sur la quantité de consommation urbaine en bois et charbon au Mali. Toutefois, les activités y afférentes sont accentuées par l'urbanisation dans la mesure où les villes maliennes fonctionnent sur la nature immédiate. En effet, l'électricité, le gaz, le pétrole, le bois et le charbon de bois constituent les principaux combustibles dont dépendent les villes. Ces moyens constituent les principales sources anthropiques d'émission de gaz à effet de serre au Mali. Ils constituent une menace pour le développement durable. Le bois et le charbon de bois proviennent des forêts qui sont surexploitées, faute de plusieurs facteurs, dont, entre autres, la vulnérabilité économique, la méconnaissance des enjeux, l'insuffisance des politiques. Les exploitants forestiers sont généralement des ruraux vivant dans un état de désuétude et de vulnérabilité. Désespérés, ils s'adonnent aux activités de derniers recours, qu'est la nature immédiate, tout en oubliant la fragilité de cette dernière. Face à cette situation, des politiques et programmes de protection de nature ont été mises en œuvre. Les projets exécutés sont restés vains face aux enjeux.

Cependant, cette activité, malgré qu'elle soit néfaste, est jugée salvatrice par les exploitants dans la mesure où elle constitue un appoint. Pour que cette activité perdure, il est logique d'entretenir les forêts. Toutefois, l'on ne rencontre de pépiniéristes que dans les grandes villes, qui ont pour objectif, l'esthétique résidentielle urbaines. Le renouvellement des forêts n'est alors pas proportionnel au rythme de la déforestation. La pression démographique couplée de l'urbanisation accentue cette tendance d'aliénation. De nos jours, il n'existe pas de politique d'autonomisation de villes en termes de consommation d'énergie. Cette pression démographique et urbaine si elle n'est pas accompagnée par une politique appropriée, amorce une destruction effrénée de la biodiversité, toute chose qui compromet l'avenir de la communauté, et par extension, de l'humanité.

3.2. L'Erosion du sol et des berges

L'érosion du sol et des berges constitue un facteur de perturbation de l'environnement et du climat. Elle est surtout provoquée par les animaux, la déforestation, le surpâturage³⁸, l'agriculture, les constructions et les aménagements urbains anarchiques, etc. En effet, les sentiers dégagés par la marche des troupeaux d'animaux sont excavés par les eaux de ruissèlement qui, à la longue deviennent de canaux mettant de périmètres entiers en friche. Ces canalisations « sauvages » empêchent l'infiltration de l'eau fluviale au sol. Ce phénomène contribue à la sécheresse et à la faible productivité agricole. Concernant les berges, les points d'abreuvement des animaux sont fragilisés par l'effet conjugué des traces de sabot et de la pluie. La dégradation des berges influe sur le cours naturel des fleuves. Le phénomène de l'érosion est aussi renforcé par la déforestation. En effet, le couvert végétal, à travers notamment les

³⁸Henri-Claude ENOUMBA, Ph.D, Msc, Ingénieur général des Mines et pétroles, Chef Division Etudes & Planification Autorité du Bassin du Niger hcnoumba@gmail.com : Le delta intérieur du Fleuve Niger, mars 2010

troncs et racines d'arbres, contribue à l'absorption et à la conservation de l'eau pluviale. Il contribue aussi à la maîtrise du rythme du ruissellement. Ainsi, moins il y a d'arbres, plus le métabolisme du sol est faible.

L'orpaillage et l'industrie minière constituent de dangers majeurs dont il urge de solutionner. En effet, le secteur minier industriel et artisanal, s'il est réputé pour sa contribution financière, entraîne plus de dégâts que de solutions. A travers l'éboulement et l'excavation massif et irréversible des terres agricoles, couplé de l'utilisation de produits chimiques létaux (mercure, cyanure, etc.), le développement durable (l'eau, la forêt, le sol, l'agriculture) se trouve sacrifié. Ce problème est beaucoup plus ressenti dans les régions de Kayes, Sikasso, et le Sud de Koulikoro. La contribution des facteurs anthropiques laisse ainsi place à des surfaces lunaires. (Traoré, 2013)

De nos jours, des phénomènes nouveaux contribuent à l'altération du système écologique. Il s'agit, entre autres, de la construction anarchique dans les lits des fleuves. En effet, un adage Bambara dira que « l'eau ne dévie pas son trajectoire ». Ce dicton a été d'actualité jusque dans un passé récent. Actuellement, avec l'accentuation de la spéculation foncière, notamment dans les villes, les lits de fleuves ne sont pas épargnés. Cette situation anarchique provoque des inondations et influence le système hydrologique. En plus, la sur-extraction du sable et d'autres matériaux du fleuve³⁹, devenue une force majeure et un business, constitue un danger sur la vie du fleuve.

3.3. La dégradation de la nature et le rendement agricole

L'agriculture est profondément menacée en Afrique. Au Mali, par exemple, avec une démographie galopante et une économie à dominante agricole, l'extension des surfaces agricoles devient une nécessité. Elle consiste à transformer l'étendue végétale en terre agricole. En dépit de cette déforestation, l'agriculture moderne, avec l'utilisation de la charrue et du tracteur, provoque la dégradation du sol. L'agriculture, surtout irriguée, constitue une source de pollution de la terre et de l'eau, à travers l'utilisation des intrants agricoles : engrais, pesticides, insecticides, etc. Elle provoque ainsi la salinisation du sol, la destruction des espèces aquatiques. Il existe ainsi un double effet négatif lié à cette réciprocity. En fait, les phénomènes anthropiques de dégradation de la nature influent négativement sur la rentabilité de l'agriculture, qui, à son tour provoque des effets négatifs sur l'environnement et sur les espèces végétaux et fluviaux. Ce processus se trouve renforcé par un autre phénomène, pas le moindre. Il s'agit des déchets liquides et plastiques des ménages et des industries qui se déversent dans le fleuve. En effet, à travers l'implantation des industries chimiques et de la teinturerie traditionnelle, accompagnée de l'utilisation de sachets plastiques, le fleuve constitue de nos jours un terminal pour les déchets chimiques. Selon Tieman Coulibaly (2013), les eaux usées sont des sources de pollution et par conséquent de dégradation du cadre de vie. « Les eaux de ruissellement qui entrent en contact avec les eaux usées

³⁹<http://www.studiotamani.org/index.php/breves/6220-koulikoro-les-populations-denoncent-la-pollution-des-berges-du-fleuve> consulté le 07 novembre 2016

domestiques (eaux de lessive, de bain, des teinturiers) déversées dans les caniveaux et les collecteurs, arrivent dans le fleuve Niger sans aucun traitement. Cela joue sur la qualité de l'eau, sur les produits fluviaux et sur l'agriculture.

*« Le déversement des eaux usées sans traitement dans les milieux récepteurs constitue le facteur le plus important de pollution des eaux souterraines et des eaux de surface : destruction des frayères, colmatage du lit des cours d'eau, obstruction des branchies des poissons, diminution de la diversité de la faune et de la flore aquatiques. Il faut noter que les métaux lourds contenus dans les effluents urbains et industriels agissent de façon inhibitrice ou nuisible sur les micro-organismes épurateurs ».*⁴⁰

En dehors de toute estimation quantitative, nous mettons l'accent sur une triste réalité qui constitue, en partie, le reflet de la conséquence des facteurs combinés que nous venons d'évoquer. Il s'agit de la nécessité de la réalisation de micro barrages qui, jadis, n'était pas une réalité. A travers les estimations scientifiques, nous apprenons qu'il n'existe quasiment pas de grandes disparités en termes de quantités pluviométrique comparée des années. Toutefois, avec la même quantité de pluies, les besoins en eaux restent moins satisfaits. C'est parce que la nature, indisposée, ne parvient plus à conserver de l'eau. Ainsi, quel est l'avenir des fleuves et de l'agriculture au Mali ?

4. Migration et sécurité alimentaire

Il est aujourd'hui fallacieux d'imputer l'insécurité alimentaire de beaucoup de pays Africains aux seuls aléas climatiques, aux problèmes de mécanisation et de modernisation de l'agriculture, à l'absence de politiques et réformes agraires, à la détérioration des termes de l'échange, etc. Ces facteurs sont certes importants, mais le plus déterminant reste de notre point de vue, le facteur humain. Le constat amer est que la production agricole étant déficitaire depuis un certain temps, cela a conduit les populations à trouver d'autres solutions alternatives : la migration.

La plupart des villages du Mali se vident de leurs bras valides à cause de la migration qui est devenue un phénomène social (Tounkara, 2013). Elle a occasionné la fuite des forces vives susceptibles d'amorcer le développement endogène. Pour ce faire, la question fondamentale que l'on se pose à ce niveau est de savoir : comment l'autosuffisance peut-elle être assurée s'il y a un manque criard de bras valides à cause du phénomène migratoire ? Cette interrogation nous fait revenir à ce sempiternel débat portant sur les avantages et les conséquences de la migration. A cet effet, la migration dans un contexte malien, qu'elle soit interne (exode rural) ou externe (migration internationale), est un phénomène qui agit défavorablement sur la sécurité alimentaire.

L'exode rural a aujourd'hui atteint une dimension incalculable du fait d'un grand déplacement des populations des zones rurales vers les centres urbains à la recherche de travail. Le Mali a une forte population rurale qui travaille dans le

⁴⁰Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances (DNACPN), 2006

secteur primaire (l'agriculture, l'élevage et la pêche). L'agriculture est pratiquée pendant la saison des pluies qui s'étend généralement du mois de mai au mois de septembre suivant les années. Et pendant la saison sèche qui dure tout le reste de l'année, les jeunes issus de ces milieux viennent travailler dans les capitales régionales (Bamako, Ségou, Sikasso, etc.). La plupart de ces migrations de travail concerne les jeunes filles communément appelées « employées de maison ». Ce travail saisonnier leur permet de constituer un fonds pour l'achat de trousseaux de mariage (habillement, ustensiles de cuisines, cadeaux pour la famille, etc.). Pour les jeunes garçons, c'est également un moyen de venir en aide à la famille dans l'achat de troupeaux (vaches, chevaux), de charrues pour les travaux champêtres. Cet exode qui a longtemps été considéré comme temporaire, devient de plus en plus permanent, puisque les jeunes ont du mal à retourner dans les villages. Le constat est qu'ils se reconvertissent dans des activités marchandes (petits commerces) qui ne leur permettent pas dans la plupart des cas de joindre les deux bouts. Beaucoup préfèrent rester dans cette situation sous prétexte que l'agriculture ne nourrit plus son homme.

Ce rapport à l'argent et cet exode s'expliquent par l'introduction du système capitaliste dans les sociétés traditionnelles africaines et qui a profondément bouleversé leur mode d'organisation. Aujourd'hui, on assiste à un accaparement des terres cultivables par les détenteurs de capitaux. Les exploitations familiales et les petits producteurs ont tendance à disparaître au profit des grands groupes industriels. La sécurité alimentaire peut être difficilement atteinte si dans cette nouvelle configuration les cultures céréalières sont abandonnées au profit des cultures industrielles (coton, cacao, arachide, etc.) destinées aux entreprises occidentales. Ceux qui vendent leurs terres aux plus offrants sont condamnés à la migration et à gonfler les populations des grandes villes. Cet afflux massif des jeunes ruraux vers les centres urbains engendre de nouveaux besoins alimentaires difficiles à satisfaire.

Comment comprendre qu'actuellement au Mali, l'importation des produits alimentaires va crescendo d'année en année, ce pays qui est pourtant censé être « le grenier de l'Afrique de l'Ouest » (Bagayoko S. 2015), en termes de potentialité agricole ?

5. Les perspectives sociologiques de la sécurité alimentaire

Nonobstant les aspects mécaniques, techniques, climatiques, etc., les difficultés liées à l'agriculture touchent en premier lieu les hommes, de ce fait, c'est un problème social. Derrière cette activité humaine il y a des hommes, des femmes, des familles et des villages dont la survie en dépend, donc, ce n'est pas un problème marginal et le sociologue doit avoir un droit de regard sur cette réalité sociale. Pour un pays il y va de son équilibre social, de sa stabilité politique, de sa sécurité. Face à une démographie galopante, l'Afrique plus que tous les autres continents a des défis à relever en termes d'augmentation de la productivité agricole pour nourrir les africains. Ne pas résoudre les questions liées à l'insécurité alimentaire permet d'ouvrir l'insécurité tout court avec son corolaire de luttes armées, de trafics, de conflits en tout genre. *Dadaab*, le plus grand camp de

refugié du monde est là pour nous rappeler cette triste réalité. Ouvert au Kenya en 1991 pour accueillir les somaliens qui fuyaient la guerre civile orchestrée par les islamistes « Shebab », plus de vingt ans après, ce camp continue d'accueillir des réfugiés qui fuient cette fois-ci la sécheresse et la famine. Toujours au Kenya chez les *Turkana* au nord du pays, des milliers de personnes sont au bord de l'anéantissement. La famine provoque des affrontements entre les populations. Les agressions physiques occasionnant des morts d'hommes sont inévitables entre ceux qui cherchent à préserver le peu de biens qui leur restent pour leur survie (bétails) et ceux qui cherchent à les spolier. Ces différents problèmes sociétaux intéressent à plus d'un titre le sociologue ou le chercheur des sciences sociales qui doit pouvoir apporter des éléments de réflexion visant une large compréhension de ce phénomène.

Conclusion

Au regard des différents éléments portant sur l'agriculture en Afrique et plus précisément sur la sécurité alimentaire, lutter contre ce fléau n'est pourtant pas une fatalité aujourd'hui. L'agriculture a certes besoin de moyens, mais ce qui est primordial en Afrique, est la mise en place de bonne politique agraire pouvant aider les petits producteurs à vivre dignement de leur activité. Les politiques existent partout ailleurs (en Europe, aux États-Unis, etc.) et le plus souvent au détriment des producteurs des pays pauvres. A ce niveau on parle de la libéralisation des échanges agricoles. Les produits agricoles des pays riches dont les agriculteurs bénéficient des subventions venant de leurs Etats circulent sur le même marché que ceux des pays pauvres où les producteurs sont laissés pour compte, il se creuse alors un déséquilibre notoire. De plus, certains ont accès aux moyens de production sophistiqués alors que d'autres n'ont que leurs forces de travail et n'utilisent que des techniques encore rudimentaires (charrue, houe, daba, etc.). Pendant que des budgets colossaux sont alloués à l'agriculture dans les pays développés, en Afrique au contraire, les politiques se soucient de très peu des agriculteurs. Les quelques rares investissements que nous pouvons observer vont dans les cultures industrielles destinées encore aux pays développés (café, cacao, coton, arachide, etc.). Alors la réalité est que dans un pays où l'agriculture est déficitaire, ce pays n'a d'autre choix que d'importer, ce qui d'une manière générale, ne donne pas la possibilité à tous les citoyens de manger à leurs faims. On se retrouve dans un cercle vertueux où il sera difficile, voire impossible de s'en sortir si les mesures idoines ne sont pas prises par les responsables politiques.

Bibliographie

- Bagayoko S. (2015), *Le delta intérieur du Niger : grenier de l'Afrique de l'Ouest*. Bamako, La Sahélienne.
- Coulibaly T. (2013), « La problématique de la gestion des déchets liquides dans le district de Bamako au Mali : le cas de la commune V. » *Revue Africaine des Sciences Sociales et de Santé Publique*. Vol. p.07.
- Dury S. et Bocoum I. (2012), « Le « paradoxe » de Sikasso (Mali) : pourquoi « produire plus » ne suffit-il pas pour bien nourrir les enfants des familles d'agriculteurs ? ». *Cahier Agriculture*. Volume 21, n°5, pp.324-336.

- Haubert M. (1993), « Sociologie du développement : quelle sociologie et quel développement ? » in États des savoirs sur le développement, trois décennies des Sciences sociales en langue française. Paris. Karthala. pp. 177-184.
- Mazoyer M., Roudart L. (1998), « Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine. Compte rendu de Maxime Haubert. *Tiers-Monde*. Vol. 39, n°153, pp.211-212.
- OMD, (2013), Évaluation des progrès accomplis en Afrique dans la réalisation des objectifs du Millénaire pour le développement. p.109
- Toukara M. K (2013), « Les dimensions socioculturelles de l'échec de la migration : cas des expulsés Maliens de France », thèse de doctorat en Sciences Sociales, UPEC,
- Traoré A. (2013), « Impact de l'orpaillage sur le développement du Mali. » *Revue Africaine des Sciences Sociales et de Santé Publique*. Vol7, pp. 55-64.
- Traoré A. (2017), « La société face au mythe de « la nature vivante et sacrée » au Mali : un placebo vain face au changement climatique et au développement agricole et durable ? » *Revue Africaine des Sciences Sociales et de la Santé Publique (RASP)*, Volume 14, pp.29-37.
- Traoré A. (2017), Comprendre le développement. La sociologie du développement-Licence Sciences Humaines. Bamako. La Sahélienne ; PUS.
- http://mobile.lemonde.fr/afrique/video/2017/03/01/les-chiffres-alarmans-de-la-famine-en-afrique_5087653_3212.html , consulté le 14 janvier 2018
- <https://fr.wfp.org/faim/faits-et-chifres> , consulté le 14 janvier 2018

Communication N°14: Analyse des stratégies des riziculteurs pour l'amélioration de la sécurité alimentaire en zone office périmètre irrigué de baguineda (OPIB) au Mali

Abdoul kader SIDIBE⁴¹ ; Fabio BERTI⁴² ; Philippe LEBAILLY⁴³

Résumé :

Cette étude sur l'analyse des stratégies des riziculteurs porte sur une enquête conduite dans trois villages auprès de (10) familles par village. Compte tenu des contraintes de terrain l'enquête de terrain a été effectuée sur une durée de trois mois du 22 novembre 2010 au 12 février 2011-

Ainsi, trente (30) ménages soit 13% de l'ensemble de la zone d'étude ont été sélectionnés de façon aléatoire et à partir de la liste des villages de l'OPIB.

Face à l'ampleur et à la récurrence de certains problèmes majeurs, à savoir les risques liés aux aléas climatiques, la forte pression foncière, l'explosion démographique due à l'arrivée massive de migrants installés dans la zone et l'urbanisation ; les riziculteurs utilisent différentes stratégies afin d'améliorer la sécurité alimentaire dans la zone.

Sur la base de nos résultats, il se dégage un déficit céréalier de 1232,5 tonnes par ménage. Pour combler ce déficit, les riziculteurs font des cultures de contre saison telles que les cultures maraîchères, le riz, des activités de promotion féminine, la rizipisculture, le stockage communautaire des céréales, le petit élevage et la diversification des sources de revenus à travers les activités génératrices de revenus.

Ces stratégies développées par les riziculteurs leur ont permis de disposer suffisamment de nourriture en quantité à travers leurs activités de production et de diversifier leurs sources de revenus. Toutefois, la gestion de la production et des revenus sont des facteurs de vulnérabilité (de faire des prélèvements sur les stocks alimentaires pour résoudre certaines dépenses imprévues).

Mots-clés : Baguineda (Mali)- Riziculteurs-Stratégies- Sécurité alimentaire

⁴¹ Assistant à la Faculté d'Agronomie et Médecine Animale, l'Université de Ségou, E-mail : kader_ami@yahoo.fr, GSM : 73397730/65201508

⁴² Chargé de recherche, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique. E-mail: Fabio.Berti@ulg.ac.be; Tel. + 32 (0) 486795133

⁴³ Professeur Economie et Développement rural Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique ; E-mail : philippe.lebailly@ulg.ac.be Tel. 00 32 (0)81 62 23 67

Introduction

Le Mali dispose d'importantes potentialités en terres irrigables dont les superficies sont à évaluées à 2.00.000 hectares ha (COULIBALY, Y M 2011). Cependant, ce potentiel n'est valorisé qu'à hauteur de 20 % et il est étroitement lié à l'évolution des systèmes de production qui sont principalement : des grands et petits périmètres irrigués, en maîtrise totale de l'eau ; une riziculture de submersion contrôlée et de bas-fonds, en maîtrise partielle ; une riziculture fluviale de submersion libre ; et la riziculture pluviale.

Cette grande potentialité pourrait lui permettre d'atteindre rapidement la sécurité alimentaire. En effet, le delta intérieur du fleuve Niger est d'une richesse inestimable pour le pays et constitue un atout majeur pour le développement de l'agriculture au Mali, pays où 75% de la population vit de l'agriculture. Cette dernière contribue pour 40% au Produit Intérieur Brut (PIB) et fournit près de 30% des recettes d'exportation. Quant au riz, il représente environ 30 % de la production céréalière nationale et couvre 80 % des besoins nationaux.

Quant à la sécurité alimentaire, selon le Sommet Mondial sur l'Alimentation (FAO, 1996), il y a sécurité alimentaire « quand toutes les personnes, à tout moment, bénéficient d'un accès physique, social et économique à la nourriture en quantité suffisante de façon à satisfaire leurs besoins diététiques ainsi que leurs préférences culturelles, et qui leur permet de mener une vie active et saine ». Il y a sécurité alimentaire si et seulement si les trois (3) dimensions de la sécurité alimentaire (disponibilité, accès et utilisation) sont satisfaites à tout moment.

Objectifs de l'étude : L'objectif global de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance sur la sécurité alimentaire au Mali. Et l'objectif spécifique de l'étude est d'analyser les stratégies des riziculteurs pour l'amélioration de la sécurité alimentaire dans la commune rurale de Baguinéda au Mali.

Quelles sont les différentes stratégies menées par les riziculteurs pour assurer leur sécurité alimentaire ? Quels sont les impacts de ces stratégies sur l'amélioration de la sécurité alimentaire dans la zone ? Les réponses à ces questions seront apportées par la vérification des hypothèses formulées pour la réalisation de notre étude.*

Hypothèses

1^{ère} hypothèse : La sécurité alimentaire reste un défi majeur malgré l'augmentation de la production céréalière au Mali sans permettre aux paysans un accès suffisant aux facteurs de production (en particulier le foncier et le capital).

2^{ème} hypothèse : Les stratégies des riziculteurs permettent d'augmenter les rendements du riz qui permettent d'accroître la production et le revenu des ménages.

3^{ème} hypothèse: Les superficies cultivées par les riziculteurs restent au moins constantes, voire réduites.

Méthodologie

L'OPIB encadre vingt-deux (22) villages repartis à l'intérieur de la zone. Par ailleurs, la proximité de Bamako a créé une forte pression foncière qui pousse les premiers occupants à vendre leur parcelle aux riches citadins de Bamako qui, à leur tour, les transforment en vergers de manguiers, d'orangers, de bananeraies, parcs à bétail, des champs de cultures sèches, etc.

L'étude est basée sur la collecte des données primaires sur le terrain, ainsi que sur l'analyse de la littérature et des données secondaires existantes. Les données secondaires ont été collectées auprès des services nationaux à savoir le commissariat à la sécurité alimentaire (CSA), la Cellule de Planification et de Statistique du Ministère de l'Agriculture (CPS/MA), l'Observatoire du Marché Agricole (OMA), la Direction Nationale de l'Agriculture (DNA) afin de consulter des documents sur les politiques nationales concernant la sécurité alimentaire.

Pour l'enquête de terrain, la collecte des données de terrain a été effectuée sur une durée de trois mois (du 22 novembre 2010 au 12 février 2011). Ainsi, 30 ménages soit 13% de l'ensemble des ménages de notre zone d'étude ont été sélectionnés de façon aléatoire et sur la base de la liste des villages de l'OPIB. La zone d'intervention de l'Office Périmètre Irrigué de Baguinéda compte 22 villages⁴⁴. Trois villages ont été sélectionnés de façon raisonnée comme Kognimba, Baguinéda village, Baguinéda camp dont dix ménages par village, compte tenu de la location des services administratifs (la direction de l'OPIB se trouve à Baguinéda camp), du temps et de nos moyens financiers.

Un questionnaire a été utilisé pour la collecte des données primaires. Ce questionnaire, administré au chef du ménage ou au représentant du chef de ménage par interview directe, cela a permis de collecter des données quantitatives et qualitatives sur : la structure du ménage, la production agricole, la possession de bétail, les activités des ménages et les sources de revenus (y compris l'appréciation de l'importance de l'autoconsommation pour chaque activité), les dépenses, la consommation alimentaire, les sources des aliments consommés et les stratégies de réponses appliquées par les ménages.

Pour l'analyse des données, nous avons procédé de deux manières :

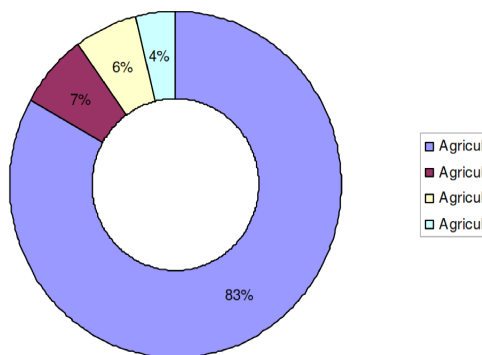
- Manuellement, concernant des données qualitatives issues principalement des entretiens avec certaines personnes et les données ont été traitées par Excel.

⁴⁴ Les vingt-deux (22) villages de l'OPIB sont divisés en quatre (4) secteurs :

Secteur I : Dougourakoro, Kognini, Nimizatt, Kobalacoura. **Secteur II** : Baguinéda Village, Baguinéda camp, Kognimba, Kobalacoro, Soundougouba (1 et 2), Gnogna et wérékéla. **Secteur III** : Sadjouroubougou, Sébéla, Tiéman, Massaconi, Kokoun. **Secteur IV** : Palasso, Farakan, Mofa, Tanima, Siencoro

- Statistiquement, pour ce qui est des données quantitatives issues des questionnaires.

Résultats



Les activités économiques couramment exercées par les chefs de ménages d'enquête sont l'agriculture soit 83%, ensuite 7% des chefs de ménages associent l'agriculture et l'élevage, 6 % des chefs de ménage associent l'agriculture et le commerce et 4% pratiquent l'agriculture et d'autres d'activités. Il est important de préciser que les activités génératrices de revenus sont principalement exercées par les femmes (restauration, vente de condiments). (Auteur, 2011)

Figure 1 : Répartition des chefs ménages en fonction des activités principales

La taille moyenne des ménages est de seize (16) personnes en charge dont six (6) actifs et de sept (7) enfants par ménage. L'importance numérique de cette composition de ménage s'explique d'une part par le poids de la polygamie qui touche presque 40% des ménages du pays, d'autre part par les us et les coutumes qui encouragent l'adoption d'enfants des parents.

Evolution des superficies de cultures sèches

	2008	2009	2010
Riz	32,2	32,2	32,2
Mil/Sorgho	31	27	23,5
Maïs	9,5	8,6	7,2

Selon notre enquête, les parcelles étaient attribuées en fonction du nombre d'actifs par ménage (1,20 ha pour un ménage de 3 à 5 actifs). Avec la pression démographique, ce critère n'a pas été respecté. La répartition actuelle se caractérise par l'augmentation du nombre d'attributaires avec de plus petites superficies.

L'OPIB procède au parcellement et à l'attribution des terres dont elle a la gérance conformément aux dispositions du cahier de charges. Elle s'est également passée des contrats spéciaux pour des parcelles irrigables ou non, situés dans les zones immatriculées.

Les superficies du riz sont constantes alors que celles des autres cultures sèches diminuent progressivement. Cela s'explique surtout par une forte pression foncière, car depuis la fin de la réhabilitation du canal principal, l'urbanisation de la

zone qui assiste à une explosion démographique due à l'arrivée de beaucoup de migrants qui se sont installés dans la zone. La demande en terre dépasse de loin les

Evolution des productions céréalières

	2008	2009	2010
Riz	3360	3700	3500
Mil/Sorgho	1125	1275	1425
Maïs	1500	1050	7130

La quantité moyenne brute de céréales produites par ménage à partir de l'analyse des résultats de notre enquête, durant la dernière campagne agricole, est de 3500 kg pour le riz⁴⁵ décortiqué, 1425 kg pour le mil/sorgho et 1300 kg pour le maïs. Ces résultats peu satisfaisants pour le riz s'expliquent essentiellement par l'incidence de la forte pluviométrie et des attaques de nuisibles intervenues à la fin du mois d'août 2010 sur le riz irrigué.

Les céréales produites par les ménages sont réparties essentiellement entre la consommation, la vente et la distribution sous forme de dons, aides et de zakat. La quantité moyenne de céréales (les trois dernières années) stockées pour la consommation des membres du ménage à partir de la production est 2585 kg soit 77% du total des céréales produites. Le reste de la production est principalement destiné à la vente (3%) et à la distribution (20%). Les principales raisons qui motivent les ventes de la production du riz, sont généralement le remboursement des dettes (impôts, frais scolaire des enfants, achat des médicaments, engrais et redevance de l'eau), la constitution d'un petit fonds pour l'exercice de certaines activités génératrices de revenus ou encore pour couvrir divers autres besoins des ménages, notamment le financement ou la contribution au financement à certaines cérémonies culturelles tels que le mariage, les décès, baptême et achat d'autres produits ou compléments alimentaires.

Les dépenses alimentaires moyennes des ménages représentent 65% des dépenses totales des ménages enquêtés. Quant aux dépenses non alimentaires, elles avoisinent les 35% de dépenses globales moyennes des ménages. Elles sont réparties comme suit : 15% dans les soins sanitaires, 5% dans l'éducation et 15% des autres dépenses qui sont respectivement allouées à des cérémonies, fêtes, l'habillement, l'aménagement des habitants et divers.

⁴⁵ Ensuite la variété la plus répandue sur le périmètre est l'Adny 11 qui occupe 70 % des terres exploitées en riz (cela est dû à son meilleur rendement, susceptible de produire 9 tonnes à l'hectare), suivi de la BG 90-2 avec 14 %.

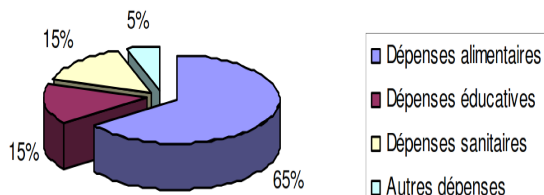


Figure 2 : Répartition de dépenses des ménages

Le problème de sécurité alimentaire se pose de façon universelle non seulement en termes d'accès à la nourriture en quantité suffisante, mais aussi et surtout en termes de qualité et d'équilibre nutritionnel. Cette composante de la sécurité alimentaire aborde les aspects liés aux régimes alimentaires des ménages.

L'étude révèle que l'ensemble des personnes interrogées mange trois (3) fois par jour, soit le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner⁴⁶. L'aliment le plus consommé est le riz, en moyenne 2160 kg/an/ménage soit 64% de la production globale moyenne, d'autres céréales sont intégrées dans l'alimentation pour diversifier la consommation. Les céréales (riz, mil, maïs, et sorgho) constituent près de 60% des apports alimentaires et énergétiques de la zone d'étude ; ensuite viennent les légumes et les légumineuses (15%), les racines et les tubercules (8%), les produits animaux (12%) et enfin les huiles, les condiments et autres produits divers qui représentent 5%. La production céréalière consommable disponible est de 1107,81 tonnes alors que le besoin de consommation annuelle pour les 9165 habitants de la zone d'enquête est de 1961,31 tonnes.

Tableau 3: Evaluation de la production consommable et des besoins alimentaires de la zone

Désignation totale	Riz	Céréales sèches	Total
Production totale (T)	1250,19	124,47	1374,66
Perte au battage (T) 10%	125,019	12,447	137,00
Production des résidents (T) 90 %	1012,65	112,02	1124,68
Semences (T) 1,5 %	15,19	1,68	16,97
Production disponible (T)	997,46	110,34	1107,87
Production consommable (T)	618,46	110,34	728,77
Besoin de consommation annuelle ⁴⁷ (T)			1961,31
Déficit			1232,5

Source : Auteur, 2011

⁴⁶ La prise du petit déjeuner se fait de manière collective, il est généralement la bouillie à base des céréales (mil, sorgho, maïs et riz), souvent accompagné par les restes du repas de la veille. Le déjeuner est à base de riz, les sauces qui varient selon les jours. Le dîner est aussi composé des plats à base de céréales.

⁴⁷ La production consommable du riz est obtenue en appliquant le taux de décorticage de 62% à la production disponible. La norme CILSS de la consommation céréalière en 2010 est de 214 kg / habitant / an.

Sur la base de ces résultats, il se dégage un déficit céréalier de 1.232,5 tonnes. Pour combler ce déficit, les riziculteurs font des cultures de contre saison telles que les cultures maraîchères et le riz.

Les résultats montrent que certains riziculteurs (3%) de la zone se trouvent en situation de précarité, plus ou moins marquée, à la limite de l'autosubsistance. Ils ne disposent pas de ressources suffisantes pour assurer seules la survie de l'unité familiale et le plein emploi de ses membres. Ces producteurs mettent en œuvre des moyens fondés sur la seule mobilisation de la force de travail familial afin de satisfaire leurs besoins alimentaires reposés en partie sur l'autoconsommation et leurs besoins monétaires couverts par la commercialisation d'une fraction de la production et le travail hors exploitation.

Afin de minimiser les risques liés aux aléas climatiques et sanitaires (maladies, insectes), (30%) des producteurs de la zone développent des systèmes de polyculture associant plusieurs cultures au niveau de la zone exondée. L'association de plusieurs cultures sur les mêmes parcelles contribue à une gestion partagée des risques. Toutes les spéculations n'étant pas affectées de la même façon par les aléas climatiques, phytosanitaires et économiques, l'exploitant peut espérer pouvoir toujours maximiser la probabilité de valoriser un minimum sa récolte. Il réduit le risque de n'avoir aucun revenu, et ce, quelles que soient les fluctuations des conditions sanitaires, météo logiques et économiques (l'évolution des prix, des conditions du marché et de la demande) (*Denis. H, 2003*).

Ensuite, les riziculteurs de la zone s'insèrent également dans une logique monétaire de recherche de la maximisation des revenus de l'exploitation compte tenu des marges des productions et des contraintes de terre et de capital. Ces producteurs (67%) mettent en œuvre des stratégies d'intensification (spécialisation et diversification) dans la zone irriguée afin de sécuriser leurs débouchés.

Conclusion

Le problème est que l'aménagement de ces terres coûte cher, l'Etat malien n'ayant pas les moyens de supporter de telles dépenses. L'argent dont il disposait, venait essentiellement de l'aide internationale et des institutions financières comme la Banque Mondiale ; actuellement leurs apports commencent à diminuer par contre de nouveaux acteurs portent leur intérêt aux zones comme les investisseurs privés.

En effet, l'Etat accepte de céder des hectares à des sociétés transnationales et à de grands propriétaires terriens qui ont les moyens de financer eux-mêmes l'aménagement des terres. La plupart des paysans se trouve dans un état de précarité constante. Ils exploitent une terre qui ne leur appartient pas. Ils sont confrontés à d'incessants conflits fonciers.

Dans la majorité des cas, ils ne possèdent que des équipements rudimentaires, éprouvent d'énormes difficultés d'accès au crédit et d'écoulement de leur production sur un marché pratiquant des prix peu rémunérateurs. Face à ces

problèmes majeurs ainsi que les risques liés aux aléas climatiques, la forte pression foncière, l'explosion démographique due à l'arrivée de beaucoup de migrants qui se sont installés dans la zone et l'urbanisation ; les riziculteurs et les groupements féminins de la zone OPIB ont développé diverses stratégies comme les cultures de contre-saison (riz, cultures maraîchères, maïs), l'association des cultures, la polyculture, la rizipisculture, le stockage communautaire des céréales, du petit élevage afin de minimiser les risques et diversifier leur sources de revenus.

Cette étude nous a donné l'occasion de découvrir les stratégies des riziculteurs dans la zone. Nous nous sommes rendus compte que leurs stratégies développées leur permettent de disposer suffisamment de nourriture en quantité à travers les activités de production et d'avoir accès aux revenus d'autres activités. Toutefois la gestion de la production et des revenus est le facteur principal de leur vulnérabilité. Nous suggérons à l'OPIB d'encadrer les producteurs dans la gestion des productions et des revenus à travers l'élaboration d'un budget et la planification de dépenses fondamentales et sociales. Cela leur éviterait de devoir faire des prélèvements sur les stocks alimentaires pour résoudre certaines dépenses imprévues.

Refernces bibliographiques

- Afrique verte internationale (2011). *Point sur la situation alimentaire au Sahel : mensuel d'information sur le prix des céréales, Niger, Mali, Burkina Faso, suivi de campagne n° 120.*
- Afrique verte internationale (2010). *Renforcer les capacités des réseaux d'organisations agricoles par l'analyse de l'évolution du prix des céréales locales au Burkina, Mali et Niger durant la période 2001-2010.*
- Cellule de Planification et de Statistique (2006 à 2017). *Recueil statistique du secteur rural.*
- Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA)/Système d'Alerte Précoce (SAP) (2009). *Enquête de base sur la sécurité alimentaire et la nutrition.*
- Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA)/Système d'Alerte Précoce (SAP) (2007). *Enquête de base sur la sécurité alimentaire et la nutrition.*
- COULIBALY, Y M (2011) « *Etude économique pour la cartographie de risques de la filière au Mali* » (FAO/CNOP), *Baguinéda.*
- Dembélé N. (2001). *Sécurité alimentaire en Afrique Sub-saharienne : quelle stratégie de réalisation ?* [En ligne]. [Consulté le 04/03/2011].
- Denis H. (2003). *Manuel de formation aux politiques agricoles en Afrique.* Paris FAO (1996). *Définition and classification of commodities.*
- FAO (2003). *Situation alimentaire et perspectives de récolte en Afrique subsaharienne n° 3.*
- Rome : FAO.
- FAO. *Système d'Alerte Précoce (2008). Enquête de base sur la sécurité alimentaire et la nutrition, 1^{er} passage, mars 2008.* Rome : FAO.

- FAO. Système d'Alerte Précoce (2008). *Enquête de base sur la sécurité alimentaire et la nutrition, 2ème passage, juin 2008*. Rome : FAO.
- FAO (2009). *Profil de pays : indicateurs de sécurité alimentaire*, Niger. Rome : FAO.
- Institut National de la Statistique (2009). *Recensement général de la Population et de l'habitat, avril 2009*.
- Ministère de l'Agriculture (2009). *Stratégie nationale de développement de la riziculture*.
- Ministère de l'Agriculture (2008). *Plan d'action pour la production de 10 millions de tonnes de céréales à l'horizon 2012 : Volet agricole du PDES*.
- Michigan State University, Department of Agricultural Economics (2003). *Food security III cooperative agreement*
- OPIB (2010). *Rapport de la campagne 2006-2007 à la campagne 2009-2010*.
- République du Mali (2009). *Cadre Stratégique de Lutte Contre la Pauvreté (CSLP) : document adopté par le conseil des Ministres*

Communication N°15: Quels risques de salinisation pour les sols de l'Office du Niger face à la diversification des cultures et le changement des stratégies d'irrigation?

Mohamed DICKO¹, Serge Marlet², Brehima TANGARA¹ et Mamadou Kabirou N'DIAYE³

¹Institut d'Economie Rurale, ²CIRAD, UMR-Geau, ³World Vegetable Center (AVRDC)

Contacts : mkdicko@gmail.com, Tel: (223) 78 27 77 16

Résumé

Les eaux du fleuve Niger, utilisées pour l'irrigation à l'Office du Niger, sont peu salées mais conduisent à un risque d'alcalinisation des sols qui se manifeste par une forte augmentation du pH et une dégradation de leur structure, suite à l'accumulation de sodium sur le complexe d'échange cationique. Suite à une irrigation mal maîtrisée, les sols se sont dégradés localement entraînant l'abandon de plusieurs parcelles devenues impropres à la culture. La réhabilitation du réseau d'irrigation et de drainage, entreprise par l'Office du Niger à partir de 1987, a permis une meilleure gestion de la lame d'eau sur les parcelles, et on observe que les sols de cuvettes se sont améliorés tandis que les effets de l'alcalinisation des sols se manifestent préférentiellement sur les points hauts difficilement irrigables. Ces évolutions sont la résultante de processus hydrologiques et biogéochimiques qui sont présentés dans cette communication. Ces mécanismes assurent le maintien de la fertilité des sols lorsque la maîtrise de l'eau est satisfaisante.

Cette communication entend aussi attirer l'attention sur une probable amplification des facteurs de risque lorsque les conditions hydrologiques auront été modifiées. Ce pourrait notamment être le cas d'une diminution des doses d'irrigation, envisagée par l'Office du Niger pour répondre aux besoins d'extension des superficies, ou de l'adoption à grande échelle de cultures de diversification ne supportant pas une lame d'eau permanente.

Mots clés : salinisation, alcalinisation, sodisation, riz, irrigation, Office du Niger.

Introduction

L'Office du Niger est un des plus grands périmètres irrigués de l'Afrique de l'ouest, né du "rêve" d'Emile Béline, ingénieur français, d'irriguer 1 million d'hectares (Scheryger, 2002). Aujourd'hui environ 100 mille hectares sont mis en valeur, et il existe encore une bonne marge de progression que l'état malien souhaite exploiter pour tirer profit de ce « grenier ».

Depuis leur mise en valeur dans les années 40, les sols de l'Office du Niger ont connu une évolution de leur faciès géochimique qui n'a été constatée que beaucoup plus tard lorsque Toujan (1980) a observé que le pH moyen avait augmenté d'au moins une unité et que le taux de sodium échangeable avait triplé. Ces faits traduisent un processus d'alcalinisation des sols qui a été formellement identifiée comme telle par N'Diaye (1987), N'Diaye et al (1990) et Bertrand et al (1993). Par contre, l'ampleur de la dégradation a fait l'objet de beaucoup de controverses. Pour les uns, la survie de l'Office du Niger était en danger (Bertrand et al, 1993) et pour les autres, le phénomène restait localisé et le drainage actuel bien que faible serait suffisant pour préserver la fertilité des sols (Van Hoorn, 1992). Cependant, aucune de ces hypothèses n'étaient étayée par des études approfondies sur les processus mis à l'œuvre à l'Office du Niger. Les travaux de recherche conduits dans le cadre du Pôle de recherche sur les Systèmes Irrigué en Afrique de l'ouest (PSI) ont permis d'apporter des réponses plus claires quant à la situation actuelle et les évolutions attendues (Barral et Dicko, 1996; Dicko, 1999; Marlet et Ouvry, 1999; N'Diaye et al, 2002, etc.).

La présente communication est basée sur ces travaux qui ont très bien décrit les mécanismes hydrologiques et biogéochimiques qui déterminent le bilan de l'alcalinité en zone Office du Niger. Elle a pour objectif d'attirer l'attention sur les conséquences d'un éventuel changement de gestion de l'irrigation afin d'éclairer les décisions et les mesures d'accompagnement à entreprendre.

La salinisation des sols et le contexte de l'Office du Niger.

La salinisation est l'accumulation de sels solubles dans le sol. Elle est dite neutre lorsqu'elle ne s'accompagne pas d'une variation du pH du sol. Le sol s'enrichit notamment en chlorures ou en sulfates de sodium. On parle d'alcalinisation lorsque le processus s'accompagne d'une augmentation des teneurs en carbonates et du pH (Vallès et Bourgeat, 1988). L'accumulation concomitante du sodium échangeable au détriment du calcium aboutit à la dégradation de la structure du sol suite à la dispersion des argiles qu'il provoque.

Le contexte de l'Office du Niger, caractérisé par un climat semi-aride et une forte évapotranspiration, est favorable à la salinisation. Des études réalisées dans cette zone, il ressort que les eaux du fleuve Niger utilisées pour l'irrigation sont caractérisées par une alcalinité résiduelle positive (Vallès et Bourgeat, 1988). Leur concentration va donc progressivement conduire à une augmentation de l'alcalinité et de la sodicité des sols (Al Droubi et Al, 1980) sur quelques dizaines d'années. La figure 1 illustre la relation entre le pH et la Conductivité Electrique mesurée sur des échantillons de sols prélevés sur 343 profils de sol sur 7 arroseurs de la zone

de Niono à trois profondeurs : 0-20, 20-60 et 60-100 cm. Le processus d'alcalinisation provoque une augmentation concomitante de la conductivité électrique, qui reste tout de même modérée, et du pH qui peut atteindre des valeurs supérieures à 9. La concentration des sels a notamment été favorisée par le relèvement du niveau de la nappe de plus de 40 m de profondeur, et son maintien quasi-permanent à proximité de la surface.

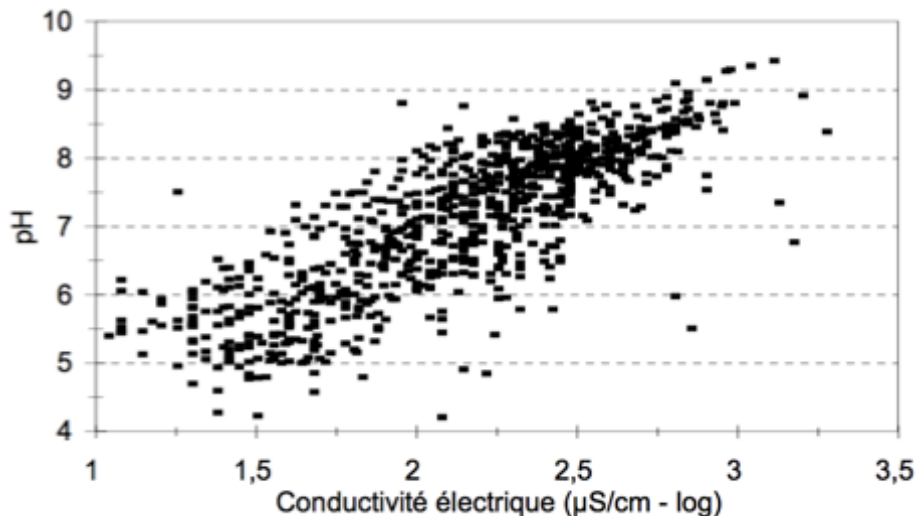


Figure 5: relation entre la conductivité électrique et le pH mesuré sur suspension (1:2.5) au laboratoire.

Marlet et N'Diaye (1998) ont mis en évidence l'évolution des sols sous irrigation avant la réhabilitation et après la réhabilitation. La conductivité électrique et le pH ont ainsi été mesurés sur les mêmes sites en 1987 suite à la réhabilitation, puis en 1997 (fig. 2) sur 40 profils de sol de la zone de Niono. Les résultats montrent que l'alcalinité et la sodicité des sols argileux, moins perméables et au drainage déficient, a augmenté pendant la période précédant la réhabilitation des périmètres en relation avec une gestion déficiente de l'irrigation et du drainage et que les sols sableux semblent avoir été efficacement lessivés, notamment avant la remontée de la nappe consécutive aux infiltrations dans ces sols et les canaux d'irrigation. Avec l'amélioration de la maîtrise de l'irrigation et du drainage rendu possible avec la réhabilitation du réseau et le développement des cultures pendant la contre-saison, le pH, la conductivité électrique et la sodicité des sols sableux ont rapidement augmenté tandis que ces indicateurs diminuaient sur les sols argileux. Ces évolutions sont particulièrement sensibles dans l'horizon superficiel tandis que les propriétés des horizons profonds restent partiellement héritées des évolutions antérieures. A l'heure actuelle, la salinité et l'alcalinité des sols argileux demeurent plus élevées que celles des sols sableux bien que cette tendance soit en train de s'inverser. La sodicité des sols sableux est souvent plus élevée en raison d'une faible Capacité d'Echange Cationique (CEC).

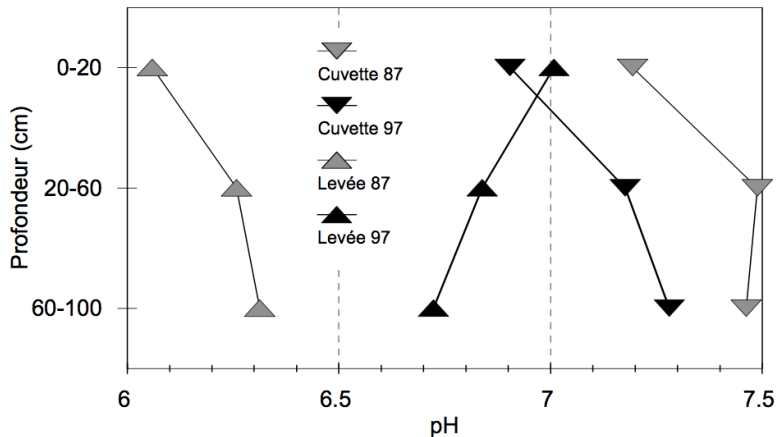


Figure 6: Evolution du pH des sols de la zone de Niono en 1987 (avant réhabilitation) et en 1997 (après réhabilitation).

Bilan en eau et en sels à l'échelle des aménagements

Les flux entrants ont été mesurés à l'entrée du distributeur RETAIL et les flux sortants ont été mesurés au PK9.8 du drain Niono-Grüber qui recueille les eaux de drainage issues d'une superficie de 4200 hectares (fig. 3). Les quantités de sel ont été évaluées à partir de la mesure de la conductivité électrique sur la base d'un taux de conversion moyen de 1.09 mg/l de sel par $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivité électrique (Marlet et al, 1998 ; Ouvry et Marlet, 1999).

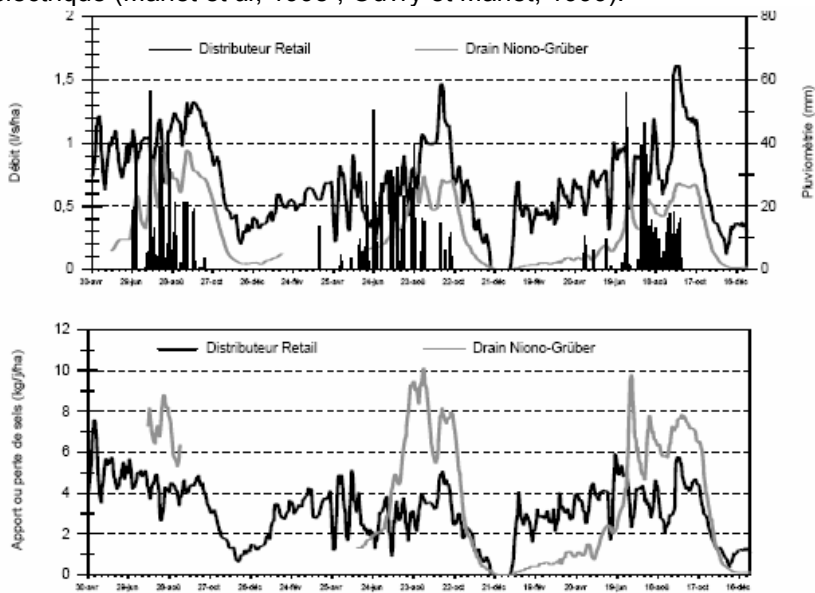


Figure 7: débit d'eau (a) ou quantité journalière de sels (b) entrants dans le distributeur RETAIL et sortant au niveau du pK9.8 du drain principal Niono-Grüber (source N'Diaye et al, 2002).

Pendant la saison rizicole, les volumes entrants s'élèvent à environ 14500 m³/ha sur le distributeur RETAIL, et les volumes sortants à 6900 m³/ha à l'échelle du drain Niono-Gruber. Le bilan des sels montre une désalinisation des sols pendant la saison rizicole en raison d'importantes sorties d'eau et de sels issues des vidanges des casiers rizicoles. Au niveau du réseau tertiaire (fig.4), les sorties de sels apparaissent principalement comme la conséquence des vidanges (*flushing*) des bassins d'irrigation qui contribuent à 45% des eaux et à 73% des sels évacués par le système de drainage. Les autres sources ne contribuent que marginalement aux quantités de sels évacuées par le système de drainage : 2% des eaux et 9% des sels issus du drainage souterrain de la nappe ; et 53% des eaux et 18% des sels à partir des pertes dans le réseau hydraulique. La réduction des pertes apparaît ainsi comme la principale opportunité d'accroissement des performances hydrauliques des aménagements.

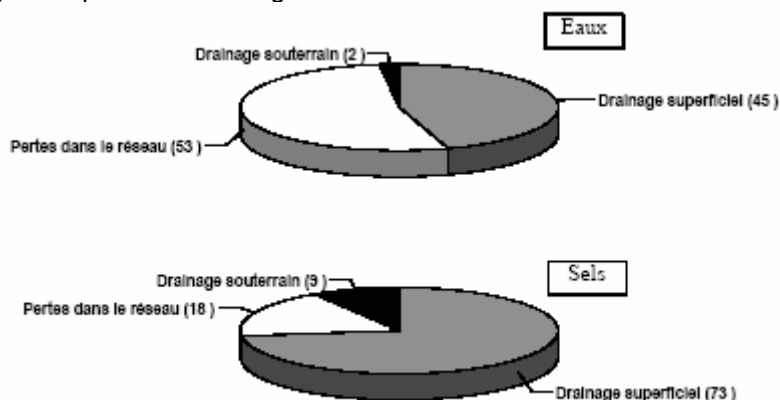


Figure 8: Origine des eaux et des sels dans les eaux de drainage (Marlet, 2000)

Pendant la contre-saison, on observe une tendance à l'accumulation de sels en raison d'une insuffisance de drainage superficiel et du maintien à un niveau élevé des volumes entrants dans le distributeur (fig.3). La consommation en eau sur le périmètre s'élève en moyenne à environ 3.5 mm/j alors que moins de 20% de la superficie est utilisé pour des cultures de contre-saison: maraîchage et riz. Les importantes pertes par infiltration à partir des canaux d'irrigation alimentent la nappe et l'évaporation des sols, et favorise la concentration des sels. Elles ont lieu principalement au cours de trois périodes :

- À la mise en eau du système hydraulique au début de la saison rizicole quand la remontée de la nappe précède généralement la mise en eau des casiers rizicoles. La remontée de la nappe se ralentit ensuite progressivement jusqu'à l'affleurement de la nappe pendant toute la fin de la saison rizicole ;
- Après la vidange des bassins rizicoles quand les canaux d'irrigation contribuent à soutenir la nappe dont le tarissement se poursuit sous l'influence de l'évaporation ;
- Pendant la contre-saison lorsque les canaux sont maintenus en eau pour la pratique de cultures de contre-saison et diverses activités sociales. Les

canaux alimentent alors la nappe qui s'établit proche de la surface (50 à 60 cm environ), y compris dans les secteurs non cultivés. Ce flux a été évalué à une lame d'eau équivalente d'environ 1 mm/j. Il varie en fonction des périodes de l'année et de la perméabilité des matériaux (lame d'eau supérieure à 1.5 mm/j sur les formations sableuses mais inférieure à 0.5 mm/j sur les formations argileuses).

Au niveau du système d'irrigation, le bilan des sels apparaît déficitaire pendant la saison pluvieuse en raison d'importantes quantités de sels évacuées par le système de drainage. Il est par contre excédentaire pendant la saison alors que le réseau d'irrigation est maintenu en eau de façon permanente, et que le recours au système de drainage est limité. On peut considérer que le système a atteint une situation de pseudo-équilibre dans les conditions actuelles de gestion de l'irrigation et du drainage et que les rendements ne sont pas significativement affectés. Il serait globalement excédentaire sur les formations sableuses les plus perméables, en raison d'une forte recharge de la nappe par le système hydraulique mais aussi d'une maîtrise insuffisante de l'irrigation et du drainage sur les points hauts (levées sableuses). Il serait globalement déficitaire sur les cuvettes argileuses sous l'influence des vidanges dans la mesure où la réhabilitation des infrastructures hydrauliques permet un fonctionnement correct du système de drainage.

Riziculture sous submersion et désalcalinisation des sols.

Il existe également différents processus biogéochimiques qui viennent accentuer l'évolution de l'alcalinité d'un sol rizicole sous submersion. Au niveau des parcelles cultivées, ces évolutions sont illustrées par la Fig. 5, et peuvent être résumés en quatre phases (Marlet, 2008, Condom 2000, Dicko et al, 2002):

- dans un premier temps, le Fer est réduit et occasionne une production d'alcalinité dans la solution du sol; l'existence d'assecs sur les points hauts où la maîtrise de l'eau est insuffisante est susceptible de réduire fortement l'intensité de ces processus ;
- dans un second temps, l'alcalinité et les autres solutés diffusent progressivement de la solution du sol vers la lame d'eau superficielle initialement moins chargée; ce phénomène pourrait être accentué par un flux convectif ascendant sous l'influence d'une recharge continue de la nappe par les canaux d'irrigation dont l'intensité devra encore être précisée;
- dans un troisième temps, les vidanges des casiers rizicoles (*flushing*) permettent d'évacuer l'alcalinité et les autres solutés vers le réseau de drainage ;
- enfin, la vidange des parcelles favorise l'oxydation du fer qui neutralise l'alcalinité dans la solution du sol.

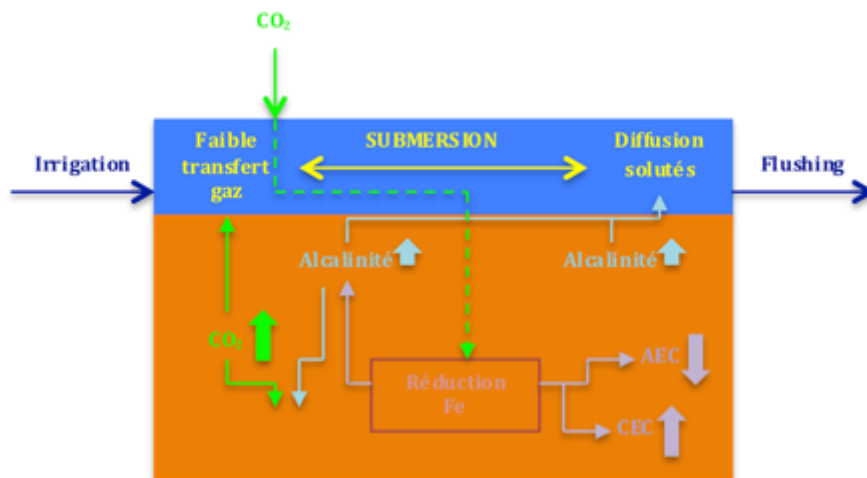


Figure 9: Représentation schématique du fonctionnement biogéochimique des sols rizicoles sous l'influence de la submersion (d'après N'Diaye et al, 2002)

Ces phénomènes contribuent globalement à neutraliser l'alcalinité. La submersion favorise également l'augmentation de la pression partielle du CO_2 qui maintient le pH *in situ* à un niveau proche de la neutralité et favorise un développement de la culture dans un environnement favorable.

Conclusion

La riziculture irriguée apparaît ainsi comme une culture particulièrement bien adaptée à la mise en valeur des sols alcalins. Elle est susceptible d'induire différents processus hydrologiques et biogéochimiques qui contribuent conjointement à la désalcalinisation des sols lors qu'elle s'accompagne d'une bonne maîtrise de l'irrigation et du drainage.

Cependant, les perspectives d'évolution des modalités de gestion des périmètres dans un contexte d'accroissement des superficies peuvent conduire à une aggravation des facteurs de risque. Ces risques sont liés en premier lieu à une diminution attendue des volumes d'eau disponibles surtout en contre saison dont le développement attendu augmentera la recharge de la nappe dont le niveau reste en permanence proche de la surface. D'où la réutilisation des eaux de drainage déjà chargées en sels. Par ailleurs, le développement d'aménagements sommaires ne répondant pas à des normes satisfaisantes concernant le planage et le réseau de drainage va provoquer des zones préférentielles d'évapotranspiration et de concentration de sels.

C'est donc dans une adaptation des modalités de gestion de l'eau (irrigation et drainage) et des techniques qui lui sont associées (travail du sol et planage par exemple) que des méthodes de prévention ou de réhabilitation efficaces pourront être identifiées. Ces perspectives soutiennent la mise en place d'un dispositif pérenne de suivi de l'évolution des sols en relation avec les performances de

l'irrigation, du drainage et des systèmes de culture (notion d'observatoire) qui doit être intégré dans le dispositif de suivi-évaluation de l'Office du Niger. Un tel dispositif pourrait être développé et mis en œuvre dans le cadre d'une collaboration soutenue entre l'Office du Niger et les institutions universitaires et de recherche agronomique.

Bibliographie

- Al Droubi A., Fritz B., Gac J.Y., Tardy Y., 1980. Generalized residual alkalinity concept: application to prediction of the chemical evolution of natural waters by evaporation. *Am. J. Sci.*, 280: 560-572.
- Barral, J. P. and M. K. Dicko (1996). La dégradation des sols à l'Office du Niger. Niono-Mali, PSI/MALI: 40.
- Condom, N. (2000). Analyse et modélisation couplée des processus hydrogéochimiques de la salinisation des sols. Application aux sols rizicoles irrigués de l'Office du Niger (Mali). Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier: 189 et annexes.
- Bertrand, R., B. Keïta and M. K. N'Diaye (1993). "La dégradation des sols des périmètres irrigués des grandes vallées sud-sahariennes (cas de l'Office du Niger au Mali)." Cahiers Agricultures 2: 318-329.
- Condom, N. (2000). Analyse et modélisation couplée des processus hydrogéochimiques de la salinisation des sols. Application aux sols rizicoles irrigués de l'Office du Niger (Mali). Montpellier. Montpellier, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier: 189 et annexes.
- Dicko, M. (1999). Etude de l'impact des mécanismes biogéochimiques sur le bilan de l'alcalinité des sols submergés. Cas d'un sol sableux de l'Office du Niger-Mali. DEA national de Science du sol, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier: 19 et annexes.
- Dicko Mohamed, Marlet Serge, Valles Vincent, N'Diaye MAMADOU Kabirou, Chevassus-Rosset Claire and Condom Nicolas (2002). Influence of biogeochemical mechanisms on soil alkalinity in flooded alkaline soil. 17th WSSSC, Bangkok, Thailand.
- Marlet S., Valles V., Lafolie F., Condom N., 1998. Hydrogeochemical modelling: a suitable approach to predict the effect of irrigation on soil salinity, sodicity and alkalinity. In: 16th ISSS world congress, August 1998, Montpellier, France.
- Marlet, S. and M. K. N'Diaye (1998). Evolution temporelle et variabilité spatiale des indicateurs de la dégradation des sols par alcalinisation et sodisation à l'Office du Niger. Tome 1: Synthèse des travaux. Mali, IER. PSI-Mali.
- Marlet, S. and M. K. N'Diaye (2002). Des risques d'alcalinisation liés à l'irrigation et aux pratiques culturales. L'Office du Niger, grenier à riz du Mali. P. Bonneval, M. Kuper and J.-P. Tonneau, Cirad/Karthala: 163-167.
- Marlet S., Tangara B., Ouvry F., 1998. Bilan des eaux et des sels à l'échelle des périmètres de l'Office du Niger. PSI-Mali : Etudes et travaux n°7, IER, Bamako.
- Marlet S., 2000. Evolution des sols sous irrigation. In : J.C. Legoupil, C. Dancette, P. Godon, I.M. Maïga et K.M. N'Diaye (eds). Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne.

- Synthèse des résultats du pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués. Ed. WECARD-CORAF, ISSN 0851-0296 p. 420-433. Actes du séminaire, Dakar (Sénégal) du 30 novembre au 3 décembre 1999.
- N'Diaye, M. K., S. Marlet and M. Dicko (2002). Maîtrise de l'irrigation et du drainage en riziculture irriguée et désalcalinisation des sols à l'Office du Niger. Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation., Montpellier, France, CEMAGREF, CIRAD, IRD, Cédérom du CIRAD.
- N'Diaye, M. K. (1987). Evaluation de la fertilité des sols à l'Office du Niger (Mali).contribution à la recherche des causes et des origines de la dégradation des sols dans le Kouroumari. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France. 134 p.
- M.K. N'Diaye, Y. Doumbia, A. Traoré, Dick Risselada, Erick Van Slobbe, (1990). Identification de la salinisation et de l'alcalinisation des terres de l'Office du Niger. Rapport d'étude.
- Ouvry F., Marlet S., 1999. Suivi de l'irrigation et du drainage, étude des règles de gestion de l'eau et bilans hydro-salins à l'Office du Niger (cas de la zone de Niono, Mali). PSI-Mali : Etudes et travaux n°8, IER, Bamako.
- Toujan, M. (1980). Aménagements hydro-agricole dépendant du canal du sahel. Evolution des sols irrigués. SOGREAH: 16.
- Valles V., Bourgeat F., 1988. Geochemical determination of the gypsum requirements of cultivated sodic soils. I. Development of the thermodynamic model GYPSOL simulating the irrigation water-soil chemical interactions. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 2: 165- 177.
- Van Hoorn, J. W. (1992). Evaluation de la première phase au sujet de l'identification des problèmes d'alcalinisation/salinisation des sols à l'Office du Niger et proposition pour une deuxième phase d'études et essais. Université agronomique de Wageningen: 27.

Communication N°16: Rôle économique et environnemental des plantes tinctoriales: cas de la Commune Rurale de Siby

Mamadou SISSOKO¹ , Siaka BALLO¹ et Baba Faradji N'DIAYE²

¹*Faculté d'Histoire et de Géographie, Université des Sciences Sociales et de Gestion (USSG), Bamako ;* ²*Agence du Bassin du Fleuve Niger*

Auteur correspondant : *sissokomamadou39@yahoo.fr, Téléphone : 00223 76 30 38 74*

Résumé

Cet article traite de l'usage et de la valorisation des plantes tinctoriales et leur apport dans l'amélioration de la qualité de l'environnement et des conditions de vie des populations locales. Au Mali, le rejet des effluents issus de l'industrie moderne et artisanale constitue une source majeure de pollution de l'environnement. Chaque jour, 3000 m³ d'eaux usées industrielles et artisanales, chargées de polluants chimiques, de métaux lourds et polluants organiques sont déversées dans les cours d'eau. Parallèlement, les teinturiers rejettent environ 365.000 m³ directement dans le fleuve.

L'objectif de cette étude est de comprendre le rôle socio-économique et environnemental des plantes tinctoriales dans la vie des ménages.

La démarche méthodologique, basée sur des enquêtes de terrain, des inventaires floristiques et l'analyse chimique des plantes a permis de savoir le rôle prépondérant des plantes tinctoriales dans la vie des ménages de la localité.

L'inventaire a permis d'identifier 55 espèces de plantes tinctoriales dont 12 sont abondantes et fréquentes partout dans la commune, 6 sont rares, 6 ont presque disparus tandis que 31 sont plus ou moins abondantes. L'analyse chimique qui a concerné 4 espèces a révélé les composés chimiques tels que l'acide gallique, la catéchine hydratée, la quercétine et la rutine qui peuvent servir à diverses colorations. De même, l'usage de ces teintures naturelles, pollue beaucoup moins, et constitue de ce fait, une alternative et une solution dans la lutte contre la pollution des eaux par les produits chimiques importés. Elles sont toutes biodégradables et rarement toxiques. En plus, la plupart de ces plantes enrichissent les sols en fixant l'azote atmosphérique.

Mots clés : Plantes tinctoriales, rôle économique, environnement, Commune rurale de Siby.

1. Introduction

Une plante tinctoriale est une plante dont une ou plusieurs parties peuvent servir d'ingrédients pour préparer des colorants, des teintures.

L'utilisation de la teinture végétale est une vieille tradition qui a accompagné l'évolution de l'humanité.

Depuis l'antiquité, elles constituaient la matière première pour la fabrication de pigments et pour la teinture des textiles, (Cuoco, 2009). De l'Afrique à l'Asie en passant par l'Europe et les Amériques, tous les peuples en ont fait un élément important de leur culture. C'est ainsi que son utilisation remonte environ à trois mille ans avant J.C. Justement, c'est en ce moment, qu'apparurent les premiers procédés de teinture avec la gaude, le pastel, la garance, la cochenille, l'indigo, le safran etc. (fr.wikipedia.org). En Europe, des fouilles et des analyses effectuées au début du siècle dans la caverne de l'Adoupte (France) montrent que, dès le Néolithique, les habitants de la province savaient teindre le lin et la chauve avec le pastel. Plusieurs espèces de plantes tinctoriales (dont *Indigoferatinctoria*) sont originaires d'Asie. L'indigotier est cultivé en Inde et dans de nombreuses régions subtropicales aussi bien en Asie qu'en Afrique ou en Amérique (fr.wiKipedia.org).

Dans toute la sphère d'influence de l'empire médiéval du Mali, qui s'étend de la Mauritanie et du Sénégal à l'est du Mali actuel, en englobant le sud de la Guinée et le Nord de la Côte d'Ivoire, il n'y a qu'un seul mot pour désigner l'indigo : « gara, ou gala ». L'indigo et les Soninkés forment historiquement un tandem, de même, le tissage de la laine est la spécialité exclusive des peulhs du Macina, dont les tisserands sont passés dans l'art du lancer du broché et de la tapisserie.

Dans cette partie du continent, la teinture à l'indigo est un marqueur culturel importé, la plupart du temps par des immigrés Soninké. Il en va ainsi dans les villages dogons où l'on pratique la teinture à l'indigo (Hélène le Loup, 2011). Même les femmes peulhs font teindre les fils aux teintures destinés au mariage de leurs filles par une femme Maraka ou Sarakolé. Matière colorante bleue, provenant des feuilles de l'indigotier, cette teinture a une particularité : la coloration de la fibre se fait non par imprégnation mais lors de la sortie, par oxydation avec l'air.

Dans la Commune Rurale de Siby, les plantes tinctoriales demeurent encore très peu étudiées. Siby est une localité située environ à 45 km au sud-ouest de Bamako sur la RN 5. A cause de sa proximité de la grande métropole Malienne, la localité subit de nombreuses influences urbanistiques (urbanisation, exploitation de bois, pression foncière etc.)

Des études ont également porté aussi sur les techniques de teintures végétales (Delamaire et Guineau, 1998 ; Duponchel, 1997).

Selon les résultats de nos enquêtes sur le terrain, l'utilisation des plantes tinctoriales est une vieille pratique dans la Commune rurale de Siby et elle remonte depuis le Moyen âge. Elles sont utilisées par la population pour l'obtention des

couleurs végétales. Maintenant, cette utilisation tend à disparaître à cause de la concurrence des teintures chimiques et des tissus industriels qui ont remplacé les cotonnades qui servaient à confectionner les habits.

Plus qu'une étude sur la biodiversité de ces plantes, la présente étude se propose de faire l'inventaire des plantes tinctoriales, connaître leur importance culturelle, médicinale, artisanale et leur contribution au revenu des familles. Elle vise également à connaître leur utilisation pour la préparation des teintures végétales et les techniques de coloration utilisées dans la Commune Rurale de Siby.

2. Matériel et méthodes

La démarche méthodologique utilisée pour la rédaction du présent article a consisté en la lecture de nombreux documents traitant le thème et des recherches sur le net. Au moyen de fiches d'enquêtes, l'identification des différentes plantes tinctoriales utilisées par les populations locales a servi d'instruments d'inventaire. La collecte des données a été menée auprès de 10 personnes dans chacun des 21 villages de la commune. Cette base de sondage a été complétée par 3 agents des eaux et forêts pris comme personnes ressources. Pour la pratique de la teinture, 6 associations de femmes et 5 groupements d'hommes et de jeunes ont fourni des informations sur le rôle économique et environnemental des dites plantes dans la commune de Siby. Enfin, un échantillon de 4 plantes ont fait l'objet d'analyse chimique. Celle-ci a révélé la présence massive de composés chimiques riches en colorants.



Cliché n° 1 le laboratoire d'analyse chimique, 20015.

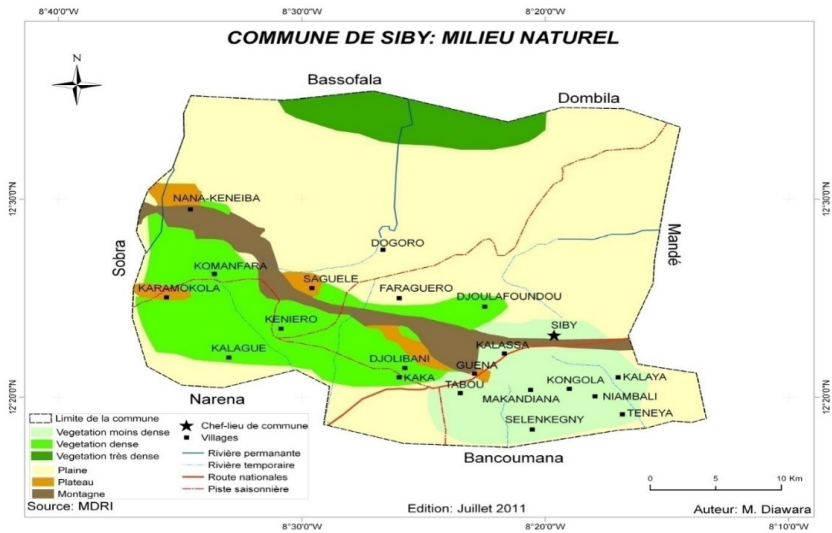
3. Résultats et discussion

3.1 L'inventaire des plantes tinctoriales

La commune rurale de siby est l'une des localités les mieux fournies en richesse floristique en pays malinké. Toutes les espèces des savanes y poussent abondamment. Les plantes tinctoriales constituent une composante essentielle de ce patrimoine naturel. Ainsi, nos enquêtes de terrain ont inventorié 55 espèces répandues sur l'ensemble de la commune, mais avec des densités variables d'une

localité à l'autre et d'une espèce à l'autre. Cette distribution spatiale des plantes concernées reflète la physionomie générale du peuplement de paysage floristique de Siby. La carte ci-dessus présente les densités de peuplement de la flore.

Carte n° 1 densité de peuplement de la flore de Siby



De façon spécifique, 12 espèces de plantes tinctoriales sont abondantes et répandue sur toute la commune, 6 espèces sont rares et 6 ont presque disparues. Les autres espèces sont plus ou moins abondantes. Le tableau n°1 résume la fréquence par espèce de quelque plantes tinctoriales.

Tableau n°1 Fréquence de quelques plantes tinctoriales à Siby.

Fréquence des espèces		abondantes	rares	en voie de disparition
Noms des plantes				
Nom scientifique	Nom vernaculaire			
<i>Anogeissusleiocarpus</i> Guill.et Perr.	ngalama	×xx		
<i>Vitellariaparadoxa</i> Gaertn.f.	chi	×xx		
<i>Combretumglutinosum</i> Perr.ex DC.	cangara	×xx		
<i>Indigoferatinctoria</i> L.	gala	×xx		
<i>Cochlospermumtinctorium</i> Perrier exA.Rich.	ndiribaraceni	×xx		
<i>Mangiferaindica</i> L.	mangoro	xxx		
<i>Parkiabiglobosa</i> (Jacq.) Benth.	néré	Xxx		
<i>Pterocarpuserinaceus</i> Poir..	genou	Xxx		
<i>Lanneaacida</i> A.Rich.	npekuni	Xxx		
<i>Combretummicranthum</i> G. Don.	n'golobe	Xxx		
<i>Jatropha curcas</i> L.	bagani	Xxx		
<i>Lanneamalifolia</i> Sacleux	diara	xxx		
<i>Khaya, senegalensis</i> (Desr.)A.Juss.	Jala		Xx	
<i>Vitex doniana</i> Sweet	koroba		Xx	
<i>Ficus ischnopoda</i> Miq.	nséréni n'séré		Xx	
<i>Lanneavelutina</i> A.Rich	djifriti		Xx	
<i>Borassus aethiopum</i> Mart. BagamojenseBecc.	sebe		Xx	
<i>Mitragynainermis</i> (Willd.) Ktze.	dyum		Xx	
<i>Syzygiumguineense</i> var. <i>littorale</i> keay	kôkissa			X
<i>Cola cordifolia</i> (Cav.)R.Br.	tabanogo			X
<i>Chrozophorasenegalensis</i> Lam.)A.Juss.exSpreng.	samandeku			X
<i>Trichiliaemetica</i> Vahl.	soulafissan			X
<i>Psorospermumsenegalensis</i> Spach	karidakuma			X

Les clichés ci-dessous présentent quelques plantes tinctoriales couramment répandues au Mandé.



Cliché n°2 l'inventaire de quelques plantes tinctoriales, 2015
ngalama (gauche), cangara (centre), triba (droite)

3.2 L'apport socioéconomique des plantes tinctoriales aux populations locales

Les plantes tinctoriales participent beaucoup à la richesse du patrimoine de la médecine traditionnelle. Selon les spécialistes de la pharmacopée traditionnelle, la plupart de ces plantes ont de puissantes vertus médicinales. Ainsi, *Vitex doniana* Swett connu sous le nom de « koro » en Bambara est utilisée pour le traitement des caries dentaires, de l'ictère, des douleurs abdominales, des maux de ventre, la diarrhée, la lèpre pour ne citer que ces pathologies (Malgras, 1992). *Anogeissus leiocarpus* (ngalama) est réputée être un remède efficace contre le paludisme, les constipations chroniques, les dermatoses, les vermifuges et surtout contre les fièvres (Malgras, 1992, Maydel, 199). Beaucoup d'autres ont des vertus avérées contre diverses pathologies.

En outre, certaines d'entre elles, entrent dans l'alimentation des populations et du bétail. C'est le cas du néré (fruits), du karité (beurre), du baobab, de l'*Anacardium* du manguier, du tamarinier etc.). Parallèlement, leur utilisation procure aux populations des revenus monétaires substantiels. Un kilo de noix d'*Anacardium* coûte environ 1500 f cfa. De même, les ventes d'un manguier varient entre 150 000f et 300 000f par an. Les feuilles, les écorces et les racines également constituent une source de revenu appréciable pour les tradi-thérapeutes. Enfin, pour des besoins esthétiques et de rituels, le henné par exemple est exporté jusqu'en Orient.

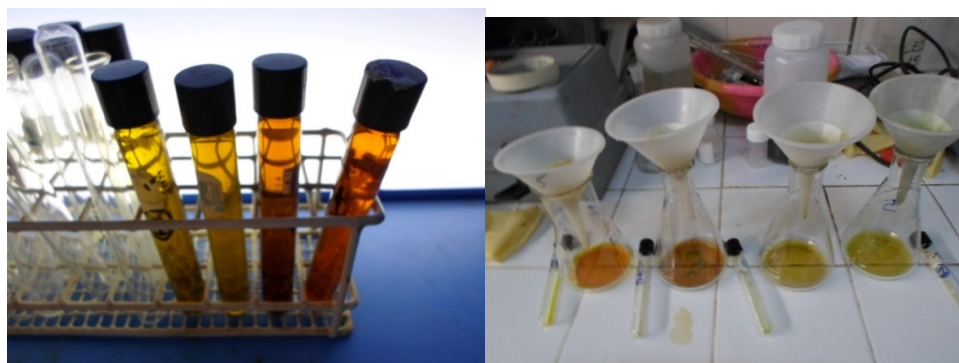
3.3 Le rôle environnemental

Contrairement aux produits chimiques importés, les plantes tinctoriales sont toutes biodégradables et rarement toxiques. De ce fait, leur usage ne pose pas de problème majeur à l'environnement. Au contraire, comme toute légumineuse, la plupart d'entre elles participent à l'enrichissement du sol en fixant l'azote atmosphérique. C'est le cas du baobab, du karité, etc. Certaines d'entre elles, comme le « ngolobé » indiquent par leur présence, la pauvreté des sols. D'autres comme le « cangara » s'adaptent aux conditions critiques d'humidité. L'*Anacardium* est utilisé comme pare feu. Quant au « ngalama », elle a une très grande amplitude écologique, ce qui permet sa large distribution de la bordure du

Sahara à la lisière de forêt équatoriale, c'est à dire du Sénégal au Soudan et de l'Éthiopie jusqu'au sud de la république Démocratique du Congo (Cuny, 1997). Elle préfère les anciens sols agricoles et constitue un vestige des forêts sèches primitives soudaniennes. C'est pour cette raison qu'elle est recherchée pour la reconstitution des paléo-environnements.

3.4 Les analyses chimiques

Les résultats de l'analyse par HPLC (chromatographie en phase liquide) ont révélé la présence de composés chimiques riches en acide gallique qui peut donner la couleur verte-claire, la rutine donne la couleur verte et rouge, la quercétine offre le jaune et le rouge et la catéchine hydratée donne la coloration jaune. Ces couleurs primaires permettent d'obtenir une gamme de coloration encore très variée.



Cliché n°3 différentes couleurs obtenues à partir d'analyse, 2015

4. les effets cumulés du stress climatique et de la pression démographique

Les ressources naturelles du Mandé, à l'instar de celles des autres régions du sahel subissent les effets du changement climatique et de la pression démographique. Les sols s'appauvrissent sous les effets de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne. La végétation se raréfie à cause de la coupe abusive du bois, des feux de brousse et du surpâturage. Les plantes tinctoriales semblent être particulièrement éprouvées par ces diverses agressions. Les usagers de la teinture y prélèvent des quantités non moins importantes. La pharmacopée traditionnelle puise ses remèdes, surtout dans la famille des Combrétacées auxquelles appartiennent la plupart des plantes tinctoriales. Aujourd'hui, devant cette pression grandissante et incontrôlée, certaines de ces plantes deviennent de plus en plus rares telles que le « koronifing », le *Borassus aethiopum* Mart « sebe », le *Mitragynainermis* « dyum », etc. Au même moment, d'autres ont presque disparus. C'est le cas *Ekebergia capensis* « kunanje », *Trichiliaaemetica* « soulafissan », *Syzygiumguineense* « kôkissa », etc.

5. la concurrence des teintures chimiques

Comme indiqué dans les lignes qui précèdent, les plantes tinctoriales assurent aux populations locales un rôle vital et économique. Leur disparition est un sujet d'inquiétude majeur, auquel il est urgent de chercher des réponses appropriées. Cependant, le plus préoccupant pour ces nombreuses familles utilisatrices, demeure sans doute, la concurrence des teintures chimiques importées. Face à cette invasion, beaucoup de nos entreprises locales de teinture ont « jeté l'éponge » rendant l'avenir de la filière incertain. Nos habits ne sont plus teints à l'indigo.

Conclusion

En pays malinké, les plantes tinctoriales jouent un rôle prépondérant. Elles fournissent des fourrages aux animaux, des médicaments et un complément de nourriture aux populations locales. Elles constituent également une source de revenu monétaire appréciable pour ses utilisateurs. Leur dégradation, voire leur disparition et surtout la concurrence des teintures modernes est une préoccupation majeure des éco-environmentalistes et des principaux usagers. Au regard de leur rôle vital et économique dans la localité et des menaces spécifiques qui frappent ces plantes, il convient de les classer parmi les espèces protégées. Aussi, un vaste programme de sensibilisation devrait être enclenché auprès des populations pour assurer la pérennité de la filière des teintures locales.

Références bibliographiques

1. Arbonnier M., 2009- Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest .CIRAD, MNHN, UICN, 539p.
2. BERHAUT J., 1967- Flore du Sénégal. (2è Edition) Claire Afrique, 485p.
- Delachau et Nestlé S.A. David P., 1990- Guide des teintures naturelles le Neuchâtel, Paris. 215p.
3. Delamare F. et Guineau B., 1999- Les matériaux de la couleur, Paris, 150p.
4. Diallo. B., et Al., 1989-Studies on inhibitors of skin-tumor promotion. Inhibitory effects of triterpenes from *Cochlospermum tinctorium* on Epstein-Barr virus activation. Journal of natural products 52(4), 879–881.
5. Diallo. B., et Al., 1991- Antimicrobial activity of two apocarotenoids isolated from *Cochlospermum tinctorium* rhizome. Fitoterapia 62(2) 144–145.
6. Doumbia B. Groupe Kossobané, 2006-L'évolution des teintes naturelles bassilan, bogolan, gala. Imprime colore Bamako. 9-16
7. DUPONCHEL P., 1990- les signes du bogolan in : Cahier de l'A.D.E.A.O. n°9, bogolan et art gravique du Mali, Musée des Arts Africains et Océaniens, Paris, 22-36.
8. Kadiatou M., 2011- Durabilité de la culture du Henné dans la région de Koulikoro au Mali : cas des communes rurales du Méguétan et de Banamba, Université de Laval, Québec, Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Faculté de Foresterie, de géographie et de géomantique. 106p.
9. MaydellH.J.V, 1992- Arbres et arbustes du sahel (leur caractéristique et leur utilisation) Verlag Josef Magraf, Hambourg, 94-123.

10. MayedellH.J, 1990- Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Version française jean Bernard Chappuis.G.T.Z, Verlag Joseph Margraf.Weikersheim.531p.
11. Tounkara A., 2007- Etude de l'activité hepatoprotectrice de deux plantes médicinales du Mali : *Anogeisusleiocarpus*GUILL. etPERR. et*Terminaliamacropteria*GUILL. Et PERR. (Combretaceae), thèse de doctorat, Université de Bamako, faculté de médecine et pharmacie et d'odontostomatologie, Mali. 42-55.
12. Traoré M. et Monnier Y., 1981- les Atlas du Mali, Paris, 64p. Université de Laval, Québec, Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Faculté de Foresterie, de géographie et de géomantique. 106p.
13. MaydellH.J.V, 1992- Arbres et arbustes du sahel (leur caractéristique et leur utilisation) Verlag Josef Magraf, Hambourg, 94-123.
14. MayedellH.J, 1990- Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Version française jean Bernard Chappuis.G.T.Z, Verlag Joseph Margraf.Weikersheim.531p.
15. Tounkara A., 2007- Etude de l'activité hepatoprotectrice de deux plantes médicinales du Mali : *Anogeisusleiocarpus*GUILL. etPERR. et*Terminaliamacropteria*GUILL. Et PERR. (Combretaceae), thèse de doctorat, Université de Bamako, faculté de médecine et pharmacie et d'odontostomatologie, Mali. 42-55.
16. Traoré M. et Monnier Y., 1981- les Atlas du Mali, Paris, 64p.

Communication N°17: Gestion foncière au Mali et Souveraineté Alimentaire au profit de l'Exploitation Familiale Agricole: Mythe ou Réalité?

Dionkounda TRAORE⁴⁸

Email : dtraore.antigone@gmail.com , tél. (223) 76 41 61 28 / 66 79 07 00

Résumé :

La Sécurité et la Souveraineté Alimentaire sont des axes majeurs dans la vie d'une Nation et des priorités pour un gouvernement responsable. Aussi, le foncier occupe une place importante dans les politiques nationales car la terre devient le principal facteur de production et un enjeu majeur.

C'est ce qui justifie le présent article portant sur une recherche/action avec le mouvement paysan malien sur fond de plaidoyer/Lobbying autour du foncier, entre 2008 et 2016. L'article tient son importance des enjeux mondiaux liés au foncier et d'une autre Recherche/Action dans différentes zones agro écologiques du Mali. En outre, la contribution de l'Auteur à la politique Agricole de Koulikoro a fortement contribué à la formulation des hypothèses et objectifs du présent Article. La terre constitue le premier capital des Exploitations Agricoles Familiales. Bien gérée, elle contribue à la croissance économique, à la souveraineté alimentaire, à la lutte contre la pauvreté. La sécurisation foncière des Exploitations Familiales est la condition sine qua non de modernisation de l'Agriculture et de la biodiversité.

Le processus d'accaparement, qu'il soit interne ou externe, suscite beaucoup d'inquiétudes et d'interrogations. En effet, la cession de grandes superficies englobe des terres relevant de patrimoines fonciers familiaux locaux où travaillent de petits exploitants. C'est dire que le présent Article aide les décideurs à mieux structurer le dialogue avec la société civile et les organismes internationaux et à mieux accompagner les pouvoirs publics dans la lutte contre l'insécurité alimentaire.

Mots Clefs : Recherche/Action, Accaparement, Souveraineté alimentaire, Exploitation Familiale Agricole, Sécurisation.

⁴⁸ Faculté des Sciences Sociales (FASSO), Université de Ségou

Problématique

Le Mali dispose de terres aménageables sans pour autant avoir les moyens techniques et financiers requis pour ce faire. En procédant à la cession de terres arables aux privés et surtout, aux firmes internationales, il n'est pas évident que le Mali puisse avoir un droit de regard sur l'utilisation qui est faite de ces terres arables encore moins, des récoltes.

Secundo, l'Agriculture malienne repose sur les Exploitations Familiales Agricoles dont les intérêts sont difficilement compatibles avec ceux du grand privé comme des firmes ou Etats étrangers.

I. Introduction

Les Terres sont de plus en plus convoitées dans le monde entier et cela se manifeste notamment par la « Ruée » généralisée vers les terres arables/aménageables. Les pays les plus vulnérables, sont notamment : le Mali, la Moldavie, le Soudan, le Madagascar, la Zambie, le Zimbabwe, l'Ouganda, la Tanzanie, le Kazakhstan, etc.⁴⁹

Les pays nantis, profitant de la manne pétrolière, sont en l'occurrence ceux qui tirent profit de cette situation comme l'évoque Samir Amin et Siaka Bagayoko, respectivement dans « Capitalisme et Rente foncière », « Foncier et Agriculture familiale ». C'est ainsi que l'Arabie Saoudite, la Chine, la Corée du Sud, les Emirats Arabes Unis, le Japon, le Qatar, la Libye, etc. sont les principaux acquéreurs disposant aujourd'hui de plus de 7,6 millions d'ha hors territoire national, soit l'équivalent de 5,6 fois la surface agricole utile de la Belgique selon les résultats fournis par la littérature internationale.⁵⁰

Cette ruée extrême vers le foncier s'explique en grande partie par la flambée des cours des matières Agricoles en 2007 et 2008, à l'instar des années 70. De même, avec la débâcle financière actuelle, toutes sortes d'acteurs de la finance et de l'agroalimentaire (fonds de retraite, fonds spéculatifs- mobilier et immobilier...), ont abandonné les marchés dérivés, considérant que les terres Agricoles sont devenues un nouvel actif stratégique, notamment pour les monarchies pétrolières.

La Chine, avec 40% de la Population active agricole mondiale pour 9% de terres agricoles, a entamé, déjà en 2006, une politique agressive d'acquisitions foncières à travers la signature d'accords ayant facilité l'installation de 14 fermes expérimentales en Zambie, au Zimbabwe, en Ouganda et en Tanzanie... Il en est de même de la Lybie au Mali, en Ukraine. La Corée du Sud et le Japon, pour rappel, importent déjà 60% de leur alimentation de l'étranger, selon la littérature mondiale.

⁴⁹ CNOP, AOPP : « La gestion foncière, une question de vie ou de mort pour le mouvement paysan malien », Note CNOP- AOPP et Conseil de la Société civile ;

⁵⁰ Jean-Yves Carfantan et Albin Michel, 2009 « Accaparement des terres »

En 2008, à Madagascar, la location de 1,3 million d'ha au groupe Sud-coréen Daewoo, a entraîné une grave crise politique qui s'est soldée par le renversement du pouvoir. Les achats massifs de terres par les Agro Entrepreneurs, les citoyens nantis et des expatriés européens basés au Mali, comme le prouvent les résultats de la Recherche/Action menée entre 2008 et 2012, amputent le monde rural d'une bonne partie de terres cultivables, notamment dans la zone « Office du Niger »⁵¹.

II. Résultats et Discussions

Le présent chapitre restitue les résultats majeurs obtenus à travers l'accompagnement des Organisations Paysannes (OP), notamment la CNOP et l'AOPP.

Le phénomène d'acquisition des terres a commencé dans les différentes régions du Mali, à des degrés divers. Les zones de Niono (Office du Niger), Macina, les principaux centres urbains (Bamako et Alentours, Baguinéda, Sanakoroba), Gao (zones cynégétiques), Koutiala, Sikasso, Yanfolila, Bafoulabé, Mahina... Ces différentes cités sont particulièrement concernées par l'acquisition à grande échelle, par le public, les privés nationaux et internationaux. La vente abusive des terres, à grande échelle, au détriment de la petite exploitation familiale représentant 80% de la population active du Mali, l'accélération du rythme de vente voire l'expropriation des abords immédiats des villages après les villes, l'installation massive du privé malien et surtout étranger dont, des Etats sont autant de facteurs ayant attiré l'attention des producteurs, sur le phénomène d'acquisition des terres par les investisseurs.

A titre d'illustration, les alentours de Bamako sont actuellement vendus aux particuliers sur un espace d'environ 150 Km à la ronde.

Cas spécifique de l'office du niger

Dans les zones « Office du Niger » (Niono, Molodo...) et celles de Macina, l'ampleur de l'acquisition des terres est donnée dans les tableaux suivants :

Tableau N°1 : Investisseurs et Superficies acquises

Investisseurs	Zones	Superficies (en ha)	Types de cultures
SOSUMAR (AFS)	Sansading	14 000	Canne à sucre/aspersion
AGRO- ED (France)	Témou/Macina	20 000	Canne à sucre (gravitation, aspersion)
SUKALA II (Chine)	Bewani	20 000	Canne à sucre (gravitation, aspersion)
MALIBYA (Libye)	Boky were/Macina	100 000	Riziculture/Gravitation
LORNHO (UK)	Bewana	100 000	Riziculture/Gravitation
HUICOMA (Mali)	Macina	100 000	Sésame, Soja

⁵¹ Office du Niger « Carte des baux »

Tableau N°2 : Investisseurs et Superficies acquises

Investisseurs	Superficies en ha	Types de contrats	Types de culture
Millenium Challenge Account (USA)	14 000	Titre foncier	Riz
TEST DE KOUMANA I (BM)	390	Titre foncier	Riz
TEST DE KOUMANA II (BM)	444	Titre foncier	Riz
UEMOA	11 288	Bail emphytéotique	Riz/Maraîchage
Dunkafa (Pays Bas)	358	Bail emphytéotique	Riz
BSI	514	Bail emphytéotique	Riz

Les informations ci- dessous, édifient sur d'autres cas de pression foncière :

Zone de Mbewani

Chinois	:	3000 ha
SOLARIS SA (une société d'informatique)	:	2000 ha
Mamou Camara (un malien de l'extérieur)	:	2000 ha
SOPROMI	:	5000 ha
Foras Mali (entreprise française)	:	2000 ha
GDCM (Modibo Keita)	:	7400 ha
NSUKALA (entreprise chinoise)	:	14 000 ha
SOSIMAR (société sucrière de Markala)	:	16 000ha
Kumuna 1	:	390 ha
Kumuna 2	:	444 ha

Zone de Macina

Mamou Camara (malien de l'extérieur)	:	2000 ha
Petrotech (entreprise égyptienne)	:	10 000 ha
SOCIMEC (une société malienne de ciment)	:	11 000 ha
MALIBYA (Libye)	:	100 000 ha
Groupe TOMOTA	:	100 000 ha

Zone de Kouroumari

Modibo Kimbiri	:	400 ha
Dungafa (Issa Diarra)	:	1000 ha
UEMOA	:	11 000 ha
MCA	:	16 000 ha
Sénégal	:	25 000 ha

Zone de Molodo

UNTM	:	2000 ha
------	---	---------

Les zones sont réparties de la plus grande à la plus petite comme suit : Macina, Diabaly, Niono, Mbewani, Molodo.

Ainsi, déjà en 2012, sur une superficie prévisionnelle de 372 945 ha, à aménager dans la zone Office du Niger, seulement, 9346 ha, soit 2,5%, étaient destinés aux Exploitations Familiales Agricoles représentant cependant, pas moins de 80% de la population active malienne avec un statut aléatoire de baux annuels.

Il devient alors évident que le véritable enjeu n'est pas que la Terre, mais aussi et surtout, les terres arables et l'Eau. Ainsi, dans la zone « Office du Niger », la réalité actuelle se présente sous le format suivant :

- Superficie aménageable : 1 907 406 ha répartis entre Bawani, Kolongo, Kemacina, Niono, Molodo, N'Dédougou, Kourimaré ;
- Surface irrigable « gravitairement » à partir du barrage de Markala : 1 445 000 ha ;
- Surface réellement aménagée : 131 693 ha ;
- Superficie mise en valeur sur la surface totale aménagée : 118 148 ha ;
- Superficie octroyée aux privés nationaux et étrangers : 16 872 ha ;
- Surface aménagée par la Lybie : 25 000 ha sur une promesse de vente de 100 000 ha.
- UEMOA : 413 ha aménagés sur une prévision de 2174 ha ;
- Baux validés : 82 957 ha.

Il devient clair que l'Office du Niger souffre d'insuffisance criarde de moyens techniques et financiers pour aménager l'espace d'où les mobiles des cessions massives de terres aux grands privés et aux multinationales. Toutefois, les conséquences de ces accaparements à court et long termes, sont occultées par les autorités maliennes.

Le véritable paradoxe est que, les Exploitations Familiales Agricoles, piliers de l'Agriculture malienne à travers la LOA, représentant 80% de la main d'œuvre et environ 40% du PIB, ne ressortent pas clairement dans des statistiques isolées, mais se trouvent plutôt fondues dans un ensemble.

Il en est de même des femmes et des jeunes auxquels la LOA accorde systématiquement 10% de chaque espace aménagé, disposition dont le respect s'avère difficile à prouver à travers la manière dont les statistiques sont cumulées.

Mieux, les nouveaux acquéreurs s'adonnent, selon la littérature financière internationale, à des cultures en fonction de leurs propres besoins. C'est dire que les récoltes sont avant tout destinées aux exportations, gonflant artificiellement les statistiques sur les productions agricoles maliennes.

Ainsi, le Mali, contrairement aux dispositions officielles sur la souveraineté alimentaire, importe pour assurer la sécurité alimentaire au détriment de la Souveraineté Alimentaire.

Le caractère aléatoire de l'occupation des terres par les paysans et paysannes, sans garantie en guise de titre foncier, est une contrainte nécessitant des mesures énergiques de la part du gouvernement.

En outre, la Politique foncière actuelle du Mali, reste très favorable à l'installation de Grands Privés (Capitaux et Etats étrangers), contrairement aux dispositions et

à l'Esprit de la LOA (Loi d'Orientation Agricole⁵²), bâtie autour de l'Exploitation Familiale Agricole, pourtant, pilier de l'Agriculture malienne et utilisant environ 80% de la main d'œuvre selon les statistiques officielles. Malheureusement, les aménagements prévus ou effectués pendant les années 2000 voire jusqu'en 2012, ne prennent en compte la petite Exploitation Familiale que pour 2,5% des investissements. Cette incohérence perdure malheureusement. Il n'est donc pas étonnant que nous assistions aux acquisitions massives de terres par les Etats comme la Lybie, la Chine avec notamment la canne à sucre à NSukala sur 20 000 ha, les Organisations Sous-régionales (UEMOA), les Agro-entrepreneurs, les citadins nantis (commerçants, fonctionnaires).

C'est dire que la gestion foncière actuelle remet en cause la Souveraineté alimentaire. Le coût élevé des investissements, le mode d'éviction et/ou de dégrèvement, le caractère annuel des contrats (terres non aménagées) et les permis d'exploitation (terres aménagées), accordés aux Exploitations Familiales Agricoles- pilier de l'Agriculture malienne... sont autant d'handicaps à la concrétisation de la Souveraineté Alimentaire contrairement. Par contre, les baux ordinaires (30 à 50 ans) et emphytéotiques (99 ans) sont accordés aux privés dont les multinationales, aux Etats, aux Organisations sous-régionales... mais pas aux Exploitations Familiales Agricoles sur lesquelles repose tant la Souveraineté Alimentaire.

Le Mali ne dispose que récemment, d'une Politique appropriée facilitant l'accès systématique des femmes, des jeunes et des autres couches défavorisées, notamment l'Exploitation Familiale, au Foncier. Celle-ci vient d'être adoptée sous le nom de Politique Agricole Foncière du Mali (PAF) éditée en 2015 par le comité de mise en œuvre de la LOA.

Les achats massifs de terres par les Agro entrepreneurs, les citadins nantis-fonctionnaires et commerçants, les immigrés maliens, amputent le monde rural d'une bonne partie de terres cultivables. A titre d'illustration, le Mali a octroyé sur la période étudiées, plus de 700 000 ha⁵³ à des sociétés étrangères pour la promotion de cultures vivrières et commerciales, dans la zone Office du Niger, dans le delta central et dans le bassin du fleuve Sénégal. Ce chiffre ne prend pas en compte les surfaces acquises par les élites maliennes (fonctionnaires, commerçants).

Pour rappel, la *souveraineté Alimentaire*⁵⁴ est un concept développé par *Via Campesina*, mouvement paysan mondial, lors du sommet de la FAO en 1996, à Rome. C'est le Droit pour un peuple, un Etat ou un groupe d'Etats, de se doter d'un ensemble de moyens lui/leur permettant de satisfaire directement ses/leurs besoins alimentaires, durant toute l'année sur la base de sa propre production, à la différence de la sécurité alimentaire qui se soucie peu sinon pas du tout, de l'origine de la nourriture.

⁵² La Loi d'Orientation Agricole (LOA) a été votée en août 2007.

⁵³ SNV, Rapport sur l'accapement des Terres.

⁵⁴ Via campesina, Discours du président lors du sommet de la FAO, 1996, Rome.

Le présent article est justement une contribution de taille, destinée à aider les acteurs du développement local comme national, les experts travaillant sur les questions de Sécurité et de Souveraineté Alimentaire, à mieux comprendre la problématique foncière au Mali.

Pour ce faire, ce processus de Recherche/Action a consisté à collecter des données sur l'ampleur du phénomène afin d'alimenter une approche de Plaidoyer/Lobbying ayant abouti à l'influence d'un certain nombre de dynamiques nationales.

Ainsi, suite à un long processus de négociation sur fond de Plaidoyer/Lobbying, l'auteur a doté les Organisations Professionnelles paysannes d'approches et d'outils les ayant aidées à obtenir du gouvernement malien, leur participation effective à l'organisation de concertations régionales en prélude aux états généraux du foncier et à l'adoption du décret portant "Politique pastorale nationale au Mali".

Le présent document vise à : Faciliter une meilleure compréhension des enjeux du foncier par les décideurs et les partenaires au Développement à travers différentes expériences de Recherche/Action et de Campagnes de Plaidoyer/Lobbying.

III. Matériel et Méthodologie

Ce travail est en outre un trajet de Recherche/Action destiné à mieux comprendre les incohérences liées à la gestion foncière au Mali. Pour ce faire, des sites situés en zones inondées (Ségou, Niono) et exondées (Koulikoro, Sikasso), ont été retenus dans le cadre de l'étude. La démarche méthodologique a été structurée autour des axes suivants :

- Exploitation de la littérature nationale et internationale afin de cerner tous les contours du foncier et de ses enjeux en Afrique et dans le monde.
- Elaboration et validation de critères afin de retenir des sites.
- Recours aux méthodes formelles de Recherche, les approches non aléatoires en l'occurrence, dans le but de choisir les sites en connaissance de cause ;
- Utilisation d'outils afférents aux méthodes participatives de Recherche, notamment « Participatory Rural Appraisal » : ISS (Interview Semi-Structurée), Carte des Ressources, Classification préférentielle, Pyramides des problèmes, Pyramides des Solutions.

Par ailleurs, il convient de préciser que les zones de Ségou et Niono ont été choisies dans le souci de vérifier l'hypothèse selon laquelle l'accès durable à l'Eau devient un autre enjeu.

Les choix de Koulikoro (Nara) et Sikasso (Nianfolila, Bougouni) se justifient par la volonté de prendre en compte deux sites pastoraux (Koulikoro et Sikasso) et une zone minière (Sikasso). Les méthodes et outils sus-évoqués ont été recourus sur fond de Recherche/Action pour le Développement :

- Utilisation des résultats et informations obtenus pour convaincre les autorités à revoir les réformes foncières: Etats généraux du foncier, Décret sur la transhumance, Politique foncière nationale...

C'est dire que le présent article se situe à cheval sur la recherche- terrain et l'influence de politiques et stratégies foncières nationales voire de Développement.

- Certains outils spécifiques liés au Plaidoyer/Lobbying ont été d'un précieux apport : carte des acteurs, processus décisionnel, analyse des parties prenantes, grille des arguments...
- Une fois l'argumentaire élaboré, son utilisation a été faite judicieusement en recourant à la méthode MIO (Modèle Intégré d'Organisation), notamment l'analyse des Acteurs et des Facteurs.

Les données quantitatives ont été analysées en recourant aux logiciels Access et SPSS partant du souci de constituer une base de données et d'effectuer plus facilement des analyses croisées. Par contre, les données fournies par les méthodes participatives ont plutôt aidé dans les analyses qualitatives, les jugements de valeur.

IV. Résultats

Suite à la collecte des données et dans l'intention de faire le lien entre la recherche-terrain et le Développement, une stratégie de "Plaidoyer/Lobbying a été développée afin de renforcer les capacités des organisations paysannes dans l'influence des politiques et pratiques en vigueur, au Mali. Concrètement, les enquêtes ont révélé que les trajectoires suivantes entraînent dans les préoccupations des organisations de la société civile paysanne :

- *Vente massive de terres agricoles sur fond d'accaparement en zones Office du Niger et minières de Sikasso et Kayes ;*
- *Concertations régionales sur le foncier ;*
- *Ateliers sur les Etats généraux du foncier ;*
- *Décret sur le foncier pastoral ;*
- *Politique foncière du Mali ;*
- *Immatriculation et enregistrement des Exploitations Agricoles Familiales.*

Les principaux résultats sont restitués en fonction des étapes majeures de la Recherche/Action et du trajet de Plaidoyer/Lobbying. S'agissant des espaces cédés, la collecte des données a été systématique.

Par contre, en ce qui concerne les informations qualitatives, l'échantillonnage est fourni dans le tableau qui suit :

Tableau N°3: Echantillon par zone

Régions	Cercles	Sites retenus	Préoccupations paysannes	Catégories ciblées	N (Echantillon)	Observations pertinentes
Koulikoro	Nara	Nara Centre	Ventes massives aux acteurs du crédit carbone	Fonctionnaires Commerçants Eleveurs Exploitants forestiers vendeurs (indépendamment du Profil) Acquéreurs nationaux Acquéreurs étrangers Ressortissants de la zone	100 par catégorie	Prise en compte de la dimension-Genre et des spécificités agro écologiques
Ségou	Macina	Sansading	Cession aux firmes, Etats et particuliers (grand privé) Déguerpissement de producteurs			
		Témou				
		Bewani				
		Boky were/Macina				
		Bewana				
		Macina				
Niono	Kouroumari					
	Molodo					
Sikasso	Niafolila	Commune centrale	Cession aux sociétés minières			
	Bougouni	Commune centrale	Ventes massives de zones de pâturages			

a. Concertations régionales

Suite à la Recherche/Action bâtie sur l'évaluation ex-ante, les Organisations Paysannes, accompagnées par l'auteur de cet article, au nom de la société civile, ont adressé des lettres de protestation aux autorités et aux PTF. Partant, le gouvernement a accepté l'organisation d'un atelier national spécifique au profit des Organisations Paysannes en vue de recenser leurs préoccupations en matière foncière. L'auteur du présent article a notamment reçu deux lettres de félicitation du ministère de l'urbanisme pour l'efficacité de la démarche utilisée.

b. Prise en compte des préoccupations paysannes dans les Politiques nationales

L'étape suivante a été consacrée au suivi de l'intégration effective des préoccupations paysannes transmises au gouvernement lors des concertations nationales afin qu'elles apparaissent dans les recommandations des états généraux du foncier d'abord, dans la Politique foncière, par la suite.

Ces recommandations sont entre autres :

1. Mise en place d'un Observatoire élargi aux différentes catégories d'acteurs ;
2. Opérationnalisation des commissions foncières aux niveaux Cercle et Commune;
3. Elaboration et mise en œuvre d'un cadastre prenant en compte l'ensemble des activités de production (agriculture, Elevage/Pastoralisme, exploitation forestière, pêche...);
4. Délimitation des espaces communaux ;
5. Codification des us et coutumes positifs, régissant le foncier au Mali ;
6. Elaboration, mise en œuvre et suivi/élaboration d'une politique foncière nationale et de schémas d'Aménagements régionaux et communaux;
7. Enregistrement et Immatriculation de toutes les exploitations familiales Agricoles ;
8. Mise en place des commissions locales de suivi du cadastre ;
9. Traduction, dans les principales langues nationales, des textes majeurs régissant la gestion foncière au Mali et en Afrique de l'Ouest (CEDEAO, UEMOA) ;
10. Interdiction de la pratique abusive des cahiers de charge, par les acteurs dont l'agriculture et l'Elevage/Pastoralisme ne constituent pas la principale source de revenus (moins de 50%)
11. Prise en compte de la problématique de gestion des espaces pastoraux;
12. Intégration de la notion de « foncier Agricole » dans les normes maliennes.

Il ressort des autres préoccupations paysannes que le Mali n'a pas de politique d'aménagements équilibrée prenant en compte les différents systèmes de production. En effet, l'activité pastorale n'est pas suffisamment prise en compte dans la répartition de l'Espace. Il s'agit en l'occurrence de la protection des pistes de transhumance, des bourgoutières, de la terre salée, des berges des eaux de surface... A ces écueils, il faut ajouter le fait que d'immenses terres fassent l'objet d'appropriation par une minorité partant uniquement de critères socio-culturels. Par ailleurs, force est de reconnaître le déséquilibre entre les dispositions législatives et réglementaires modernes et les pratiques traditionnelles.

En outre, les interventions du Millenium Challenge Accounts, contrairement aux objectifs avoués portant sur l'octroi de titres fonciers aux paysans, amènent les Organisations Paysannes à se faire des soucis. En fait, les coïncidences entre l'aménagement d'espaces, le bitumage de routes entre la capitale et les zones Agricoles, l'aménagement des aéroports dans l'ensemble des pays d'intervention du Millenium Challenge Accounts, à savoir, Madagascar, Bénin, Ghana, Mali, Lesotho, Mozambique, Côte D'Ivoire, Burkina Faso, Mongolie, Nicaragua... inquiètent observateurs et spécialistes, du foncier.

c. Influence des Etats généraux du Foncier

Avec l'accompagnement financier du GLD (Gouvernance Locale Démocratique), les OP du Mali ont été spécialement impliquées dans tous les ateliers de réflexions lors des états généraux du foncier. Grâce à la trajectoire de Plaidoyer/Lobbying prenant appui sur les données collectées, les compétences disponibles au sein du monde paysan (CNOP, AOPP, FEBEVIM et OP (Organisations Paysannes) de base des 8 régions (à cette époque) et du district, ont travaillé dans les commissions d'experts et de rapportage avec l'accompagnement technique de l'auteur de l'Article. Par ailleurs, ce dernier a été plus précisément sollicité par le gouvernement pour animer l'atelier national thématique sur le foncier pastoral, élaborer les points à insérer dans les recommandations, lors des états généraux du foncier. Cela a favorisé la prise en compte de plusieurs préoccupations évoquées par les producteurs et la valorisation des résultats de la recherche, dans les Politiques et stratégies nationales.

Comme autre acquis extraordinaire, les représentants d'OP ont également siégé au sein de la commission nationale qui a travaillé sur la politique foncière du Mali adoptée en 2014.

d. Changements obtenus à travers d'autres évènements

Dans le but de faire aboutir la stratégie de Plaidoyer/Lobbying, le mouvement paysan a organisé les évènements suivants prévus dans ladite stratégie et qui ont consolidé les acquis/résultats:

d.1 Organisation du Forum de Kolongotomo à travers l'élaboration et la diffusion de l'Appel de Kolongotomo : Novembre 2010 avec diffusion de certains principes juqu'en 2017

A l'issue du Forum de Kolongotomo, 2000 participants ont mis en place un comité en lui donnant le mandat suivant :

- Recenser et documenter les cas de spoliation des paysans et de violation des Droits de l'Homme et du Citoyen, en plus de ceux évoqués pendant le Forum;
- Recourir aux compétences d'un juriste en vue de donner suite aux cas de violation de l'intégrité physique et morale des paysannes et paysans victimes d'accaparements;
- Engager des concertations avec l'Office du Niger pour dédommager les victimes de Sanamandougou ;
- Diffuser largement les informations autour des accaparements de terres, à l'endroit de l'opinion publique nationale et internationale ;
- Faire recours en dernier ressort, aux tribunaux et Commissions spécialisé(e)s des Droits de l'Homme et du Citoyen, de la CEDEAO, de la Cour Internationale des Droits de l'Homme de Genève et autres.

d.2 Appui juridique aux paysans en général et à ceux emprisonnés en particulier : Mise à disposition d'Avocats (entre novembre 2010 et 2013)

Le comité désigné par le forum a effectivement recouru aux compétences d'un juriste en vue d'assurer aux paysans emprisonnés pour avoir refusé l'achat massif de leurs terres par le grand privé. Ces efforts ont abouti aux changements suivants :

- Libération (PROVISOIRE) d'un nombre important de paysans détenus.
- Disponibilité de l'Office du Niger et de certains privés, à aménager des espaces pour les paysans, quand bien même, ceux-ci voudraient au préalable la restitution de leurs terres avant toutes autres propositions.
- Repositionnement des partis politiques sur la question foncière comme une priorité.
- Signature d'une pétition par 33 chefs de villages contre les investisseurs privés.
- Mobilisation des ressortissants (Fils du Terroir) auprès des OP et des paysans.
- Implication directe des ministres de l'intérieur et du Ministre délégué chargé de la zone Office du Niger, dans la gestion des conflits en zone Office.

d.3 Production de DVD sur les témoignages paysans : août 2011 et diffusion de 2012 à nos jours

Le comité mis en place avec l'appui technique de l'auteur de l'article, a produit un DVD sur les informations brutes recueillies auprès des paysans sur les accaparements.

d.4 Organisation d'un forum international contre l'accaparement des terres en partenariat avec le mouvement paysan africain (ROPPA) et mondial (Via Campesina).

Ce forum a permis d'établir un pont entre le mouvement paysan malien et le réseau mondial, soit plus de 300 paysans réunis aux côtés de la Via Campesina. C'est ainsi que Bill Gates a commencé à s'intéresser à la gestion foncière en général, au Mali en particulier.

e. Foncier : Propositions paysannes

A la fin du processus et en lien avec les actions de Plaidoyer/Lobbying, les Organisations Paysannes ont formulé un certain nombre de propositions destinées à améliorer la gestion foncière et surtout, une meilleure prise en compte de la Souveraineté Alimentaire:

e.1 Généralités

- Maintenir et Valoriser les pratiques traditionnelles positives relativement à la gestion des Ressources Naturelles,
- Codifier les us et coutumes opérationnels sur le territoire, à caractère positif ;
- Appliquer les dispositions de la LOA afférentes à l'accès des femmes, des jeunes et des groupes vulnérables, au foncier et aux facteurs de production ;
- Eviter d'octroyer des baux de 99 ans renouvelables aux Etats, aux multinationales/Grands privés ;
- Mettre en œuvre la Politique foncière Agricole dans une dynamique participative.

e.2. Zone Office du Niger

- Redéfinir clairement les critères d'attribution des terres et d'éviction en zone Office du Niger (Statut Exploitant et Exploitation Familiale Agricole);
- Clarifier les critères et les modalités de dégrèvement;
- Accepter l'indemnisation des exploitants lésés par des manquements dus au pouvoir Central;
- Octroyer des baux emphytéotiques aux Exploitations Familiales;
- Améliorer le décret de gérance de l'Office du Niger (dans le processus d'application).

e.3. Foncier pastoral

- Délimiter l'immatriculation et la sécurisation des bourgoutières communautaires, par la mise en place de conventions locales de gestion ;
- Identifier et délimiter dans toutes les communes, les couloirs traditionnels de passage ;
- Interdire formellement l'utilisation des couloirs de passage à des fins de construction d'habitats, d'agriculture, de maraîchage et de réalisation de puits ;
- Proscrire l'occupation des berges (transformation en rizières) sans autorisation ;
- Prendre les dispositions appropriées en vue de limiter la conduite des animaux dans les plaines de cultures (à certaines périodes de l'année).

V. Commentaire et Discussion

Le présent travail prouve à suffisance que le Plaidoyer/Lobbying permet d'instaurer un dialogue constructif entre les autorités et les citoyens. Pour ce faire, le trajet exige aussi bien le professionnalisme que l'impartialité. C'est dire que le Plaidoyer nécessite la collecte de données fiables grâce à une Recherche/Action, un travail-terrain bien fouillé.

Pour plus de cohérence, les pouvoirs publics doivent aller vers le dialogue en évitant les suppositions superflues. Deux parties étant en scène, à savoir la société civile et les pouvoirs publics, la forte médiatisation peut faire la différence d'un côté comme de l'autre. Toutefois, la légitimité, la compétence, la légalité, la fiabilité, sont autant de principes dont la société civile doit faire montre. Par contre, des trajets similaires menés au Burkina, au Bénin, au Cameroun... n'ont pas abouti aux mêmes résultats. Dans ces pays, les systèmes et les logiques politiques laissent peu de place aux négociations, les autorités plaçant des barrières entre le pouvoir et la société civile sur fond de suspicion, de mépris....

De même, au Niger et au Ghana, les pouvoirs publics, dans un premier temps, étaient très méfiants vis-à-vis de la société civile avant de collaborer mais dans des limites bien déterminées alors qu'au Mali, la société civile est directement responsabilisée pour travailler directement sur beaucoup de politiques et stratégies les concernant.

Enfin, il est opportun que les pouvoirs publics, aux niveaux national et (sous)régional soient très regardants par rapport au phénomène d'accaparement des terres, à l'installation du privé international comme national sur de grandes superficies tant le foncier est un enjeu majeur voire mondial et qui intéresse énormément les fonds spéculatifs.

VI. Conclusion

Il ressort clairement que le Développement Economique Rural en général, la production de cultures vivrières et de rente, en particulier, reposent sur l'accès durable au foncier. C'est ainsi que nous assistons à la ruée des multinationales et des élites nationales vers la Terre. Le Mali n'échappe pas à cette réalité à travers, la promesse de vente de plus de 700 000 ha, aux acteurs ne répondant pas au statut d'Exploitation Familiale Agricole (EAF), pourtant piliers de la Politique Agricole du Mali. Heureusement que l'Office du Niger, de concert avec le Mouvement paysan, est revenu sur une bonne partie de ces promesses de vente en en annulant pour plus de 600 000 ha, suite aux actions de Plaidoyer/Lobbying des Organisations Paysannes, un geste hautement qualifié par celles-ci.

Le but de la ruée vers les terres agricoles est clairement de parer aux insuffisances de la stagnation des productions intérieures provoquées entre autres par : urbanisation galopante suite à la pression démographique, diminution des Ressources en Eau, la montée du niveau de la mer, la crise du bâtiment, la réorientation des fonds spéculatifs, la crise financière et économique mondiale...

D'un point de vue légitimité comme légalité, les OP à l'image de la CNOP (Coordination Nationale des Organisations Paysannes) de l'AOPP (Association des Organisations Professionnelles Paysannes), de la FEBEVIM (Organisation Interprofessionnelle de la Filière- Bétail Viande du Mali), sont membres des différentes commissions nationales mises en place au Mali, pour l'élaboration, le pilotage et la mise en œuvre de la Politique Foncière Nationale. Par ailleurs, l'ouverture d'un débat « maliano-malien » à la presse mondiale et à d'autres observateurs extrêmement influents (mouvements paysans africains et mondiaux-ROPPA, Via Campesina- ONU, CEDEAO, etc.) par les OP en général, la CNOP et l'AOPP en particulier, a amené les officiels maliens à être plus regardants et surtout, à accorder du crédit, aux revendications paysannes en matière foncière. La réussite de la présente trajectoire est en grande partie imputable à la présence des plus grands media internationaux CNN, BBC, Washington Post, Figaro, Monde, Arte...) lors des principales actions de plaidoyer.

La poursuite de la Recherche/Action et du trajet de plaidoyer/lobbying, l'élargissement des thématiques au crédit carbone, au bio carburant, une meilleure prise en compte des conséquences des exploitations minières sur la transhumance, l'élaboration d'un manuel sur le droit foncier dans les langues nationales, serviront à augmenter l'envergure de cette Communication. Cependant, le foncier et la sécurité alimentaire sont des thématiques intéressant beaucoup de PTF qui sont prêts à y investir. C'est dire que l'Espoir est permis.

Références bibliographiques

- Babin, P., 2009, *Dynamiques socioéconomique au sein des exploitations agricoles des bassins cotonniers d'Afrique de l'Ouest*, Etudes 1-2, Organisation Néerlandaise de Développement SNV/ Institut de Recherches et d'Applications des Méthodes de Développement Iram, Ouagadougou/Paris, Burkina/France
- Badiel, M., Y. Cissé, O. Diallo, A. Idrissou, A. Kora, S. Koudougou, P. Mulumba, D. Traoré,
- Salaou Nouhou, 2010, *Notes de cadrage de pays*, Organisation Néerlandaise de Développement SNV/ Secrétariat
- du Commission Foncière Région de Maradi, Cotonou/Maradi, Bénin/Niger
- Bossard, L (Ed), OECD, 2009, *Regional Atlas on West Africa*, West African Studies, SWAC/ Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France
- Collectif Djingo, 2009, *Compte Rendu de la Cinquième Edition de l'Assemblée Générale Annuelle Tournante du Collectif Djingo*, Collectif des Associations des Eleveurs Nomades du Niger « Djingo », Tahoua, Niger
- Cotula, L., S. Vermeulen, R. Leonard, J. Keeley, 2009, *Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa*, IFAD/FAO/IIED, Rome/ London, Italy/ UK
- Recherche et d'Action sur le Foncier, Ouagadougou, Burkina31
- GRAF, 2011, *Agrobusiness au Burkina Faso, Quels effets sur le foncier et la modernisation agricole?*, Groupe de Recherche et d'Action sur le Foncier, GRAF/KIT, Ouagadougou/Amsterdam, Burkina, The Netherlands
- Hazell, P., C. Poulton, S. Wiggins and A. Dorward, 2007, *The Future of Small Farms for Poverty Reduction and Growth*, 2020 Discussion Paper 42 - International Food Policy Research Institute, Washington, USA.
- Hilhorst, T., 2008, *Local governance institutions for sustainable natural resource management in Mali, Burkina Faso and Niger*, Royal Tropical Institute (KIT), Amsterdam, the Netherlands
- Pour une Sécurisation Foncière des Producteurs Ruraux, actes du séminaire international entre chercheurs et décideurs*, GRET, IIED, GRAF, Ouagadougou, Burkina.
- Papazian, H., 2010, *Les Investissements Foncières au Mali, Etat des Lieux et Perspectives des Acquisitions Foncières à Grande Echelle en Zone Office du Niger*, Institut National Polytechnique, ENSA, Toulouse, France
- SNV, 2009, *Les acquisitions des terres, Points de vue des acteurs locaux, Synthèse premiers résultats*, Presentation at OECD/SWAC conference 2009, Agriculture Knowledge Network West-Central Africa, Organisation Néerlandaise de Développement SNV, Bamako, Mali
- Synergie Paysanne, 2009, *Agricultures Familiales et Sociétés Face aux Investissements massifs dans les Terres, Cas de Djidja*. Cotonou, Benin
- Documents de travail : SNV, CNOP, AOPP, FEBEVIM.

2.2. Session 2 : Les ressources humaines, les savoirs locaux et les considérations sociétales ; Les productions agro-sylvo-pastorales et halieutiques

Président : **Professeur Chéibane COULIBALY Recteur Université Mandé**

Rapporteurs : **Dr Mamadou Ousseynou LY (Sénégal) Dr Konimba BENGALY, Recherche, Université Ségou**

Communication N°18: Transition vers l'agroécologie: chemin vers les systèmes agro-alimentaires durables, Casamance, Sénégal

Mamadou Ousseynou LY^{1*}, Rachael TAYLOR², Mayécor DIOUF¹, Moustapha GUEYE¹, Mamadou DRAME³

¹: Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre de Recherches Zootechnique de Kolda (ISRA/CRZ)

²: Institute of Development Studies (IDS), UK

³: Forum Pour un Développement Durable et Endogène (FODDE), Kolda, Sénégal

* tél : (+221) 77 959 54 97 ; email : lyzeus2005@yahoo.fr

Résumé

En Haute Casamance, dans le Sud du Sénégal, l'agriculture conventionnelle représente pour les producteurs la principale cause de dégradation des agro-systèmes. Face à cette situation, l'agroécologie est considérée de plus en plus comme une voie alternative. Afin de donner aux producteurs une incitation à la transition vers l'agroécologie, il est essentiel d'identifier de façon participative les obstacles et les avantages. Dans ce contexte un atelier a été organisé avec un jury d'agriculteurs pour cartographier les systèmes de production. Le jury était composé d'agriculteurs d'hommes et de femmes venus d'horizons divers de la Casamance. A l'issue de cet atelier, cinq questions de recherches ont été formulées par le jury aux chercheurs à savoir : (i) Comment les agriculteurs définissent le concept agroécologie et quelles sont les connaissances actuelles en agroécologie ; (ii) quelles sont les stratégies de communication les plus efficaces pour promouvoir l'agroécologie ; (iii) Comment la diversification existante de la production peut être mieux utilisée pour soutenir l'amélioration de la nutrition ; (iv) Comment peut-on améliorer l'accès aux facteurs nécessaires à la production agroécologique et (v) Quels sont les besoins en matière de renforcement des capacités organisationnelles pour la promotion de l'agroécologie ? Pour répondre à ces questions, l'étude a été menée en Casamance (Régions de Kolda et de Ziguinchor). Les recherches ont fait appel à la collecte de données primaires sous la forme d'interviews et de focus group auprès des producteurs, des détaillants et des organisations (ONG, groupements). Ces données ont été complétées par une revue bibliographique. Ainsi, cette étude a permis d'identifier de façon participative les pratiques et les produits agroécologiques de la Casamance. Les différentes stratégies de communication organisationnelle pour la promotion de l'agroécologie ont été documentées. Cela a abouti à l'identification des besoins en renforcement de capacité organisationnelle pour une meilleure vulgarisation de l'agroécologie.

Mots clés : Promotion, agroécologie, avantages-obstacles, Casamance, Sénégal

Introduction

Au Sénégal, en particulier en Haute Casamance, l'agriculture est l'activité principale de la population rurale. Elle est essentiellement composée d'exploitations agricoles familiales (ANSD, 2014) et joue un rôle important dans leur régime alimentaire et l'économie locale. Cependant, elle est confrontée à plusieurs problèmes d'ordre climatiques caractérisés généralement par une diminution de la durée de l'hivernage et une baisse de la fréquence des jours de pluie (PNIA, 2009 ; Banque Mondiale, 2010). A cela s'ajoute une mauvaise adoption de technologies agricoles conventionnelles innovantes ou améliorées (Knowler et Bradshaw, 2007) causées par une approche défectueuse de la vulgarisation, le manque de capacités et/ou de ressources, et les risques économiques et sociaux (Mekuria et Siziba, 2003; Marenya et Barrett, 2007; Ajayi et al., 2007). Ces problèmes naturels et anthropiques sont responsables de la baisse de la productivité agricole qui occasionnant de plus en plus la détérioration des conditions de vie des populations rurales. Face à cette situation, les populations ont recours à diverses connaissances autochtones pour améliorer et maintenir la productivité de leurs systèmes de production. Parmi eux, l'agroécologie est considérée comme principale voie alternative. Altieri, (2008), définit ce mode de production comme étant l'emploi de principes et de concepts écologiques pour étudier, concevoir et gérer des agro-écosystèmes durables. Ainsi, afin de donner aux producteurs une incitation à la transition vers l'agroécologie, un atelier a été organisé avec un jury d'agriculteurs, composé d'hommes et de femmes venus d'horizons divers de la région naturelle de la Casamance pour cartographier leurs systèmes de production (FODDE, 2016). La cartographie était structurée autour de quatre thèmes principaux à savoir, les moyens de subsistance, la société, l'environnement et la nutrition. Pendant le processus de cartographie des systèmes, les agriculteurs ont noté qu'un bon nombre de facteurs associés à l'incapacité de la transition vers l'agro écologie dépendent de sa connaissance. Ils ont reconnu l'existence d'interprétations différentes de ce qu'est l'agroécologie. La faible connaissance du concept d'agroécologie par les producteurs et les connaissances actuelles limitées de l'agroécologie, entre autres, ont été soulevées comme des contraintes liées à la question de l'adoption et de la transition vers l'agroécologie. C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée pour évaluer la perception du concept d'agroécologie par les producteurs et les connaissances actuelles de l'agroécologie, la diversification existante des produits agroécologiques et les stratégies de communication les plus efficaces pour promouvoir l'agroécologie.

I. Matériel et méthodes

L'étude a été menée dans la commune de Kéréwane du département Medina Yoro Foulah situé dans la région de Kolda. Les villages sélectionnés dans le cadre de cette étude sont Nioro Katim, Diyabougou et Koel qui sont respectivement et principalement peuplés par les ethnies dominantes de cette localité que sont les Wolofs, les Soninkés et les Peuhls. Cette étude se base principalement sur des méthodes qualitatives pour déterminer le niveau de connaissance des producteurs de la Casamance du concept d'agroécologie, comment ils le définissent, ce qu'ils

comprennent des pratiques agroécologiques et quelles sont les stratégies de communication organisationnelles utilisées pour sa promotion. Afin de rassembler un éventail d'informations, des focus group ont été organisés séparément avec les groupements de femmes et d'hommes utilisant différentes formes de production agricole. En plus, des interviews ont été réalisées auprès des informateurs clés qui travaillent pour des organisations qui cherchent à fournir l'éducation sur l'agroécologie et accroître l'utilisation des pratiques agroécologiques en Casamance particulièrement dans les régions de Kolda et de Ziguinchor. Le recours à des enquêteurs imprégnés des caractéristiques culturelles et linguistiques de la zone d'étude a été fait afin de garantir la qualité et l'authenticité des données. Ces données de recherche primaire ont été complétées par une revue de la littérature sur les interprétations et les définitions de l'agroécologie au Sénégal et l'éventail des types d'agricultures et des pratiques agroécologiques existants. Les méthodes d'analyse des données qualitatives ont été utilisées pour évaluer dans quelle mesure l'agroécologie est connue, dans quelle mesure elle est pratiquée chez les répondants, la diversité des définitions et l'éventail des pratiques agroécologiques qui sont connues.

II. Résultats

II.1. Définition de l'agroécologie

Les agriculteurs ont eu du mal à donner une définition précise de l'agroécologie dans les langues nationales Peul, Manding, et Wolof. Cependant, ils ont pu décrire clairement les pratiques agricoles et de gestion des ressources naturelles qu'ils considèrent comme agroécologiques. Ces pratiques sont ceux qui n'ont pas besoin d'intrants externes comme les produits chimiques, les semences améliorées ou les technologies mécanisées.

II.2. Connaissances et pratiques agroécologiques

L'analyse des pratiques énumérées par les producteurs comme étant agroécologiques (Tableau 1) fait ressortir qu'en Casamance, le concept se rapporte aux connaissances autochtones sur l'agriculture et de gestion des ressources naturelles qui sont associées aux cultures locales et sont transmises par les générations passées. Ces pratiques agroécologiques sont utilisées dans leurs différents systèmes de production pour :

- L'accroissement et le maintien de la fertilité des sols
- La conservation de l'eau et du sol.
- La gestion des maladies et des ravageurs des cultures
- La conservation des semences agricoles
- L'alimentation et la santé animale.

II.3. Produits agricoles agroécologiques

Les agriculteurs utilisent les pratiques agroécologiques pour la production de certaines spéculations (Tableau 2) en fonction des systèmes d'utilisation des terres. Dans les champs de cases où les sols sont plus fertiles à cause de la pratique du parage de nuits des animaux en saison sèche, de l'épandage du fumier et des ordures ménagères, sont cultivés généralement l'arachide, le mil souba, le maïs, le sésame, le sorgho, le manioc, le moucouna et le riz de plateau et le gombo. Dans les périmètres maraîchers qui se trouvent généralement à proximité des habitations, certaines espèces sont cultivées sans apport d'engrais et de pesticides chimiques. Il s'agit du petit piment, de l'aubergine, du niébé, du gombo et de l'oseille. Dans les autres systèmes d'utilisation des terres tels que les rizières et les champs de brousses, se pratique l'agriculture conventionnelle à cause de l'éloignement et de la taille des parcelles (plus grandes), du manque de logistique pour l'acheminement des amendements organiques mais également et surtout de leur disponibilité.

Une partie des produits agricoles agroécologiques sont destinés à la consommation des ménages des producteurs. L'autre partie est vendue localement à bord champ, dans les villages environnants et lors des marchés hebdomadaires (*louma*) de la zone (Kéréouane, Pata, Médina Yéro Foula) et plus rarement à Kolda, situé en moyenne à 65 km.

II.4 Méthodes organisationnelles de communication de l'agroécologie

En Casamance, les organisations qui œuvrent pour la promotion de l'agroécologie utilisent différentes méthodes de communication (Tableau 3). Elles sont spécifiques à certaines organisations ou bien communes à toutes. Leur utilisation varie en fonction de la population ciblée, du capital humain et financier de l'organisation.

Parmi ces différentes méthodes de communication, les organisations préfèrent certaines d'entre elles pour sensibiliser les populations (tableau 3). Cette préférence réside dans l'efficacité d'atteindre un public plus large et diversifié mais également peu demandeur de ressources humaines et financières. Cependant, celles qu'elles considèrent plus susceptibles d'entraîner des producteurs à recourir aux pratiques agroécologiques sont par ordre d'importance les visites d'échange, les causeries et séances d'animation avec l'utilisation de supports visuels (boîte à images, dessins, bandes dessinées, photos...) et les mobilisations événementielles (les fora par exemple).

III. Discussion

Selon Altieri, (2008), un des pères de l'agroécologie, définit ce concept comme étant un mode de production qui emploie des principes et des concepts écologiques pour étudier, concevoir et gérer des agro-écosystèmes durables. En Casamance, les agriculteurs ont eu du mal à donner une définition précise de l'agroécologie dans les langues nationales (Peul, Manding, Wolof). Par contre, les

pratiques reconnues par les agriculteurs comme agroécologiques sont celles qui n'ont pas besoin d'intrants externes comme les produits chimiques, les semences améliorées ou les technologies mécanisées. Cette compréhension des producteurs de ce qu'est l'agroécologie à travers uniquement les pratiques agricoles locales remet davantage en question la volonté de vouloir proposer une seule définition. C'est pourquoi Wezel et al., (2009) et Tomich et al., (2011) considèrent l'agroécologie comme un domaine où convergent science, pratique et mouvements sociaux. Le terme est également utilisé pour désigner l'étude de l'écologie des systèmes agricoles (Dalgaard et al., 2003).. Ce manque de consensus constitue une opportunité pour élargir et diversifier davantage le contenu du concept agroécologie.

En Casamance, les populations utilisent diverses pratiques agroécologiques pour améliorer la productivité et la durabilité de leurs agro-systèmes. Au total, les techniques de fertilisation naturelle sont connues des populations; et même si elles sont plus circonscrites aux champs de case et aux potagers, elles restent des alternatives à l'utilisation massive des fertilisants chimiques. Par ailleurs, les ordures ménagères, le fumier, les résidus de récolte constituent un moyen de fertilisation important ; cependant le fait de les utiliser dans les grands champs souvent éloignés des villages demande des ressources financières conséquentes pour leur transport. Les producteurs ont souvent recours à des charrettes ou des tracteurs dont les prix sont assez élevés. Pour la conservation de l'eau et des sols, les populations disposent d'une panoplie de techniques ingénieuses très souvent adossées au bon sens et aux pratiques ancestrales. Trois facteurs sont nommés en termes de conservation de l'eau et des sols : la lutte contre l'érosion et le ravinement, la lutte contre le ruissellement rapide des eaux, et l'infiltration des eaux pluviales dans les sols. De nombreux exemples de pratiques agroécologiques utilisées au sahel pour la gestion de la fertilité et la conservation de l'eau et des sols sont cités dans la littérature. Il s'agit du système traditionnel de zaï et de paillage (Ambouta *et al.*, 2000), de jachères indigènes à légumineuses (Nezomba *et al.*, 2015), les amendements boisés et arbustifs (Lahmar *et al.*, 2012; Félix *et al.*, 2015), etc.

Les producteurs tiennent beaucoup à leurs semences locales pour des raisons culturelles d'une part et des raisons liées au manque de maîtrise des itinéraires techniques de production des semences achetées sur le marché ou fouinées par l'Etat d'autres parts. Ainsi, ils utilisent diverses pratiques paysannes endogènes pour conserver leurs semences locales. Le même constat a été noté par les travaux de Savadogo, (2016) dans les régions du Nord, du centre et du plateau Central du Burkina Fasso. Il faut noter également que les semences locales dont disposent les producteurs ne couvrent pas souvent les besoins en semences. Ces derniers achètent le complément, constitué de semences agroécologiques, auprès de fournisseurs qui sont souvent des voisins du village ou de la zone. Très souvent, on assiste à l'introduction de variétés de semences améliorées avec l'intervention de l'Etat et des ONG. Ce qui fait qu'ils utilisent aussi bien les semences agroécologiques que celles améliorées. Dans le domaine de l'élevage, l'utilisation simple ou combinée des feuilles, des écorces, des racines, des fruits,

etc. de certaines espèces ligneuses forestières à des fins curatifs ou préventifs de certaines maladies du bétail est bien connue des populations.

l'agroécologie favorise la biodiversité à travers le développement de systèmes de culture diversifiés. Cette étude a permis d'identifier 15 produits obtenus avec les pratiques agroécologiques disponibles en Casamance. Bien que les produits agroécologiques soient suffisamment diversifiés pour fournir un régime alimentaire nutritif, les résultats de cette recherche ont montré que leur disponibilité varie tout au long de l'année en fonction des saisons de culture. Il en résulte des régimes alimentaires variés sur une base annuelle à interannuelle et dans certaines zones. Cela entraîne une dépendance à des aliments produits ailleurs dont les modes de production sont généralement conventionnels. Les personnes interrogées ont déclaré à l'unanimité que les qualités nutritionnelles et sanitaires des produits agroécologiques sont meilleures que celles de l'agriculture conventionnelle. Ainsi, la destination du bon nombre de ces produits pour l'autoconsommation plutôt qu'à la commercialisation permettrait d'améliorer la qualité du régime alimentaire des ménages grâce à une nourriture plus équilibrée et plus saine (Njeru, 2013).

Cette étude a permis d'identifier un large éventail de stratégies de communication pour promouvoir efficacement l'agroécologie. Ces différentes stratégies de communication permettent d'encourager les producteurs à l'utilisation des méthodes de production agroécologiques ou à assurer une bonne nutrition grâce à la diversification et à l'autoconsommation des produits agroécologiques. Les agriculteurs déclarent ainsi que la promotion de l'agroécologie serait plus efficace si les organisations locales possèdent une forte capacité organisationnelle, une connaissance de l'environnement et des valeurs culturelles locales. Cependant, les organisations paysannes de la Casamance qui soutiennent l'adoption de pratiques agroécologiques dans les différents systèmes agricoles déclarent avoir des capacités organisationnelles qui leur permettent de promouvoir efficacement l'agroécologie. Ces organisations ont également cité un certain nombre de facteurs limitant la promotion efficace de l'agroécologie en Casamance. Notamment, les défis pour accéder aux ressources financières suffisantes ont été considérés comme une restriction commune à la mobilisation du capital humain existant. Lorsque l'expertise et la capacité humaine existent, un capital financier et physique limités peut limiter ou empêcher une promotion efficace de l'agroécologie.

Conclusion

Les pratiques agroécologiques identifiées par les agriculteurs concernent un éventail de processus de gestion des ressources naturelles. Ces pratiques s'appuient généralement sur les connaissances autochtones transmises de générations en génération. L'enquête a aussi révélé 15 produits agroécologiques disponibles localement. Les agriculteurs considèrent unanimement ces produits agroécologiques comme ayant plus de bienfaits nutritionnels sur la santé humaine que les produits conventionnels. Cependant, les visites d'échange, les causeries et séances d'animation avec l'utilisation de supports visuels et les mobilisations

événementielles constituent les meilleures méthodes organisationnelles pour la promotion efficace de l'agroécologie en Casamance.

Remerciements

Nous remercions la fondation New Field d'avoir financé cette recherche. Nos remerciements vont également à l'endroit des groupements de producteurs d'hommes et de femmes des villages de Diyabougou, Nioro Katim et de Koel pour leurs accueils chaleureux, leur disponibilité et leur dévouement sans faille pendant la collecte des informations.

Références

- Ajaji O.C., Akinnifesi F.K., Sileshi G. et Chakeredza S., 2007. Adoption of renewable soil fertility replenishment technologies in the southern African region: lessons learnt and the way forward. *Natural Resources Forum*, 31: 306-317.
- Altieri, M.A. et Koohafkan, P., 2008. Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities. *Environment and Development Series* 6. Penang, Malaisie, Third World Network
- Ambouta J. M. K., Moussa B. I., et Daouda S. O., 2000. Réhabilitation de la jachère dégradée par les techniques de paillage et de zai au Sahel. In Ch. Floret & R. Pontanier (Eds.), *Les jachères en Afrique de l'Ouest* (pp. 751-759). John Libbey Eurotext, Paris.
- ANSD, 2014. Rapport définitif du Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage (RGPHAE) 2013. MEFP/Sénégal-UNFPA-USAID, 416 pages.
- Banque Mondiale, 2010. Développement local, institutions et changement climatique au Sénégal : analyse de la situation et recommandations opérationnelles. Rapport final, du Projet « Institutions Sociales et Changement Climatique », Edité par le Département du Développement Social de la Banque Mondiale, 80 pages.
- FODDE, 2016. Rapport final du projet transition vers l'agroécologie : chemin vers les systèmes alimentaires durables, 58 p + annexes
- Knowler D. et Bradshaw B., 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Pol.*, 32: 25-48.
- Lahmar R., Bationo B.A., Lamso, N.D., Guéro Y. et Tittone P., 2012. Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones: building on traditional local practices for soil restoration. *Field Crops Research*, 132: 158-167.
- Marenja P. et Barrett C.B., 2007. Household-level determinants of adoption of improved natural resources management practices among smallholder farmers in western Kenya. *Food Policy*, 32: 515-536.
- Mekuria M. et Siziba S., 2003. Financial and risk analysis to assess the potential adoption of green manure technology in Zimbabwe and Malawi. In S. Waddington, ed. *Grain Legumes and Green Manures for Soil Fertility in Southern Africa: Taking Stock of Progress*, pp. 215-221. Harare, Soil Fert Net and Cimmyt-Zimbabwe.

- Nezomba H., Mtambanengwe F., Tiltonell P. et Mapfumo P. 2015. Point of no return? rehabilitating degraded soils for increased crop productivity on smallholder farms in eastern Zimbabwe. *Geoderma*, 239/240: 143-155.
- PNIA, 2009. Bilan diagnostic du secteur agricole : revue des politiques, stratégies et programmes et performances du secteur. Document du Ministère de l'Agriculture, République du Sénégal, Dakar (Sénégal), 105 pages + annexes.
- Savadogo S., Sambaré O., Sérémé A., Thiombiano A. 2016. Méthodes traditionnelles de lutte contre les insectes et les tiques chez les Mossé au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 105:10120 –10133.
- Tomich T.P, Brodt S., Ferris H., Galt R., Horwath W.R., Kebread E., Leveau J.H.J, Liptzin D., Lubell M., Marcel P., Michelmore R., Rosenstock T., Scow K., Six J., Williams N., Yang L. 2011. Agroecology: *A review from global-change perspective*, vol. 36, p. 193-222.
- Wezel A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D., David C. 2009. Agroecology as a science, a mouvement and a practice. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 29 (4), P. 503-515.

Tableau 1: Les pratiques agroécologiques rencontrées en haute Casamance, Sénégal

Accroissement et maintien de la fertilité des sols	Conservation de l'eau et du sol	Gestion des maladies et ravageurs des cultures	Conservation des semences agricoles	Gestion de l'alimentation animale
<p>Fumier Coques d'arachides Cendre Ordures ménagères Parcage de nuit Paillage RNA Jachère</p>	<p>Micro-barrage Cordons pierreux Ravin artificiel Culture sur ligne de niveau Grattage superficiel du sol Paillage Buttage Billonnage</p>	<p>Extraits botanique (feuilles de neem, écorce de khaya, racines de vetiver, etc.) Solution à base de cendre ou de bouches de vache Tri et destruction des plants attaqués</p>	<p>Conservation dans des sacs avec une poudre de feuilles de neem Conservation dans des bidons et exposition au soleil Enfumage des épis (mil, maïs) par suspension dans les cuisines Suspension des épis de maïs et des gerbes de riz dans les chambres ou sur un arbre de la cour de la maison Conservation au dessus des hangars</p>	<p>Parcours (herbes et fourrage aérienne) résidus de récolte (fane d'arachide, tiges de mil, maïs, paille de riz) alimentation concentrée (résidus récolte +sel)</p>

Tableau 2: Liste des produits agroécologiques rencontrés et leurs noms en langues locales

Périmètres maraîchers/jardins de case		Champs de Case	
Petit piment	Oseille	Maïs	Arachide
Aubergine amère	gombo,	Mil souna,	Niébé
Aubergines douce,	Manioc	Sorgho	Moucouna
Oignon local		Riz	Sésame

Tableau 3: Les méthodes organisationnelles de promotion de l'agroécologie en Casamance, Sénégal

Méthodes organisationnelles de communication	Les méthodes organisationnelles de communication préférées par ordre	Les meilleures méthodes organisationnelles de communication
<ul style="list-style-type: none"> • Les émissions radio communautaires • Les causeries et séances d'animation avec supports visuels (boîte à images, dessins, bandes dessinées, photos...) • La communication traditionnelle • Les parcelles de démonstration • Les rencontres entre leaders des groupements et plateforme d'acteurs • La création de cantines de vente de produits agroécologiques • La mobilisation événementielle • Les visites d'échange 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La communication traditionnelle 2. Les parcelles de démonstration 3. Les émissions radio communautaires 4. La mobilisation événementielle 5. Les visites d'échange 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les visites d'échange 2. Les causeries et séances d'animation avec supports visuels (boîte à images, dessins, bandes dessinées, photos...) 3. La mobilisation événementielle

Communication N°19: La toposéquence : un des défis majeurs de la transformation accélérée de la production agricole et du développement local dans les communes rurales de Dioro et de Farakou-Massa

Soumaïla OULALE

Faculté des Sciences Sociales, Université de Ségou
Tél: 66695218/73848106, E-mail : s_oulale@yahoo.fr

Résumé

La zone agrosylvopastorale de Dioro jouit à la fois d'une géophysique et d'une toposéquence particulières dans le cercle de Ségou.

L'objectif principal de cette communication est de montrer à la communauté scientifique que la transformation accélérée de l'agriculture ne dépend pas seulement de l'investissement de capitaux dans le secteur agricole. Pour prouver cela, elle montrera que pour le cas de la zone rizicole de Dioro, la toposéquence du site et la stratégie de son appropriation par les acteurs ont été déterminantes dans son érection en zone pilote de production agricole au Mali. On peut s'interroger sur : les raisons topographiques de l'érection d'une partie de la circonscription administrative de Dioro en Zone rizicole par l'Office riz de Ségou ? Les stratégies d'appropriation de cette circonscription administrative par les acteurs sociaux ont-elles favorisé la transformation accélérée de la production agricole de ladite zone ?

En réponse à ces préoccupations, on peut soutenir qu'à Dioro, les autorités maliennes ne se sont pas seulement limitées aux investissements des capitaux pour l'ériger en zone de production agricole. Elles ont tenu compte de sa position topographique favorable à l'irrigation de la zone. Toutefois, la stratégie d'appropriation de cette toposéquence par les acteurs sociaux a tantôt favorisé la transformation accélérée de la production agricole, tantôt elle l'a entravée.

1. Présentation du milieu d'études et aperçu de son peuplement

Situé à une soixantaine de kilomètre à l'Est de la commune urbaine de Ségou, l'agglomération de Dioro est à la fois un chef-lieu d'Arrondissement, un chef-lieu de zone rizicole et un chef-lieu de commune rurale.

De façon classique, l'entité administrative de Dioro, est limitée à l'Est par le cercle de Macina, à l'Ouest par l'Arrondissement de Markala, au Sud par les Arrondissements de Katièna et de Cinzana-Gare, au Nord par les Arrondissements de Sansanding et du cercle de Macina.

Les spécialistes⁵⁵ rappellent que de façon générale, le relief se compose respectivement des élévations, des pentes, des escarpements, des hauts glacis, des bas glacis, des lits majeurs et des lits mineurs. Chacune de ces variations de de la terre porte le nom de toposéquence. La circonscription agricole de Dioro se situe dans les bas-fonds ou dans le prolongement des bras du fleuve Niger.

En interrogeant, la toponymie locale, la pensée populaire dénomme cette zone « sinadugu ». De « sina » qui veut dire girafe ou gibier et « dugu » qui voudrait dire pays ou localité. Cet espace recélait d'énormes potentialités non seulement en agriculture classique mais également en élevage, en halieutique et en sylviculture. Ces multiples ressources naturelles sont régulièrement évoquées pour justifier l'occupation et la fixation de l'ancêtre ou du patriarche fondateur de plusieurs villages de cette entité administrative du cercle de Ségou. C'est le cas du prince de Farakou, de l'ancêtre du lignage des Coulibaly de la chefferie de Kôminè et du patriarche des Coulibaly de la chefferie de Dioro.

Selon la tradition orale⁵⁶, le village de Dioro est contemporain aux premières heures du royaume bambara de Ségou. En effet, son site actuel aurait été occupé vers les années 1700 par trois frères Coulibaly miniaka chasseurs répondant respectivement aux noms de N'Golo, Touba et Zana en provenance de Bendougou Nyamana *ba* dans l'actuel cercle de San, plus précisément dans la commune rurale de Diéli à la poursuite d'un gibier. Ils pratiquaient la culture du blé et adoraient un "Djo" un objet magique qui était en mesure d'exaucer toutes les demandes qu'on lui adressait à la suite des pratiques sacrificielles appropriées.

La fréquentation ou la recherche de la protection par ce "Djo" serait à la base de la première vague du peuplement du nouveau site. En y allant, les fidèles ou les disciples disaient « *anw bi taa Djo gnôrô là* » (nous partons sur le site ou le lieu de Djo).

⁵⁵Il s'agit de la Division Aménagement, Infrastructures rurales de l'Office Riz de Ségou à la date du 26 avril 2016

⁵⁶ Ces propos viennent d'un de nos enquêtés, de la chefferie de Dioro. L'entretien eu lieu, le samedi, 02 avril 2016 à Dioro, jour de la foire de l'agglomération dans le magasin de l'intéressé dans la matinée,

Le site aurait été respectivement occupé par les Coulibaly, les Sampana, les Sangafé, les Fofana et les Konta qui constituent le lignage souche du premier imam de la nouvelle agglomération.

Selon le PDSEC⁵⁷, le nom « Dioro » a deux sources possibles. Pour les Bambaras, Dioro signifierait le dépôt des anciens fétiches « Diokôrô ». Les Bozos soutiennent plutôt que Dioro proviendrait de la dénomination de l'espace où les piroguiers voyageurs ou pêcheurs font des escales « Kouroun Diôyôrô ».

A la lumière de ces récits, l'on peut tout simplement retenir qu'au départ, Dioro ne se prononçait pas ainsi. C'est par suite de simplification et de déformation linguistique que son nom actuel a été construit et retenu.

En tout état de cause, la pensée populaire retient surtout l'invasion du site par El Oumar TALL dans les années 1861 à la suite de la prise du royaume bambara de Ségou.

Pour certains villages et agglomérations, la toposéquence est souvent évoquée pour justifier la première occupation du site. C'est le cas de Konou.

En effet, Farakou est situé sur les rives d'une rivière dont les eaux coulent vers le fleuve pour l'alimenter. Mais lorsque la crue déborde le lit, c'est le contraire qui se produit. Au lieu que les eaux de la rivière alimentent le fleuve c'est plutôt l'excédent des eaux du fleuve qui cherche un refuge dans les rivières, les mares et les basses terres. Devant ce constat, le prince a pris certaines dispositions pour éviter les surprises d'invasion de son site par les eaux. Ainsi, il a envoyé un de ses fidèles au site actuel de Konou pour surveiller la position des eaux du fleuve dans son lit et de l'alerter dès que l'eau aurait tendance à déborder afin qu'il puisse prendre des dispositions en amont. Le nom du village tirerait même son origine de cette version historique. En effet, il se situe au confluent d'une rivière qui porte le nom de « *nu* », en bamanakan. C'est-à-dire le nœud. De « *kô* » qui veut dire rivière en *bamanakan*. Somme toute, Konou veut dire le village qui se situe au confluent du fleuve et de la rivière. Les habitants de ce village estiment d'ailleurs que lorsque les eaux du fleuve débordent dans cette rivière, le Niger communique directement avec son principal affluent de la zone qu'est le Bani.

Pour certains, *Kôminè*⁵⁸ doit sa fondation ou sa création au Prince de Farakou ou Farakou-Massa qui, devenu célèbre et réputé venait se baigner chaque après-midi en période de crue dans un bras du Niger. Pour garder ses objets et son lieu de bain, il y aurait détaché quelqu'un pour lequel il aurait fait bâtir un abri pour qu'il assume leurs offices de surveillance. Pour désigner ces objets et cet espace. On aura : De « *k'o* » (se laver), « *yôrô* » (lieu), « *minè* » (objets) en un mot on aura «

⁵⁷ Commune rurale de Dioro. 2012. Programme de Développement Economique, Social et Culturel.2011-2015, Kôminè, PDSEC actualisé et mis en cohérence avec la stratégie DER de Ségou, Commune rurale de Dioro, APSRU, PVM, PACT/Toguna Consult, Page 10

⁵⁸ Ces propos viennent d'un de nos enquêtés, notable de Dioro. L'entretien eu lieu, le samedi, 02 avril 2016 à Dioro, jour de la foire de l'agglomération dans le magasin de l'intéressé dans la matinée,

k'o yôrô minè » qui de déformation en simplification est finalement devenu « *Kôminè*. » Depuis lors l'endroit n'a plus été abandonné. Le site reçut petit-à-petit les émigrants jusqu'à avoir son peuplement actuel.

Pour d'autres⁵⁹, en une année de bonne pluviométrie, Farakou-Massa aurait proposé à ses fidèles de lui creuser un canal jusqu'à Farakou en vue de lui permettre de se baigner dans l'eau du fleuve sur place. Ce canal aurait pris sa source dans le bras du fleuve sur la berge droite où se tient le village, d'où le nom de « *Kôminè* » qui signifie là où la rivière se jette dans le fleuve.

Pour la chefferie de *Kôminè*⁶⁰, le fondateur du village porte le nom de Niankôrô Coulibaly. Il serait venu de Falenbougou dans l'actuelle commune rurale de Katièna au temps de Da Diarra fils de Monzon Diarra, c'est-à-dire à partir des années 1808. C'est en cet endroit qu'il aurait senti la fatigue et aurait pris du repos en disant « *nbè nkô minè* ». De « *nbè* » (je) ; « *nkô* » (dos) « *minè* » (repose). [« *nbè nkô minè* » signifierait je vais me reposer]. Finalement c'est l'expression « *nbè nkô minè* » qui a donné naissance au nom « *Kôminè* ». Le lignage fondateur autrement dit les descendants de Niankôrô Coulibaly formaient la chefferie de *Kôminè* appelée Niandjila. Dans le peuplement, Niankôrô a été suivi respectivement par : les somonos, puis les bozos, ensuite les protégés des chérifs de Sansanding qui furent suivis par les Coulibaly de Cladjana. Avec ce lignage, un compromis ayant abouti à un pacte a été scellé entre les deux groupes sociaux. Le respect des clauses de ce pacte explique les raisons pour lesquelles la chefferie navigue entre Niandjila et Cladjana en fonction de l'âge social et de l'âge biologique selon le principe de la primogéniture des candidats potentiels.

Il faut noter que ces Coulibaly de Cladjana furent respectivement suivis par les marabouts Kounta qui ont quitté Pogo derrière le fleuve pour regagner le site. Ce groupe d'érudits a joué un rôle capital dans l'islamisation non seulement du village mais également de toute la zone de Dioro. Ils furent aidés dans leurs tâches prosélytiques par le marabout charismatique Téréra de Fatinè. Les Kounta ont ensuite été suivis par les peuls à *Kôminè*.

De ces trois versions sur la création du village de *Kôminè*, on peut retenir que c'est une agglomération historique qui a vu le jour au XIX^{ème} siècle. Par conséquent son peuplement est intimement lié à l'histoire des deux premiers empires médiévaux du Mali et à celui du royaume bambara de Ségou. A un moment, de son histoire, son site par le biais de sa toposéquence a surtout attiré l'attention des princes ou des massas du Mandé avant d'influencer certaines branches de la dynastie des fama de Ségou et l'élite religieuse à travers certains érudits comme les Kounta.

⁵⁹ Commune rurale de Farakou-Massa. 2012. Programme de Développement Economique, Social et Culturel.2011-2015, *Kôminè*, PDSEC actualisé et mis en cohérence avec la stratégie DER de Ségou, Commune rurale de *Kôminè*, APSRU, PVM, PACT/Toguna Consult, Page 10

⁶⁰ Ces propos sont de deux hommes de la chefferie de *Kôminè* avec lesquels je me suis entretenu le lundi 02 mai 2016, dans la cour du plus âgés de 10 heures à 13 heures.

C'est dans cette dynamique que le prince de Farakou a accordé la main d'une de ses sœurs à un des notables de la nouvelle cité.

Selon la tradition orale locale, c'est cette dernière qui aurait réclamé à son frère un espace où elle pourrait facilement avoir les condiments pour aromatiser ses mets. Cette doléance a été acceptée sous le nom de foire hebdomadaire un samedi.

Les premiers jalons du développement local à travers le commerce et la position topographique venaient ainsi d'être amorcés.

2. La toposéquence locale comme le fondement des initiatives de promotion de la riziculture.

De par leurs positions géographiques et topographiques, la cité de Dioro et celle de Babougou, un site en aval n'ont pas tardé à attirer l'attention des développeurs. Déjà, au début du 20^{ème} siècle, un français s'est établi à Babougou-Kôrôni et y développa la culture du sisal dont les fibres permettaient d'alimenter certaines industries textiles françaises. Pour le cas spécifique de Dioro, un français répondant au nom de Dala s'y installa afin de pratiquer non seulement la culture irriguée du riz mais également celle du coton et d'arachide au Nord-est de l'agglomération. Cette initiative amorça la pratique à la fois des cultures sèches et des cultures irriguées dans la nouvelle cité.

Les aménagements initiés pour mener cette activité ont certes été opérés à la main mais ils ont contribué entre autres à donner à partir des années 1930, une dynamique aux échanges commerciaux.

L'on a alors assisté à une certaine intensification de l'immigration des producteurs et des commerçants vers le nouveau point d'attraction. Ce qui a donné une certaine croissance exponentielle à la démographie de la nouvelle cité. Des nouveaux quartiers ont vu le jour comme le deuxième quartier et le troisième. L'agglomération a finalement pris l'envergure d'une ville. Cet agrandissement a fini par avoir des répercussions sur la fréquentation de la foire hebdomadaire de Kôminè.

En fait, Dioro se tient sur les berges du Niger. Par conséquent, même en période de décrue, la distance entre le lit du fleuve et la place prédestinée à la foire ne dépassait pas cinq cent mètres et n'a aucune entrave pour y accéder. Ainsi, d'intrigue en intrigue, soutenue par une coalition des commerçants, des producteurs et des clients ; la foire de Kôminè a finalement été transférée à Dioro, un samedi de l'année 1932 malgré l'opposition ferme des habitants de la cité perdante.

Ce transfert de l'institution commerciale a été perçu comme une humiliation qu'il faudrait impérativement réparer. Il finira par avoir l'ampleur d'une arme de vengeance ou d'enjeux de développement entre les cités voisines. Au-delà ces considérations antagoniques, on peut retenir que c'est surtout la toposéquence de Dioro qui explique ce transfert de la foire. Cet avantage économique a servi

d'opportunité pour doter l'agglomération en institution administrative de base dès les premières heures du recouvrement de la souveraineté nationale.

A l'indépendance, les autorités l'ont érigée en Chef-lieu d'Arrondissement par la loi n°61-27/AN-RM du 20 janvier 1961 avec environ une centaine de village avant d'être Chef-lieu de zone rizicole. Elle a bénéficié en même temps d'une école fondamentale du premier cycle et d'un dispensaire.

Le système hydraulique de la nouvelle zone a commencé ses activités par le canal de Babougou en aval du barrage de Markala. Cet ouvrage servait à la fois, de prise principale pour le système d'irrigation des rizeries à cause de la bonne pluviométrie de l'époque et d'évacuation des eaux usées en période de décrue.

Cet ouvrage a malheureusement montré ses limites avec la sécheresse cyclique des années 1973 et 1974. Pour contourner cette contrainte, les autorités maliennes et leurs partenaires ont jugé nécessaire de réaliser le complexe actuel en 1979⁶¹, en réalisant sa prise principale à Bambougou en amont du barrage de Markala afin que la zone de Dioro bénéficie de l'apport de cet ouvrage hydraulique.

Il faut souligner que cette initiative heureuse des autorités d'accélérer la transformation agricole se heurte à certaines réalités hydrauliques, foncières et sociologiques. En effet, contrairement à la zone Office du Niger qui dispose de la maîtrise totale de l'eau, ce complexe dote plutôt la zone rizicole de Dioro d'un système de submersion contrôlée. En d'autres termes, l'irrigation dépend à la fois de la pluie et de la crue. Cette insuffisance explique la mauvaise récolte de beaucoup de producteurs des années de mauvaise répartition de la pluie dans le temps et dans l'espace. Par ailleurs, l'aménagement des terres rizicoles a créé deux situations. Il a dépossédé les propriétaires fonciers de leurs terres. Pour faire les cultures sèches, les producteurs font recours au métayage sur les terres des villages voisins. Chaque année, ils sont confrontés à des conflits violents autour des lopins de terre loués ou en usufruit. Ainsi en cas de bonne récolte, le revenu est souvent entièrement dépensé dans les structures sanitaires pour soigner les blessures et dans les tribunaux pour faire face aux coûts exorbitants des procédures juridiques interminables. Le producteur tombe finalement dans un cercle vicieux de la pauvreté auquel il n'arrive pas à s'en sortir. Ce qui autorise l'observateur à soutenir qu'en voulant accélérer la transformation de la production agricole on l'a finalement entravée du moins chez le producteur moyen de Dioro.

Par contre ces initiatives ont permis à certains groupes sociaux d'accéder à des terres aménagées sur demande : les femmes exclues de la possession coutumière des terres rizicoles, les fonctionnaires, les commerçants, les plus nantis et ceux qui sont dans le même réseau social que certains responsables au pouvoir.

A côté de cette réalité socio-anthropologique, l'Office-Riz est en train de s'investir pour contourner les contraintes de la submersion contrôlée, afin d'aller en maîtrise

⁶¹ VANSLAMBROUCK, A. 1992. Idem !

totale de l'eau. C'est pourquoi, actuellement, la rive gauche de Tien Konou est en maîtrise totale d'eau avec ses mille deux cent soixante-onze (1271) hectares tandis que, sa rive droite est en submersion contrôlée avec environ 500 ha. Cette dichotomie trouve également son explication dans la réalité topographique de cette rive.

Selon la Division Aménagement, Infrastructures rurales, la maîtrise totale de l'eau dans la zone rizicole de Dioro, empêcherait les eaux du fleuve Niger de jouer leurs rôles vitaux dans les autres pays riverains en aval comme le Niger, le Bénin et le Nigéria N'est-ce-pas là une affaire d'Etat ?

3. La décentralisation comme un outil d'autonomisation institutionnelle et d'autosuffisance alimentaire à Farakou-Massa.

L'ex Arrondissement de Dioro a été subdivisé par la loi n° 096-059 portant création des communes, en quatre (04) communes rurales à savoir : la commune rurale de Dioro ; la commune rurale de Farakou-Massa ; la commune rurale de Djèdougou et la commune rurale de Kamiandougou. Comment Farakou-Massa a pu être érigé en commune avec Kôminè comme son chef-lieu, situé à trois kilomètres de Dioro ?

Pour la pensée populaire à Kôminè, la décentralisation signifie « *yèrè mara* ». De « *yèrè* » qui veut dire (*soi-même*), et « *mara* » qui signifie (administrer, gouverner). En d'autres termes « *yèrè mara* » voudrait dire s'autogouverner ou s'auto administrer. Ces représentations populaires de la décentralisation ont suscité une certaine velléité d'autonomisation chez certains acteurs et groupes d'acteurs avant de leur donner l'opportunité de récupérer et de réparer toutes les injustices historiques et administratives commises à l'égard de leur communauté villageoise. C'est ainsi qu'au passage du Groupe Local d'Etudes et de Mobilisation (GLEM) dans l'ex Arrondissement de Dioro, il y avait des velléités de communalisation chez les délégués de Babougou, de Kamiandougou, de Djèdougou, de Kôminè et de Dioro. Si les délégués de Kamiandougou et de Djèdougou ont pu avoir un écho favorable auprès de la mission à partir des critères topographiques, culturels et sociaux pertinents, il n'en demeure pas moins que ceux de Babougou et de Kôminè ont été complètement rejetés. Finalement, un compromis a pu être trouvé entre les délégués de Babougou et ceux de Dioro. Par contre ceux de Kôminè ont rejeté tous les compromis possibles avec Dioro.

Partant de la toposéquence locale les leaders de Kôminè prirent contact avec les chefferies comme des porte-paroles coutumiers, de l'innovation en cours, des villages qui se tiennent en amont de leur cité comme : Konou, Djanguinèbougou, Founoukouni, Dougounikôrô, Sokè, Diakoroba, Farakou, Ouèrè-Koura, Kongouna qui n'était à l'époque qu'un hameau de culture. Chacun de ces villages contactés a accepté d'aller avec Kôminè sous réserve que cette nouvelle forme administrative serait une solution idoine à ses contraintes topographiques pour réaliser le rêve de la transformation accélérée de l'agriculture.

Après avoir décidé de s'unir en une commune, deux problèmes se sont posés. Le premier était relatif à la dénomination de la commune. Lors d'une réunion des délégués, celui de Farakou a proposé « Farakou-Massa » qui avait une grande notoriété dans toute la contrée. C'est pourquoi, cette proposition a été avalisée à l'unanimité.

Le second problème était relatif au chef-lieu. Konou, Dougounikôrô et Sokè avaient tous souhaité être retenus. Parmi ces villages, Dougounikôrô partait favori eu égard à sa position stratégique.

D'intrigue en intrigue, le Chef-lieu de commune a finalement été ramené à Kôminé grâce à la toposéquence locale (bord du fleuve, désenclavé). Ces critères ont eu un écho favorable auprès des ambitions inavouées du chef d'orchestre de la communalisation de Farakou-Massa et ses compagnons qui voudraient surtout se venger de Dioro pour avoir accaparé la foire de leur village en 1932.

Renchérissant sur cette idée, il a soutenu :

« Nous sommes à quelques trois kilomètres de Dioro. Si vous voyez que nous avons pu nous ériger en commune jusqu'à nous ériger en chef-lieu, c'est parce que, nous sommes braves. Par cet acte, nous avons réparé en partie, l'humiliation que nous avait infligée l'histoire par le transfert de notre foire hebdomadaire à Dioro. »

Par contre, certains acteurs de la commune, trouvent que cette communalisation est un outil d'allègement administratif et de lutte contre la précarité ainsi que la pauvreté.

« Avec cette commune, nous sommes indépendants. Nous serons désormais maîtres de notre production pour être à l'abri de la précarité, de la famine et de la pauvreté. Auparavant, tout ce que nous gagnons était orienté vers le marché de Dioro. Cela sera corrigé en mettant l'accent sur l'autosuffisance alimentaire »
Souligna, le premier maire de Farakou-Massa.

Ces propos montrent à suffisance que la décentralisation était perçue comme un outil privilégié pour relever le défi de la transformation accélérée de l'agriculture au niveau local. En effet, cet élu local estime qu'il ne suffit pas seulement d'injecter des milliards dans l'agriculture, il faut que cette injection monétaire soit accompagnée par une autonomie de gestion locale à travers la mise en place d'un gouvernement local.

Cependant, au nom de sa toposéquence, Konou est en train de rejeter certaines offres de sa commune et de son aire de santé notamment l'adduction d'eau sommaire de Kôminé et l'offre sanitaire de Sokè. Il réclame un CSCOM, une adduction d'eau villageoise et la réhabilitation des berges de la rive droite du fleuve Niger dans sa localité ainsi que l'autonomie de gestion de ses intrants agricoles.

« Le maire et son clan ont pris notre commune en otage. Ils l'ont prise comme leur propriété privée. Les subventions, les intrants agricoles et les dons qui arrivent au nom de la commune sont utilisés à des fins personnelles. C'est pourquoi, nous tenons à avoir notre autonomie pour prendre notre destin en main. » Le président de la jeunesse de Konou

Ces propos montrent à souhait qu'il y a eu une rupture entre le maire et les électeurs. La décentralisation n'est donc plus suffisante pour accélérer la transformation agricole dans la mesure où il y a une rupture entre élus et électeurs. Des initiatives complémentaires doivent être prises pour que les acteurs se reconnaissent dans les actes posés pour cette transformation accélérée de l'agriculture.

Dans ces propos et ces postures ou attitudes des acteurs, il faut surtout comprendre que cette localité du Mali est peuplée de sociétés lignagères, segmentaires, structurées et inégalitaires traversées par des conflits ouverts et latents. Dans ce cas, l'innovation à travers les stratégies initiées pour accélérer la transformation de l'agriculture devient un indexé social pour réveiller les anciens conflits et dévier les actes initiés de leurs objectifs initiaux.

Conclusion

A l'instar de l'Égypte dans la géographie économique africaine, on peut soutenir que les communes de Dioro et de Farakou-Massa peuvent volontiers être considérées comme un don de leur topographie locale. En effet, c'est elle qui leur a permis de bénéficier des innovations pour le développement local et de la création des institutions ainsi que des infrastructures nécessaires pour les accompagner comme l'Arrondissement de Dioro, la direction de la zone rizicole, l'antenne semencière de Babougou, les sociétés coopératives, les associations, les CSCom, les écoles et beaucoup de projets et de programmes de développement.

Cette faveur géophysique a cependant créé certains problèmes dans la zone. En effet la propriété foncière coutumière est quasiment inexistante dans certains villages à cause des aménagements hydro agricoles opérés par l'État et ses partenaires si bien que le peu de terre qui reste fait l'objet de convoitise, de compétitions et de conflits violents chaque année entre les producteurs.

En définitive, la transformation accélérée de l'agriculture exige des innovations techniques et sociales. L'appropriation de ces innovations aboutit à une recomposition sociale qui finira par diviser et parcelliser la société à ce que Sardan a appelé les groupes stratégiques. Parmi ces groupes certains sont gagnants, d'autres sont dans une position mitigée, d'autres vont complètement perdre, d'autres seront en marge du changement et de l'innovation. Généralement, les perdants et ceux qui restent en marge de l'innovation émigrent ailleurs pour chercher d'autres opportunités.

Cette présentation montre à souhait que la transformation accélérée de l'agriculture n'exige pas seulement un investissement de 10% du budget national

dans le secteur agricole. Elle ne peut être une réalité sans tenir compte de la toposéquence des localités de production, de la réorganisation sociale et par conséquent d'une mobilisation sociale dans une dynamique de partenariat entre les différentes couches sociales et les équipes pluridisciplinaires. Ce qui aura comme implication un développement méthodique et non idéologique de la société.

Bibliographie

- Commune Rurale de Dioro. 2012. Programme de Développement Economique Social et Culturel, Dioro, PGP2/ASPSRU et PVM, PDSEC 2011-2015, 101 pages.
- Commune Rurale de Farakou-Massa. Programme de Développement Economique Social et Culturel, Kôminè, PGP2/ASPSRU et PVM, PDSEC 2011-2015, 64 pages.
- KANTE, Nianguiry. 2016. Entretien oral sur le sujet du Forum, Décanat de la Faculté des Sciences Sociales de l'Université de Ségou. Entretien réalisé le 4 novembre entre huit heures et neuf heures.
- KASSIBO Bréhima & OULALE Soumaïla. 2008. De la légitimité coutumière à la légitimité démocratique à travers l'appropriation des instruments de la décentralisation dans la commune rurale de Nyansanari dans le cercle de Djenné, CODESRIA et CDP, Rapport de Recherche, N°13 2008, 61 pages.
- OULALE, Soumaïla. 2012. La prise en charge psychosociale et médicale de la fistule obstétricale dans la commune rurale de Siby, Bamako, Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, mémoire de Master 2 en Santé Publique, 137 pages.
- OLIVIER de Sardan, Jean-Pierre. 1995. Essai de la Socio-anthropologie du Changement Social et du Développement. Marseille, Karthala-APAD.
- Projet Villages du Millénaire. 2011. Rapport Annuel, Ségou, PVM, MP, MV.
- Projet Villages du Millénaire. 2013. Rapport Annuel, Ségou, PVM.
- Projet Villages du Millénaire. 2014. Rapport Annuel, Ségou, PVM.
- Projet Villages du Millénaire. 2011. Rapport Annuel, Ségou.
- THIERO Daouda, TOGORA Siaka & SANOGO Aliou Moussa. 2016. Office Riz : Division Aménagement, Infrastructures rurales : composée de la section infrastructure rurale, gestion eau, parc-auto ; contacts respectifs 76039744/63343706 : courriel dthiero@icloud.com; 63708240/71053281 togorasiaka90@yahoo.com, 73292370/65806502, entretien réalisé mardi, le 26 avril à partir de 9 heures dans le bureau du chef de division.

Communication N°20: Le semis direct au profit des petits producteurs pour leur résilience aux changements climatiques en Haute Guinée

Makan KOUROUMA¹ , Jean Louis BOZZA² et Famoi BEAVOGUI³

¹Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), Centre de Recherche Agronomique de Bordo (CRAB), BP352, Tél : (224) 622 46 79 05 KANKAN, Guinée. namankourouma@gmail.com

²Centre de Coopération en Recherche Agronomique pour le Développement, CIRAD, BP 5035, Avenue du Val de Montferland, 34032 Montpellier Cedex, France.

³Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG)

Résumé

Beaucoup de villages de la région de Haute Guinée font frontière avec le Mali Sud. La densité de population sur l'ensemble de la région de Haute Guinée est d'environ 20 habitants km⁻², mais celle de la zone d'étude qui est Mandiana est de 39 habitants km⁻² et la culture est devenue permanente sur les terres favorables, comme cela se produit aussi dans les régions voisines du Mali (Gigou *et al*, 2004).

Dans cette région à une seule saison des pluies, il est très important de bien réussir l'installation des cultures annuelles au début de la saison des pluies. Il arrive souvent que les pluies soient irrégulières à une époque de l'année, entraînant des levées incomplètes sur les mauvais labours, et des ressemis importants (Dugué et Guyotte, 1996).

Un paysan dynamique de la zone cotonnière de Haute Guinée, qui tente de semer ses cultures au plus tôt dans la saison des pluies, et obtient habituellement de bons rendements. Pendant l'année 2003, il s'est trouvé dans une situation critique, car le début de la saison a enregistré une perturbation terrible, il n'avait pas pu préparer ses terres et semer à temps ses cultures. Dans cette situation d'urgence, il a profité, sur une grande partie de son exploitation, de la technique du semis direct avec herbicides pour rattraper son retard. Il avait pu connaître la technique en objet et l'avait expérimentée, les deux précédentes années dans le cadre d'expérimentation multilocale conduite par l'IRAG.

Les résultats du semis direct ont été aussi bons que ceux qu'il obtient d'ordinaire, alors que les rendements ont été beaucoup plus faibles sur les champs qu'il a semés après deux labours et par conséquent, semés en retard.

Actuellement il fait bénéficier encore son union des avantages de la nouvelle technique de double culture en une saison sur couverture végétale permanente (SCV) proposée également par l'IRAG en 2013. Ce qui suscite un vif intérêt de la part des producteurs qui sont toujours à la recherche des moyens d'adaptation et de résilience au changement climatique.

Mots clés : semis direct; Haute Guinée; plantes de couverture, culture attelée, mauvaises herbes.

Introduction

Le changement climatique en question a eu un impact négatif sur le calendrier agricole surtout dans les régions à une seule saison des pluies. Ce qui veut dire qu'il est très important de bien réussir l'installation des cultures annuelles au début de la saison des pluies. De plus en plus on se rend compte que les semis précoces ont beaucoup d'avantages.

Quand les semis sont suffisamment précoces, les plantules peuvent bénéficier de la minéralisation de l'azote en début de cycle (Birch, 1960 ; Ekorong, 1991 ; Chotte.*et al.*, 1994). Quand on sème avant le développement des mauvaises herbes, il est plus facile de maintenir la culture propre jusqu'à ce qu'elle couvre complètement le sol. Les semis précoces bénéficient d'une plus longue période favorable à leur croissance, jusqu'à la fin de la saison des pluies. De plus, le début de saison est plus ensoleillé, ce qui permet donc un développement rapide des jeunes plantes. Aussi, les semis précoces donnent généralement de meilleurs rendements (Vaksmann *et al.*, 1996).

Jusque maintenant, la culture attelée est utilisée par les petits paysans de Haute Guinée pour non seulement installer les cultures mais aussi lutter contre les mauvaises herbes. Ils font habituellement deux labours successifs et un hersage, et même parfois trois labours, avant le semis. Certains paysans laissent les bœufs s'alimenter d'abord dans les parcours sur lesquels poussent lentement les herbes avant de les attacher. Ce qui prend énormément de temps causant ainsi un retard dans la mise en place des cultures.

Depuis 2001, pour appuyer les petits producteurs de la Haute Guinée, la recherche dans un programme de recherche multilocale a testé plusieurs alternatives de préparation simplifiée des terres pour la mise en place rapide des cultures: grattage avec des outils à dents pour faciliter l'infiltration rapide des premières pluies afin de rendre possible le travail du sol (coutrier ou dents canadiennes), ou l'introduction des plantes de couverture annuelles et le semis direct sous couverture végétale (SCV) avec herbicides.

Nous nous intéressons ici à cette seconde option, et allons décrire une expérience spontanée d'un paysan (Solo Koulibaly) qui, confronté à une situation d'urgence en raison de son retard au semis, a fait appel à la technique du semis direct avec herbicide sur une grande partie de son exploitation. L'année précédente sachant les avantages liés au semis direct sous couverture végétal (SCV), il avait laissé une moitié de son champ en jachère avec semis des plantes de couverture telles que le *Mucuna prurens* et le *Cajanus cajan*.

Contexte

Une zone de culture cotonnière en difficulté

Le village de Solo Koulibaly est situé dans la région de Mandiana (Nord - Est de la Haute Guinée) qui fait frontière avec le Mali Sud.

Les paysans de la région de Mandiana ont bénéficié depuis trois décennies des avancées techniques du Mali Sud, par des échanges transfrontaliers. Depuis les années 80, le projet « coton » de Kankan a été à la base du développement agricole de cette région : développement de la culture attelée; conseils techniques, crédits à moyen terme pour les bœufs et les matériels de culture attelée et fournitures d'intrants (engrais et pesticides) à crédit.

La production agricole a augmenté par l'augmentation des surfaces cultivées, permise par la culture attelée, alors que les rendements par ha sont restés sensiblement constants. Les paysans n'ont pas suivi les conseils de la vulgarisation d'intensifier fortement une petite superficie et de laisser en jachère le reste du terroir (Mara et Cece, 2000).

La chaîne de culture attelée habituellement vulgarisée est réduite à la charrue et la herse. Le labour pratiqué est très superficiel et incomplet : il ne retourne pas toute la surface du sol enherbée et il s'apparente donc plus à un pseudo-labour qu'à un vrai labour. En conséquence la croissance des mauvaises herbes n'est que temporairement atténuée. Pour obtenir un lit de semence à peu près propre, le paysan fait deux labours successifs et un hersage. Cette pratique a l'inconvénient de prendre beaucoup de temps de travail et de retarder les semis, tout en luttant peu efficacement contre les mauvaises herbes (Marnotte *et al.*, 1995). De plus, avec l'effet du changement climatique dont les conséquences se font sentir maintenant au niveau de la Haute Guinée, il arrive en début de campagne que les pluies soient irrégulières, entraînant des difficultés de mise en place des cultures et surtout des levées incomplètes sur les mauvais labours, et des ressemis importants.

A cause de sa disponibilité et sa quête incessante de nouvelles innovations, il s'est déplacé vers la recherche pour collaborer avec elle. C'est ainsi qu'il a pleinement participé à des expérimentations dans son exploitation sur des techniques de mise en place rapide des cultures et à l'usage des plantes de couverture qui ont l'avantage de lutter contre les mauvaises herbes et plus loin bonifier des terres de cultures.

Un paysan expérimentateur dynamique

S. Koulibaly a collaboré et continue à collaborer avec le centre de recherche agronomique de Bordo (CRAB) depuis 1993, dans le cadre des unités d'expérimentation paysanne (UEP). A partir de 1999, pour lever ses problèmes de calage des calendriers culturaux en fonction d'une pluviométrie erratique, la recherche a mis à sa disposition une chaîne complète de culture attelée (charrue Bourguignonne, corps butteur, coutrier, etc.). De plus il a bénéficié des voyages d'étude d'abord au Mali, où les paysans utilisent ces matériels depuis plus de 20 ans. Il a pu ainsi observer les adaptations des exploitations à ce type de culture attelée : courbes de niveau, semis sur billons, etc. Il a, en particulier, été intéressé par des semis très précoces après une préparation des terres par grattage au coutrier, dès les premières pluies.

En 2005, accompagné d'un chercheur, il a participé à Nairobi (Kenya) à la conférence mondiale sur l'agriculture de conservation (AC). Ici non seulement il a participé à des groupes de travail composés de paysans venus de tous les horizons du monde sur la gestion des eaux de pluies dans les exploitations agricoles, mais également il a effectué des visites de terrain dans les exploitations des paysans Kényans. A l'issue de ces prises de contact, il s'est rendu compte que dans ces localités où il ne tombe que 400 à 600 mm d'eau par an et qu'avec une gestion judicieuse de cette quantité cela leur permet de produire et d'obtenir un bon rendement. En revanche chez lui à Mandiana où il pleut 1000 à 1200 mm d'eau par an. Mais la mauvaise gestion de cette grande quantité ne lui permet pas de produire suffisamment comme ceux de l'Afrique de l'Est. Ainsi S. Koulibaly a décidé de reproduire avec succès les systèmes rencontrés : le travail précoce à la dent et le semis direct sous couverture végétale (SCV) ce qui lui a permis de semer tôt et d'obtenir une bonne production.

Une année à problème : retard des travaux de mise en place des cultures

Cette année, l'approvisionnement en intrants a été encore plus problématique que d'ordinaire car les produits n'étaient pas encore disponibles à Conakry : S. Koulibaly a dû attendre longtemps pour les rapporter dans son village et il est revenu après le début de la saison des pluies, alors que les autres paysans avaient déjà commencé à semer. L'installation précoce des cultures, avant la croissance des mauvaises herbes, n'était plus possible. C'est ainsi que S. Koulibaly a été incité à rechercher des méthodes de semis plus rapides.

Expérimentation en action – recherche

Une solution d'urgence : le semis direct

Dans ces conditions, S. Koulibaly a décidé de faire appel à la technique du semis direct, sur une large part de son exploitation (tableau 1). Il connaissait déjà la technique du semis direct, car il avait participé à une expérimentation en 2001, et en 2002, il l'avait utilisée sur une partie de son exploitation.

Tableau 1: Estimation des superficies et des rendements pendant la campagne 2003

Culture	Semis sur labour		Semis direct		Différence (t/ha)
	Superficie Ha	Rendement t ha ⁻¹	Superficie ha	Rendement t ha ⁻¹	
Riz	5	2,4	1	5,1	2,7
Maïs	2	2,0	2	4,0	2,0
Coton	0,5	0,8	0,5	1,6	0,8
Arachide	0,5	0,7	1	1,2	0,5

Il a détruit les herbes déjà poussées avec du glyphosate, sous forme de Round'Up à la dose de 3 litres par ha (1080 grammes par ha de matière active), puis il a semé ses cultures à la main. Il n'a réalisé qu'une surface réduite de riz, en raison du travail fastidieux pour le semis à la main de ces nombreux poquets. Le semis

direct lui a permis d'ensemencer toute son exploitation avant la fin juin, et de rattraper ainsi son retard sur les autres agriculteurs.

Comme le montre le tableau 2, les rendements des cultures ont été bons, comparables à ceux qu'il obtient d'ordinaire avec des semis précoces et nettement supérieurs à ceux qu'il a obtenu en 2003 dans les champs qu'il a semé tardivement après 3 labours, qui ont été nécessaires car les champs étaient déjà très enherbés. Par ailleurs, les coûts de culture ont été finalement moins élevés avec le semis direct (tableau 2).

Tableau 2: Comparaison des coûts en semis direct et sous labour, par ha, en 2003.

Travaux	culture traditionnelle		techniques vulgarisées		semis direct S. Koulibaly	
	Nombre	coût (fg)	nombre	coût (fg)	nombre	coût (fg)
labour	3 (12 att/j)	84 000	2	56 000	-	
hersage	1 (4 att/j)	28 000	1 (4 att/j)	28 000	-	
herbicide	-	-	-	-	3 litres glyphosate	78 000
semis	24 h/j	36 000	12h/j	18 000	20h/j	30 000
sarcl. 1	32h/j	48 000	1 (4 att/j)	28 000	2 litres glyphosate	52 000
sarcl. 2	16h/j	24 000	1 (4 att/j)	28 000	-	
sarcl. 3	16h/j	24 000	1(4 att/j)	28 000	-	
buttage	-		1 (4 att/j)	28 000	1(4 att/j)	28 000
total	-	224 000	-	214 000		188 000

1 att/j : attelage – jour, avec une paire de bœufs = 7 000 Fg par jour, pour labour, sarclage, buttage ;

1 paire de bœufs laboure 1 ha en 4 jours ; 1 h/j = travail manuel en homme-jour.

1 500 Fg par jour ; 1 litre d'herbicide (glyphosate) = 26 000 Fg

Accompagnement de la recherche

Les essais auxquels il a participé de 1993 à 1999 portaient sur les variétés et les engrais. Dans ce cadre, le CRAB de Bordo/Kankan a installé un pluviomètre dans son exploitation et lui a appris à faire les relevés quotidiens. Depuis, il fournit des données sur la pluviométrie de sa zone au centre de Bordo et à la radio rurale.

En 2000, l'expérimentation a porté sur le travail du sol.

Pour réaliser des travaux précoces, il a repris ses bœufs de trait dans le troupeau divaguant dès le mois d'avril, au lieu de fin mai d'ordinaire, et il les a mis à l'étable où il les a nourris spécialement, avec des graines de coton et des résidus de récolte conservés dans ce but. Cette technique lui avait été expliquée par les paysans Maliens, pendant un voyage d'étude au Mali, en février 2000.

Le semis précoce du maïs et du coton fin mai sur des lignes de scarifiage du sol par les dents des outils (soit du coutrier, soit des dents canadiennes) et du riz pluvial après un seul labour profond (fin juin) a permis d'obtenir une bonne

croissance et une maîtrise plus facile des mauvaises herbes. Les rendements ont été meilleurs (tableau 3).

Tableau 3 : résultats du test sur le travail du sol en 2000

Culture	Labour fin mai		Grattage en avril		Différence (t/ha)
	date semis	Rendement (t/ha)	date semis	Rendement (t/ha)	
Coton	28 juin	0,9	26 mai	1,5	0,6
Maïs	30 juin	1,7	30 mai	4,6	2,9
Riz	11 juillet	1,4	20 juin	3,8	2,4

En 2001, S. Koulibaly a participé à une session de formation aux traitements herbicides à la station de Bordo/Kankan.

En 2003, le CRAB n'a pas fourni d'appui rapproché, mais c'est S. Koulibaly qui s'est déplacé vers le CRAB pour demander des conseils et visiter les expérimentations. A cette occasion, il a demandé à essayer des plantes de couverture : *Eleusine coracana*, et *Brachiaria brizantha*. Le CRAB lui a fourni des semences qu'il a essayées. En 2004, il a essayé le *Brachiaria brizantha*, en culture pure comme fourrage sur une partie de son exploitation: cette espèce a l'avantage de rester verte en pleine saison sèche et de fournir un bon fourrage même à la fin de la saison sèche. Il a expliqué qu'il a retenu le *Mucuna prurens* et le *Cajanus cajan* comme couverture du sol parce qu'ils luttent efficacement contre les mauvaises herbes et bonifient le sol ce qui lui permet de diminuer les charges pour l'achat d'engrais et d'herbicides.

Conséquences sur son exploitation

En quatre campagnes, de 2001 à 2004, S. Koulibaly est passé de 16% à 42% de son exploitation en semis direct (figure 1), privilégiant l'implantation des cultures à large interligne (maïs, coton, sorgho, mil, arachide).

Figure 1: Augmentation de la surface en semis direct dans l'exploitation de S. Koulibaly.

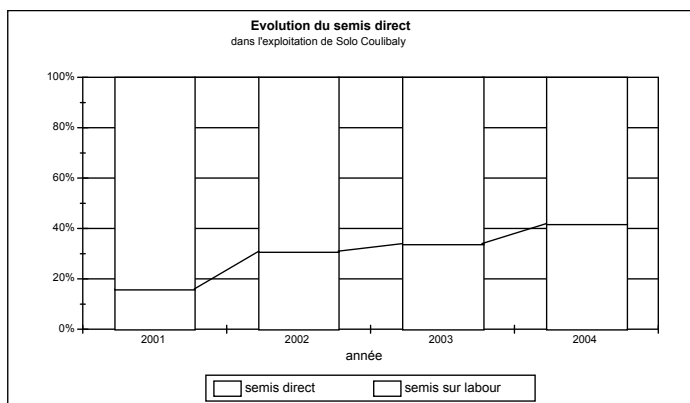


Tableau 4. Besoins en main d'œuvre pour les semis. Unité = homme-jour (H-jr). Moyenne de trois observations ; Campagne 2004.

	semis après labour	semis direct
maïs	en lignes et en poquets 9,6	
riz	à la volée 3,9	en lignes et en poquets 23,6

Le semis direct est-il rentable ?

Un cas concret, reconstitué d'après les données de Solo Koulibaly, est présenté dans le tableau . Il s'agit d'une parcelle de multiplication de semence de la variété Nérica 4 pour l'ADRAO actuel Africa Rice. Le rendement a été d'environ 3, 5 t/ha. Solo Koulibaly a vendu la semence au prix de 750 Fg par kg. A ce prix, la culture est très rentable : elle dégage une marge bénéficiaire de 1 918 500 Fg pour un ha.

Tableau 5. Bilan économique d'une culture de riz en semis direct pour la production de semence (année 2003). Quantité par ha.

Désignation	unité	Quantité	Prix unitaire (Fg)	Montant (Fg)	marge bénéficiaire
frais de production					
Semis (main d'œuvre)	homme-jour (H-jr)	23,6	2 500	59 000	
Herbicide (Roud-Up)	litre	3	20 000	60 000	
Engrais (NPK+ Urée)	kg	180	1 000	180 000	
Herbicide (Garil)	litre	3	20 000	60 000	
Sarclage	(H-jr)	35	2 500	87 500	
Surveillance (30 jours 1 personne pour 3 ha)	(H-jr)	10	2 000	20 000	
Récolte	(H-jr)	18	2 500	45 000	
Battage	(H-jr)	40	2 500	100 000	
Conditionnement	(H-jr)	20	2 500	50 000	
Sacs de récolte de 80 kg		45	1 000	45 000	
Total frais				706 500	
valeur de la production					
paddy semence	kg	3500	750	2 625 000	1 918 500
paddy consommation	kg	3500	309	1 081 500	375 000

Démonstration et diffusion de la méthode

Evidemment, ces expérimentations et ces innovations n'ont pas laissé indifférents les voisins et les autres membres de son groupement et de leur union. Les réactions ont varié entre la moquerie, la curiosité, l'intérêt ou l'imitation.

En 2000, les paysans ont marqué un vif intérêt pour les semis très précoces (fin mai pour le maïs, fin juin pour le riz de coteau), nettement en avance sur le

calendrier traditionnel. S. Koulibaly a organisé des réunions de démonstration sur les nouveaux matériels pour les membres de son groupement.

Ses voisins l'ont trouvé « ridicule » quand il a commencé à traiter toute sa jachère herbeuse avec du Glyphosate et à demander à sa famille de semer dans l'herbe le maïs, le coton, l'arachide et le riz, sans procéder à un travail préalable du sol. Mais, comme la technique a réussi, ils sont ensuite venus visiter son exploitation à l'approche de la récolte, afin de constater son succès.

Koulibaly s'est servi de la technique de semis direct pour rendre plus dynamique son groupement dans la multiplication de semences de riz, de maïs et d'arachide.

En 2003, l'augmentation de la production de semences a été suffisante pour que le groupement obtienne de l'OCPH (Organisation catholique pour la promotion humaine) la construction d'un magasin de stockage de produits agricoles. Le groupement est le principal fournisseur, dans la région de Haute Guinée, des semences du riz NERICA (en provenance de l'ADRAO (Africa Rice)), de l'arachide de la variété MDR 8-15 (introduite depuis l'ICRISAT), et du maïs QPM et OBATAMPA toutes introduites du Ghana.

Dans la perspective des actions futures orientées sur l'agriculture de conservation (CA), S. Koulibaly est une personne ressource pour la phase de pré-vulgarisation, dans la mesure où le semis direct représente la première étape dans la mise au point de ces techniques.

Ainsi dans la phase suivante de son intervention, la recherche s'est intéressé à l'évolution de l'union des producteurs dont fait partie S.Koulibaly pour mettre à leur disposition certaines technologies qui rentrent dans le cadre de la protection de la nature et la résilience des petits producteurs aux changements climatiques. Parmi ces techniques, il y a la double culture et le semis direct sur couverture végétale (SCV). Cela pour mieux exploiter la fertilité et l'humidité du sol en semant deux fois sur une même parcelle et au cours d'une seule campagne agricole dans une zone semis aride comme la Haute Guinée.

Discussion

Cet aperçu sur le parcours de ce paysan et des membres de son union de producteurs, met en évidence qu'il recherche des méthodes plus souples que la méthode actuellement vulgarisée. Au départ, il était membre d'un groupement classique de producteurs de coton. A ce titre, il a reçu, et peut-être parfois subi, les recommandations sur « la » technique vulgarisée : deux labours et un hersage avant le semis, semis obligatoirement à plat, culture pure, etc.

Actuellement, face au changement climatique avec son corollaire de perturbation pluviométrique, les paysans de la Haute Guinée ont présentement de sérieux problèmes de calage des cycles pour semer toutes les cultures dans les périodes les plus favorables, surtout des années où la pluviométrie du début de campagne est mal répartie. Des problèmes de disponibilité de la main-d'œuvre familiale

accentuent encore ces difficultés à cause de la présence de mines d'or dans la zone provoquant un départ massif de la main d'œuvre agricole vers les zones minières.

C'est pourquoi il y a long temps ce paysan leader s'est lancé à la recherche de nouvelles techniques parmi lesquelles il fait ses choix. Il ne s'est pas converti à une nouvelle philosophie, il n'a pas adopté des paquets technologiques préprogrammés, mais il a examiné les techniques proposées, en a adopté quelques-unes, et en a rejeté d'autres. Puis il a recomposé ses itinéraires techniques par combinaison, association ou juxtaposition, de ces différentes techniques nouvelles et des techniques anciennes.

Par exemple, il a adopté certaines plantes de couverture telles que *Mucuna Pruriens* et *cajanus cajan*, auxquelles il trouve des avantages immédiats (lutte contre les mauvaises herbes, bonification des sols et double culture par saison de pluies). Par ailleurs, il a retenu *Brachiaria brizantha*, non pas pour une couverture permanente du sol, mais parce qu'il sert aussi de fourrage à ses bœufs de trait qu'il souhaite atteler dès le début de la saison pluvieuse.

Conclusion

Les paysans de la zone de Mandiana sont devenus des partenaires privilégiés de la recherche, en raison de leur quête incessante de nouvelles innovations et de la rigueur dont ils font preuve dans la collecte et le tri des informations qu'ils reçoivent.

Pour une meilleure gestion de son exploitation, qui est cultivée depuis plus de 20 ans, S. Koulibaly, le leader affirme que le semis direct est une « meilleure technique », car elle lui permet de semer précocement, malgré son manque de main d'œuvre familiale. Le semis direct a facilité son adaptation au nouveau défi auquel sa région se trouve confrontée actuellement. Il s'agit des perturbations pluviométriques et surtout les difficultés de calage des cycles de cultures provoquées par l'arrêt de pluies pendant la période propice de semis et même en fin de saison.

Il comprend maintenant que la gestion de l'eau de pluies en fonction du calendrier cultural est un facteur important dans l'augmentation de la production. Il fait régulièrement référence au cas des paysans de l'Afrique de l'Est surtout du Kenya où il a visité certaines exploitations.

Sa démarche montre qu'il n'a pas besoin d'un appui technique dirigé, sous la forme d'un « paquet technique » complet, mais qu'il veut (et peut) adapter les techniques proposées à son environnement socio-économique et naturel. Son groupement fonde un grand espoir sur lui pour une appropriation de la technique du semis direct, car les premières tentatives ont permis d'éviter les surcharges de travail de la main d'œuvre familiale pendant certaines périodes et de faire des économies notamment en évitant les labours répétés et surtout à diversifier ses revenus.

Toujours dans le cadre de la résilience au changement climatique, la recherche continuera à appuyer ce paysan leader et les organisations paysannes formées autour de lui à travers l'introduction de semences adaptées, et d'autres bonnes pratiques agricoles comme la double culture par campagne agricole.

Bibliographie

- Birch H.F. 1960 : Mineralization of soils after different periods of dryness. *Plant and Soil* 12: 81-96.
- Chotte.J.L.; Feller.C.; Vallony.M.J. 1994 : Disponibilité de l'azote dans les sols cultivés des Petites Antilles. *Agriculture et Développement*, n.4, 23-30.
- Dugué.P., Guyotte K. 1996 : Semis direct et désherbage chimique en zone cotonnière du Cameroun. *Agriculture et Développement*, n.11, 3-15.
- Ekorong J. 1991 : Pluviosité et nutrition azotée du cotonnier : validité du diagnostic pétiolaire. Thèse Dr Ingénieur. ENSAM Montpellier. 128p.
- Gigou J., Giraudy F., Doucoure C.O., Healy S., Traore K., Guindo Oumar 2004 : L'âge des champs : un indicateur du passage de la culture itinérante à la culture permanente dans le bassin cotonnier du Mali. *Cahiers Agricultures* 13 ; 467-72.
- Lange A., Yriarte F., Magassouba K. 1999 : Etude de la politique des intrants agricoles. Conakry, MAE (Ministère de l'agriculture et de l'élevage) / IRAG (Institut de recherche agronomique de Guinée), 55 p.
- Mara S.; Cece K. 2000 : Rapport de la cellule d'appui à la production "suivi des opérations culturales du coton campagne 99/2000". Kankan, Compagnie Guinéenne de coton (CGC), 29 p.
- Marnotte P. *et al.* 1995 : La maîtrise de l'enherbement des cultures de céréales en Côte d'Ivoire. *Agriculture et Développement*, n.5, 51-56.
- Vaksmann M., Traoré S.B., Niangado O. 1996 : Le photopériodisme du sorgho africain. *Agriculture et Développement*, 1996, n.9, 13 – 18.

Communication N°21: Optimiser la décision de gestion de la fertilité des sols et la production agricole par l'utilisation du SIG et la télédétection

Djénéba DEMBELE^{1*}, Kalifa TRAORE¹, Mamadou BALLO², Charles QUANSH³, Edward Mathew OSEI Jnr³ et Bocar Dit Siré BA⁴

¹*Laboratoire Sol- Eau-Plante, Institut d'Economie Rurale, Mali*

²*Département de Géographie, Université du Mali.*

³*Département des Cultures et Science des Sols, Faculté d'Agriculture, Université Kwame N'Krumah des Sciences et Technologie, Ghana.*

⁴*Coopération Danoise au Mali.*

**E-mail : djenebademb@yahoo.fr, Tel : +223 66973230*

Résumé

Comprendre la variabilité spatio-temporelle de l'état des sols est crucial pour planifier la gestion durable de leur fertilité et la productivité agricole. Pour ce faire, les analyses de sol sont recommandées dans l'agriculture car elles permettent de savoir quel type et quantité d'engrais un paysan doit apporter au sol pour obtenir un bon rendement. Cependant leur recours est beaucoup limité au Mali en raison du coût élevé de leur mise en œuvre. Ainsi, l'accès à l'information sur la distribution spatiale et la teneur des éléments physico-chimiques pourraient aider à une prise de décision optimale pour une gestion durable de la fertilité des terres au profit des exploitants agricoles. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'utilisation de la télédétection et du SIG dans les décisions de gestion de la fertilité des sols. Elle a été réalisée à Siguidolo et a utilisé les images satellitaires et l'interprétation visuelle, les résultats d'analyse d'échantillons de sol, les analyses thématiques, l'interpolation (krigeage) et le triangle de texture des sols pour cartographier la distribution spatiale et les teneurs de l'argile, sable et limon ainsi que celles du pH, carbone, azote, phosphore et du potassium. Les teneurs de l'argile et du sable étaient comprises entre 1,22 et 12% ; 47 et 85% respectivement. Le pH a varié entre 4,7 et 6,1. Les teneurs du carbone, de l'azote, du phosphore et du potassium ont varié de 0,4% (faible) ; 0,03% (très faible) ; 2,22 à 5,5 ppm (faible) et de 0,01 à 0,07 Coml_ckg⁻¹ (très faible) respectivement. Ces résultats montrent que le sol était majoritairement sableux et acide. L'état général de fertilité des sols était très pauvre car les niveaux du carbone, de l'azote, du phosphore et du potassium étaient inférieurs aux seuils critiques tel que rapporté par le labo SEP, 2008, montrant la nécessité de l'utilisation combinée d'amendement organique et minéral.

Mots clés : Télédétection, SIG, Décision, Gestion, Fertilité, Sol, Siguidolo

Introduction

Le principal défi pour l'agriculture au Mali est de satisfaire la demande croissante en produit agricole de façon durable. La dégradation de la fertilité des sols a rendu cette tâche difficile Doumbia *et al.* (2009). L'application des fertilisants sur la base des analyses de sol est une des meilleurs pratiques agricoles qui permet de savoir quel type et quantité de fertilisant un agriculteur a besoin d'apporter au sol afin d'obtenir de bon rendement. Cependant leur recours est assez limité au Mali en raison du coût élevé de leur mise en œuvre. Ainsi, l'accès à l'information sur la distribution spatiale et la teneur des éléments physico-chimiques des sols pourrait être une alternative. Il pourrait aider les acteurs de l'agriculture à une prise de décision optimale dans la gestion de la fertilité des sols et la production agricole. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'utilisation de la télédétection et du SIG dans les décisions de gestion de la fertilité des sols au Mali.

Matériels et Méthodes

Une recherche a été menée à Siguidolo dans la commune de Konobougou au Mali, situé entre 6°44' 54" et 6°46' 12" W et 12°54' 00" et 12°56' 24" N. La superficie totale du site était de 1157 ha. La pluviométrie de la zone varie entre 600 à 800 mm par an. Le paysage est dominé par des surfaces planes avec une altitude moyenne variant entre 300 à 352 m par rapport au niveau de la mer. Les sols de la zone ont été classés comme Ultisol (USDA, 1999).

Cartographie des sols :

L'interprétation visuelle de l'image Landsat a été utilisée pour délimiter les unités de sol, suivi de l'échantillonnage raisonné stratifié. 52 points ont été échantillonnés et géoréférencés. Des échantillons composites prélevés sur 3 points distant de 20 m à une profondeur de 0-20 cm ont été emballés dans des sacs en plastique pour des analyses de labo. Les résultats d'analyse de labo, le triangle de la texture des sols, les analyses thématiques, l'interpolation et l'interprétation visuelle ont été utilisés pour produire les cartes des teneurs en argile, en sable et en limon. La figure 2.2 montre le l'organigramme de la production de la carte des propriétés physiques des sols.

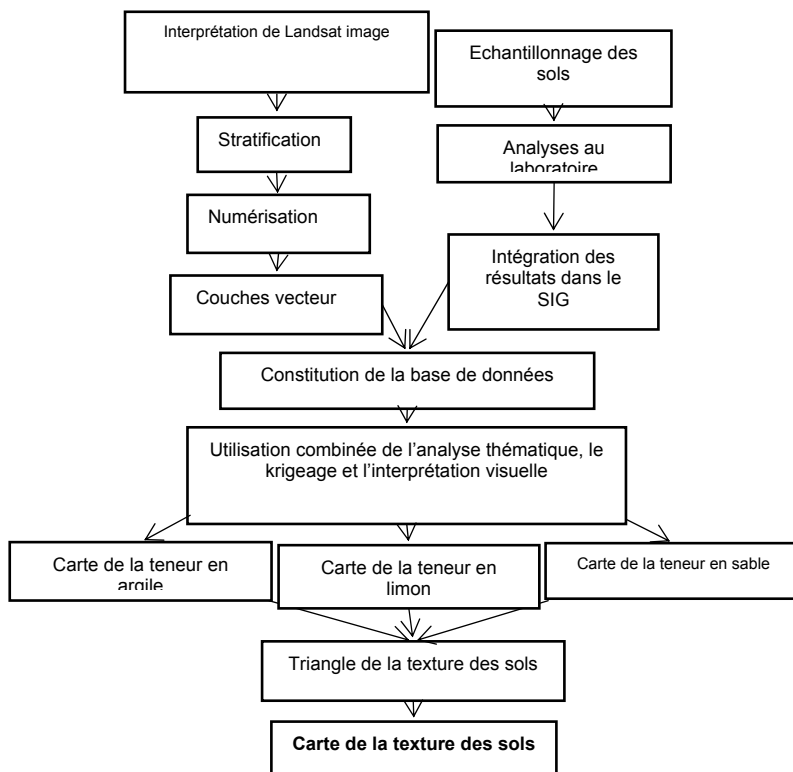


Figure 2.2: Organigramme de la production de la carte des propriétés physiques des sols

Structure et variabilité spatiale de propriétés chimiques sélectionnées

Les analyses statistiques de base ont été faites pour décrire les données. Le krigeage a été utilisé pour extrapoler les informations des points échantillonnés aux zones non échantillonnées et produire la structure spatiale des paramètres chimiques sélectionnés. L'organigramme d'analyse de la structure spatiale est présenté sur la figure 2.3. Les informations sur le NPK et le C ont été croisées pour générer la carte de fertilité des sols.

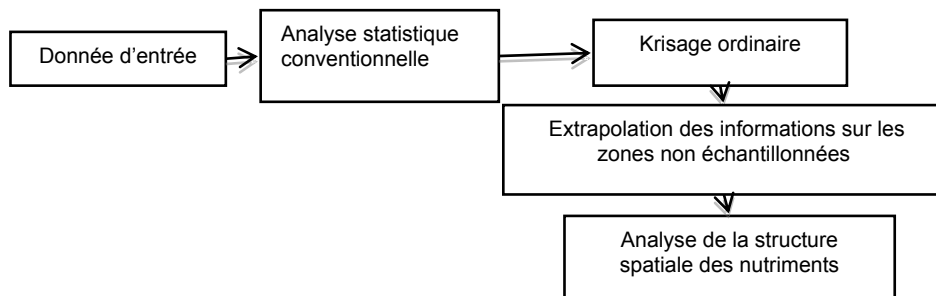


Figure 2.3: Organigramme de production de la structure spatiale des propriétés chimiques

Résultats et discussion

Évaluation et cartographie des propriétés physiques du sol

Teneur en argile

La teneur en argile est présentée sur la figure 3.1. Le pourcentage d'argile sur le site a varié entre 1,22% et 12%. Arrangé en 3 classes notamment 1,22-4,51% ; 4,51-8,11% et 8,11 à 12% avec leur superficie respective soit 363,66 ha (41,13% des terres arables), 459,25 ha (51,95% des terres arables) et 60,87 ha (6,88% des terres arables), la faible teneur en argile observée dans la zone indique une faible capacité de rétention d'eau et des éléments nutritifs.

Teneur en limon

La figure 3.2 illustre la teneur en limon dans la zone d'étude. Le pourcentage de limon était compris entre 16% et 40,44%. Pour des besoins de cartographie, les données ont été classées comme 16 à 22,30% ; 22,30 à 33,50% et 33,50 à 40,44%. Leur superficie était 405,2 ha (45,83% des terres arables), 233,46 ha (26,19% des terres arables) et 231,87 ha (26,01% des terres arables) respectivement. Le Limon a une texture fine et lisse.

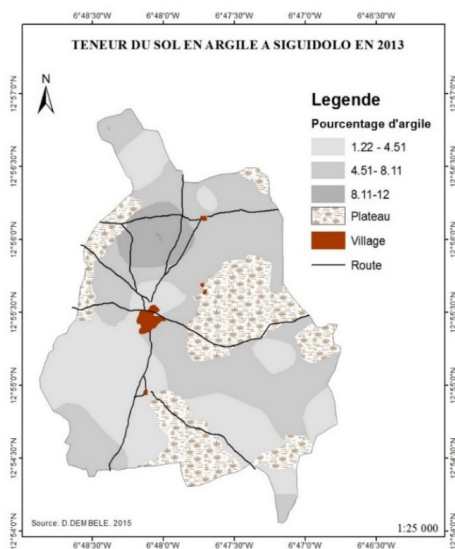


Figure 3.1 : Distribution spatiale de la teneur en argile à Siguidolo en 2013

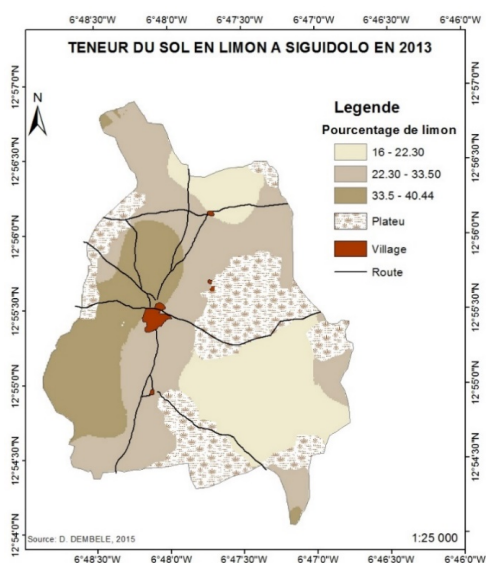


Figure 3.2 : Distribution spatiale de la teneur en limon à Siguidolo en 2013

La teneur en sable

Le contenu en sable est présenté dans la figure 3.3. Le pourcentage de sable a varié entre 46,52% et 85%. La plus faible teneur en sable 46,52 -59,28% a été

mesurée sur 19,59% de la superficie des terres arables ; 59,28 -71% ont été observés sur 36,84% des terres arables et 71 -85% était sur 43,56% de la superficie des terres arables. La grande teneur en sable observée dans la zone réduit considérablement la capacité de rétention d'eau et des éléments nutritifs.

La texture du sol

La figure 3.4 montre la répartition spatiale des textures du sol à Siguidolo. La texture était composée de : limon, limon sableux, sable limoneux et le sable qui occupaient respectivement 8,84%, 7,80%, 77,94% et 5,42% de la superficie des terres arables. La principale texture du sol observée était le sable limoneux. Les sols à dominance sableuse ont généralement une forte densité apparente, une infiltrabilité et une conductivité hydraulique élevée et une faible capacité de rétention de l'eau. Les valeurs typiques (Landon, 1994) pour la densité apparente sont de 1,2 à 1,8 Mg m⁻³ pour les sables et le limon-sableux. Les taux d'infiltration (cmh⁻¹) vont de 0,1 à 2,0, de 1,0 à 8,0 et de 2,0 à 25 pour le limon, le limon sableux et le sable, respectivement. Les plages de valeurs pour la conductivité hydraulique (cmh⁻¹) sont de 6-12, 12-25 et 25-50 pour le sable limoneux, le limon sableux et le sable, respectivement. La capacité de rétention d'eau (mmm⁻¹), d'autre part, varie de 80 pour le sable, à 120 et 150 pour le limon sableux et le sable limoneux, jusqu'à 170 pour la limoneuse. Ainsi, la gestion de ces sols devrait être dirigée vers des pratiques qui permettront d'optimiser l'infiltration du sol et la conductivité hydraulique, de réduire l'érosion, d'améliorer le stockage de l'humidité du sol et de réduire les pertes d'évaporation non productives telles qu'utilisation de la matière organique, le paillage, la gestion appropriée des résidus de récolte, les courbes de niveau, les zai, etc.

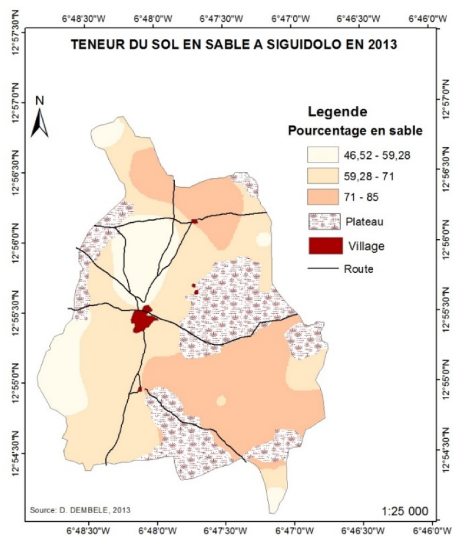


Figure 3.3. Distribution spatiale de la teneur en sable à Siguidolo en 2013

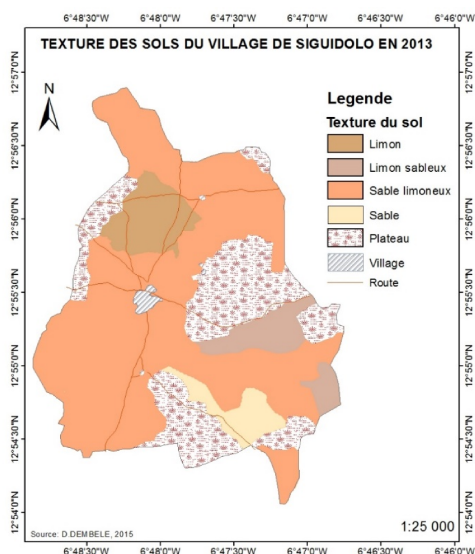


Figure 3.4. Distribution spatiale des types de sol à Siguidolo en 2013

Évaluation et cartographie de la structure spatiale des propriétés chimiques des sols

Le tableau 3.1 présente les résultats de l'analyse statistique de base des paramètres sélectionnés. Les valeurs moyennes donnent l'ampleur générale des paramètres mesurés sur le site. Les mesures de variabilité des valeurs mesurées et leur dispersion autour de la moyenne ont une grande importance pour le développement de stratégies durables de gestion des terres. Il s'agit notamment du coefficient de variation (CV), de l'asymétrie (skénese) et de la kurtosis. Le CV variait d'un minimum de 5,54% pour le pH à 92,2% pour C. Total N, P et K présentaient des valeurs intermédiaires variants de 29,81% à 60,1%. Les valeurs d'asymétrie étaient positives pour C, N, P et K et négatives pour le pH. Ces valeurs ont des implications dans la prise décision.

Table 3.1: Résultats de l'analyse statistique de base des paramètres sélectionnés

Soil nutrient	pH	C (%)	N (%)	P(Mgkg ⁻¹)	K(Cmolc.kg ⁻¹)
Moyenne	5.47	0.15	0.016	3.76	0.02
Médiane	5.48	0.10	0.02	3.68	0.02
Minimum	4.70	0.01	0.00	1.38	0.01
Maximum	6.22	0.50	0.03	7.11	0.05
Coefficient of variation (CV)	5.54	92.20	43.72	29.81	60.61
Standard deviation	0.30	0.14	0.007	1.12	0.01
Asymétrie (Skewness)	-0.26	0.58	0.33	0.40	0.58
Kurtosis	0.44	-0.92	-0.54	0.76	-1.29

La distribution spatiale du pH

La figure 3.5 montre la répartition spatiale du pH du sol à Siguidolo en 2013. Le pH du sol variait entre 4,7 et 6,1. En se basant sur la classification dans Landon (1991), les valeurs ont été regroupées en trois classes. Très fortement acides, fortement acides et moyennement acides avec leur couverture respective de 9,28%, 61,38%, 29,34% de la superficie totale des terres arables. La partie fortement acide (pH 4,7 à 5,5) couvrait 70,66% des terres arables. Le faible pH peut être dû aux pertes de cations basiques et d'autres nutriments par l'érosion, la lixiviation et l'absorption des cultures et la récolte sans réapprovisionnement et la mauvaise gestion des résidus de cultures conduisant à la faiblesse en Matière Organique du sol.

Les conditions de très fortement a fortement acides ont des implications pour la disponibilité et la gestion des nutriments. Le faible pH est favorable à la toxicité, à l'insuffisance et/ou à l'indisponibilité d'éléments nutritifs des plantes comme P, C_a, K, M_g et M_o tels qu'observé par Tisdale et al. (1985) et Wang et al. (2006). Dans de telles conditions, l'activité bactérienne est réduite et la nitrification de la matière organique est significativement retardée (Landon, 1991). Sivarugu et Horst (1998)

ont également signalé que, dans les sols acides, l'excès d'aluminium entrave l'allongement des racines. Ce qui en conséquence conduit à une réduction de l'absorption d'eau et des nutriments, avec une réduction conséquente de la croissance et du rendement des plantes. Les conditions acides des sols dans la zone d'étude constituent donc une contrainte majeure pour la production des cultures qui dépendent principalement des précipitations et des stocks nutritifs de leurs sols. Ainsi, la gestion des nutriments du sol pour une croissance et un rendement soutenus des cultures devrait être axée sur des stratégies visant à résoudre le problème de l'acidité par le chaulage et la gestion de la matière organique en tenant compte de la distribution spatiale des niveaux du pH.

Distribution spatiale en carbone du sol

La figure 3.6 présente la répartition spatiale de la teneur en carbone du sol à Siguidolo en 2013. Le carbone organique du sol (COS) a varié entre 0,12 et 0,4%. Les trois classes, négligeables à 0,12% ; 0,12 à 0,23% et 0,23 à 0,42% couvraient 42,02% ; 32,72% et 25,26% des terres arables, respectivement.

Le carbone du sol est un indicateur de la matière organique du sol (MO) qui a des effets bénéfiques importants sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Ainsi, Maurice et al. (1998) ont utilisé MO comme indicateur de la fertilité des sols, de la stabilité et de l'érosion des agrégats. Au fur et à mesure que MO augmente, N, P, K ainsi que certains micronutriments augmentent également (Oates, 1998). Acquaye (1990) a signalé que la matière organique est la principale source de N, P et S pour la croissance des plantes dans l'agriculture sans engrais. En outre, MO contribue à l'amélioration du stockage de l'eau du sol et à la maintenance d'un pH stable.

Ces effets bénéfiques de MO ont échappé aux nombreux petits agriculteurs de la zone d'étude parce que les sols sont très faibles en carbone organique avec des valeurs allant de 0,12 à 0,4%. Ces valeurs sont inférieures au niveau critique de 0,6% au Mali (LSEP, 2008) et 2% pour les sols tropicaux (Barrows, 1991). Selon ce dernier auteur, de tels niveaux faibles de MO révèlent une dégradation des sols et un risque élevé d'érosion des sols.

Les utilisations compétitives des résidus de cultures comme aliments bétail qui limitent leur retour au sol, la végétation éparsée et les cultures intensives peuvent expliquer la faible teneur en OM des sols. Les agriculteurs devraient donc être encouragés à renvoyer autant de résidus de récolte que possible au sol en plus de l'application de fumier et de compost. Il est nécessaire de chercher des légumineuses locales qui produisent de grandes quantités de biomasse mais non consommées par le bétail.

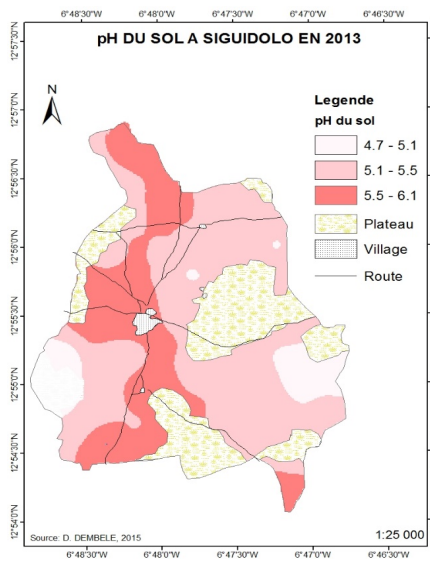


Figure 3.5. Distribution spatiale du pH à Siguido en 2013

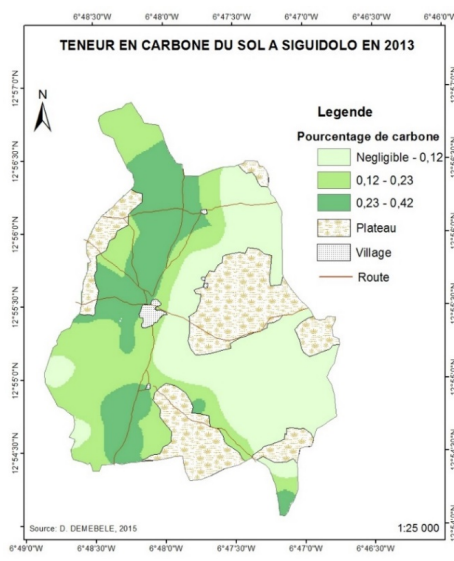


Figure 3.6. Distribution spatiale du carbone du sol à Siguido en 2013

Distribution spatiale de l'azote

La distribution spatiale des différentes teneurs en azote du sol en 2013 sont présentés à la figure 3.7. Le pourcentage d'azote total était très faible. Il variait entre négligeable et 0,03%. Les 3 classes, négligeables à 0,01% ; 0,01 à 0,02% et 0,02 à 0,03% occupaient 36,78% ; 27,05% et 36,20% de la superficie des terres arables, respectivement. L'azote a généralement un effet plus important sur la croissance des cultures, la qualité et le rendement des cultures. La faible teneur en azote affecterait donc la croissance et le rendement des plantes. Les très faibles niveaux (0,01-0,03%) de N ne sont pas surprenants compte tenu de leur étroite association avec la matière organique du sol (MOS) qui était également très faible.

La conductivité hydraulique générale élevée des sols sableux pourrait entraîner le lessivage de l'azote. La situation est exacerbée par la culture intensive sans reconstituer les nutriments enlevés. L'intervention dans la zone devrait être destinée à améliorer l'azote du sol au niveau adéquat de 1,2% (LSEP, 2008) ou de 0,13 à 0,23 (Guide de test du sol).

Distribution spatiale du phosphore disponible

La répartition spatiale du phosphore disponible du sol est présentée sur la figure 3.8. Le phosphore disponible variait entre 2,22 et 5,51 ppm. Ces valeurs élucident une très faible teneur en phosphore disponible puisqu'elles sont inférieures au niveau critique de ≤ 7 ppm rapporté par le Laboratoire Sol-Eau-Plante, 2008. Elles ont été classées en trois catégories soit : 2,22-3,39 ppm ; 3,39-4,26 ppm et 4,26-5,51 pp occupant 29,03% ; 52,37% et 18,60% des terres arables respectivement. Le faible niveau de matière organique, les conditions très fortement et fortement

acide et l'absorption sans reconstitution des nutriments des sols peuvent expliquer le faible teneur en P observée dans les sols.

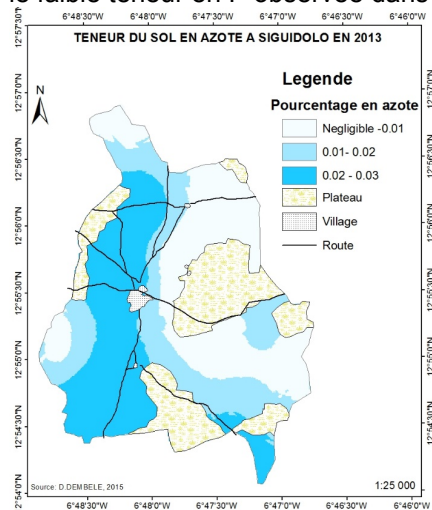


Figure 3.7. Distribution spatiale de l'azote du sol à Siguidolo en 2013

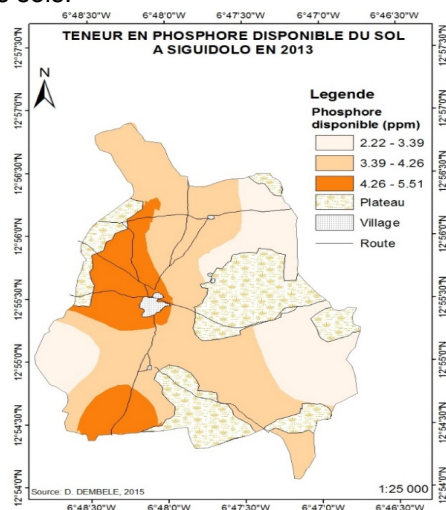


Figure 3.8. Distribution spatiale du phosphore disponible à Siguidolo

Distribution spatiale du potassium échangeable

Les teneurs en potassium et leur distribution spatiale sont présentés sur la figure 3.9. Le statut du K du sol variait entre $0,01$ et $0,07\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$. La classification de ces valeurs en trois catégories sa donnée : $0,01-0,02\text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$; $0,02$ à $0,04\text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ et $0,04$ à $0,07\text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ couvrant 67,09%, 26,82% et 6,09% des terres arables respectivement. Pour les mêmes raisons de très faible teneur en matière organique, les sols sablonneux, avec une faible teneur en argile, une haute conductivité hydraulique et des pertes de nutriments par lixiviation et érosion sans réapprovisionnement, les niveaux K du sol ont également été faibles.

Carte de fertilité des sols

Par croisement des informations sur le carbone, l'azote total, le phosphore disponible et le potassium échangeable, la carte de l'état de fertilité du sol dans la zone d'étude (figure 3.21) a été générée. Trois classes d'état de fertilité du sol identifié à savoir faible, très faible et extrêmement faible. Leur pourcentage de couverture spatiale était 4,81%, 79,93% et 15,26%.

L'état de fertilité d'une grande partie de la zone était très faible. Cela indique les très faibles teneurs en éléments nutritifs enregistrés dans les sols de la région.

La production de cultures durables dans la région de Siguidolo ne peut être réalisée que grâce au développement et à la mise en œuvre de stratégies intégrées de gestion de la fertilité des sols. Le problème de l'acidité du sol, qui constitue une contrainte majeure pour la disponibilité et l'utilisation des nutriments,

est d'une importance primordiale car elle affecte considérablement les rendements des cultures.

À cet égard, la gestion intégrée des nutriments impliquant l'utilisation combinée d'engrais minéraux et d'amendements organiques offre de meilleures opportunités de réapprovisionnement en fertilité du sol (Swift, 1997 ; Traoré, 2003).

Une gestion adéquate de la fertilité des sols, telle que recommandée par Quansah (2000), devrait donc utiliser le fumier et le résidu de récolte et les résidus de récolte disponibles, chaque fois que cela est possible, en prenant un crédit nutritif approprié pour ces matériaux et en utilisant des engrais minéraux pour équilibrer les besoins nutritionnels des cultures pour des objectifs de rendement réalistes.

Cela nécessitera un ensemble de technologies de conservation des sols et d'utilisation de l'eau qui l'accompagnent. Ceux-ci incluent le système de labour minimum, les courbes de niveau, les Zai, association céréales-légumineuses et la gestion des résidus, la pratique actuelle de la récolte de l'eau, de l'utilisation des déchets ménagers et des engrais minéraux, bien qu'inférieure aux taux recommandés, et les échanges intercalaires de millet/sorgho-arachide/haricot dans la zone d'étude devraient être ajustés dans un paquet réalisable et abordable pour les petits exploitants agricoles.

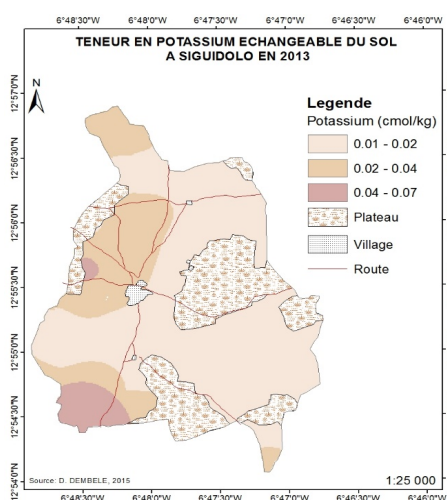


Figure 3.9. Distribution spatiale du potassium échangeable à Siguidolo en 2013

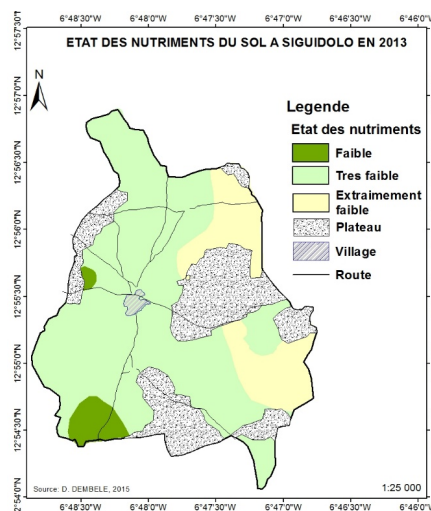


Figure 3.10. Distribution spatiale de l'état de fertilité des sols à Siguidolo

Conclusion recommandation

L'intégration de la télédétection, du SIG et de l'échantillonnage classique géo référencés a facilité l'évaluation et la cartographie de la répartition spatiale des sols et leurs propriétés physiques et chimiques. Ces cartes peuvent être utilisées comme guide pour l'élaboration et la mise en œuvre de stratégies intégrées

adaptées de gestion de la fertilité des sols pour une production durable des cultures dans la zone de Siguidolo.

Les sols sont généralement sableux avec du sable limoneux couvrant plus de 70% de la superficie. Ceci est considéré comme le sol "de référence" du site d'étude. Ils sont acides, allant de modérément à très fortement acide. Le contenu nutritif et le contenu en matière organique est généralement très faible. Le lien de télédétection-SIG peut être utilisé pour étudier et cartographier l'état de la dégradation des sols. Les pratiques qui améliorent le stockage de l'humidité in situ, comme Zai et les Bunds en herbe, les courbes de niveaux, courbes en cailloux ont besoin d'études plus détaillées pour améliorer la productivité des cultures dans l'agriculture pluviale.

Communication N°22: La communication, maillon indispensable dans la transformation de l'agriculture en Afrique

Hugues KONE et Angeline NANGA-ADJAFI

UFRICA, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
E-mail: adjaffi61@yahoo.fr

Résumé

La recherche agricole en Afrique a généré une série d'innovations, notamment au niveau du matériel végétal et animal ainsi qu'au niveau des techniques culturales, d'élevage et de conservation des productions. Toutefois, l'adoption de ces innovations par les utilisateurs visés, les paysans en particulier, n'a souvent pas répondu aux attentes des chercheurs, des agences de développement et des gouvernements. Si les causes de ce phénomène sont multiples, les études relatives à la communication en matière d'agriculture ont permis de tirer des enseignements et d'entrevoir des perspectives susceptibles d'accélérer l'adoption durable des innovations agricoles et contribuer ainsi, à terme, à la transformation de l'agriculture sur le continent.

La transformation de l'agriculture est devenue un enjeu politique, économique et social majeur pour l'Afrique et pour les acteurs de tous ordres ; il en est ainsi de la BAD (Banque africaine de développement) qui en a fait sa deuxième priorité sur les cinq retenues : « Nourrir l'Afrique ».⁶² Il en est de même des chercheurs et ingénieurs de plusieurs disciplines, y compris les sciences de l'information et de la communication (SIC) : en effet, il ne peut y avoir de transformation de l'agriculture africaine sans transformation cognitive, mentale, comportementale et sociale au niveau des hommes et des femmes, des communautés et des sociétés africaines du continent. Or, la communication a suffisamment démontré qu'elle constitue une stratégie majeure pour la réalisation des transformations de cette nature, dès lors qu'elles visent l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement en général. L'enjeu est de taille car il s'agit d'assurer la sécurité alimentaire pour un peu plus de 1,2 milliard d'Africains aujourd'hui, de 2,4 milliards en 2050 (INED, 2013), tout en dégagant des surplus pour alimenter le commerce mondial.

Quelle place la communication peut-elle occuper dans cette œuvre multidisciplinaire de transformation de l'agriculture africaine ? Que nous enseigne l'expérience accumulée dans l'exploitation de la communication en soutien au développement en général, à l'agriculture en particulier ? L'article se propose de répondre à ces interrogations, en mettant l'accent sur l'exemple de la Côte d'Ivoire, considérée comme un cas de succès en matière d'agriculture, en dépit de

⁶² Chiji Ojukwu, 2016, Feed Africa. The Road to Agricultural Transformation in Africa, ADB, 26 September 2016

certaines limites : ce pays est en effet devenu le premier producteur mondial de cacao, le deuxième producteur et premier exportateur mondial de noix de cajou, le cinquième producteur mondial d'huile de palme et le premier producteur africain et septième mondial de caoutchouc naturel en quelques décennies. Si la demande nationale est couverte en igname, manioc, banane plantain et maïs, le pays reste très dépendant de l'extérieur pour le riz, l'oignon, le blé et la pomme de terre.⁶³

Nous allons rappeler quelques points majeurs de la communication pour le développement résumer l'expérience ivoirienne en la matière et terminer sur des enseignements de l'expérience et des suggestions pour une meilleure utilisation de la communication pour l'agriculture.

⁶³ Voir Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, BPI/DGPE (France), 2015, Les politiques agricoles à travers le monde : quelques exemples. Côte d'Ivoire

1. La communication pour le développement au service de l'agriculture

Une historicité des concepts liés aux politiques agricoles en Afrique met en relief un certain nombre de syntagmes en vogue à différentes époques, le plus souvent arrimés à des idéologies développementalistes. Il est donc impératif pour le chercheur en SIC d'en indiquer les enjeux sociaux, discursifs et communicationnels (Miège, 2008)⁶⁴.

La communication appliquée au développement de l'agriculture est relativement ancienne. A l'instar de la communication pour le développement en général dont elle fait partie, elle a connu une évolution dans le temps que l'on peut schématiser en deux grandes périodes : une période d'euphorie dans les années 1950 à 1980 suivie d'une période de remise en question et de maturité des années 1980 à ce jour.

Pendant la période d'euphorie, la communication, surtout avec les médias, a été considérée comme un outil « magique » pour accélérer la transformation du monde agricole dans le sens du développement de type occidental, conformément au paradigme diffusionniste (David Lerner, 1956 ; Wilbur Schramm, 1964). La communication était alors essentiellement descendante (approche dite « top-down »), allant de ceux qui détiennent le savoir et le pouvoir (chercheurs, ingénieurs et promoteurs du développement) vers ceux qui sont dans l'ignorance, à savoir les populations bénéficiaires. Ce fut l'âge d'or de la vulgarisation agricole, du développement communautaire de tradition anglosaxonne et de l'animation rurale de tradition française. Ces systèmes sont tous fondés sur la relation directe entre l'agent rural, d'agriculture ou d'élevage et la population paysanne d'une part, l'utilisation des médias comme la radio, la télévision, l'affiche et la presse écrite d'autre part. C'est dans ce contexte qu'Everett Rogers (1962), professeur de sociologie rurale devenu une sommité mondiale de la communication pour le développement, a publié son célèbre ouvrage sur la diffusion des innovations. Après avoir fait la synthèse de 508 études portant sur la diffusion des innovations, notamment agricoles, Rogers a élaboré une théorie de l'adoption des innovations, dans la tradition des études consacrées à l'adoption des semences hybrides, du matériel et des techniques culturelles par les paysans du Midwest américain dans les années 1930-1940.⁶⁵ Par innovation, l'on entend tout produit, idée ou pratique considéré comme nouveau par un individu, une communauté ou une organisation.

La période de remise en question de la toute-puissance des médias puis de maturité a été amorcée à partir du milieu des années 1970, lorsque les promoteurs du développement agricole (les « développeurs ») se sont heurtés aux résistances paysannes et à la lenteur ou l'échec du changement désiré, malgré d'importants et coûteux investissements. La nécessité de prendre en compte les réalités

⁶⁴ Miège Bernard (2008), « L'imposition d'un syntagme : La société de l'information », *Tic & Société*, Vol. 2, n°2. Mis en ligne le 03 avril 2009 : <http://www.ticetsociete.revues.org/467>.

⁶⁵ Rogers E. (1962), *Diffusion of Innovations*, New York, Free Press of Glencoe

socioculturelles des communautés concernées, y compris les structures sociales, les relations de pouvoir et les relations de genre d'une part, les savoirs locaux ou endogènes d'autre part, va alors s'imposer progressivement, en écho à un décentrement des visions de développement (Arthur Lewis, 1967 ; André Frank, 1970 ; Samir Amin, 1973 ; UNESCO, 1994). L'appropriation des programmes et projets agricoles par les populations cibles (les « développés ») et leur participation sont apparues comme une condition *sine qua non* du succès de leur mise en œuvre. *Nolens volens*, cette nouvelle donne va intégrer « l'endogénéité » dans la réflexion des « entrepreneurs du développement ». En effet, plusieurs études ont mis en évidence le fait que les innovations se diffusent mieux lorsqu'elles trouvent un ancrage dans les savoirs locaux et que les personnes visées se sentent parties prenantes actives et non passives.

C'est alors que la communication participative va progressivement s'imposer, de même que l'utilisation des médias dits alternatifs comme la vidéo légère, le théâtre de sensibilisation et le diapo-langage (FAO, 1994 ; Shirley White et al., 1994 ; Guy Bessette et C. Rajasunderam, 1996). Depuis les années 2000, la gamme des médias s'est enrichie avec les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication), en particulier la téléphonie mobile (utilisation des messages SMS pour le conseil agricole et *mobile banking*) et la communication en ligne via Internet (sites web et réseaux sociaux), entraînant une multiplication et une accélération des flux d'informations. Plusieurs programmes et projets agricoles sont configurés autour de cette conception à l'instar des SIM (Systèmes d'information des marchés agricoles).

Compte tenu de ce qui précède, la communication pour le développement est généralement définie comme étant l'utilisation planifiée et organisée des approches, techniques et moyens de communication pour promouvoir le développement dans un milieu donné en faisant circuler l'information appropriée et en suscitant la participation active et consciente de tous les acteurs, bénéficiaires compris, à l'action. Du point de vue opérationnel, elle peut prendre la forme de la communication pour le changement social et comportemental (CCSC) qui est un processus de dialogue et de communication interactif à travers lequel les populations définissent qui elles sont, ce qu'elles veulent et comment elles peuvent l'obtenir. Elle peut aussi prendre la forme de la vulgarisation agricole qui consiste à faire connaître, comprendre et adopter les technologies agricoles par les utilisateurs, à l'aide de méthodes et outils de l'éducation et de la communication, pour améliorer les productions (Qamar, 2007). La « révolution verte » en Asie du Sud dans les années 1960 à 1990 était certes fondée essentiellement sur l'intensification et l'utilisation de variétés de céréales à hauts potentiels de rendements et soutenue par d'importants financements, mais elle était également accompagnée par des efforts de communication, de vulgarisation agricole notamment. Cela a justifié une des recommandations faites aux pays du Sud par le Sommet mondial sur l'alimentation (1996) : « *Améliorer, par l'intermédiaire des instances gouvernementales et non gouvernementales, les services de vulgarisation qui permettent aux agriculteurs de tirer profit des résultats de la*

recherche et des progrès technologiques ». ⁶⁶ Le Sommet avait ajouté ceci : « Une démarche véritablement participative pour l'introduction de systèmes de culture au potentiel plus élevé doit être une condition préalable essentielle. Il s'agit en effet de garantir une participation équitable des groupes par ailleurs vulnérables de la communauté, notamment les jeunes, les personnes âgées et les femmes, aux changements envisagés » (FAO, 1996).

En Europe, les services de vulgarisation agricole ont évolué dans le temps. Ils ont été conçus au départ avec une visée éducative afin de faire bénéficier le monde agricole des bienfaits de l'enseignement dont il était largement privé. Avec le temps, cette formule s'est transformée en une information professionnelle, systématique ou à la demande, nécessitant un personnel de plus en plus spécialisé. Après la fin de la seconde guerre mondiale, les services ont subi une première mutation en raison du développement considérable des moyens d'information agricole avec l'expansion de la radio et de la télévision, de l'introduction de facteurs de production externes dans les exploitations agricoles et de la nécessité pour les agriculteurs de tenir compte des impératifs de marché. La vulgarisation est alors devenue un instrument d'aide à la décision pour l'entreprise agricole, soit une vulgarisation de gestion. La période actuelle laisse présager une nouvelle mutation : en effet, les effectifs de la vulgarisation ont cessé d'augmenter, non pas parce que les pays ont atteint un ratio optimal nombre de vulgarisateurs/nombre d'exploitants agricoles, mais plutôt en raison de l'insuffisance des ressources allouées par les pouvoirs publics à ces services.

Les politiques agricoles en Afrique ont été caractérisées par des interventions s'apparentant au développement communautaire, à caractère local, et à l'animation rurale, plus centralisée. Depuis les années 1990, elles se font sous la houlette du partenariat public/privé dans un contexte international marqué par les contraintes budgétaires, la libéralisation et la mondialisation des économies et l'expansion des TIC. Les prescriptions du Fonds Monétaire International aux pays africains dans les années 1980-90 ont conduit à la disparition ou la réduction drastique de l'encadrement rural et de la vulgarisation agricole. L'approche participative s'est substituée au paradigme diffusionniste et éducatif. L'appropriation des projets et programmes agricoles par les populations cibles est devenue une condition *sine qua non* de leur pérennisation et leur participation une conditionnalité des bailleurs de fonds internationaux comme la Banque mondiale et l'Union européenne. ⁶⁷ En filigrane, il s'agissait d'inciter les populations concernées à « prendre en main » leur avenir. ⁶⁸ Dans un tel contexte, les outils de communication de proximité ont été les plus mobilisés : « (...) ces outils s'adaptent

⁶⁶ FAO, Sommet mondial de 'alimentation, 13-17 novembre 1996, Documents d'information technique, 6. Les leçons de la révolution verte – vers une nouvelle révolution verte. Voir : <http://www.fao.org/docrep/003/w2612f/w2612f06.htm>

⁶⁷ Frédéric le Marcis, 2003, « Le développement à l'épreuve des systèmes locaux de relation. Conflits et pouvoirs autour de la construction d'une maternité dans le Maasina (Mali), In *Cahiers d'études africaines*, XLIII, 171, pp.629-656.

⁶⁸ Op.cit, p.640

parfaitement aux processus de la communication interpersonnelle et de la communication de groupe. »⁶⁹

2. Brève évolution des politiques agricoles en Côte d'Ivoire depuis l'indépendance

La Côte d'Ivoire avait connu avant son accession à la souveraineté nationale en 1960 des politiques agricoles s'inscrivant dans le paradigme diffusionniste. Ainsi, l'administration coloniale avait créé en 1958 le Centre National de la Coopérative et de la Mutualité Agricole (CNCMA), avec pour objectifs le développement du mouvement coopératif et l'assistance technique nécessaire aux coopératives et aux mutuelles agréées⁷⁰. Pour ce faire, un réseau de Centres de Coordination et de Coopération Agricole (CCCA) avait été mis en place à travers tout le pays.

Sous l'impulsion de Félix Houphouët-Boigny, premier président de la République, le slogan suivant était à l'honneur : « *Le succès de ce pays repose sur l'agriculture* ». A cet effet, plusieurs structures de développement agricole furent mises en place : il s'agit notamment de la Société de Développement du Palmier (SODEPALM) active dans le sud du pays, de la Société d'Assistance Technique pour la Modernisation de l'Agriculture en Côte d'Ivoire (SATMACI), de la Compagnie Ivoirienne de Développement Textile (CIDT) dans la moitié nord du pays, de la Société pour le Développement des Productions Animales (SODEPRA), de la Société de Développement du Riz (SODERIZ) et de l'ONPR (Office National de Promotion Rurale) pour l'animation rurale. En raison des contraintes de rationalisation budgétaire, de réduction de la duplication des actions et de la faible implication des organisations professionnelles paysannes, les structures existantes ont été dissoutes et remplacées par une seule agence d'encadrement du monde paysan : l'ANADER (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural) créée le 29 septembre 1993, à la faveur de la mise en œuvre du Programme National d'Appui aux Services Agricoles (PNASA) issu du Programme d'Ajustement Structurel. Au cours de la même période, les paysans ont été organisés, d'abord en Groupement à Vocation Coopérative (GVC) dont le rôle était l'éducation des paysans en vue d'une bonne maîtrise des étapes de la production et des circuits de commercialisation, puis en coopératives à part entière (loi n°97-721 du 23 décembre 1997).

Du point de vue de la communication, si la télévision a marqué la conscience collective des Ivoiriens avec l'expérience de l'éducation télévisuelle des années 1970 et le magazine « *Télé pour Tous* », il convient de souligner l'apport de la radio à la communication pour le développement rural dès les années 1960, avec l'OCORA (Office de Coopération Radiophonique), qui a formé des équipes locales de production de programmes éducatifs radiophoniques. Dans ce cadre, une

⁶⁹ J-Y Clavreul, J-P Ilboudo, 1988, cité dans « *La situation de la communication pour le développement au Burkina Faso Tome 1*, 2001, Rome, FAO, p.71.

campagne radiophonique a été lancée en 1965 autour de cinq objectifs⁷¹ : i) informer le monde rural de ce qu'on fait pour lui, d'une façon vivante ; ii) informer le reste du pays des problèmes et des besoins du monde rural, et lui faire saisir la position-clé que détiennent les paysans dans l'essor de la nation ; iii) convaincre le paysan de la dignité de son état et de l'estime dans laquelle on le tient, en lui donnant la parole et en faisant connaître son patrimoine culturel en même temps que ses efforts pour s'insérer dans la vie moderne ; iv) présenter des consignes éducatives d'une façon aussi attrayante que les slogans publicitaires ; v) tirer parti d'une technique éprouvée pour obtenir des démonstrations collectives : le jeu.

Pour atteindre ces cinq objectifs, trois types de programmes ont été utilisés : i) un magazine hebdomadaire d'information rurale « *La terre au soleil* » lancé en janvier 1966 ; il donnait la parole aux paysans ; ii) des microprogrammes éducatifs sous la forme de slogans, de témoignages exemplaires ou de contes brefs, réalisés autour de thématiques proposées par les différents ministères ; traduits dans 10 langues locales, ils ont été diffusés 20 fois par jour sur la chaîne nationale, à partir de mai 1966.⁷² Le troisième programme se présentait sous la forme d'un concours, « *La Coupe nationale du Progrès* », dont l'objectif était d'aider plus directement les cultivateurs à mieux vivre, à devenir de vrais citoyens du vingtième siècle. De plus, la radio diffusait à l'époque, trois fois par semaine, des émissions didactiques de 15 minutes. Sur 156 émissions définies par une commission interministérielle, 45 étaient consacrées à l'agriculture.⁷³

Dans ce cadre d'utilisation massive des médias, on ne peut pas ne pas évoquer l'Opération riz lancée en 1966, avec pour objectif de passer de 230.000 T de riz en 1966 à 430.000 T en 1970. Elle a été mise en œuvre par une commission comprenant quatre ministères (Agriculture, Information, Jeunesse et Forces armées) et des directions d'administration centrale (Enseignement agricole, RTI, SATMACI et OCORA). 32 films d'information et d'éducation ont été produits et diffusés deux fois par semaine avant la campagne agricole de 1967. Ces films étaient reçus dans les villages à l'aide de postes de télévision alimentés par des groupes électrogènes et commentés par les encadreurs agricoles de la SATMACI. Les résultats obtenus ont été convaincants : la production de riz a atteint 335.640 tonnes ; la RTI a reçu le Prix du Japon 1967 ; l'OCORA a été sollicité pour conduire des opérations similaires au Dahomey, au Mali, en Mauritanie, au Sénégal et au Tchad (Hugues Koné, 1989, pp. 412-413).

Kouamé Kan (2017), après avoir analysé la contribution de la communication à la production de l'anacarde en Côte d'Ivoire dont la production a connu un bond spectaculaire, avec des quantités commercialisées passées de 167.000 T en 2005 à 702.000 T en 2015, a conclu que le succès de cette communication est mitigé

⁷¹ Ministère de l'Information, *La coupe nationale du progrès*, Abidjan, Imprimerie nationale. Fasc. 1, 25 mars 1967, p. 9

⁷² Op.cit, p.10

⁷³ Ministère de l'Information, Ibid., pp.12-13

car même si l'engouement des paysans pour l'anacarde s'est accru, la culture est demeurée extensive et l'itinéraire technique préconisé a été peu suivi par les agriculteurs. Parmi les raisons avancées, on note que : i) les actions de communication ont été mal conçues, mal coordonnées, peu intensives et basées sur des moyens de communication peu adaptés à la majorité des paysans, à l'image des supports imprimés, alors que ceux-ci ont exprimé leur préférence pour un encadrement rapproché et personnalisé ; ii) la persistance des habitudes socioculturelles liées à la culture extensive (l'anacarde étant d'ailleurs perçue par les paysans comme le cacao des zones de savane) ; iii) le coût (en termes financier et de temps) du changement jugé prohibitif par certains paysans ; iv) l'absence ou la faiblesse de la prise en compte du vécu, des savoirs et de l'expérience des paysans ; v) la faible implication des planteurs dans la prise de décision au sein des organisations coopératives.

Dans le domaine des TIC, l'expérience de l'ANADER est prometteuse : en effet, elle a mis en place en 2013 un système de vulgarisation électronique par téléphone qui permet l'accès aux conseils et à l'information agricoles via un serveur vocal à réponse interactive, un laboratoire électronique, un centre d'appels et un réseau d'experts. Le système qui s'étend à tout le pays depuis 2016, opère dans 7 langues locales, outre le français, et couvre les cultures vivrières et l'élevage. Il vise à : (i) collecter des informations des exploitations agricoles tels que les prix des produits et les maladies ; (ii) produire des statistiques agricoles ; (iii) diffuser et gérer des alertes et des messages techniques aux producteurs, les informer et les sensibiliser sur des thèmes comme le changement climatique. L'impact attendu est de toucher un plus grand nombre de personnes en temps réel, d'améliorer la productivité agricole et l'accès au marché et enfin de promouvoir des technologies propres pour un développement durable. On peut également mentionner l'expérience de l'ONG RONGEAD qui, après avoir expérimenté avec succès un service d'information et de conseil pour les producteurs d'anacarde en Côte d'Ivoire, *NKalo* (« je sais », « je comprends » ou « je suis au courant » en dioula), l'a étendu à six autres pays (Burkina Faso, Mali, Tchad, Sénégal, Gambie et Soudan). *Nkalo* offre trois services : (i) un bulletin d'information *via* le courrier électronique qui s'adresse aux paysans individuels, aux commerçants et aux organisations agricoles ; (ii) un service de SMS qui fournit des conseils pratiques aux producteurs, aux transformateurs locaux et aux petits négociants ; (iii) le conseil par téléphone.

3. Enseignements tirés et perspectives

L'expérience accumulée en Afrique et dans le reste du monde dans la communication pour le développement de l'agriculture autorise plusieurs enseignements et ouvre des perspectives pour la transformation de l'agriculture africaine, ainsi que pour les universités africaines. Dans les limites de cette étude, nous en avons retenu quelques-uns.

i) La communication pour le développement agricole en Afrique doit s'appuyer sur la communication stratégique. Il faut donc prévoir une stratégie de communication intégrée pour accompagner la conception et la mise en œuvre de tout programme

ou entreprise agricole. Cette stratégie sera fondée sur des recherches de base, nourrie par la recherche opérationnelle en cours de mise en œuvre et faire l'objet d'une évaluation scientifique selon les phases. Elle s'appuiera sur les forces des différentes approches (vulgarisation agricole, développement communautaire, animation rurale, marketing-mix, CCSC, etc.). Au-delà de la communication, il faut penser à renforcer l'alphabétisation et la scolarisation en milieu paysan pour accroître les capacités d'accès et l'ouverture d'esprit aux progrès technologiques dans l'agriculture.

ii) Il convient de privilégier la communication participative authentique indispensable pour renforcer la confiance, le dialogue et le partenariat entre les différentes parties prenantes du monde agricole. C'est le moyen le plus efficace pour tirer profit des savoirs locaux et lever bien de barrières culturelles. Le Sommet mondial sur l'alimentation (1996) insistait déjà sur la nécessité de la démarche participative (voir plus haut). On peut ajouter que les raisons du faible taux de transfert réussi des technologies agricoles développées par le Centre National de la Recherche Agricole (CNRA) ivoirien dans le monde agricole - en moyenne une technologie sur cinq - sont, entre autres : (a) l'information sur les technologies disponibles est peu diffusée et dispersée ; (b) les filières où les échanges entre les chercheurs et les organisations paysannes sont les plus intenses sont celles qui ont le taux d'adoption le plus élevé (palmier à huile, hévéa et coton) ; (c) les technologies développées ne sont pas celles que les paysans attendent le plus. (Yékéminan Koné, 2009).

iii) L'utilisation des TIC est à encourager grâce à l'amélioration de l'accès, la formation des acteurs, y compris les bénéficiaires ultimes, ainsi que l'exploitation d'applications pertinentes, inspirée des bonnes pratiques ou des pratiques prometteuses comme *Nkalo*. En effet, selon Michaël Hailu, Directeur du CTA (Centre technique de coopération agricole et rurale) :

"Farmers are promoting their products on Facebook; extension services are using social media to reach out to their clients; and NGOs are using a range of social media tools to mount advocacy campaigns aimed at influencing policymakers. Researchers are using online collaboration tools to work on joint publications and young bloggers are using new skills to tag and disseminate online content" (Richardson, 2015, p. 4)⁷⁴.

iv) La formation en communication pour le développement doit être intégrée dans le curriculum des écoles d'agronomie et d'agriculture (formation initiale des professionnels de l'agriculture) ainsi que dans la formation continue si cela n'a pas encore été fait. C'était déjà le cas à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques de l'Université d'Antananarivo dans les années 1980. Dans la même veine, il faut former une masse critique de communicateurs sur les

⁷⁴ « Les paysans font la promotion de leurs produits sur Facebook, les services d'encadrement utilisent les réseaux sociaux pour atteindre leurs clients et les ONG utilisent une gamme d'outils des réseaux sociaux pour monter des campagnes de plaidoyer destinées à influencer les décideurs politiques. Les chercheurs utilisent des outils de collaboration en ligne pour travailler sur des publications conjointes et les jeunes bloggeurs utilisent de nouvelles compétences pour étiqueter et diffuser des contenus en ligne. » (Traduction)

questions agricoles (journalistes, communicateurs pour le développement, etc.). Le Programme régional de formation en communication participative pour le développement exécuté dans les années 1990 par la FAO et le Center for Communication for Development de la SADC (Southern African Development Community) à Harare, constitue un exemple. On peut aussi citer le CESP (Centre des services de production audiovisuelle) mis en place à Bamako au milieu des années 1990, avec l'appui de la FAO. Enfin les départements de communication des universités africaines devraient renforcer la formation et la recherche en communication agricole, à l'instar de la *School of Journalism and Mass Communication* de l'University of Iowa qui offre un Master interdisciplinaire en *Development Support Communication* (Communication en appui à l'agriculture) depuis 1982, ou du *Department of Communication* de Cornell University, mondialement réputés.

vi) L'évaluation et la documentation des expériences en communication agricole doivent être systématisées afin de faire ressortir et partager les bonnes pratiques susceptibles d'être adaptées ou répliquées, ainsi que les mauvaises pratiques qu'il faut éviter de reproduire. Les universités, du fait de leur rigueur scientifique et de leur autonomie de pensée, sont bien placées pour être le fer de lance de ces opérations de documentation des expériences.

vii) Les savoirs locaux constituent la *base* du processus de décision locale dans des domaines tels que l'agriculture, la santé, la gestion des ressources naturelles. Pour lutter contre les contraintes sociologiques et les échecs dans le transfert des technologies en direction des paysans, il faut « *construire de nouveaux concepts, méthodes et pratiques technologiques ; un savoir nouveau, fondé sur la confrontation et la coopération entre les connaissances empiriques accumulées par les petits producteurs et le savoir scientifique des techniciens et des chercheurs.* » (Prady, 1992, p. 2).⁷⁵ Dans le même ordre d'idée, la Conférence sur le savoir mondial tenue en juin 1997 à Toronto, a souligné combien il était urgent d'apprendre, de préserver et d'échanger les savoirs locaux (Banque mondiale, *Les savoirs locaux*, sans date, p. 4).

La transformation de l'agriculture africaine ne sera pas possible sans l'intervention des chercheurs de disciplines diverses, allant des sciences agronomiques aux sciences de l'information et de la communication. La communication reste un liant nécessaire dans le processus de transformation dans lequel l'homme est au centre, comme moteur, acteur, créateur, consommateur et bénéficiaire. Les universités doivent prendre toute leur place dans ce processus de transformation vital pour le continent.

Références Bibliographiques

Bessette G., Rajasunderam C.V. (1996), *La communication participative pour le développement*, Ottawa, CRDI

⁷⁵ Cité par Kouamé Kan, 2009 : 45

- Charmes J. (1975), « Théorie et pratique de la vulgarisation agricole », *Cahiers de l'ORSTOM*, série Sciences Humaines, vol. XII, no 3, 1975 : 249-258
- FAO (2007), *Moderniser les systèmes nationaux de vulgarisation agricole : guide pratique à l'intention des décideurs politiques des pays en développement*, Rome, FAO
- FAO (1994), *Approche participative, communication et gestion des ressources forestières en Afrique sahélienne*, Rome, FAO
- Houé Paul (1977), L'animation du développement en milieu rural : un nouveau pouvoir, *Etudes rurales*, 1977, N°65, pp 129-137
- Koné Hugues (1989), *La dynamique des médias dans les sociétés en mutation : le cas de la Côte d'Ivoire*, Université Strasbourg I (Thèse de doctorat d'Etat)
- Koné Y. Anatole (2008), *Communication pour le transfert de technologies agricoles en Côte d'Ivoire*, Abidjan, Université de Cocody (Thèse de doctorat)
- Kouakou Kan Samuel (2017), *Communication et production de l'anacarde en Côte d'Ivoire*, Abidjan, UFHB (Thèse de doctorat)
- Marcelin M. (1974), « Tendances de la vulgarisation dans les pays européens », *Economie rurale*, 1974, pp 39-42.
- Meister Albert (1970), « Développement communautaire et animation rurale en Afrique », *L'Homme et la société*, Année 18, n° 1, pp 129-145.
- Richardson D. (2007), *Les TIC transforment-elles la vulgarisation agricole ?* Sixième Réunion consultative d'experts de l'Observatoire du CTA sur les TIC, TeleCommons Development Group, Waneningen, CTA Working Document Number 8035
- Rogers E., Shoemaker F., (2003), *Communication of Innovations*, New York, Free Press
- White S. A. et al., (1994), *Participatory Communication*, London: Sage Publications

Communication N°23: Effets des perturbations anthropiques et du couvert ligneux sur la production de la strate herbacée suivant le Gradient Climatique au Mali

Siriki FANE¹, Fadiala DEMBELE², Moussa KAREMBE³ et Hanan NIALI⁴

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de recherché Appliquée de Katibougou, BP 06 Koulikoro Mali

²Institut Polytechnique Rural de Formation et de recherché Appliquée de Katibougou, BP 06 Koulikoro Mali

³Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako, BP : E 3206 Bamako Mali

⁴Geographic Information Science Center of Excellence, South Dakota State University Brookings, SD 57007 USA

Tél. : (+223) 66 59 09 05 ; Email: faneki08@gmail.com

Résumé

La présente étude contribue à l'amélioration de la connaissance sur la cohabitation des strates ligneuse et herbacée des formations savaniques en fonction des perturbations anthropiques au Mali. Pour ce faire, un dispositif expérimental a été installé suivant le gradient bioclimatique qui abrite les savanes au Mali. Il s'agit du Sahélien- sud, du Soudanien-nord, du Soudanien-sud et du Guinéen-nord. Les facteurs anthropiques étudiés sont le feu et la pâture avec deux niveaux de variation chacun soit, 4 traitements avec 4 répétitions chacun soit, 16 parcelles élémentaires. Dans chaque parcelle élémentaire il a été estimé les recouvrements de la strate ligneuse et herbacée et la production de la biomasse herbacée. La production et la structure de la strate herbacée sont corrélées avec le couvert ligneux et varient en fonction des pratiques de feu et de pâture. Dans les formations savaniques du Mali, suivant le gradient bioclimatique la production moyenne de la biomasse herbacée a été évaluée à 1,0939 t/ha sous couvert arbres. Cette production moyenne est supérieure à celle évaluée hors couvert arbres (0,9997 t/ha) sous la perturbation du feu et de la pâture. La production de biomasse herbacée est bien corrélée avec le gradient climatique et varie en fonction du couvert ligneux. Elle est plus importante dans les bioclimats aux précipitations élevées hors couvert arbre que sous couvert arbre. Le recouvrement de la strate herbacée varie suivant le gradient climatique, la densité et le couvert ligneux sous les pratiques de feu et de pâture.

Un suivi à long terme de cette expérimentation est nécessaire pour mieux comprendre le fonctionnement des formations savaniques du Mali dans le contexte de la variabilité climatique et de développement durable.

Mots clés : Végétation, strate, feu, pâture, gradient climatique, savane, Mali.

1. Introduction

Pays continental de l'Afrique de l'Ouest, situé entre les 10° et 25° de latitude Nord et entre 4° de longitude Est et 12° de longitude Ouest, le Mali couvre une superficie de 1 241 238 km². Les deux tiers de sa superficie sont occupés par les zones arides (MEATEU, 2000). Cette situation fait du Mali un pays sahélien et justifie en conséquence son intégration au sein du Comité Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) (Dembélé et al. 2004). Les ressources biologiques, notamment végétales, occupent une place très importante dans la survie des populations Maliennes. Ces dernières tirent l'essentiel de leurs besoins de subsistance de ces ressources.

Les formations végétales savanicoles sont sous l'influence de plusieurs perturbations anthropiques dont les feux de brousse qui déciment annuellement des milliers d'hectare (Dembélé, 1996 ; Le Floc'h et al, 2000 ; Fané et al, 2012). La superficie brûlée chaque année, entre septembre et mars, se chiffre à environ 9 191 400 ha selon une évaluation réalisée à partir des images SPOT de 1987 à 1990 (MEA, 2006). Cette superficie brûlée varie en fonction des zones bioclimatiques. Selon la FAO (2000), la couverture végétale au Mali diminue en moyenne de 100 000 ha par an. En plus du feu, ces écosystèmes subissent les effets d'un système d'élevage extensif et de prestige (Karembé et al, 2014 ; Oss, 2006 ; Karembé, 2001). Ainsi, la survie des écosystèmes savanicoles est fonction de leur capacité d'adaptation et de résilience aux effets des différents facteurs écologiques (Godron, 1983 ; Maïga, 1999 ; Floret et Pontanier, 2000).

Vu l'importance socio-économique des ressources végétales dans la vie de nos populations et les agressions anthropiques et climatiques auxquelles elles sont soumises, il est nécessaire de cerner leur fonctionnement afin de mieux les gérer. C'est dans ce cadre qu'il a été initié la présente étude qui a pour objectif d'évaluer l'effet des perturbations anthropiques (feu et pâture) et du couvert ligneux sur la structure et la production de la strate herbacée suivant le gradient climatique au Mali.

2. Matériel et méthodes

2.1. Choix des sites d'expérimentations

Pour mieux cerner l'effet combiné du feu et du pâturage sur la dynamique des écosystèmes de savane au Mali, il a été tenu compte du facteur climat d'une part et de la durée de l'expérimentation (observations à moyen et long terme) d'autre part. Pour ce faire, il a été choisi un axe, le long du gradient climatique au Mali. Cet axe va du bioclimat guinéen Nord au Sahélien en passant par le Soudanien. Au total, il a été choisi cinq (05) sites, répartis comme il suit : deux sites dans le bioclimat Guinéen Nord, deux sites dans le bioclimat Soudanien et un site dans le Sahélien. Les sites dans le Guinéen Nord sont situés dans les forêts classées de Kobani avec 3696 ha (dans le cercle de Kolondiéba) et Kékoro (dans le cercle de Bougouni). Les sites du Soudanien sont localisés respectivement dans la réserve

de la boucle de Baoulé, forêts classées de Bossofala avec 12000 ha, dans le terroir villageois de Négouéla (cercle de Kati) et dans la zone pastorale de Lakamané (cercle de Diéma). Le seul site du Sahélien est situé dans la zone pastorale de Korokodio (cercle de Nioro).

Méthodes de recherche

Le dispositif expérimental adopté a été du type bloc de fichier raisonné avec quatre (4) répétitions. Deux facteurs (feu et pâture) avec deux modalités par facteur (feu=f, sans feu=F et avec pâture=h, sans pâture=H). Chacune de ces variations a fait l'objet d'étude sur chaque site d'expérimentation (figure 5). La combinaison factorielle entre les modalités des facteurs étudiés ont constitué les traitements soit 16 parcelles unitaires.

Dans chaque site expérimental, 16 parcelles unitaires ont été retenues. La surface d'une parcelle unitaire est de 2500 m², soit 50 m X 50 m. La superficie totale d'un dispositif sur chaque site est de 4 ha dont 2ha clôturés et 2ha non clôturés.

2.2.1. Évaluation de l'effet des perturbations anthropiques (feu et pâture) et du couvert ligneux sur la structure de la strate herbacée dans les sites d'études

La caractérisation de la structure de la végétation a consisté à évaluer les recouvrements des différentes strates végétales rencontrées dans chaque unité expérimentale. Le recouvrement est en fait le rapport de la surface couverte par une strate considérée sur la surface totale de la parcelle échantillon. Ainsi, nous avons estimé : le recouvrement global de la végétation (RG), le recouvrement de la végétation ligneuse (RL), le recouvrement de la strate herbacée (RH), le recouvrement de la strate arborée (RSA), le recouvrement de la strate arbustive (RSar), le recouvrement de la strate basse ligneuse (RSBL), le recouvrement de la litière et le recouvrement du sol nu. Ces évaluations (diachroniques) ont été faites dans chaque parcelle unitaire de chaque site de la zone d'étude.

2.2.2. Évaluation de l'effet des perturbations anthropiques (feu et pâture) et du couvert ligneux sur la production de la strate herbacée dans les sites d'étude

Dans chaque parcelle élémentaire de chaque site d'expérimentation, la production de biomasse a été évaluée sous et hors arbre afin de déterminer l'effet du couvert ligneux. Pour ce faire, il a été choisi trois échantillons sous arbres et trois échantillons hors arbres dans chaque parcelle unitaire. Le nombre d'échantillons par site a été de 96 soit 48 sous arbres et 48 hors arbres. Au total, il a été prélevé 480 échantillons sur l'ensemble des sites d'expérimentation. La superficie de chaque échantillon ou plot est de 1/4m², à l'intérieur du quel toute la biomasse a été coupée et pesée à l'état frais avec une balance électronique de 2mg de marge d'erreur. Pour déterminer le poids sec de la biomasse, le taux de 10% a été appliqué au poids frais (Karembé, 2001).

2.2.3. Traitement des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide du logiciel Excel Office 2007. Pour l'analyse des données statistiques, le teste de Newman et de Keuls a été appliqué avec le logiciel R. Des graphiques et des tableaux ont été utilisés pour la présentation des résultats.

3. Résultats et discussion

3.1. Effet de la strate ligneuse sur le recouvrement de la strate herbacée suivant le gradient climatique

Le recouvrement de la strate herbacée a varié contrairement à celui de la strate ligneuse suivant le gradient climatique (figure 1). Pendant que le recouvrement de la strate ligneuse diminue du Soudanien Sud (Nèguela) au Sahélien Sud (korokojo) en passant par le soudanien Nord (Lakamané) celui de la strate herbacée augmente. Des tendances similaires avaient été rapportées par Mama (2011), Sanogo (2010) et Dembélé et al (2009). L'augmentation du recouvrement de la strate ligneuse dans le Guinée Nord (Tiendaga & Tiorola) correspond à une diminution du recouvrement de la strate herbacée dans cette zone bioclimatique. Cette variation contraire s'explique par la distribution, la densité et la structure de la strate ligneuse suivant le gradient climatique. Ces résultats corroborent ceux rapportant que L'effet couvert apparaît lié à l'ombrage, qui crée des conditions écologiques particulières (Akpo et al., 1997b).

Dans les zones les moins pluvieuses, la distribution des espèces ligneuses est plus espacée, moins dense avec l'absence pressentie des grands arbres que dans les zones avec pluviométrie importante. En outre il apparaît aussi un plus grand niveau d'organisation de la végétation des biotopes sous arbre; ils présentent des indices de régularité plus élevés (Maegalef, 1958, *in* Legendre et Legendre, 1984). Par conséquent plus le couvert ligneux diminue plus les herbacées se développent mieux (zones moins arrosées) et plus le couvert ligneux est important plus le développement des espèces herbacées est inhibé (zones plus arrosées).

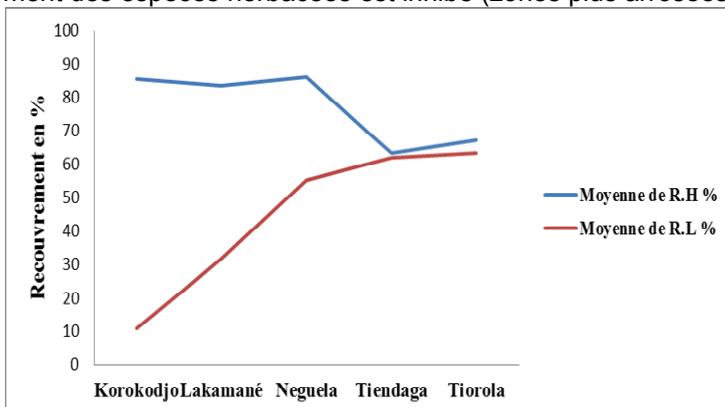


Figure 10 : Effet du couvert ligneux sur le recouvrement de la strate herbacée suivant le gradient climatique.

3.2. Effet des perturbations anthropiques (feu et pâture) sur le recouvrement de la strate herbacée suivant le gradient climatique

Le tableau 1 présente le recouvrement moyen de la strate herbacée en fonction des traitements dans les différents sites d'expérimentation.

Tableau 1 : Influence de la pratique de feu et de pâturage sur le recouvrement de la strate herbacée dans les cinq sites d'expérimentation

Traitements	Korokodio	Lakamane	Nèguela	Tiorola	Tiendaga
FH	80c	75bc	85ab	62,5a	50a
Fh	95a	81,25b	88,75ab	76,25a	67,5a
fH	78,75c	87,5ab	80b	60a	57,5a
fh	87,5b	90a	90a	70a	77,5a
Moyenne	85,31	0,0008	0,0258	0,6957	0,184
Signification	HS	HS	S	NS	NS

Légende : Chaque valeur de traitement et indice représente la moyenne pour 4 parcelles unitaires ; FH : unité parcellaire soumise au feu et au pâturage ; Fh : unité parcellaire soumise au feu sans pâturage ; fH : unité parcellaire sans feu soumise pâturage ; fh : unité parcellaire sans feu et sans pâturage. HS : hautement significatif ; S : significatif ; NS : non significatif. Dans une même colonne les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes entre elles au seuil de 5 % pour le test de Newman et Keuls.

Les résultats d'analyse de variance de Newman et Keuls au seuil de 5% ont montré une différence hautement significative (HS) entre les traitements pour les recouvrements de la strate herbacée dans les sites de Korokodio et Lakamané, significative (S) dans le site de Nèguela et non significative (NS) dans les sites de Tiorola et Tiendaga. Dans le site de Korokodio le recouvrement de la strate herbacée est plus lié à la pâture qu'au feu. Il est plus élevé sur les parcelles non pâturées (groupe a et b) que dans les parcelles pâturées (groupe c) sans distinction du type de feu. Malgré le résultats non significatifs dans les sites de Tiorola et Tiendaga c'est le même constat en terme de recouvrement de la strate herbacée par rapport à la pratique de pâture qui est plus élevé dans les parcelles non pâturées que dans celles pâturées quelques soit la pratique de feu. Ces résultats confirment ceux rapportés par Dembélé (1996) qui, après une étude diachronique des pratiques de feu, souligne que les jeunes jachères non pâturées et non brûlées conservent une quantité importante de biomasse.

Dans le site de Lakamané, le recouvrement de la strate herbacée est plus lié à la pratique du feu qu'à la pâture. Il est plus élevé dans les parcelles non brûlées (groupes a et ab) que dans celles brûlées (groupes b et c) sans distinction du type de pâture. L'effet stimulant de la pratique de feu sur les ligneux des zones semi arides a été souligné par Dembélé (1996) ; Donfack (1998) et Hill et Hanan (2011). Pour celui de Nèguela, l'analyse de variance dégage trois groupes homogènes (a, ab et b). Le groupe (a), plus performant, est formé de parcelles non pâturées et non brûlées (fh). Le taux moyen de recouvrement dans les parcelles de ce groupe

est plus élevé que les autres parcelles. Elles sont suivies des parcelles non pâturées et brûlées (Fh). Il ressort de cette analyse que c'est l'effet protection qui se révèle favorable au couvert que celui du feu.

3.3. Effet du couvert ligneux sur la production de la biomasse herbacée sèche suivant le gradient climatique

La production de la biomasse herbacée sous le couvert des arbres est variée suivant le climat. Elle est plus importante dans les bioclimats Soudanien et Sahélien Sud que dans le bioclimat Guinéen Nord. La plupart des variations relevées dans la production herbacée s'expliquent par une combinaison de couverture ligneuse et de surface d'érosion (Wilson et al. 1988). Le couvert ligneux favorise la production de la strate herbacée dans les zones du bioclimat Soudanien et Sahélien Sud. L'arbre améliore la production des herbacées dans le sahel (AKPO, 1998 ; Treydte et al, 2007). Alors qu'il défavorise la production de la strate herbacée dans le bioclimat Guinée Nord.

La quantité de biomasse herbacée sous arbre est plus élevée dans le bioclimat sahélien Sud (1,3068 t/ha), Soudanien Nord (1,3230 t/ha) et Soudanien Sud (1,4808 t/ha) que dans le bioclimat Guinéen Nord Tiorola (0,6440 t/ha) et Tiendaga (0,7876 t/ha). En outre, Les travaux d'Akpo (1996) au Nord-Sénégal ont montré que dans les milieux caractérisés par un couvert ligneux relativement faible, de l'ordre de 30 %, l'effet de l'arbre est remarquable sur la strate herbacée.

La production de la biomasse herbacée hors arbre a varié suivant le gradient climatique et en fonction du couvert ligneux. Elle est plus importante dans les zones les plus arrosées le Guinéen Nord, Tiorola (1,0294 t/ha), Tiendaga (1,2209 t/ha) et soudanien sud (Nèguela 1,1093 t/ha) que dans les zones les moins arrosées, le Sahélien (0,7767 t/ha), et Soudanien, Lakamané (0,8625 t/ha). Ces résultats confirment ceux obtenus au Zimbabwe (Kennard et Walker 1973) ont indiqué que la biomasse herbacée totale a été de 4,5 t ha⁻¹ dans une situation de couvert ouvert (faible densité de peuplement), les valeurs étant bien inférieures pour un couvert fermé (2,8 t ha⁻¹) ou dans un herbage ouvert (3,0 t ha⁻¹).

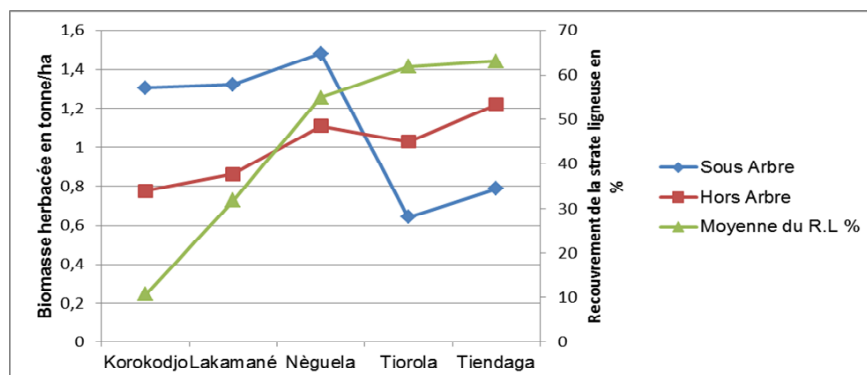


Figure 11 : Effet du couvert ligneux sur la production de la biomasse herbacée sous et hors arbre suivant le gradient climatique

Les arbres de la zone Guinéenne défavorise le développement des herbacées. L'effet favorable de l'arbre sur la production de phytomasse (biomasse) herbacée diminue des zones semi arides vers celles humides (AKPO, 1998). Dans cette zone, les arbres sont plus développés et affectent négativement la production de biomasse herbacée, et cela à cause de la compétition pour la lumière. Des résultats similaires ont été observés par AMEVOR et al, (2011). Dans les formations savanicoles du Mali et suivant le gradient climatique, plus le recouvrement de la strate ligneuse augmente plus la production de la biomasse herbacée fraîche hors couvert arbre est importante.

3.4. Effet des perturbations anthropiques (feu & pâture) sur la production de la biomasse herbacée sèche suivant le gradient climatique

3.4.1. Variation de la production de la biomasse sèche herbacée sous arbre des sites en fonction des traitements

Tableau 2 : Production de biomasse herbacée sous arbre suivant le gradient climatique

Traitements	Korokodjo	Lakamane	Nèguela	Tiorola	Tiendaga
FH	0,9266b	1,1633b	1,3490a	0,3999b	0,5143a
Fh	1,6753a	1,6130a	1,4730a	1,0236ab	0,8633a
fH	1,0093b	1,0226b	1,5240a	0,3983b	0,5490a
fh	1,6160a	1,4933a	1,5773a	1,3286a	0,6493a
Probabilité	0.003846	0,05	0,76	0	0,09
Signification	HS	S	NS	HS	NS

Légende : Chaque valeur de traitement et indice représente la moyenne pour 4 parcelles unitaires ; FH : unité parcellaire soumise au feu et au pâturage ; Fh : unité parcellaire soumise au feu sans pâturage ; fH : unité parcellaire sans feu soumise pâturage ; fh : unité parcellaire sans feu et sans pâturage. HS : hautement significatif ; S : significatif ; NS : non significatif. Dans une même colonne les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes entre elles au seuil de 5 % pour le test de Newman et Keuls.

Il ressort des résultats de l'analyse de variance des données, qu'il y a une différence hautement significative entre les traitements des sites de Korokodjo dans le Sahel et de Tiorola dans le Guinée Nord (tableau 1). Pour le site de Lakamane dans le soudanien Nord, cette différence n'est que significative entre les traitements. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% a permis d'obtenir deux groupes homogènes (a et b) pour le site de Korokodjo et celui de Lakamane. Ce sont les traitements non pâturés (Fh et fh) qui sont plus productifs que ceux pâturés (FH et fH) et cela sans distinction de la pratique de feu. Les premiers forment le groupe a et les seconds le groupe b. Toutefois, la pâturée modérée est nécessaire pour conserver la richesse floristique et la biomasse optimale dans les zones soudano sahéliennes (Dembélé, 1996 et Karembé, 2001).

Au niveau de Tiorola, le test de Newman et Keuls a permis de dégager trois groupes homogènes (a, ab et b). Ce sont toujours les traitements non pâturés (fh

et Fh) qui se révèlent plus productifs et forment respectivement le groupe (a) et le groupe (ab). Les traitements soumis à la pâture, quel que soit le niveau de variation du feu, forment le groupe (b) avec une moyenne inférieure à celle de la moyenne générale (Dembélé 1996).

Quant aux sites de Néguela et de Tiendaga, l'analyse de variance a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements ; par conséquent, le test de Newman et Keuls n'a permis de révéler qu'un seul groupe homogène (a). Cela pourrait s'expliquer par le fait que le site de Néguela était récemment installé et celui de Tiendaga par l'application du traitement par les gardiens (gestionnaire de proximité du site).

3.5. Conclusion

Les résultats obtenus au terme de la présente étude sont riches en informations. Ils ont permis de comprendre partiellement l'effet des perturbations anthropiques (feu et pâture) et le couvert ligneux sur le recouvrement et la production de la strate herbacée. Elle nous a permis aussi de comprendre l'effet du gradient climatique sur ces paramètres de la strate herbacée. Le recouvrement et la production de biomasse herbacée ont varié en fonction du couvert ligneux suivant le gradient climatique. Ils sont plus importants dans les zones plus sèches (sahéliennes) que dans celles plus arrosées (guinéenne et soudanienne).

La pâture et le feu influent sur les recouvrements et la production de la strate herbacée même si l'effet pâture est plus significatif que celui du feu.

Le suivi à long terme de ces dispositifs est nécessaire afin de mieux cerner les mécanismes de fonctionnement des écosystèmes savanicoles suite aux facteurs anthropiques et écologiques déterminants dans un contexte de variabilité climatique.

Références

- AKPO L.E & Grouzis M (1996b). Interactions Arbre/herbe en zones arides et semi-arides d'Afrique: état des connaissances. *Revista di Agrico/tura Subtropicale e tropicale*, 90, 1, 95-106.
- AKPO L.E & Grouzis M., (1997c). Influence du couvert ligneux sur la composition spécifique de la végétation herbacée en zone soudano-sahélienne *Bulletin de IIFAN.*,(sous presse)
- Amevor K. A, 2011 : effet du gradient climatique sur la production et la biodiversité des herbacées au Mali.52p.
- Dembélé, F., Karembé, M., Gerbe, A., Gautier, D., 2006. Etude des conséquences des modalités d'utilisation des terres en zone aride sur la dégradation des milieux physiques et biologiques au Mali. (Zone de Bamba). Rapport Final du Projet CSFD 98-23, Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali, 94 p.
- Dembélé F., 1996. – Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanienne-nord du Mali. Cas des

- jachères du terroir de Missira (cercle de Kolokani). Thèse doct. Univ. Aix-Marseille III. Option biologie des populations et écologie. 182 p.
- Amevor K. A., et Hanan P.N., 2012. Tree effects on grass growth in savannas: Competition, facilitation and the stress-gradient hypothesis. *Journal of Ecology*, BES, 1-8p.
- Ellis, J. E., and D. M. Swift., 1988: Stability of African pastoral ecosystems: Alternate paradigms and implications for development. *Journal of Range Management* 41:450–59p.
- Gounot M., 1969 - Méthodes d'étude quantitatives de la végétation. Masson, Paris, 314p.
- Karembé M., Traoré L., Dembélé F. et Sanogo Y., 2014. Influence de la pression humaine sur la diversité et la production ligneuse des galeries de la rivière Baoulé en zone Mali- Sud. *Revue-Cames- Vol 01- 2014. Sciences de la vie, de la terre et agronomie. P : 41-49.*
- Karembé M. 2001 : *Production végétale et utilisation des ressources pastorales des jachères en zone soudanienne au Mali. Thèse de Doctorat, Université du Mali, 159 p.*
- Karembé M., Dembélé F., Diallo D., 2009 : Surveillance de la biomasse herbacée en fonction du gradient climatique dans le bassin du fleuve Sénégal au Mali. 3eme Conférence International sur l'analyse multidisciplinaire de la mousson Africaine. Ouagadougou 2009, pp.193.
- Karembé M., Dembélé F., Ballo M., et Yossi H., 2011. Biodiversité et origine bioclimatique de la végétation ligneuse de la réserve de biosphère de boucle du Baoulé au Mali - *Revue Malienne de Science et Technologie* (2011) N° 13, 37-51
- MEA, 2006 : Rapport National sur l'Etat de l'Environnement 2005.
- MEATEU, 2000: Stratégie National en Matière de Biodiversité Biologique. Tome 1, Tome 2.
- AKPO E.L., (1998). Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses au Sénégal variation selon un gradient climatique. *Sénégal. P133.*
- Treca B., Tamba S., Akpo L.E., Grouzis M., (1996). Importance de l'avifaune sur les apports en azote et en phosphore dans une savane sahélienne du Nord-Sénégal. *Rev. D'Ecole., Terre et Vie, 51, 359- 373.*

Communication N°24: Impact des activités humaines sur les communautés de poissons dans les systèmes aquatiques de la zone côtière ivoirienne:
Établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique basé sur le poisson.

GOORE Bi Gouli

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire d'Hydrobiologie.
E-mail : gouligoorebi@gmail.com/Tél : (225) 08 32 43 57

Résumé

L'objectif principal de cette étude est l'établissement d'un Indice d'Intégrité Biotique (IIB) en considérant 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire (Agnébi, Mé, Boubo, Niouniourou, et Gô). Le peuplement ichtyologique desdits bassins (90 espèces et 01Tilapia hybride) et les guildes trophiques ont permis de définir les métriques candidates au calcul de l'IIB. L'analyse des estomacs a révélé quatre guildes trophiques : omnivores, piscivores, phytophages, et insectivores. Six métriques ont été retenues. Il s'agit des métriques Mswi (Indice de diversité de Shannon wiener), Mpiomn (les espèces omnivores), Mnschacyp (le pourcentage des espèces de Cyprinidae), Mbiom (la biomasse), Mnstot (le nombre total d'espèces) et Mpipis (pourcentage d'espèces piscivores). La valeur moyenne de l'IIB est de 2,48. Les valeurs maximale et minimale sont respectivement de 4,33 et 1. Cinq classes d'intégrité ont été identifiées pour toute la zone côtière (classes 0, 1, 2, 3 et 4). Les classes sont inégalement distribuées entre et à l'intérieur des bassins. La classe 3 est la mieux distribuée dans la zone côtière. La zone d'étude est modérément perturbée. Trois types d'activités humaines ont été mis en évidence pour un échantillon de 72 sites (agriculture, aménagement, et usage de divers produits chimiques). L'association de ces 3 types d'activités est responsable des perturbations majeures du système aquatique. La zone côtière est certes modérément dégradée, mais elle nécessite un suivi continu pour éviter que la dégradation ne s'accroisse et mette en danger la fragile diversité ichtyologique.

Mots clés : Indice d'Intégrité biotique, ichtyologique, bassins côtiers, Côte d'Ivoire.

Introduction

Les perturbations produites par les activités humaines, urbaines, industrielles et agricoles ont continué à exercer et exercent toujours des pressions considérables sur les écosystèmes fluviaux, lesquelles se traduisent par une dégradation de la qualité de l'eau et des habitats dont dépend la vie aquatique (Tramer et Rogers, 1973 ; Klein, 1979). En Afrique, selon Lévêque et Paugy (1999), les informations disponibles montrent que la pression majeure exercée sur l'environnement par l'Homme est essentiellement due à l'exploitation agricole. En Côte d'Ivoire, la mise en valeur des régions du Sud-Ouest à partir de 1979 par l'Autorité pour l'Aménagement du Sud-Ouest (ARSO) s'est faite à travers la création de grands blocs agro-industriels sur plusieurs milliers d'hectares de forêt (Cheyins *et al.* 2000) occasionnant une déforestation beaucoup plus importante que celles des autres endroits du territoire ivoirien (Abé et Kaba, 1997). Pour Nislow (2005), l'état des communautés biologiques résidentes, à un instant donné, reflète les événements habituels ou extrêmes survenus dans le passé jusqu'à cet instant. De ce fait, pour Piavaux (1992), une simple analyse physico-chimique ne saurait être suffisante pour évaluer l'intégrité naturelle d'un cours d'eau. Par conséquent plusieurs auteurs proposent l'utilisation de l'organisation des groupes taxonomiques pour évaluer la qualité de l'eau en tant que habitat (Cattaneo *et al.*, 1995 ; Barbour *et al.*, 1999), les macrophytes (Thiébaud et Muller, 1986 ; Small *et al.*, 1996), les amphibiens et reptiles (Heyer *et al.*, 1994), les macroinvertébrés benthiques (Hilsenhoff, 1988 ; Pelletier, 2002) et les poissons (Karr *et al.*, 1986 ; La Violette *et al.*, 2003). Notre choix s'est porté sur les poissons parce qu'ils occupent plusieurs niveaux trophiques et intègrent les changements verticaux et les perturbations à la fois temporelles et spatiales qui surviennent dans la chaîne alimentaire. Ils sont faciles à identifier et bien connus au plan biologique et écologique. Ils sont d'un grand intérêt pour le public et les décideurs en raison de leur valeur socio-économique. L'Indice d'Intégrité Biotique (IIB) basé sur le poisson (Karr, 1981 ; Karr *et al.* 1986) a été développé pour les ruisseaux du Midwest des Etats-Unis et adapté à plus d'une centaine de reprises aux écosystèmes aquatiques de tous les continents notamment en Afrique par Hay *et al.*, (1996) sur les rivières Okavango en Namibie, Hugueny *et al.*, (1996) sur le Konkouré en Guinée, Kamdem Toham et Teugels (1999) sur le Ntem au Cameroun. C'est donc à juste titre qu'avec les partenaires de l'Université Catholique de Leuven, du Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) et de l'Institut de Recherche pour la Nature et la Forêt (Belgique) cette méthode de mesure de la qualité a été dans le cadre de cette étude.

Materiel et methodes

Choix des sites et échantillonnage des poissons : Dans le cadre de ce travail, 165 stations (Figure 1) réparties sur 07 bassins côtiers (Tanoé, Mé, Agnébi, Go, Boubo, Niounirou et san-pédro) ont été visitées en fonction de leur accessibilité. Dans 109 stations l'appareil de modèle 12 POW Back pack Electrofisher Smith Root a été utilisé. Dans les 56 autres stations, une batterie de 15 filets de vide de maille de 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 mm a servi à échantillonner. Les poissons collectés sont identifiés à l'aide des clés de Lévêque et Paugy (1999) puis mesurés, pesés et disséqués. Les spécimens collectés à

l'aide de la pêche électrique ont servi à établir l'indice d'intégrité biotique des bassins de la zone côtière.

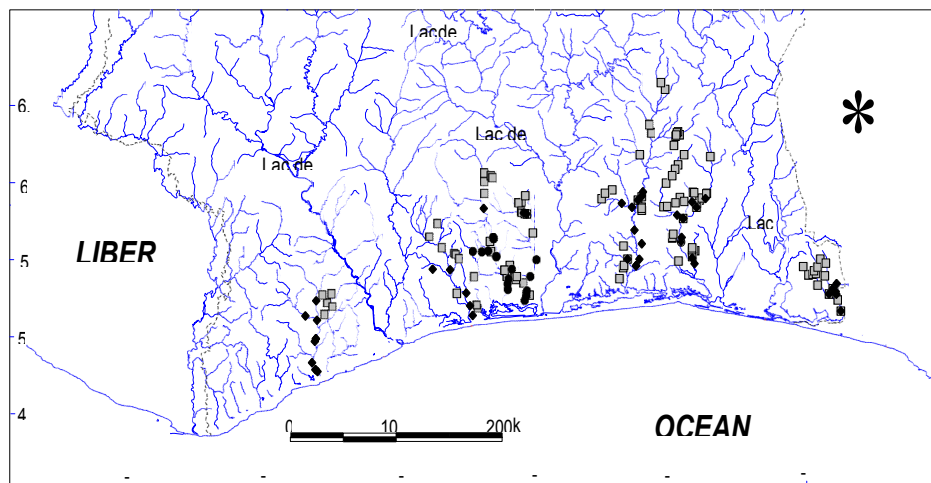


Figure 1 : Répartition des sites d'échantillonnage sur les bassins côtiers.

■ = Pêche électrique ; ● = Pêche réalisées au filet maillant

Caractérisation des habitats : Le substrat est identifié à partir du prélèvement réalisé sur le fond de l'eau. Les activités humaines sur la rive du site d'échantillonnage sont identifiées. Le degré de la perturbation liée à ces activités est estimé après observation en quatre stades de dégradation qui vont de « très perturbé » à « non perturbé ». Les stades intermédiaires sont « peu perturbé » et « perturbé ». A chaque niveau de dégradation, un score est affecté. Il varie de « 1 » pour des sites très perturbé à « 5 » pour des sites non perturbés. Pour des degrés de perturbation intermédiaires les scores 2, 3 et 4 sont affectés. En fin, le taux d'exposition à l'ensoleillement est apprécié en termes de fermeture ou d'ouverture de la canopée. Il varie de 100 p.c. (site totalement couvert) à 0 p.c. (site totalement ouvert).

Choix des métriques : Pour le calcul de l'IIB des 5 bassins côtiers, 19 métriques ou paramètres biologiques ont été proposés. Les différentes métriques ainsi identifiées sont regroupées en 3 catégories (Karr et Duddley 1981; 1986). Il s'agit de la catégorie « composition et richesse des espèces », « composition trophique », et « condition des poissons ». Les métriques sont soumises, après calcul, à trois types d'analyse (présence au niveau de tous les bassins, caractère discriminant au niveau des sites, corrélation avec certains facteurs environnementaux) pour choisir les métriques les plus expressives pour la qualité de l'eau. Le test de Pearson a été utilisé pour établir de degré de liens entre les métriques entre elles et l'Indice d'Intégrité résultant des calculs.

Résultats

Peuplement et Guildes trophiques

Le tableau 1 présente les espèces recensées dans les 7 bassins côtiers de Côte d'Ivoire pour la période d'échantillonnage de décembre 1999 à mars 2001 ainsi que les guildes correspondantes. Il s'agit des guildes trophiques, le statut géographique (originaire ou non- native des bassins étudiés), le type systématique des espèces de poissons et la réaction de l'espèce vis-à-vis de la dégradation (tolérance ou non) de l'environnement. Au plan quantitatif, 40 p.c des espèces étudiées sont invertivores contre 4p.c. pour les espèces non natives et les espèces migratrices. Les piscivores représentent 16 p.c., les omnivores 21 p.c., et les phyto- zooplanctonophages 20 p.c. des poissons collectés. Les espèces benthiques au nombre de 12 représentent 21 p.c. de l'effectif global. Pour ce qui est de la réaction vis-à-vis de la dégradation du milieu, 22 p.c. des espèces sont tolérantes et 78 p.c. ont une réaction d'intolérance.

Métriques retenues

Sur dix-neuf métriques candidates 6 métriques ont été retenues (tableau 2) après des tests statistiques : Indice de diversité de Shannon Wiener (Mswi), pourcentage des individus omnivores (Mpiomn), le pourcentage des espèces Characiformes et Cypriniformes (Mnschacyp), la biomasse (Mbiom), le nombre total d'espèces (Mnstot) et le pourcentage d'espèces piscivores (Mpipis) ont été retenues.

Indice d'intégrité biotique moyen de la zone côtière

Pour l'ensemble des sites, la moyenne générale de l'IIB est de 2,48 pour des valeurs qui oscillent entre 4,3 (valeur maximale) et 1 (valeur minimale) avec 0 pour la station (M03) sur le bassin de la Mé où aucun poisson n'a été récolté. Le Tableau 4 présente les classes d'intégrité attribuées aux valeurs de l'IIB. Au total, les classes obtenues vont de "0" à "4" pour l'ensemble des bassins. Au niveau de la rivière Go, seules les classes "2" et "3" sont attribuées. Par ailleurs, une seule station M03 s'est vue attribuée la classe "0". Les autres classes d'intégrité allant de "1" à "4" sont inégalement distribuées entre les bassins (figure 2).

Relation entre les activités humaines et classes d'Intégrité

L'ordination des corrélations par l'analyse canonique de correspondance (ACC) des données des pêches expérimentales et des activités humaines en tant que variables environnementales indique que l'axe factoriel1 (*valeur propre* $\lambda_1 = 0,208$) et l'axe 2 (*valeur propre* $\lambda_2 = 0,063$) expriment 59,9pc de la variance cumulée pour les données relatives aux classes d'intégrité. L'ordination des corrélations (figure 3) mettant en évidence les taux d'occurrence des différentes activités humaines relevées sur les sites et les classes d'intégrité correspondantes, dégage suivant l'axe factoriel1, deux (2) groupes de classes d'intégrité. Le groupe I est constitué des classes 0, 1, 2 et 3. Elles sont positivement corrélées à l'axe1 et étroitement associées aux activités anthropiques majoritairement dominées par PC7 ; PC10 ;

PC6 ; PC8 et Aa11. Le groupe II est constitué de la classe 4. Il est négativement corrélé à l'axe factoriel 1 et il n'est associé à aucune variable du milieu.

Discussion

Guildes et métriques

Le choix des métriques est resté conforme aux principes de l'IIB définis par Karr (1981) pour ce qui est des catégories même si certaines métriques ont été adaptées (« diversité de Shannon Wiever 1948 » ; « Cyprinodontiformes » et « Cyprinidae »). Dans la catégorie « composition trophique » aucune métrique originale n'a été retenue. En ce qui concerne la catégorie condition des poissons une nouvelle métrique « biomasse » a été retenue comme l'ont fait Belpaire *et al.* (2000) et Breine *et al.* (2004). Les invertivores sont prédominants dans la zone côtière ivoirienne. Les insectes sont particulièrement présents dans des zones riches en végétation. Il est vraisemblablement correct de dire par conséquent, que la zone d'étude n'est pas /ou est/ peu dégradée.

Répartition spatiale des classes d'Intégrité

L'Indice d'Intégrité Biotique moyen de la zone côtière est de 2,48. Les valeurs maximale et minimale sont respectivement de 4,33 et 1. Les classes d'intégrité calculées vont de 0 à 4. La classe 5 qui constitue la valeur la plus élevée de l'IIB n'a pas été observée dans la zone côtière indiquant ainsi qu'aucun site étudié n'est intact. En effet, pour les Nations Unies, le Sud- Ouest à partir de 1979, a été l'objet d'une déforestation qui demeure beaucoup plus importante que celle des autres parties du territoire ivoirien (Abé *et al.* 1997). La classe 3 est la mieux représentée dans cette zone. Dans la zone côtière, la fréquence des omnivores et celle des formes tolérantes est élevée. La classe 0 qui signifie que le plan d'eau est mort, n'a été observée qu'à une seule station du bassin de la Mé. Elle n'a pas été prise en compte car elle est considérée comme pouvant être le fruit d'une insuffisance de l'échantillonnage. En conclusion, la zone côtière présente une situation de dégradation modérée.

Activités humaines et classe d'intégrité

Trois types d'activités (activités agricoles, travaux d'aménagement et usage des produits phytosanitaires) ont été recensés. L'analyse canonique appliquée à ces activités, indique que toutes les classes sont associées aux activités agricoles indiquant ainsi que même si l'implantation des plantations et des blocs agro-industriels participent à la dégradation, elle n'en sont pas l'unique facteur. Les classes 1 et 2 sont associées à l'usage des produits chimiques à raison respectivement de 16,6p.c. et 4,6p.c. Ce taux chute à 3,5p.c. pour la classe 3 et s'annule pour la classe 4 qui est associée à plus de 50p.c. des activités agricoles et seulement 16,6p.c. des activités de type aménagement. Ces observations laissent suggérer que la dégradation du système aquatique dans la zone côtière est accélérée et aggravée par l'usage des produits chimiques dans les plans d'eau.

Conclusion : l'indice d'intégrité biotique calculé pour les bassins côtiers de Côte d'Ivoire montre que ceux-ci sont sous la menace des activités humaines et particulièrement de l'usage de produits chimiques. L'indice d'intégrité moyen qui est de 3 indique que l'ensemble de ces cours d'eau sont modérément dégradé.

Références bibliographiques

- Abé, J., et Kaba, N., 1997. Côte d'Ivoire : Profil environnemental de la zone côtière. Grd Écosystème marin du Golfe. *Rapport ONUDIFEM*. : 151p
- Barbour M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish.*(2nd Edition).U.S. Environmental Protection Agency, Office of water, Washington, D.C. EPA 841-B-99- 002.
- Belpaire, C., Smolder, R., Auweele, I.V., Erken.D., Breine, J. Gerlinde, V.T. & Ollevier, F., 2000. An index of Biotic Integrity characterizing fish populations and the ecological quality of Flandrian water bodies. *Hydrobiologia* 434: 17-33.
- Breine, J., Simoens, I., Goethals, P., Quataert, P., Erken, D., Van Liefferinghe, C., & C. Belpaire, 2004. A fish-based index of biotic integrity for upstream brooks in Flanders (Belgium).*Hydrobiologia* 522: 133-148, 2004.
- Cattaneo, A., G. Méthot, B. Pinel-alloul, T. Niyonsenga and L. Lapierre. 1995. Epiphyte size and taxonomy as biological indicators of ecological and toxicological factors in Lake Saint-François (Québec). *Environ.Pollut.* 87: 357-372.
- Cheyns E., Akindes F. et AKA Adie F., 2000. La filière palmier à huile en Côte d'Ivoire trois ans après la privatisation : Etat des lieux d'un procès de recomposition institutionnelle. *OCL*, 7(2) : 166-171
- Hay, C.J., B.J. Van Zyl & G.J. Steyn, 1996.A quantitative assessment of the biotic integrity of the Okavango River, Namibia, based on fish.*Water SA* 22: 263-284.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.-A.C. Hayek and M.S. Foster, éd. 1994.*Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington. 364 p.
- Hilsenhoff, W.L. 1988.Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index.*J. Am. Benthol. Soc.* 7 : 65-68.
- Hugueny , B.S. Camara, B. Samoura & M. Magassouba, 1996.Applying an index of biotic integrity based on fish assemblages in a West African river. *Hydrobiologia* 331: 71-78.
- Kamdem Toham A. & G.G. Teugels, 1999. First data on an Index of Biotic Integrity (IBI) based on fish assemblages for the assessment of the deforestation in a tropical West Africa River.*Hydrobiologia*, 397:29-38.
- Karr, J.R., 1981.Assessing of biotic Integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21-27.

- Karr J.R., Fausch K.D., Angermeier P.L., Yant P.R. & Schlosser I.J., 1986. Assessing biological integrity in running waters – a method and its rationale. *Illinois Natural History Survey*, special publication, 5 Urbana, 28p.
- Klein, R.D. 1979. Urbanization and stream quality impairment. *Water Resour. Bull.* 15: 948-963.
- La Violette, N., D. Fournier, P. Dumont, Y. Maillot. 2003. Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique Pour le fleuve Saint-Laurent, 1995-1997. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 237 p.
- Lévêque, C. et Paugy, D., 1999. Les poissons des eaux douces continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme. *Paris, IRD Editions.* 521p.
- Nislow (2005): Forest change and stream fish habitat: lessons from "Old" and New England. *Journal of fish biology (supplement B)*, 186-204.
- Oberdorff T. & Hugues R.M., 1990. Modification of an Index of Biotic Integrity based on Fish Assemblages to Characterize Rivers of the Seine Basin, France.
- Pelletier, L. 2002. Le bassin de la rivière Saint-Maurice : les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'Environnement, Québec. Envirodoq n° ENV/2002/0291. Rapport n° EA/2002-02, 85 p. et 4 annexes.
- Piavaux, A., 1992. La protection de la qualité écologique des eaux. *Tribu de l'eau*, 45, 555, 1, 5-7p.
- Shannon, C. E., 1948:** A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423 and 623–656
- Small, A.M., W.H. Adey, S.M. Lutz, E.G. Reese and d.I. Roberts. 1996. A macrophyte-based rapid biosurvey of stream water quality: restoration at the watershed scale. *Restoration Ecology* 4 : 124-145.
- Thiébaud, G et S. Muller. 1986. Les communautés de macrophytes aquatiques comme descripteurs de la qualité de l'eau : exemple de la rivière Moder (nord-est France). *Annls.Limnol.* 34: 141-153.
- Tramer, E.J. and P.M. Rogers. 1973. Diversity and longitudinal zonation in fish populations of two streams entering a metropolitan area. *Am. Midl. Nat.* 90: 366-374.

Tableau 1 : Guildes des poissons capturés dans 5 bassins côtiers de Côte d'Ivoire (a : valeur d'intolérance; b : benthiques et siluriformes; c : espèces étrangères; d : espèces piscivores; e : espèces omnivores; f : espèces invertivores; g : espèces phytophage et zooplanctonophages; h : espèces tolérantes; i : espèces migratrices; j : espèces Characiformes et Cyprinodontiformes, k : espèces Mormyridae; l : espèces Cichlidae; m : espèces Cyprinidae; n : espèces hybride; 1 = pour identification à la guildes et 0 = pour la non attribution de la guildes à l'espèce).

ESPECES	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
<i>Barbus trispilos</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. ablaves</i>	2	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>B. punctitaeniatus</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. macrops</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. boboi</i>	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>B. sublineatus</i>	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Labeo parvus</i>	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Raiamas nigeriensis</i>	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Brycinus longipinnis</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>B. macrolepidotus</i>	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>B. imberi</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Micralestes elongatus</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>M. occidentalis</i>	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Synodontis bastiani</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. schall</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thysochromis ansorgii</i>	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Tilapia zillii</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>T. mariae</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>T.hybride (T.guineensisX T;zillii)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>T. guineensis</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chromidotilapia guntheri</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Oreochromis niloticus</i>	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Hemichromis fasciatus</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>H. bimaculatus</i>	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. maurus</i>	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nannocharax fasciatus</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neolebias unifasciatus</i>	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parachanna obscura</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hepsetus odoe</i>	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Ctenopoma petherici</i>	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterobranchus longifilis</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>H. isopterus</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Clarias ebriensis</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. anguillaris</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. gariepinus</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>C. buettikoferi</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Schilbe mandibularis</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. intermedius</i>	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Polypterus endlicheri</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Petrocephalus bovei</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Tableau 1 (suite)

ESPECES	a	b	c	d	E	f	g	h	i	j	k	l	m	n
<i>Pollimyrus isidori</i>	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Marcusenius ussheri</i>	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>M. senegalensis</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Awaous lateristriga</i>	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphillius atesuensis</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malapterurus electricus</i>	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poropanchax rancurelli</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Rhexipanchax schioetzi</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Applocheilichthys spilauchen</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Fundulopanchax walkeri</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Epiplatys etzeli</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>E. chaperi chaperi</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>E. chaperi scheljuzhkoii</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>E. dageti</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Kribia nana</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Tableau 2 : Contribution des métriques aux différents axes issues de l'analyse en composantes principales basée sur les stations et les métriques.

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
MNSTOT	0,8992872	- 0,12271469	- 0,16191479	- 0,07599205	- 0,28986113
MBIOM	0,52792919	0,27355337	- 0,25104741	0,72704476	0,13745849
MSWI	0,71135063	0,22918825	- 0,04650992	- 0,32486021	0,57248436
MNSCHACY	0,61604663	- 0,62535484	- 0,10732099	- 0,29456076	- 0,06042968
MPIOMN	0,9012261	0,10474571	0,12171656	0,12542348	- 0,18267063
MPIPIS	0,15092726	0,69537381	0,59664449	0,00149773	- 0,04966657
MPIPP	- 0,24510039	0,49094842	- 0,76286915	- 0,10932527	- 0,06019589
Prp. Tot	3,56166662	1,04574003	- 0,61130121	0,04922768	0,06711895

Tableau 3 : Valeurs de l'indice d'intégrité biotique et les classes d'intégrité correspondantes

Indice d'Intégrité Biotique	Classe d'Intégrité	Appréciation
0	Classe 0	Eau morte
1 - 1.49	Classe 1	Très mauvaise eau
1.5 - 2.49	Classe 2	Mauvaise eau
2.5 - 3.49	Classe 3	Eau moyenne ou modérée
3.5 - 4.49	Classe 4	Bonne eau
4.5 - 5	Classe 5	Très bonne eau

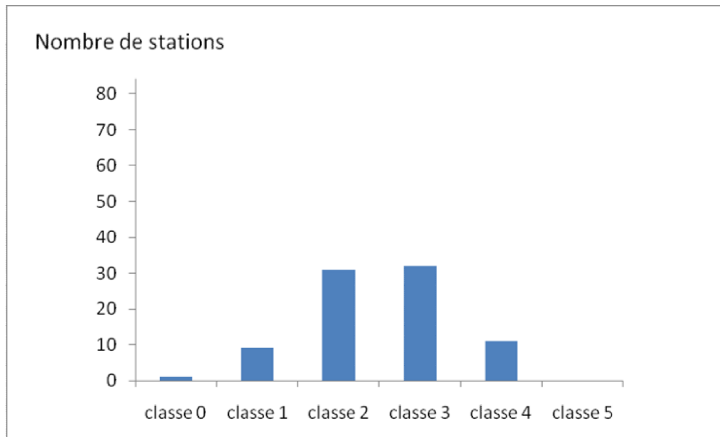


Figure 2 : Distribution des classes d'intégrité biotique au niveau de la zone côtière échantillonnée de décembre 1999 à mars 2001.

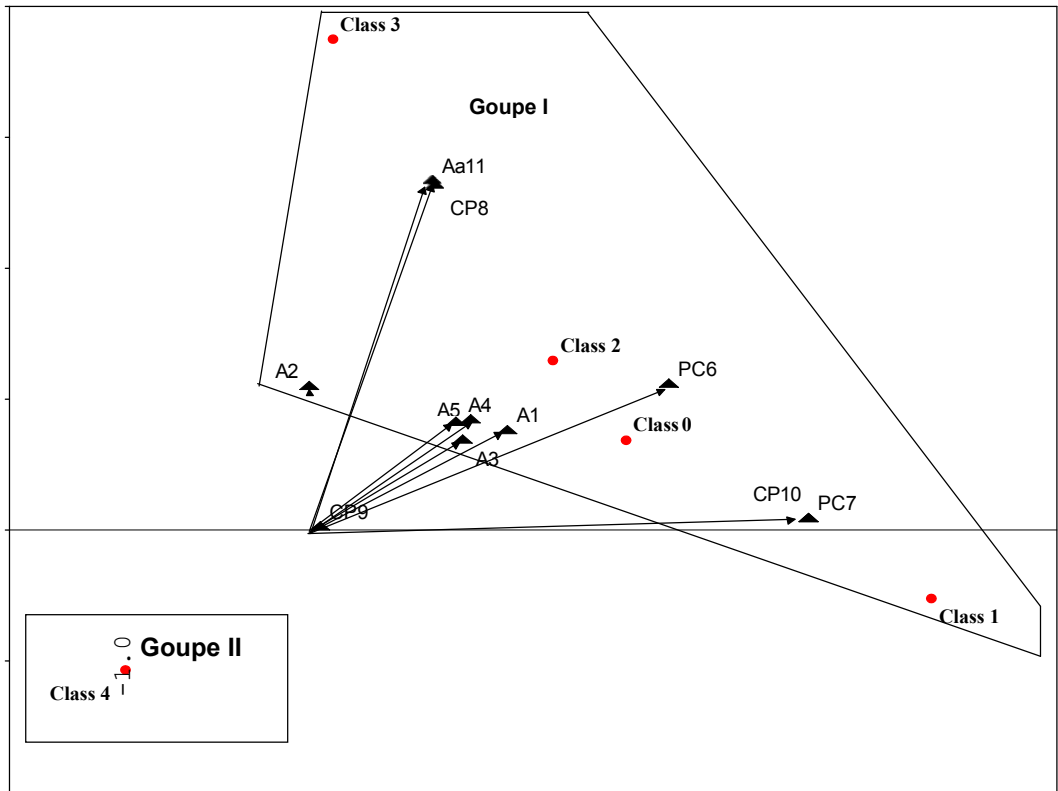


Figure 3 : analyse de correspondance canonique (ACC) appliquée aux activités anthropiques et aux différentes classes d'intégrité.
 A1 : Plantation de cacaoyers ; A2 : Plantation de caféiers ; A3 : Plantation de palmiers à huile ; A4 : Cultures vivrières ; A5 : Plantation de bananiers ; PC6 : Usage de détergents sur le site ; PC7 : Produits chimiques ; CP8 : Présence de pont ; CP9 : Agglomération ; CP10 : Barrage servant de pêche ; A11 : Aucune activité

Communication N°25: Importance des milieux ripoles dans le renforcement de la sécurité alimentaire des ménages ruraux de Dissin au Burkina Faso

Achille Augustin DIENDERE

Unité de Formation et de Recherche en Sciences Economiques et de Gestion (UFR/SEG) - Université Ouaga II, Burkina Faso. Email : hchille@yahoo.fr

Résumé

Cette étude vise à examiner de manière quantitative la contribution des milieux ripoles à la sécurité alimentaire des ménages ruraux de Dissin au Burkina Faso. Les données ont été collectées auprès d'un échantillon de 150 ménages de cette commune. L'évaluation de ladite contribution a été réalisée en étudiant les quatre piliers de la sécurité alimentaire: la disponibilité, l'accès, l'utilisation et la stabilité des approvisionnements alimentaires. Aussi, la commercialisation de deux catégories de produits alimentaires des milieux ripoles, à savoir les produits forestiers non ligneux et les cultures irriguées, procure des revenus substantiels aux ménages, plaçant ces derniers dans une situation de dépendance économique à ces milieux. Le modèle de Cragg a alors été utilisé pour étudier les déterminants de cette dépendance pour ces deux catégories de produits. Les résultats obtenus mettent en évidence des différences entre les ménages qui devraient être prises en compte par les interventions publiques dans la mise en œuvre de politiques de développement rural.

Mots clés : milieux ripoles, ménages ruraux, sécurité alimentaire, dépendance économique, Burkina Faso

Introduction

Dans un contexte de variabilité climatique, concilier sécurité alimentaire et protection de la biodiversité est parmi les plus grands défis du siècle, en particulier (Cissé *et al.*, 2015). Le cas de la gestion des milieux ripicoles est particulièrement difficile à cet égard. Ces milieux désignent des écosystèmes, dominés par des formations ligneuses et sous le contrôle de l'eau, qu'elle soit en surface ou souterraine. Cependant, les coupes anarchiques du bois et les défrichements pratiqués par les ménages ruraux pour leurs besoins en bois d'énergie et bois d'œuvre, ainsi que la recherche des terres agricoles au niveau des berges engendrent des déforestations incontrôlées à la base de la dégradation des milieux ripicoles. Cette situation soulève des préoccupations en matière de sécurité alimentaire dans les pays en développement en général et en particulier au Burkina Faso, qui connaissent une forte pression démographique et qui sont confrontés aux variabilités climatiques.

Si bon nombre d'études ont porté sur la contribution des ressources environnementales à la sécurité alimentaire, force est de constater que rarement cette contribution a été mesurée (Ouédraogo *et al.*, 2013). Ces études sont pour la plupart des descriptions de ce qui est consommé ou comestible (Sambaré *et al.*, 2010). Malgré l'importance de ces ressources dans la sécurité alimentaire des ménages ruraux, la situation spécifique des ressources issues de milieux ripicoles, jusqu'ici, a obtenu peu de reconnaissance de la part des planificateurs et des gestionnaires des ressources environnementales. C'est notamment le cas des milieux ripicoles de la commune rurale de Dissin située dans la région du Sud-ouest au Burkina Faso, qui serviront ici de support à nos investigations. Cette commune mérite d'être examinée avec une attention particulière car le problème de l'insécurité alimentaire se pose avec acuité et parce qu'on y rencontre d'importantes formations ripicoles. Aussi, il existe peu d'informations sur la dépendance économique des ménages aux milieux ripicoles. En effet, les ménages ruraux tirent des revenus substantiels de la commercialisation des produits environnementaux, plaçant ainsi ces ménages dans une situation de dépendance à ces produits (Ouédraogo *et al.* 2013).

L'objectif général de cette étude est d'améliorer la compréhension de la relation entre utilisation des produits des milieux ripicoles et sécurité alimentaire des ménages ruraux de Dissin afin de montrer les besoins d'utilisation et de conservation de ces ressources. Il s'agit d'une part, d'évaluer la contribution des milieux ripicoles dans l'alimentation et dans le revenu des ménages ruraux de Dissin, puis, d'autre part, d'analyser les déterminants de la dépendance économique de ces ménages aux milieux ripicoles.

La première partie de cet article fournit des références théoriques sur les liens entre l'utilisation des milieux ripicoles et la sécurité alimentaire. La deuxième partie présente la démarche méthodologique de la présente recherche. La troisième partie porte sur les résultats empiriques de la contribution des milieux ripicoles à la sécurité alimentaire, tandis que la quatrième partie expose les résultats des

déterminants de la dépendance économique des ménages aux principaux produits alimentaires issus de ces milieux.

1. Cadre conceptuel

Les ressources ripicoles sont des facteurs déterminants de la sécurité alimentaire des ménages ruraux. Le concept de sécurité alimentaire a considérablement évolué avec le temps passant d'une conception d'être « à l'abri de la faim » à celle plus large qui englobe la disponibilité alimentaire, l'accès, la stabilité et l'utilisation des aliments (CSA/FAO, 2012). La définition largement citée aujourd'hui est celle adoptée en 2012 par le Comité de la Sécurité Alimentaire mondiale : « *la sécurité alimentaire est assurée lorsque tous ont à tout moment un accès matériel, social et économique à une alimentation suffisante, sûre et nutritive qui répond à leurs besoins alimentaires et à leurs préférences et qui leur permet de mener une vie saine et active* ».

Les milieux ripicoles contribuent à la sécurité alimentaire de deux façons (FAO, 2011 ; Chukwuone et Okeke, 2012): (i) la consommation directe de produits forestiers non ligneux, de cultures irriguées et de produits de pêche au niveau des ménages peut fournir des protéines, des graisses, des minéraux et vitamines complétant ainsi les aliments de base riches en glucides, et (ii) la commercialisation des produits provenant des milieux ripicoles génère des revenus qui peuvent être utilisés entre autres pour acheter des produits alimentaires supplémentaires. Il existe un intérêt croissant de la littérature concernant les investigations sur la dépendance des ménages ruraux aux ressources environnementales dans les pays en développement (Cavendish, 2000 ; Mamo *et al.*, 2007 ; Ouédraogo *et al.*, 2013 ; Thondhlana et Muchapondwa, 2014 ; Cotta, 2015). Pour mesurer la dépendance des ménages ruraux aux ressources environnementales, deux approches sont couramment utilisées : l'approche-alimentation et l'approche-revenu. La première examine la part des produits environnementaux dans l'alimentation des ménages tandis que la seconde examine cette part dans le revenu total des ménages. Cette dernière, suivant les auteurs, mesure la dépendance économique des ménages. L'analyse de la dépendance économique des ménages est la plus utilisée dans la littérature. Les études réalisées dans diverses régions du monde montrent des différences concernant la dépendance économique des ménages ruraux aux ressources environnementales, mettant ainsi en avant l'intérêt d'une étude empirique au Burkina Faso.

2. Approche méthodologique

La présentation de la zone d'étude, la méthode de collecte de données et enfin, la méthode d'analyse et d'interprétation des données constituent les points développés dans cette partie.

2.1. La zone d'étude

L'étude se déroule dans la commune rurale de Dissin située dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso. Couvrant une superficie estimée à 389,52 Km², la commune rurale de Dissin comprend 26 villages et 8 secteurs. La végétation de la commune est du type savane arborée avec un tapis herbacé peu dense. Les principaux secteurs de production sont l'agriculture, l'élevage, la pêche, la chasse, l'exploitation des PFNL et des PFL. L'étude a été menée dans 6 villages de la commune de Dissin que sont Dakole, Kankampele, Kpoperi, Nakar, Navrikpe et Tangsebla. Ces villages retenus l'ont été sur la base de leur proximité avec un milieu ripicole. Vingt-cinq (25) ménages ont été interrogés dans chacun des 6 villages soit un total de 150 ménages. Ces derniers sont tous utilisateurs des ressources ripicoles et ont été choisis sur la base du recensement des ménages de chaque village. Chaque ménage a été tiré à probabilité égale. L'enquête a été à passage unique et les données ont été collectées entre février et mars 2016.

2.2. La collecte de données et l'échantillonnage

Les données utilisées dans cette étude proviennent essentiellement de sources primaires. Deux types d'outils ont été utilisés : un questionnaire ménage et un guide d'entretien. Ce dernier a été administré à des informateurs clés (chef de village, notables, personnels des structures déconcentrés de l'Etat) des villages enquêtés.

2.3. Méthode d'analyse

2.3.1. Méthode d'analyse des différentes formes de contribution des milieux ripicoles à la sécurité alimentaire des ménages

L'évaluation de la contribution des milieux ripicoles à la sécurité alimentaire a été réalisée en étudiant les 4 dimensions que sont : (1) la disponibilité, (2) l'accès, (3) l'utilisation et (4) la stabilité des approvisionnements alimentaires provenant des milieux ripicoles. L'analyse des 4 dimensions de la sécurité alimentaire telle qu'elle a été réalisée par la FAO (2008) est ainsi appliquée dans cette étude.

2.3.2 Méthode d'évaluation de la dépendance économique des ménages

Comme indiqué plus haut, la dépendance économique aux ressources ripicoles est définie comme la part des revenus provenant de la commercialisation des produits issus des milieux ripicoles dans le revenu total du ménage. Ce revenu est mesuré en faisant la différence entre la valeur obtenue de l'exploitation des divers produits issus des milieux ripicoles et le coût total de production. Les revenus obtenus correspondent ainsi à des valeurs ajoutées. Dans des contextes ruraux, où les recettes fiscales sont marginales, il est en effet bien souvent préférable que la mesure de base du revenu utilisée soit la valeur ajoutée plutôt que le profit (Mamo *et al.*, 2007). Pour examiner les déterminants de la dépendance économique des ménages, le modèle de Cragg est utilisé. Un tel modèle permet d'inclure dans les analyses les observations pour lesquelles la dépendance est

nulle et également de résoudre les biais dans les estimations du modèle Tobit. Concernant les déterminants de la dépendance économique des ménages, ils sont principalement associés aux caractéristiques socioéconomiques du chef de ménage, aux caractéristiques du ménage et aux caractéristiques de l'environnement économique et physique des villages dans lesquels vivent ces ménages (Mamo *et al.*, 2007 ; Ouédraogo *et al.*, 2013 ; Cotta, 2015).

3. Résultats et discussions

Cette section examine les 4 dimensions de la sécurité alimentaire.

3.1. La disponibilité des approvisionnements alimentaires

La dimension « disponibilité » de la sécurité alimentaire fait référence ici à la quantité des produits alimentaires provenant des milieux ruraux au niveau du ménage.

Les cultures irriguées comprennent principalement le maraîchage et le riz. Si la production irriguée est très diversifiée, les principaux produits cultivés par ménage sont les tomates, les choux, les oignons, le riz et les aubergines. Dans une moindre mesure, le piment, les concombres, le manioc et le gombo sont produits. Les superficies cultivées par les ménages sont assez petites. Excepté le riz, toutes les spéculations occupent moins de 0,5ha. Le revenu annuel moyen par ménage pour la commercialisation de la production irriguée est de 78 360 FCFA. La pratique concerne 56 % des individus interrogés. Quant aux PFNL, les plus récoltés sont le karité pour son amande, le néré pour les graines, les feuilles de baobab, le tamarinier, le pain de singe et les fruits du kapokier. Les recettes tirées de la cueillette sont assez significatives et varient énormément en fonction des cueilleurs mais aussi selon les produits récoltés. Le revenu annuel moyen obtenu par ménage pour la commercialisation de ces produits est de 60 994 FCFA.

S'agissant des produits de pêche, les principaux poissons pêchés sont : les silures, les tilapias, les carpes, les sardines, les capitaines et les « poissons chiens ». Tous les pêcheurs commercialisent une partie des poissons pêchés. Le revenu annuel moyen des ménages est de 17 251 FCFA. Les produits de chasse sont essentiellement destinés à la commercialisation. Ces produits contribuent aux revenus de 1,3 % de personnes interrogées. Les principaux animaux chassés sont les lièvres et les francolins. Le revenu annuel moyen obtenu par ménage pour la commercialisation de ces animaux est de 8 000 FCFA. Par ailleurs, les PFL (bois de chauffe) sont principalement utilisés par 33% des personnes interrogées pour la cuisson, la transformation des aliments, les constructions d'habitation ou de parcs à bétails mais également pour la commercialisation. Aussi, les résultats font ressortir que le revenu annuel moyen par ménage provenant de la commercialisation de ces PFL est de 17 364 FCFA. En outre, l'exploitation des matériaux de construction (eau, terre, sable) apporte des revenus à 9,3 % des ménages. Le revenu annuel moyen obtenu est estimé à 8 143 FCFA.

Toutefois, l'insécurité alimentaire ne provient pas de l'insuffisance des disponibilités alimentaires, mais plutôt du défaut d'accès des ménages à ces produits (Sen,1981).

3.2. L'accessibilité des approvisionnements alimentaires

Suivant sen (1981), la dimension « accès » de la sécurité alimentaire doit être comprise en termes de droits d'accès des ménages aux ressources ripicoles. Ces droits portent sur les conditions de production, d'échange ou de transferts de ces ressources. Les résultats des enquêtes font ressortir que les distances qui séparent les lieux de résidence des ménages des milieux ripicoles varient entre 0 et 10 km. Il n'existe pas, pour ces ménages, de véritables « barrières à l'entrée » dans les milieux ripicoles. L'exploitation des PFNL est notamment libre pour les populations locales. C'est cependant le niveau de prélèvement du bois de chauffage qui est assujéti à l'obtention d'un permis d'exploitation. Concernant les ressources en eau, les pêcheurs y accèdent sous condition du paiement d'un permis. La majorité des personnes interrogées (86,6%) jugent ne pas payer régulièrement ces taxes. Ainsi, la difficulté des services étatiques à faire appliquer la réglementation officielle concernant l'exploitation des ressources ripicoles, place celles-ci de fait en libre accès.

3.3. L'utilisation des approvisionnements alimentaires

La dimension « utilisation » de la sécurité alimentaire désigne ici la façon dont les ménages emploient les revenus provenant de la commercialisation des produits auxquels ils ont accès. L'analyse de la structure des dépenses des ménages montre qu'une part importante des revenus (52,6%) provenant de la commercialisation des produits issus des milieux ripicoles est utilisée pour l'achat de produits alimentaires. Aussi, 18,3% des revenus sont affectés à la santé, 20,6% à l'éducation des enfants et 8,5 % du revenu est alloué à d'autres types de dépenses (logement, achat d'intrants, cérémonies, etc.).

3.4. La stabilité des approvisionnements alimentaires

La stabilité des approvisionnements alimentaires est comprise en termes de présence permanente des produits alimentaires au sein du ménage ou sur les marchés. La transformation des aliments à l'aide du bois de feu (fumage et séchage, traditionnellement) est très importante pour la sécurité alimentaire car elle permet d'étendre les approvisionnements en ressources alimentaires jusqu'aux périodes improductives et au-delà (FAO, 2011). Plusieurs ménages, en effet, collectent, transforment, et vendent notamment les produits transformés. Toutefois, ces produits sont rarement vendus toute l'année. S'agissant de la pêche, 84,6 % des pêcheurs déclarent n'exercer leur activité que 5 mois. Quant aux stocks de cultures irriguées, excepté le riz, toutes les autres cultures sont disponibles pour la vente qu'en moyenne 4 mois. Aussi, 83,8% des producteurs de riz estiment que leur production n'est vendue en moyenne que pendant 5 mois. Quant aux produits forestiers, les amandes de karité et feuilles de baobab, ils ne sont disponibles que pendant la saison pluvieuse (3mois) tandis que les fruits de

kapokier, le tamarin et les grains de néré le sont que pendant la saison sèche (9 mois). Seuls les produits dérivés comme le soubala et le beurre de karité sont disponibles toute l'année sur le marché local.

3.5 Les déterminants de la dépendance économique des ménages aux milieux ripoles

Deux régressions économétriques distinctes sont effectuées pour deux catégories de produits clés à savoir les PFNL et les cultures irriguées.

3.5.1 Les déterminants de la dépendance économique des ménages aux PFNL

Les résultats de l'estimation économétrique indiquent que le modèle de Cragg est statistiquement significatif dans son ensemble à tout seuil. Les résultats empiriques obtenus sont consignés dans le tableau 1 et permettent d'observer la significativité des paramètres estimés. Le test d'endogénéité en deux étapes de Nakamura et Nakamura (1981) conduit à retirer les variables relatives aux revenus des différentes activités

Le tableau 1 confirme que plus les ménages sont proches des milieux ripoles, plus ils dépendent des revenus provenant de la commercialisation des PFNL. Il est important de souligner que l'accessibilité des milieux ripoles influence positivement tant la décision que l'intensité de la dépendance. Ce résultat soutient l'hypothèse selon laquelle la proximité des milieux ripoles permet au ménage d'extraire plus de ressources ripoles car ses coûts de transport sont réduits, ce qui est susceptible d'accroître ses revenus (Mamo et al., 2007).

Il ressort également que les autochtones sont plus enclins à commercialiser les PFNL. Ce résultat est conforme aux travaux de Thondhlana et Muchapondwa (2014) qui expliquent que les autochtones, disposant d'un accès plus facile aux ressources environnementales, sont généralement plus susceptibles d'exploiter ces ressources dans une grande mesure. Toutefois, il apparaît dans l'estimation économétrique que le statut d'autochtone ne détermine pas le niveau de dépendance aux PFNL du ménage.

Un autre résultat important de notre estimation économétrique est l'existence d'une relation positive et significative entre les ménages ayant connu des déficits alimentaires importants au cours des 30 derniers jours avant notre enquête et la décision de commercialisation des PFNL. Ces résultats corroborent les travaux de Mamo *et al.*, (2007). De tels résultats suggèrent que même si les PFNL fournissent des revenus substantiels aux ménages ruraux, les ménages qui connaissent des déficits alimentaires importants sont les plus pauvres et sont en général plus disposés à commercialiser les produits environnementaux.

En outre, les résultats révèlent que plus les ménages disposent d'un nombre élevé d'actifs, moins ils dépendent du revenu issu de la commercialisation des PFNL. Un tel résultat est d'ailleurs rapporté par Mamo *et al.* (2007) et Cotta (2015). A ce

sujet, les chefs de village et les responsables des Services d'agriculture que rencontrés rapportent qu'un nombre élevé d'actifs dans un ménage procure de la main d'œuvre qui est principalement employée dans les activités agricoles, toute chose permettant d'accroître les revenus agricole du ménage.

Un autre résultat de notre estimation économétrique est la contribution significative de la proximité du marché sur l'intensité de la dépendance économique des ménages aux PFNL. Cette conclusion est cohérente avec la littérature car la proximité du marché est associée à une commercialisation plus aisée des produits environnementaux (Lopez-Feldman, 2014).

Par contre, les résultats de nos estimations indiquent que les ménages dirigés par un homme ne sont pas moins dépendants des PFNL que ceux dirigés par une femme. De même, les variables tels que l'Age, le nombre élevé d'inactifs et l'importance de la superficie exploitée ne sont pas de nature à influencer de manière significative la dépendance économique des ménages ruraux aux PFNL. Aussi, les ménages les moins instruits ne sont pas susceptibles d'être plus dépendants des revenus des PFNL que les plus instruits.

Tableau 1 : Résultats de la régression du modèle de Cragg de dépendance économique des ménages aux PFNL

Variables indépendantes	Modèle Probit		Régression tronquée	
	Coeff	P	Coeff	P
Sexe	-0.765	0.113	0.122	0.378
Age	-0.816	0.262	-0.013	0.533
Age ²	0.007	0.414	-0.000	0.968
Instruction	-3.650	0.405	0.288	0.139
Autochtone	1.167**	0.004	-0.035	0.779
Actifs	0.0507	0.118	-0.031*	0.029
Inactifs	0.337	4.499	0.032	0.077
SuperficieT	0.134	0.968	-0.038	0.969
DistRipicol	0.070*	0.044	-0.026*	0.022
DistMarché	0.127	0.066	0.048*	0.025
Deficitfréq	0.308***	0.000	0.009	0.649
Constante	0.370	0.842	4.421***	0.000
Sigma			0.356***	0.000

Log likelihood=-65. Pseudo R² =0.36 Prob > chi2= 0.000
 LR Chi2 (11)= 74.6 AIC= 155.643. BIC= 191.771
 Log likelihood=-55 Prob > chi2= 0.000***
 Wald chi2(11) = 43.4 AIC= 77,945. BIC= 106.606

*significatif au seuil de 10% ; **significatif au seuil de 5% ; ***significatif au seuil de 1%

Source : Résultats des estimations par le logiciel STATA

3.5.2 Les déterminants de la dépendance économique des ménages aux cultures irriguées.

Les résultats de l'estimation économétrique indiquent que le modèle de Cragg est statistiquement significatif dans son ensemble à tout seuil. Les résultats empiriques obtenus sont également consignés dans le tableau 2 et permettent d'observer la significativité des paramètres estimés. Les variables Sexe et Statut

social présentant des problèmes de colinéarité ont été retirées de l'estimation. Aussi, le test d'endogénéité de Nakamura et Nakamura (1981) a conduit à retirer les variables relatives aux revenus des ménages.

Les résultats de l'estimation économétrique révèlent que plus le ménage comporte un nombre élevé d'actifs, plus il est disposé à commercialiser des produits de cultures irriguées. Un tel résultat suggère que lorsque la main d'œuvre est disponible, elle est utilisée dans la production des cultures irriguées. Toutefois, il ressort des estimations que le nombre élevé d'actifs n'influence pas l'intensité de la dépendance économique. Cette intensité est plutôt influencée significativement par la taille de la superficie agricole exploitée et l'accessibilité aux milieux ruraux. Les résultats du tableau 3 révèlent notamment que plus l'exploitation du ménage est de taille importante, plus ce dernier dépend des revenus issus de l'agriculture irriguée. Cela n'est pas surprenant car la superficie cultivée est susceptible d'augmenter le potentiel de production, augmentant ainsi le niveau de dépendance aux produits agricoles (Ouedraogo *et al.*, 2013). Les informations collectées auprès des Services de l'Agriculture révèlent qu'un ménage sera d'autant plus en mesure d'augmenter son revenu provenant de la production irriguée si celui-ci dispose d'une superficie importante pour répondre à la forte demande existante. En effet, les cultures irriguées trouvent aisément des débouchés.

Un autre résultat important des estimations économétriques est que l'accessibilité des milieux ruraux influence positivement le niveau de dépendance des ménages aux cultures irriguées. À ce sujet, les Services de la Mairie nous ont rapporté que les exploitants les plus proches de leur exploitation sont les plus présents et sont ainsi davantage impliqués dans la commercialisation de leur production.

Par ailleurs, il ressort des résultats de l'estimation économétrique que le nombre de jours de déficits alimentaires enregistré par le ménage n'est pas de nature à influencer la dépendance économique de ce dernier. Il en est de même de la variable *Age*, ne confirmant pas ainsi l'hypothèse selon laquelle les revenus environnementaux sont susceptibles d'être moins élevés chez les personnes âgées qui ne peuvent pas se livrer à des activités pénibles (Cotta, 2015). De façon analogue, les autres variables du modèle tel que le niveau d'instruction et le statut d'autochtone restent non significatives dans l'estimation du modèle.

Tableau 2 : Résultats de la régression du modèle de Cragg de dépendance économique des ménages aux cultures irriguées

Variables indépendantes	Modèle Probit		Régression tronquée	
	Coeff	P	Coeff	P
Sexe	-	-	-	-
Age	0.090	0.354	0.023	0.277
Age ²	-0.000	0.356	-0.000	0.411
Instruction	0.014	0.718	-0.210	0.055
Autochtone	-	-	0.093	0.656
Actifs	0.564**	0.001	-0.026	0.304
Inactifs	-0.048	0.351	0.015	0.298
SuperficieT	0.306	0.699	0.835***	0.000
DistRipicol	0.125	0.355	-0.057***	0.000
DistMarché	0.066	0.709	-0.015	0.652
Deficitfréq	-0.062	0.465	-0.023	0.244
Constante	-3.414	0.190	3.435***	0.000
Sigma			0.279***	0.000
	Log likelihood=-37 =0.26	Pseudo R ²	Log likelihood=-28 Prob > chi2= 0.000***	
	Prob > chi2= 0.001		Wald chi2 (10) = 75.13	
	LR Chi2 (9) = 27.2		AIC= 40.536. BIC= 65.052	
	AIC= 94.417. BIC= 118.36			

*significatif au seuil de 10% ; **significatif au seuil de 5% ; ***significatif au seuil de 1%

Source : Résultats des estimations par le logiciel STATA

Conclusion

Cet article constitue l'une des rares études à examiner de manière quantitative les diverses contributions des milieux ripicoles à la sécurité alimentaire des ménages ruraux au Burkina Faso. Cette étude ne tente pas de justifier les usages actuels de ces milieux par les ménages ruraux, mais vise plutôt à contribuer à la mise en place de politiques de conservation de ces milieux. Les milieux ripicoles constituent pour les ménages ruraux une source directe d'aliments aussi bien de base que d'appoint et également une source de revenus. Il est important de réaliser que la réduction de la disponibilité des produits ripicoles, par exemple en raison du changement climatique, de la déforestation ou de l'ensablement des têtes de source risque d'avoir un impact sur la capacité des ménages ruraux à améliorer leur consommation alimentaire et sur les flux de revenus de ces derniers.

L'importance des milieux ripicoles dans le renforcement de la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté en milieu rural justifient la mise en œuvre de politiques publiques permettant d'assurer la durabilité des usages locaux de ces milieux. La mise en œuvre de telles politiques ne devrait pas sous-estimer les différences entre les ménages. Il est important que les gouvernements et les partenaires au développement accroissent leurs allocations budgétaires en faveur de la gestion durable desdits milieux. Dans ce sens, suivant l'état des milieux ripicoles, les approches pourraient inclure la protection, la gestion et/ou la restauration de ces milieux. Un tel investissement représente un moyen rentable de venir en aide aux ménages pauvres et vulnérables, sans investir dans des programmes sociaux plus

coûteux (FAO, 2011). En outre, l'investissement dans la gestion durable des milieux ripoles contribuera à atténuer les effets des changements climatiques et augmentera la résilience des milieux ripoles, aidant par là-même, les ménages ruraux vulnérables à s'adapter aux effets délétères de ces changements.

Bibliographie

- Babulo B., Muys B., Nega F., Tollens E., Nyssen J., Deckers J., Mathijs E., 2008, "Household livelihood strategies and forest dependence in the highlands of Tigray, Northern Ethiopia", *Agricultural Systems* 98, 147–155.
- Cavendish W., 2000, "Empirical regularities in the poverty–environment relationship of rural households: evidence from Zimbabwe", *World Development* 28, 1979–2000.
- Chukwuone N.A., Okeke C.A., 2012, "Can non-wood forest products be used in promoting household food security?: Evidence from savannah and rain forest regions of Southern Nigeria", *Forest Policy and Economics* 25, 1–9.
- Cissé A., Doyenc L., Blancharda F., Béné C., Péreau J.-C., 2015, "Ecoviability for small-scale fisheries in the context of food security constraints", *Ecological Economics* 119, 39-52.
- Cotta J. N., 2015, "Contributions of local floodplain resources to livelihoods and household income in the Peruvian Amazon", *Forest Policy and Economics* 59, 35-46.
- CSA, 2012, *S'entendre sur la terminologie, Sécurité alimentaire, Sécurité nutritionnelle, Sécurité alimentaire et nutrition, Sécurité alimentaire et nutritionnelle*, Comité de la sécurité alimentaire mondiale, 39e session, Point V.a., CFS 2012/39/4, Rome, 17 p.
- FAO, 2011, *Les forêts au service de la nutrition et de la sécurité alimentaire*.
- Mamo G., Sjaastad E., Vedeld P., 2007, "Economic dependence on forest resources: a case from Dendi District, Ethiopia", *Forest Policy and Economics* 9, 916–927.
- Naiman R., Decamps H., Pollock M., 1993, "The role of riparian corridors in maintaining biodiversity", *Ecological applications* 3, 209-212.
- Ouédraogo M., Ouédraogo D., Thiombiano T., Hien M., Lykke A-M., 2013, "Dépendance économique aux produits forestiers non ligneux : cas des ménages riverains des forêts de Boulon et de Koflandé au Sud-Ouest du Burkina Faso", *Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID*, 107 (1): 45 - 72.
- PCD, 2013, *Plan communal de développement de Dissin 2014-2018*, Burkina Faso, Rapport final.
- Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies (PAM), 2014, *Analyse Globale de la Vulnérabilité, de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition (AGVSAN)*, Burkina Faso, 105p.
- Sambaré O., Ouédraogo O., Wittig R., Thiombiano A., 2010, "Diversité et écologie des groupements ligneux des formations ripoles du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)", *International Journal of Biological and Chemical Science* 4(5):1782-1800.
- Sen, A. K., 1981, *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*, Clarendon Press, Oxford, 257p.
- Thondhlana G, Muchapondwa E., 2014, "Dependence on environmental resources and implications for household welfare: Evidence from the Kalahari drylands, South Africa", *Ecological Economics* 108, 59–67.

Communication N°26: Caractérisation de l'élevage des petits ruminants à Dougoukouna et à Ouendébougou dans le cercle de Ségou

Soukalo TRAORE¹, Djénéba F DIARRA² et Konimba BENGALY³

¹Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale (FAMA), (00223) 76214221/66214221, Université de Ségou, BP : 24 Ségou Mali. Email : traore_souk@yahoo.fr

²Centre de Recherche Agronomique de Cinzana, Institut d'Economie Rurale (IER)

³Centre d'Expertise de Recherche Appliquée au Développement (CERAD), Université de Ségou

Résumé

L'élevage des petits ruminants constitue une source de revenu très importante pour les ménages, en particulier les femmes, en Afrique subsaharienne, au Mali et dans la région de Ségou. Par ailleurs, le manque de ressources fourragères en quantité et en qualité tout au long de l'année est une contrainte majeure de cet élevage. Dans l'hypothèse que l'élevage des petits ruminants est un domaine d'activités des femmes, nous avons procédé à une enquête de caractérisation de cet élevage dans deux villages situés dans un rayon de 15 à 20 km autour de la ville de Ségou ; il s'agit de Dougoukouna et de Ouendébougou. Cette caractérisation nous a paru nécessaire pour mieux cibler les actions d'amélioration de cet élevage. L'enquête a été menée en Juin 2017, chez un effectif total de 117 producteurs à Dougoukouna (n = 97) et à Ouendébougou (n = 20) et a concerné les aspects liés au statut de propriété des animaux, aux effectifs/structure des troupeaux, à la répartition des activités d'élevage entre les hommes et les femmes au sein de l'exploitation, à la santé/l'alimentation des animaux, etc. Les résultats montrent 1114 petits ruminants à Dougoukouna et 680 à Ouendébougou. Pour suivre les activités des petits ruminants du village de Ouendébougou quatre GPS en collier ont été portés sur quatre animaux pendant une semaine. Les données préliminaires du GPS montrent que les terres situées dans un rayon de 3 km du village constituent la zone de pâturage la plus probable pour les petits ruminants. Ces données GPS indiquent que les animaux passent 16 heures à l'étable contre 8 heures d'activités (2 heures de broutage, 1 heure de repos et 5 heures de marche), d'où la nécessité de supplémentation. Il ressort que les femmes assurent l'entretien, la distribution des aliments et l'abreuvement des petits ruminants.

Mots clés : Système d'élevage ; Caractérisation ; Petits ruminants ; Dougoukouna ; Ouendébougou ; Ségou ; Mali

1. Introduction

L'élevage tient une place importante dans l'économie des pays du Sahel tels que le Mali (Pelon, 2015). De par son importance stratégique dans l'économie nationale, le secteur figure en bonne place dans les actions prioritaires du Gouvernement (D.N.P.I.A, 2016). En 2009, la FAO affirme dans son rapport « la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture-2009 », que le secteur de l'élevage est socialement et politiquement très important dans les pays en développement. Il représente 40 % de la valeur de la production agricole mondiale (Guèye, et al., 2010). En outre, du fait de son potentiel et de sa multifonctionnalité, le secteur de l'élevage nourrit et contribue aux moyens d'existence et à la sécurité alimentaire de près d'un milliard de personnes (Guèye, et al., 2010). En Afrique subsaharienne la part de l'élevage est de l'ordre de 35% du PIB agricole (Pradère, 2014) . Selon l'INSTAT en 2015, la contribution du secteur de l'élevage au Mali se situe à environ à 15,2%.

En outre, le pays jouit d'une diversité agro écologique très particulière favorable à l'élevage des petits ruminants. Elle se caractérise par des zones aux climats très secs avec des pluviométries de moins de 300 mm à des zones aux climats plus humides culminant plus de 2000 mm de pluie par an. Par ailleurs, les ruminants remplissent des fonctions sociales ou religieuses qui ne doivent pas être sous-estimées dans les pays du sud (Buldgen, et al., 2002). Ils jouent très souvent un rôle primordial dans la fonction d'épargne. Mais ces petits ruminants sont confrontés par une insuffisance de fourrages d'où la nécessité d'explorer les ressources fourragères non conventionnelles comme le manioc cultivé dans la zone de Ségou.

A l'instar des autres pays soudano-sahélien, l'économie du Mali est basée principalement sur les cultures et les produits de l'élevage. L'effectif du cheptel national au 31/12/15 est estimé à 10 622 750 bovins, 15 143 415 ovins, 21 087 300 caprins (D.N.P.I.A, 2016). Pour un taux de croissance de 5% pour les ovins/caprins dépassant de loin celui des bovin 3%. Dans la région de Ségou le cheptel par espèce est de 1 321 950 ovins, 2 093 960 caprins et 1 198 250 bovins soit respectivement 8,73 %, 9,93% et 11,28% comparé aux effectifs nationaux (D.N.P.I.A, 2016).

2. Site de l'étude

Deux villages (Dougoukouna et de Ouendébougou) de la Région de Ségou, situés dans un rayon de 15 à 20 km ont été choisis pour mener les enquêtes sur la caractérisation du système d'élevage des petits ruminants. Ces villages sont caractérisés par l'importance des activités d'élevage et de production agricole et surtout de la culture du manioc.

3. Matériel et Méthode

Matériel : l'étude a concerné les petits ruminants (ovins et caprins). Au total, 1794 animaux ont été concernés par cette étude (1018 ovins et 776 caprins, auprès de 117 exploitations (Dougoukouna et de Ouendébougou).

Méthodologie d'enquête : des fiches d'enquêtes ont été élaborées pour les deux sites d'étude. Ces fiches d'enquêtes concernent les aspects liés au statut de propriété des animaux, aux effectifs et la structure des troupeaux (espèces), à la répartition des activités d'élevage entre les hommes et les femmes au sein de l'exploitation, à la santé et l'alimentation des animaux. La race n'était pas prise en compte. Pour mener à bien cette enquête le système de porte à porte couplé par une campagne de vaccination gratuite des animaux ont été adoptés auprès de chaque exploitation agricole de la zone d'étude ; car toutes les exploitations étaient visées par cette étude.

4. Résultats

Cent dix-sept agro-éleveurs des villages de Ouendébougou (n = 20) et de Dougoukouna (n = 97) ont été invités à répondre à 54 questions lors d'une séance de vaccination gratuite.

Les réponses ont été soumises à une analyse statistique initiale (Chi Square ou ANOVA) pour comparer le système d'élevage des deux villages. Sur la base des recensements de la population humaine de chaque village, les répondants au questionnaire représentaient, respectivement, 42% de la population de Ouendébougou et 41% de la population de Dougoukouna. Les deux villages pratiquent le même système d'élevage (bovins, caprins, ovins), par ailleurs le nombre de caprins est significativement plus élevée à Ouendébougou (9 fois) qu'à Dougoukouna. En revanche, les villages diffèrent selon le mode de pâturage, 90% des enquêtés à Ouendébougou confirment envoyer les animaux en pâturage contre 55% à Dougoukouna (tableau 1).

- A Ouendébougou et à Dougoukouna, la conduite des animaux aux pâturages des différentes exploitations était assurée par des bergers. Ces bergers sont principalement des enfants ou des adolescents de sexe masculin.
- A Dougoukouna, 89% des répondants ont indiqué que les résidus de récolte ont été utilisés juste après la récolte en début de saison sèche, alors qu'à Ouendébougou, 50% ont déclaré utiliser des résidus de récolte juste après la récolte et les autres 50% l'ont fait en pleine saison sèche. Les résidus de cultures ont été utilisés par 97% et 95% des agriculteurs respectivement à Dougoukouna et à Ouendébougou. En général, les résidus de culture utilisés sont semblables pour les deux villages. Seuls 6 agriculteurs (5 à Dougoukouna et 1 à Ouendébougou) mentionnent avoir utilisé le résidu de manioc comme complément alimentaire des petits ruminants.

Tableau 1 : effectif par espèces à Dougoukouna et Ouendébougou

<i>Villages</i>		<i>Dougoukouna</i>		<i>Ouendébougou</i>	
<i>Espèces</i>		<i>Têtes totales</i>	<i>Tête/famille</i>	<i>Têtes totales</i>	<i>Tête/famille</i>
bovins	Adultes	506	5.2	83	4.5
	Jeunes	68		27	
ovins	Adultes	679	7	137	6.9
	Jeunes	160		42	
caprins	Adultes	222	2.3	422	21.1
	Jeunes	53		79	
Total petits ruminants	Adultes	1407	17.4	642	39.5
	Jeunes	281		148	

Plus de 95% des éleveurs de Dougoukouna ont nourri leurs animaux avec des fourrages de pâturages récoltés contre 80% à Ouendébougou (P = 0,04).

Les sous-produits de récolte utilisés dans l'alimentation des animaux des deux villages est indiquée comme ci-dessous : paille de mil ; paille de sorgho ; paille de riz ; amarante ; fourrage de niébé fourrage de manioc ; fourrage d'arachide ; fleurs d'oignon ; Son de riz ; de mil ou de sorgho et tourteau de coton. Très souvent, l'alimentation est complétée par des pailles de brousse à savoir l'herbe fraîche ou séché, les feuilles de karité, les feuilles et les gousses de balan Zan (*Faidherbia albida*, etc.

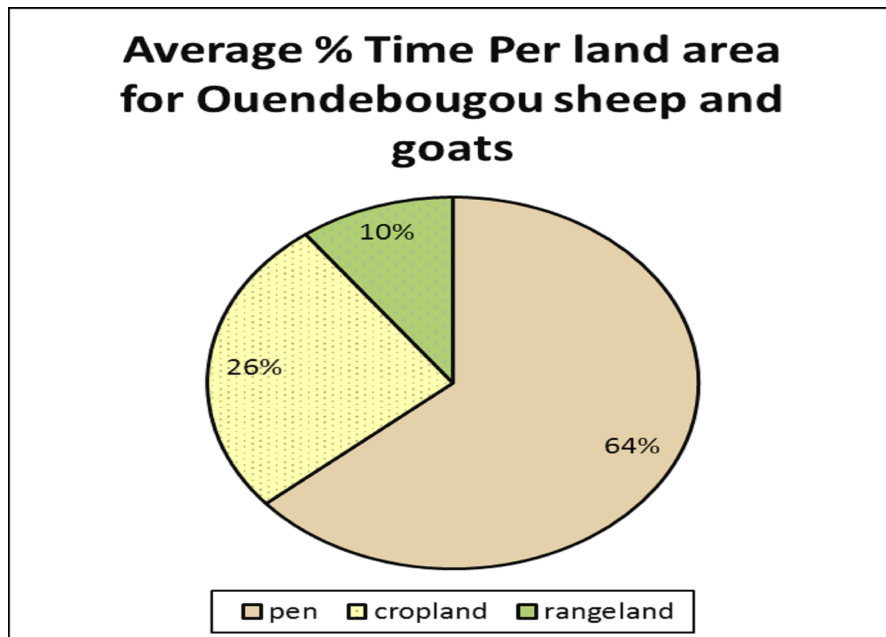
Par rapport à l'habitat des animaux, il diffère selon les villages. À Dougoukouna, environ 46% des répondants affirment que leur bétail appartenait à toute la famille ou la famille et des voisins et plus la moitié (54%) ont déclaré que le bétail appartenait uniquement à leur ménage. Une majorité des agro-éleveurs de Ouendébougou (73%) ont déclaré que les animaux appartiennent conjointement à toute la famille où la famille à des voisins. L'entretien des animaux (l'abreuvement et l'alimentation) est mentionné comme principal rôle des femmes de Dougoukouna par 77% des répondants. Tandis qu'à Ouendébougou, les répondants ont indiqué que les femmes étaient chargées d'une seule de ces deux tâches, parce qu'elles avaient d'autres tâches en dehors de l'abreuvement ou de l'alimentation (par exemple, attacher les animaux à leur retour du pâturage, entretenir le parc...). L'habitat des animaux était divisé en deux catégories : sous un hangar, à l'air libre sur des piquets dans la cour familiale.

Pour estimer les besoins généraux de fourrage de chaque village, nous avons calculé les TLU totales (Unité du bétail tropical = 250 kg par gros ruminant) ; de même pour les ovins et les caprins par ménage de chaque village.

Le village de Dougoukouna compte environ 1100 habitants. Tous les calculs sont basés sur cette information donnant une estimation de 3222 tonnes de fourrages par an Dougoukouna

La population de Ouendébougou compte environ 250 habitants. Tous les calculs sont basés sur cette information. L'Unité Bétail Tropical est de 0,8 pour un bovin et 0,2 UBT pour un petit ruminant. Ce qui donne une estimation de 899 tonnes de fourrage par an à Ouendébougou.

Pour suivre les activités des petits ruminants du village de Ouendébougou quatre GPS en collier ont été portés sur quatre animaux pendant une semaine. Les données préliminaires du GPS montrent que les terres situées dans un rayon de 3 km du village constituent la zone de pâturage la plus probable pour les petits ruminants. Ces données GPS indiquent que les animaux passent 16 heures à l'étable contre 8 heures d'activités (2 heures de broutage, 1 heure de repos et 5 heures de marche), d'où la nécessité de supplémentation.



5. Discussion

Au Mali, l'élevage des petits ruminants est un levier particulièrement important dans l'économie et pour les ruraux dans les stratégies de lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire auprès des ménages et surtout les femmes. En s'appuyant sur les données scientifiques, statistiques et des observations de nos études sur le terrain dans la région de Ségou au Mali, l'étude analyse les conditions d'une amélioration des systèmes d'élevage des petits ruminants et la

nature des obstacles opposés à cette amélioration. Dans le contexte du Mali, on note depuis les années plusieurs cas de recherches sur l'élevage des petits ruminants (Dr. Sidibé, et al., 2009), et des cas d'études conduites sur le comportement alimentaire des ruminants « la création ou la valorisation de ressources fourragères d'appoint : régénération de bourgoutières au Mali et en Tunisie par l'Unité de Zootechnie de la FUSAGx de Gembloux de la Belgique (Buldgen, et al., 2002).

6. Conclusion

L'élevage des petits ruminants est très important dans la région de Ségou car cet élevage est pratiqué par toute la population hommes et femmes et jeunes. Ainsi il ressort de notre étude que la majeure partie des petits ruminants appartiennent aux femmes mais vu l'organisation sociale des deux localités l'homme a droit sur tout ce que sa femme possède. Dans les deux villages plus de 684 bovins et 2478 ovins et caprins ont été recensé dont 1688 à Dougoukouna et 790 à Ouendébougou. Ce qui fait qu'il y a un fort besoin d'aliments sur de fourrage dans les deux localités où la culture du manioc est très développée. C'est dans ce contexte que le fourrage de manioc peut être considéré comme une alternative afin d'améliorer la production animale dans le cercle de Ségou.

7. Références

- Buldgen A., Bindelle J. et Lebailly Ph. Productions animales dans les pays en développement et relations nord-sud. - Gembloux/ Belgique : [s.n.], 2002.
- D.N.P.I.A Rapport annuel 2015 [Rapport]. - Bamako : Ministère de l'Élevage et de la Pêche,, 2016.
- Dr. Sidibé Modibo et Dr. Goïta Mamadou Bilan de la recherche agricole au Mali 1970-2000 [Revue]. - Bamako : [s.n.], 2009. - Vol. Volume 2 : Production et santé animale.
- Guèye Bara [et al.] Agriculture durable à faibles apports externes [Site Web : www.iedafrique.org]. - Dakar : www.iedafrique.org, 2010. - Vol. VOL. 26. N°.1.
- Pelon Vital Le paradoxe de l'élevage au Sahel : forts enjeux, faibles soutiens [En ligne] // www.inter-reseaux.org. - 16 Avril 2015. - lundi 28 Aout 2017.
- Pradère J.-P. Améliorer la santé animale et la productivité de l'élevage pour réduire la pauvreté [Organisation mondiale de la santé animale]. - France : Revue scientifique et technique., 2014. - Vol. n° 18092014-00042-FR).

Communication N°27: Le mil et le sorgho, une alternative de l'utilisation du maïs dans les aliments des poules pondeuses au Niger, Afrique de l'Ouest

Salissou ISSA¹, Sapna JARIAL², Nouri BRAH^{3*} et Labo HAROUNA⁴

¹Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN)

INRAN, Niamey BP 429 Niger

²International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)

Niamey, Niger BP 12404

³Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN)

INRAN, Maradi, Niger

⁴Ferme Avicole Guidan Gona, Maradi, Niger

*Tel (+227) 90 99 90 66 ; Email : brahnouri@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de l'étude a été de déterminer les effets des aliments contenant le maïs, le mil ou le sorgho sur les performances de production et sur la qualité des œufs des poules pondeuses. 120 poules Harco âgées de 19 semaines ont été utilisées pendant trois mois de ponte. Les poules ont été réparties dans 20 lots avec 6 poules par lot à la ferme avicole guidan gona de Maradi. L'aliment témoin était constitué de maïs comme source d'énergie ; la farine de poisson et le tourteau d'arachide ont été les principales sources de protéine. Le mil et le sorgho ont été utilisés pour remplacer uniquement le maïs kg/kg dans les aliments. Les traitements ainsi constitués ont été : 1) Témoin (100% maïs) ; 2) 50% maïs + 50% mil ; 3) 50% maïs +50% sorgho ; 4) 100% mil et 5) 100% sorgho. Les 5 aliments (traitements) ont été répartis de manière aléatoire dans les 20 lots avec 4 répétitions par aliment. Les paramètres suivis ont été le taux de ponte, l'ingestion alimentaire, l'indice de consommation, le coût des aliments, le poids des œufs et la coloration du jaune d'œufs. Les résultats ont montré que le taux de ponte n'a pas été statistiquement influencé ($P > 5\%$) par le type de céréale ou leur combinaison. Les autres paramètres ont été statistiquement influencés ($P < 5\%$). L'aliment témoin (100% maïs) a permis plus d'ingestion d'aliment, de coloration de jaune d'œufs et un coût élevé de l'aliment. L'aliment 100% mil a permis l'obtention de poids d'œufs plus élevé, un faible coût de l'aliment et un meilleur indice de consommation. Le sorgho 100% a abouti à une faible coloration de jaune d'œufs. Par conséquent, les aviculteurs du Niger peuvent utiliser 50% maïs + 50% mil ou sorgho ou le régime 100% mil à condition d'ajouter un colorant de jaune d'œufs.

Mots clefs : Maïs, Mil, Niger, Poules pondeuses, Sorgho.

Introduction

Le Niger est un des pays de l'Afrique de l'Ouest qui produit le mil (*Pennisetum glaucum*, *Setaria italica*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*). Même si ces céréales sont pour la consommation humaine, le maïs est importé et son coût élevé et sa grande utilisation en alimentation de la volaille est la contrainte majeure de la rentabilité de l'aviculture au Niger (Issa et al., 2016). La tendance à une grande utilisation et une augmentation du prix des céréales ont amené les producteurs à utiliser d'autres sources de matières premières non conventionnelles en alimentation de la volaille (Ravindran, 2013). Pourtant, des alternatives à l'utilisation du maïs par sa substitution avec le sorgho ont été largement étudiées en Inde, aux Etats Unis et en Afrique de l'Ouest (Parthasarathy et al. (2005), Issa et al (2010a), Kawari et al. (2012), Bulus et al. (2014), Yunus et al. (2015). Cependant, le mil qui est la première céréale produite et consommé au Niger est faiblement utilisée en alimentation de la volaille. L'objectif de cette étude est d'évaluer la performance, la qualité et le coût de production des œufs de poules en utilisant des rations alimentaires iso-protéiques, iso-énergétique des aliments contenant le maïs, le mil et le sorgho.

Matériels et méthodes

Pour cette étude, 120 poules Harco, de 19 semaines d'âge et d'un poids moyen au début de l'expérimentation de 1050 ± 11 g ont été utilisées pendant trois mois de ponte afin de déterminer les performances zootechniques et la qualité des œufs de poules quand le maïs, le mil, le sorgho ou la combinaison maïs + mil et sorgho + maïs sont utilisés dans les aliments de poules. Les aliments ont été distribués de manière aléatoire dans 20 lots avec 6 poules par lot ($1,2 \text{ m}^2$) et 4 répétitions (lot) par aliment. Les poules ont été élevées au sol sur litière en coque d'arachide dans un bâtiment à ventilation naturelle, une humidité de $24,6 \pm 0,4\%$, une vitesse de vent de $1,6 \pm 0,4 \text{ m/s}$ et des températures variant de $18 \pm 3^\circ\text{C}$ le matin, $28 \pm 4^\circ\text{C}$ à midi et $29 \pm 3^\circ\text{C}$ le soir. Les poules ont été vaccinées contre les maladies de Newcastle, Gumboro et syndrome de chute de ponte. L'aliment témoin a été formulé avec le maïs comme principale source d'énergie et la farine de poisson et le tourteau d'arachide comme principales sources de protéines. Il contient 17% de protéine brute, 0,6% de lysine, 0,3% de méthionine et 2783 Kcal/kg d'énergie métabolisable (NRC 1994). Le mil et le sorgho ont été utilisés pour remplacer le maïs kg/kg dans les aliments (traitements) pour avoir cinq (5) traitements: 1) 100% maïs (témoin); 2) 50% maïs + 50% mil; 3) 50% maïs + 50% sorgho; 4) 100% mil et 5) 100% sorgho (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition en ingrédients et en nutriments des aliments poules pondeuses contenant différents taux des céréales

Ingrédient	Maïs	Maïs 50% + Sorgho 50%	Maïs 50% + mil 50%	Mil	Sorgho
Maïs	67.50	33.50	33.75	0.00	0.00
Sorgho	0.00	33.50	0.00	0.00	67.00
Mil	0.00	0.00	33.75	67.50	0.00
Son de blé	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50
Tourteau d'arachide	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Farine de poisson	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Méthionine	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lysine	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Poudre d'os	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Sel	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit/Min premix	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Huile d'arachide	0	0.50	0.00	0.00	0.50
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Composition nutritionnelle calculée					
EM (kcal/kg) ¹	2,784	2,781	2,783	2,781	2,784
Protéine brute (%)	17	17	17	17	17
Ca ² total, (%)	2.15	2.29	2.21	2.31	2.15
P ³ disponible (%)	1.16	1.14	1.14	1.12	1.12
Lysine (%)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Méthionine (%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

(¹): Energie métabolisable, (²): Calcium ; (³): Phosphore

Les échantillons du maïs, mil et sorgho ont été analysés au Laboratoire d'alimentation et de Nutrition Animale (LANA) de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). Le taux de ponte et l'ingestion d'aliment par lot et par poule ont été calculés quotidiennement. Le poids des œufs a été collecté chaque deux semaines avec une balance électronique de précision 0.1g. Tous les œufs du jour ont été pesés. Deux œufs par lot ont été échantillonnés pour l'évaluation de la couleur du jaune d'œuf à l'aide de la grille de Roch. L'indice de consommation a été calculé en g d'aliment / douze œufs. Le prix d'achat des matières premières a été utilisé pour calculer le coût de chaque aliment et la rentabilité de production (FCFA/12 œufs). Les données ont été analysées avec le logiciel R par la procédure de General Linear Model (GLM) et la séparation des différences de moyennes des variables par l'ANOVA (Analyse de la Variance).

Résultats et discussions

Compositions chimiques

Le maïs, le mil et le sorgho Sepon 82 ont eu des pourcentages en matières sèche (MS) et des teneurs en cellulose brute (CB) similaires (Tableau 2). Cependant, le sorgho Sepon 82 a dépassé le maïs et le mil en protéine brute (PB) de 2,3 et 0,9% respectivement. Par contre, le mil a été supérieur en taux de matière grasse exprimé en extrait éthéré (EE) de 0,3 et 1,2% par rapport au maïs et au sorgho Sepon 82 respectivement. Quant au extractif non azote (ENA), le maïs a renfermé plus de teneur par rapport au mil et au sorgho Sepon 82 (Tableau 2). Les taux en matière minérale, en extrait éthéré et en protéine brute ont été similaires aux taux observés par Kwari et *al.* (2012). Cependant, les taux en cellulose brute et en extractif non azoté ont été inférieurs à ceux publiés par ces mêmes auteurs. Ces différences pouvaient être liées aux variétés de céréales.

Tableau 2: Teneur en MM, CB, PB, EE et ENA du maïs, sorgho Sepon 82 et mil utilisés

Céréales	MS (%)	MM (%)	CB (%)	PB (%)	EE (%)	ENA (%)
Maïs	92,1	1,2	2,3	10,0	5,0	73,6
Sorgho Sepon 82	92,1	2,1	2,0	12,3	3,1	72,6
Mil	92,2	2,2	2,1	11,4	5,3	71,2

MM : Matière Minérale, CB : Cellulose Brute, PB : Protéine Brute, EE : Extrait Ethéré et ENA : Extractif Non Azoté

Prix et ingestion des aliments

Le mil a coûté moins cher sur le marché lors de la formulation des aliments. Par conséquent, les aliments contenant du mil (mil 100% et maïs 50% + mil 50%) ont coûté moins chers par rapport aux autres aliments (Tableau 3). L'aliment maïs 100% a été le plus cher lors de l'essai. Cependant, Filardi et *al.* (2005) ont constaté que l'aliment à base du mil a été plus cher que celui à base du maïs au Brésil. Cela pourrait être dû à l'année et au prix de chaque pays.

Le poids initial des poules à l'entrée en ponte était statistiquement non significatif ($P = 0,57$). Durant l'essai, le type de céréale utilisée a eu un effet significatif ($P = 0,02$) sur l'ingestion d'aliment des poules pondeuses (Tableau 4). L'aliment maïs (100%) a été plus consommé (117g/j) et a dépassé les aliments maïs 50% + sorgho 50% ; maïs 50% + mil 50% ; 100% sorgho et 100% mil de 7g ; 6g ; 3g et 7g/j respectivement.

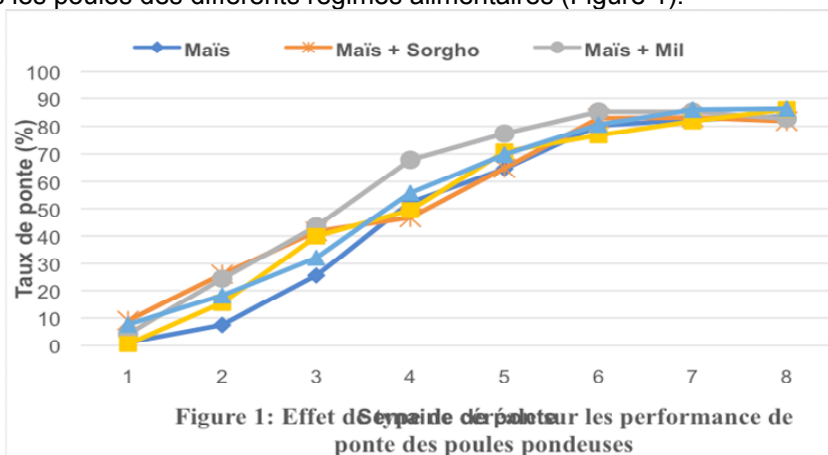
Tableau 3: Prix (FCFA/Kg) des aliments des poules pondeuses utilisés

Rubrique	Prix (FCFA/kg)	Maïs	Maïs 50% + sorgho 50%	Maïs 50% + mil 50%	Mil	Sorgho
Maïs	178	120	60	60	0	0
Sorgho	160	0	54	0	0	107
Mil	150	0	0	51	101	0
Son de blé	180	17	17	17	17	17
Tourteau d'arachide	550	33	33	33	33	33
Farine de poisson	600	48	48	48	48	48
Méthionine	4000	8	8	8	8	8
Lysine	3000	6	6	6	6	6
Poudre d'os	100	8	8	8	8	8
Sel	200	1	1	1	1	1
Vit/Min prémix	2000	6	6	6	6	6
Huile d'arachide	850	0	4	0	0	4
Broyage & mélange	20	20	20	20	20	20
Coût aliment (FCFA/kg)	-	247	244	237	228	238

La quantité d'aliment ingéré par les pondeuses a été supérieure à celui rapporté par Issa et al. (2010b) à 39°C. Kwari et al. (2014) ont rapporté qu'il n'y avait pas eu de différence significative entre les ingestions des poulets de chair alimentés avec le maïs, le mil, le sorgho et leurs combinaisons ; cela pourrait être lié à la race de volailles utilisées.

Taux de ponte

Jusqu'en 6^{ème} semaine de ponte l'aliment 50% maïs + 50% mil a permis d'avoir un de taux de ponte plus élevé. A la fin de l'essai, le taux de ponte a été similaire pour toutes les poules des différents régimes alimentaires (Figure 1).



Globalement, il n'y a pas de différence statistiquement significative ($P = 0,78$) entre le taux de ponte de poules des différents régimes alimentaires (Tableau 4). Le maïs, le mil, le sorgho sans tanin ou leur combinaison pourraient induire les

mêmes taux de ponte. Filardi *et al.* (2005) ont aussi constaté qu'il n'y avait pas eu de différence entre le taux de ponte induit par le mil, le maïs ou leur combinaison. Le taux de ponte a été supérieur à celui (55%) rapporté par Issa *et al.* (2010b) sur la même race (Harco) mais à 39°C.

Tableau 4: Paramètres zootechniques, économiques et de qualité de production des œufs

Paramètres	Aliments						ES*	P**
	Maïs	Maïs 50% + sorgho 50%	Maïs 50% mil 50%	+ Sorgho	Mil			
Poids initial (g)	1059	1012	1061	1058	1062	28	0,57	
Ingestion d'aliment (g/j)	112	105	106	109	105	2	0,02	
Taux de ponte (%)	83,8	85,5	84,4	82,7	84,2	1,8	0,78	
IC (g aliment/douze œuf)	1628	1511	1550	1639	1582	50	0,03	
FCFA aliment/12 œuf	402	369	367	390	376	12	0,03	
Poids œuf (g)	49	48	48	48	50	1	0,01	
Couleur jaune œuf	8,2	8,0	7,8	2,3	3,8	0,4	0,01	

* (ES): Erreur Standard, ** (P) : Probabilité

Rentabilité économique

L'indice de consommation (g aliment/12 œufs) a été statistiquement différent ($P = 0,03$) pour tous les aliments. Les aliments 50% maïs + 50% sorgho et 50% maïs + 50% mil ont été plus efficaces. Par contre l'aliment à base du mil a été plus efficace que les aliments à base du maïs ou du sorgho uniquement (Tableau 4). Pour le coût de production des œufs (FCFA aliment/12 œufs), les combinaisons des céréales ont été plus rentables (Tableau 4). Il y a une différence significative sur le coût de production des œufs ($P = 0,03$). Le mil a été plus rentable que le maïs ou le sorgho dans les aliments de poules pondeuses. Cela pourrait être lié à son prix qui était faible lors de l'essai par rapport aux maïs et sorgho, mais aussi sa bonne convertibilité (indice de consommation plus faible).

Qualité des œufs

En moyenne, le poids de l'œuf a été de 49g durant l'expérimentation. L'aliment a eu un impact statistiquement significatif ($P = 0,01$) sur le poids des œufs des différents aliments. L'aliment à base du mil a permis d'avoir des œuf plus lourds et l'aliment à base de maïs a permis d'avoir des œufs moins lourds, pendant que les aliments sorgho, 50% maïs + 50% sorgho et 50% maïs + 50% sorgho ont permis d'avoir des poids des œufs similaires (Tableau 4). Filardi *et al.* (2005) ont constaté que le poids des œufs ne dépend pas de la céréale utilisée dans les aliments des poules pondeuses. Nos données sur le poids des œufs ont été similaires à celles rapportées par Partharathy *et al.* (2005).

L'aliment à base du maïs a permis d'avoir plus de coloration de jaune d'œuf que les aliments à base du mil ou du sorgho (Tableau 4). Cette différence a été statistiquement significative ($P = 0,01$). Cependant, les combinaisons maïs sorgho ou maïs mil ont permis d'avoir une couleur de jaune d'œuf similaire à celle

consécutives à l'utilisation de maïs seul. Cela pourrait être dû à la présence de xanthine dans le maïs.

Conclusion

Tous les aliments ont permis des taux de ponte similaires. En plus, l'aliment 100% mil a coûté moins cher et a permis l'obtention d'un meilleur poids des œufs. L'aliment 100% maïs a été plus cher, mais a permis plus de coloration de jaune d'œuf. Les aliments intermédiaires (50% maïs + 50% sorgho et 50% maïs + 50% mil) ont permis le meilleur indice de consommation et ont une coloration de jaune d'œuf similaire au 100% maïs. Par conséquent, les aviculteurs du Niger peuvent utiliser dans les aliments de poules pondeuses 50% de maïs et 50% de mil ou sorgho. Ils peuvent utiliser le régime 100% mil maïs avec un additif alimentaire de colorant de jaune d'œuf.

Références

- Bulus, E, Ibe, E, Dodo S, & Makinde, I. S. A. O. (2014). Performance of broiler chickens fed two varieties of guinea corn and millets as replacement for maize. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4 (3), 541-547.
- Filardi R S, Junquiera O M, Casarteli E M, Laurentiz E N, Duarte K F & Assuena V. 2005. Pearl millet utilization in commercial laying hen diets formulated on a total or digestible amino acids basis. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7(2) 99 – 105.
- Issa S, Jarial S, Brah N, Labo H. 2016. Are millet and sorghum good alternatives to maize in layer's feeds in Niger, West Africa? *Indian Journal of Animal Sciences* 86 (11): 1302–1305.
- Issa S, Hancock J D, Tuinstra M R, Brah N, Hassan A, Kapran I, & Kaka S. 2010a. Le Sorgho, un bon substitut du maïs dans les rations des poulets de chair au Niger. *Communications en Aviculture Familiale*. Vol. 19 N° 1 p16-22
- Issa S, Hancock J D, Tuinstra M R, Brah N, Hassan A, Kapran I & Kaka S. 2010b. Promotion du sorgho dans les rations de poules pondeuses en zone sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. *Communications en Aviculture Familiale*. Vol. 19 N° 1 p23-31.
- Kwari I D, Igwebuiké J U, Shuaibu H, Titimaand S I, & Raji A O. 2014. Growth and carcass characteristics of broiler chickens fed maize, sorghum, millet and their combinations in the semi-arid zone of Nigeria. *International Journal of Science and Nature*. 5(2): 240-245.
- Kwari I D, S Issa, Diarra S S, Igwebuiké J U, Nkama I, Hamaker B R, Hancock J D, Jauro M, Seriki O A & Murphy I. 2012. Replacement value of low tannin sorghum (sorghum bicolor) for maize in broiler diets in semi-arid zones. *International Journal of Poultry Science*. 11 (5): 333-337.
- NRC. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 4th Revised Edition.
- Parthasarathy PR, Gurava KR, VS Reddy, & CL Gowda. 2005. Linking producers and processors of sorghum for poultry feed: A case study from India. International Crop Research Institute of Semi-Arid Tropics. (ICRISAT), www.globalfoodchainpartnerships.org.
- Ravindran V. 2013. Alternative feedstuffs for use in poultry feed formulations. In Poultry development review (ed.) FAO pp 72–75. FAO, Retrieved July 2015, from www.fao.org/publications.
- Yunusa Y., Doma, U.D. D. Zahraddeen, S.B. Abubakar, A. Umar & A. Isah, 2015. Performance and economics of production of broiler chickens fed different dietary energy sources. *Asian Journal of Poultry Science*, 9: 41-49.

Communication N°28: Sécuriser les revenus et les moyens de résilience des producteurs de coton du Mali

Dionkounda TRAORE

Faculté des Sciences Sociales (FASSO), Université de Ségou

Email : dtraore.antigone@gmail.com,

tél. (223) 76 41 61 28 / 66 79 07 00

Résumé

Le Mali, pays sahélien, s'oriente forcément vers des cultures commerciales stratégiques à haute valeur ajoutée dont le Coton qui nourrit 4 Millions de personnes, 200 000 UPA⁷⁶. La CMDT a pour mandat, l'amélioration de la production, l'achat du coton, son égrenage, l'organisation des paysans, le renforcement des capacités d'intervention des producteurs. La culture du coton, passe de nos jours pour un système car ayant des arrières- effets sur la sécurité et la souveraineté alimentaire. La présente Communication est le fruit d'un long processus de Recherche- Action structurée autour des axes suivants : diagnostic des coopératives cotonnières, appui au mode de fonctionnement des Coopératives de producteurs de Coton, alphabétisation fonctionnelle, initiation d'Activités Génératrices de Revenus, Elaboration et Mise en œuvre de Stratégie de Plaidoyer/Lobbying... Le processus a abouti à la relance de la production de Coton dans les zones concernées, au renforcement des capacités des coopératives de producteurs de Coton (20 000 producteurs formés), au Développement d'Activités Génératrices de Revenus (176 596 720 F CFA) au profit des producteurs et productrices.

Ces interventions peuvent intéresser aussi les PTF⁷⁷, directement comme à travers la CMDT, car ayant engendré l'amélioration des revenus des producteurs de coton et de la gouvernance au sein des Coopératives. Les Recherches ont été menées dans les régions cotonnières de : Fana, Sikasso, Ségou.

Mots clés : cultures commerciales, UPA, Plaidoyer/Lobbying, Coopératives, Revenus.

⁷⁶ UPA : Unité de Production Agricole désignant les acteurs sociaux qui travaillent et mangent ensemble.

⁷⁷ PTF= Partenaires Techniques et Financiers

I. Introduction

Le présent Article aborde la description d'un processus d'accompagnement des producteurs de coton dans quatre régions cotonnières.

Description du niveau local

En milieu rural malien, environ 3,7 millions de personnes réparties entre 200 000 exploitations familiales, sont directement tributaires de la production de coton qui représente souvent plus de 50 % de leurs revenus⁷⁸. Plus de 80% des producteurs de coton du Mali vit avec moins d'un dollar par jour, selon la même source. Ils cultivent du coton sur de petites parcelles de 2 à 3 hectares, ainsi que des céréales et élèvent du bétail, utilisant des bœufs et essentiellement la main-d'œuvre familiale.

Grâce au coton, les petits agriculteurs accèdent au crédit et autres intrants, à l'Eau potable, aux écoles et services de santé, augmentant leur production céréalière tout en investissant dans le bétail.

Pour rappel, en 2005, sous la pression de la Banque mondiale, le mécanisme de fixation du prix de coton graine au Mali a été réformé, ce qui a accru les niveaux de pauvreté et d'endettement dans les zones productrices de coton de 5 %.

De 1970 jusqu'à une période récente, les agriculteurs des zones cotonnières du Mali étaient principalement organisés en Associations Villageoises (AV). En 2001, une nouvelle loi fut introduite pour faciliter la transformation de ces associations en coopératives, reconnues juridiquement et financièrement responsables sans une bonne compréhension de la loi régissant les 7000 coopératives constituées. C'est justement ce dernier point qui a justifié les interventions qui seront décrites dans le présent Article.

Au niveau national

Au Mali, la production de coton est promue par la compagnie cotonnière (CMDT, ancienne CFDT) depuis 1949. L'exportation de fibres de coton compte pour 25% des revenus totaux des exportations tandis que la production de coton représente environ 8% du PIB.

Approvisionnements en intrants

La production de coton consomme 60% des engrais et 80% des pesticides de l'approvisionnement en intrants, de l'Afrique de l'Ouest, avec un marché dominé par un petit nombre de sociétés internationales et leurs succursales locales.

Par le biais du Groupement des Syndicats Cotonniers et Vivriers du Mali (GSCVM), les organisations paysannes se sont impliquées dans la fourniture

⁷⁸ Oxfam, Programme Coton, 2009.

d'intrants pour les céréales, cette fonction est maintenant passée à l'*Union Nationale des Sociétés Coopératives de Producteurs de Coton – UNSCPC*. Le présent article s'intéresse particulièrement aux 7000 coopératives bien que nombre d'entre elles n'aient pas rempli pleinement les conditions sur le plan juridique, demeurant extrêmement fragiles.

II. Objectifs

2.1. Objectif global

Contribuer à la sécurisation des revenus et au renforcement des moyens de résilience des producteurs de coton du Mali et d'Afrique de l'Ouest.

2.2 Objectif spécifique :

- Analyser et Capitaliser les expériences d'un trajet d'accompagnement des producteurs de coton ;
- Vulgariser un processus de renforcement des capacités d'intervention de coopératives cotonnières maliennes à travers une démarche de Recherche/Action sur fond de Plaidoyer/Lobbying.

III. Matériels et Méthodes

Suite à un système de zonage facilité par le SIG (caractéristiques agro-écologiques, topographiques) et l'adoption de critères de choix (absence de PTF, faible fonctionnalité des Coopératives), 25 coopératives ont été retenues par commune pour chacun des 22 CGF (Conseillers en Gestion et Formation). Ces choix ont été opérés dans les régions cotonnières de Kayes, Koulikoro, Fana, Sikasso, Ségou.

Globalement, les outils- MARP⁷⁹ comme la Carte des Ressources, le calendrier Agricole, la classification préférentielle... ont été fortement utilisés. L'échantillonnage par grappes a permis de choisir les zones d'intervention en fonction de critères portant sur l'importance du coton dans la zone, le niveau d'effritement des coopératives, l'absence de partenaire technique et financier... La méthode grappe, partant des critères sus-évoqués, a permis de choisir dans chacune des régions, un certain nombre de Cercles, ensuite de communes et enfin, de villages. Les coopératives des villages retenus ont fait l'objet de collecte systématique de données.

Afin d'accroître et de sécuriser les moyens de subsistance pour les familles d'agriculteurs, les méthodes et outils retenus sont ceux qui suivent:

- Echantillonnage par grappes ;
- Un plaidoyer pour un mécanisme de soutien aux prix (coton, Intrants) ;
- un appui financier et technique pour la diversification.

⁷⁹ Méthode Active de Recherche et de Planification Participatives

Renforcement des capacités *organisationnelles des coopératives de coton biologique, équitable et conventionnel- outils* :

- Techniques d'auto évaluation des Organisations de la société civile ;
- Constitution d'équipes et formation à la carte ;
- *Promotion de la capacitation des femmes rurales des zones cotonnières à travers*
- Le développement de la représentativité des femmes dans le mouvement coopératif
- L'amélioration de l'accès et du contrôle des ressources économiques par les femmes

IV. Résultats et Discussion

Le présent chapitre restitue les principaux résultats obtenus de manière participative, au profit des coopératives en termes de capitalisation, de vulgarisation, d'un processus de renforcement des capacités voire de Conseil aux Exploitations Familiales Agricoles.

4.1 Fonds de garantie⁸⁰: suite aux campagnes de Plaidoyer/Lobbying, le fonds de garantie est passé de 25 à 45 Millions de F CFA, afin que les nationaux puissent être actifs dans l'importation d'intrants.

4.2 Fonds de soutien: Mis en place le 6 Février 2009, il a été abondé par: Gouvernement du Mali, Union Européenne, Producteurs à hauteur de 11 697 810 890 FCFA. A ce montant, il faut soustraire la somme de 3 896 606 320 francs CFA au titre du remboursement à la CMDT ,du « trop perçu » sur le prix d'achat au titre de la campagne 2009.

4.3. Un fonds d'appui national bien fonctionnel et adéquatement financé pour maintenir un prix minimum aux « cotonculteurs » et *réduire les fluctuations des prix*, avec les contributions et la gestion des paysans.

Comme autres acquis (2009- 20014), il faut notamment signaler :

- *Instauration de Crédits Alternatifs*
- *Mise en place du Fonds National d'Appui à l'Agriculture (FNAA), avec une ligne spéciale pour le coton. Le FNAA prévoit les lignes suivantes au profit des producteurs : crédit, Risques et calamités, Fonds de garantie,*
- *Participation paysanne au comité de gestion du FNAA - AOPP, CNOP, APCAM (Chambre Consulaire paysanne), aux côtés des structures étatiques.*

⁸⁰ Ce Fonds facilite l'accès des producteurs de coton au crédit auprès des banques.

Prix du coton et des intrants

Les producteurs ont été formés par l'auteur de l'Article sur le plaidoyer en vue d'influencer le prix du coton entre 2008 et 2013 avec l'appui de l'auteur. En guise d'illustration, en 2008, les paysans ont négocié séparément le prix du coton-graine (à 200 FCFA/Kg) et celui des intrants dont le bas niveau les a amenés à abandonner la culture du coton face à la chute de la marge nette. Par contre en 2009, comme résultats tangibles des actions de Plaidoyer/Lobbying, grâce aux subventions des intrants (urée et complexe coton, autres fertilisants pour les céréales) et malgré la baisse du prix du coton graine de 200 à 170 F CFA/kg pour le premier choix, la production du coton pour les paysans est redevenue plus rentable grâce au versement d'un montant d'environ 53.000 FCFA par UPA.⁸¹



Photo Dionkounda auprès des coopératives de la région de Fana

Arguments utilisés par les producteurs :

- . Coûts de production, actualisés;
- . Exigence de la transparence entre les maillons de la chaîne de valeur sur les coûts d'investissement ;
- . Variations du taux de change entre l'Euro et le Dollar, au profit du second ;
- . Rapport étonnant entre les prix des intrants à l'usine et bord- champ, car exorbitant.

⁸¹ UPA : Unité de Production Agricole désignant l'ensemble des Acteurs Sociaux qui travaillent et mangent ensemble.



Photo Dionkounda dans un Champ de coton – Région de Sikasso.

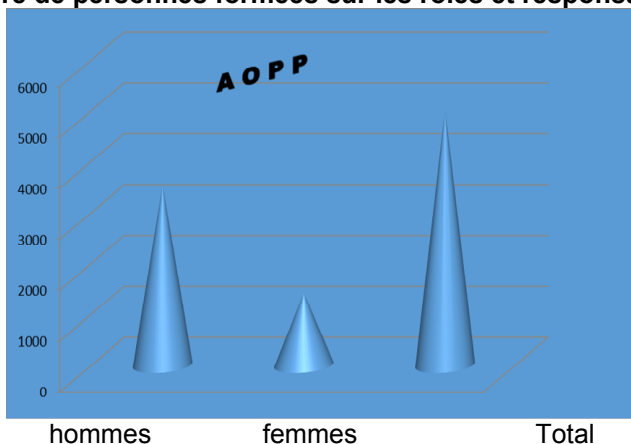
Foncier

Parmi les acquis du processus de Plaidoyer/Lobbying, figure l'engagement ferme du gouvernement à faire siennes, les préoccupations paysannes suivantes : mise en place et opérationnalisation d'un Observatoire national du foncier, de commissions foncières, les cadastres élargis à tous les systèmes de production, mise en œuvre participative de la politique foncière...

4.4. Quantifications des Résultats majeurs obtenus relativement aux différents modules et aux Interventions

Les informations et données ci-dessous fournies sont issues du dispositif de suivi mis en place à travers des fiches renseignées par les animateurs des coopératives de producteurs de coton.

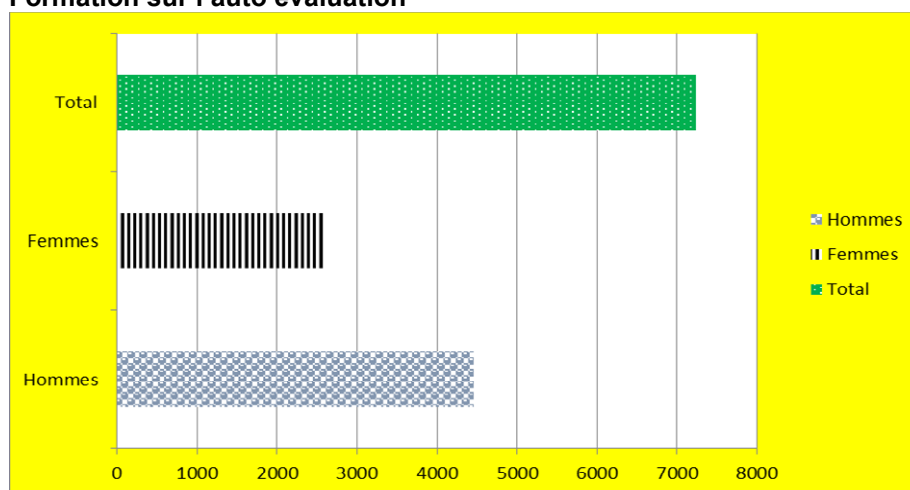
Nombre de personnes formées sur les rôles et responsabilités



Ces formations avaient pour objectif, d'aider les membres des coopératives-partenaires en général, les femmes en particulier, à mieux s'approprier les rôles et

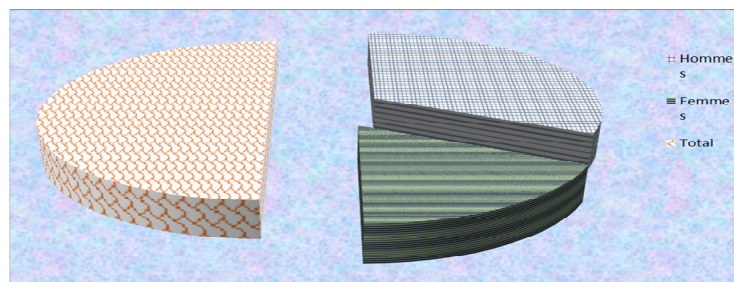
responsabilités afférents à chaque poste, les prérogatives des coopératives au regard des dispositions législatives et réglementaires.

Formation sur l'auto evaluation



La démarche d'auto-évaluation des Organisations de la Société Civile a permis de mettre en exergue, les Forces- Faiblesses- Opportunités et Menaces des coopératives pour parvenir à un Plan de renforcement des capacités et à des projets générateurs de revenus..

Formation sur les plans de developpement



Montants mobilisés par les coopératives après les formations et sources de financement

Sources_ Credits	Montants en F CFA	%
Kafô	94 336 800	53
Subventions	71 714 920	41
Crédits	1 054 500	6
Montant total mobilisés	176 596 720	100

En somme, à la fin d'un long processus de Recherche/Action sur fond de Développement local, les coopératives partenaires ont mobilisé 176 596 720 F

CFA en quatre années d'accompagnement. Sur un autre registre, la Vulgarisation, Selon MAUNDER (1997), est un « *service ou un système qui, au moyen de procédés éducatifs, aide la population rurale à améliorer les méthodes et les techniques agricoles, à accroître la productivité et le revenu, à améliorer son niveau de vie et à élever les normes sociales et éducatives de la vie rurale* ». Dans le même sens, pour MERCOIRET, 1994, « *la vulgarisation en Afrique a souvent été entendue comme un moyen de faire adopter par les producteurs de techniques mises au point par la recherche agronomique, grâce à un dispositif d'encadrement organisé à différentes échelles géographiques* »⁸².

Spécifiquement, le "Conseil" passe pour un outil pédagogique qui a pour fonction d'aider le producteur à atteindre ses objectifs. Selon, KLEENE, 1982, le Conseil de Gestion (CdG) est « *une méthode qui prend en compte l'ensemble des situations d'une Exploitation et cherche, en dialogue avec le paysan, un cheminement d'amélioration qui s'étend souvent sur plusieurs années* »⁸³. Le Conseil à l'Exploitation Familiale par contre, se définit comme « *un processus d'aide à la décision et d'apprentissage s'appuyant sur des phases de formation, d'analyse, de planification, de suivi des réalisations, d'évaluation des résultats* » (P. Dugué, G. Faure, 2003). Plus concrètement, c'est « *une démarche globale qui renforce les capacités des paysans et de leur famille à suivre leurs activités, analyser leur situation, prévoir et faire des choix, évaluer leurs résultats. Il prend en compte les aspects techniques, économiques, sociaux et, si, possible, environnementaux de leurs activités* » (P. Dugué, G. Faure, V. Beauval, 2004)⁸⁴.

V. Conclusion

L'expérience décrite dans le présent article atteste que les autorités peuvent bien changer de logique et d'approche dans l'élaboration, la mise en œuvre et le Suivi/Evaluation de Politiques, Programmes, Projets. Cependant, il revient clairement aux acteurs de la société civile de faire montre de professionnalisme, d'abnégation et d'utiliser judicieusement l'Agenda en procédant à une analyse critique du processus décisionnel en termes d'Opportunités et de Visibilité.

Par ailleurs, dans un Programme comme celui-ci où les partenaires sont multiples, la communication interculturelle, la diversité des principes et des années (cycles) budgétaires, il faut énormément de proactivité et de concession de la part des parties prenantes. Enfin, le Mali devra impérativement développer un système de crédit adapté aux produits Agricoles. Dans les perspectives, l'Auteur compte écrire un document de travail « Working Paper », s'inspirant des expériences avérées tirées du présent Programme dit « Programme- Coton ».

⁸² APCAM/CIRAD, 2006 : Etude de capitalisation sur les expériences du Conseil Agricole au Mali.

⁸³ Idem

⁸⁴ Ces définitions sont tirées de plusieurs documents, notamment : IRAM, (D. Halley des Fontaines et al.), 2006 Etude de définition des indicateurs pour la mesure d'impacts du Conseil à l'Exploitation Familiale

Références Bibliographiques

Voir *Pricing Farmers out of cotton*, Oxfam International Briefing Paper,

Voir *Pricing Farmers out of cotton*, Oxfam International Briefing Paper,

L'Annexe 4 contient une analyse de l'éventail de positions des acteurs clé en matière de politiques : opportunités de convergence et risques de différence

Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée, vol. 8, n°12, décembre 1961. pp. 716-723.

www.persee.fr/doc/jatba_0021-7662_1961_num_8_12_6836

Voir *Pricing Farmers out of cotton*, Oxfam International Briefing Paper, à paraître COPACO, Dreyfus, Reinhardt, Aiglon et Dunavant. Tom Bassett, 2005, *Price Formation and Power Relations in the Cotton Value Chains of Mali, Burkina Faso, and Cote d'Ivoire.* Etude pour Oxfam America. p 38

L'AOPP est membre de la CNOP, la Coordination National des Organisations de Producteurs qui réunit toutes les principales organisations de producteurs. La CNOP est le membre national de ROPPA, un réseau régional de petits agriculteurs.

Helvetas – Mali. Diabete, Traore, Merceron, Guenat. 2005, Coton biologique au Mali, Document de programme phase II, 2006-2008.

SNV, 2007, 'Coton et organisations paysannes: Capacitation des organisations paysannes en zones cotonnières en Afrique de l'Ouest, (document interne).

Les informations techniques peuvent être consultées à : <http://www.mande.co.uk/docs/MSCGuide.pdf>

Communication N°29: Profil et structure par taille des captures de poissons dans la zone fluviale du cercle de Kati

Mory SIBY et Sina COULIBALY

Faculté d'Histoire et de Géographie de l'USSGB Mali, Email : siby003@yahoo.fr,
Tél : 76 10 44 96

Résumé

La zone fluviale de Kati peu connue sur le plan halieutique, dispose d'importantes pêcheries : Niger, Sankarani, terrains d'inondation, rivières et marigots. Sa production halieutique varie dans le temps et dans l'espace.

Cette étude vise à établir le profil et la structure par taille des captures de poissons. Pour y parvenir, une enquête a été menée auprès des pêcheurs pendant les périodes de bonne, moyenne et faible production. Elle consiste à inventorier les captures de chaque pêcheur de l'échantillon en vue de classer les poissons par espèces, et selon leur taille. La taille des poissons capturés est leur longueur standard (distance séparant l'extrémité de la tête et la caudale). Les poissons capturés sont classés en gros (30 cm et plus), moyens (25 à 30 cm) et petits (\leq à 24 cm).

En termes de résultat, l'étude montre que la zone fluviale du cercle de Kati se caractérise par une faible variabilité spatio-temporelle des espèces de poissons et de la taille des captures. Les espèces les plus visibles dans les captures sont : les poissons des profondeurs moyennes (*Labeo coubie*, *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon galileus*) et les poissons de fond (*Synodontis schall*, *Synodontis filamentosus*). Ces espèces visibles sont des opportunistes s'adaptant aux conditions hydrologiques imposées par le barrage de Sélingué en amont. Leur importance économique est plus liée à leur proportion dans les captures qu'à leur taille.

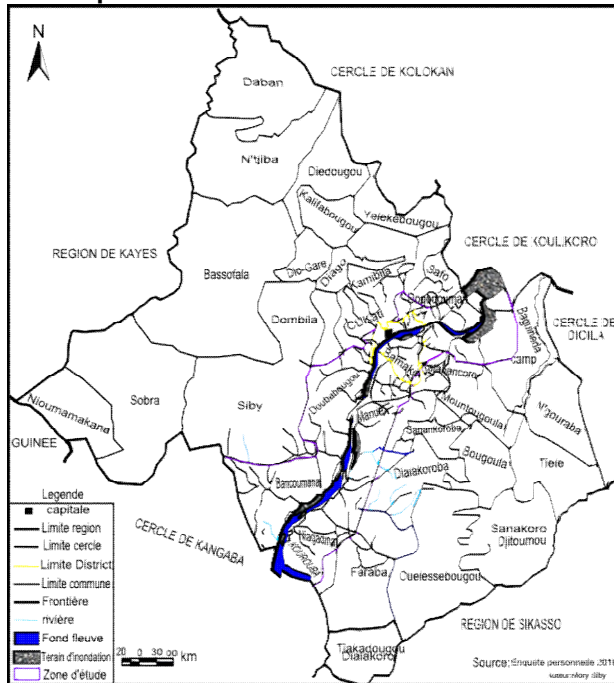
Par rapport à la taille, l'étude montre la prédominance de petits poissons dans les captures pendant toutes les périodes. Ce qui met alors en évidence la pression accrue sur la faune ichthyologique. Ainsi, l'intensification de l'effort de pêche accélère le rythme de l'exploitation et entraîne ainsi un ralentissement du renouvellement du stock halieutique.

Mots clés : Profil, Taille, Captures, Kati.

1. Contexte et justification

Zone secondaire de pêche, la zone fluviale du cercle de Kati regorge d'importantes pêcheries (Figure 1). Cependant sa production de poissons se caractérise aujourd'hui par son insuffisance par rapport à la demande du marché de consommation du district de Bamako. En effet, depuis près d'une trentaine d'années, la pêche dans cette zone devient de moins en moins productive, et les revenus des pêcheurs s'en trouvent durement affectés. Cette situation s'explique d'une part par la péjoration des conditions hydrologiques et celles climatiques, qui à priori, sont déterminantes dans la production de poissons.

Figure 12 : Carte des pêcheries de la zone fluviale du cercle de Kati



D'autre part elle peut s'expliquer par les effets négatifs du barrage de Sélingué. La modification de la dynamique des eaux a concerné de façon générale l'Afrique subsaharienne. C'est le cas au Tchad où le retrait des eaux du lac suite aux grandes sécheresses a frappé de plein fouet la pêche qui constituait la première activité économique génératrice de revenus, d'emploi dans la région de Diffa au Niger (F.A.O, 2007). Au Sénégal, GERAUD M., et SIDY M. S. (2009) montrent que le barrage de Diama a changé le fonctionnement du Delta et de la basse vallée du fleuve Sénégal. Dans le même pays (N. F. Diallo., 2005) affirme qu'à Ndioum (Nord-Sénégal), la raréfaction des poissons et la disparition de certaines espèces ichtyologiques, la faiblesse du revenu des pêcheurs, et enfin la marginalisation de la pêche, sont aujourd'hui les conséquences immédiates de l'édification de barrages en aval de cette commune.

La résultante de cette situation est la baisse drastique du revenu des pêcheurs, et la multiplication de l'effort de pêche. En dépit de cette situation alarmante, la zone de Kati n'a pas fait l'objet d'une étude approfondie en matière de pêche.

2. Méthodologie

L'étude est menée dans la zone fluviale du cercle de Kati, où le fleuve Niger coule sur 138 km. Une sectorisation de la zone d'étude a été faite. A cet effet, trois secteurs ont été distingués : le secteur supérieur, moyen et inférieur. Ils se caractérisent par la prédominance d'un type de site de pêche.

Pour constituer l'échantillon, nous avons dressé la liste des pêcheurs dans chaque secteur et avons procédé à un tirage aléatoire. La taille de l'échantillon est de 225 pêcheurs (Tableau 1). Les secteurs sont :

- le secteur supérieur de la limite Sud- ouest du cercle de Kati à Koursalé dankan a des sites de pêche à allure de village. L'habitat dans ces sites est une imbrication de cases rondes à toiture de chaume et de maisons rectangulaires à toitures en tôle ou en terre battue.
- le secteur moyen va de Koursalé dankan aux limites du cercle de Kati avec le District de Bamako. Dans ce secteur, l'habitat se caractérise par la prédominance des cases rondes traditionnelles avec toitures en chaume, des maisons rectangulaires à toit en terre battue ou avec toiture en tôle avec la modernisation.
- le secteur inférieur compris entre les limites Est du district de Bamako et les limites avec les cercle de Koulikoro se caractérise par des sites provisoires. Les pêcheurs sont installés dans les huttes au bord du fleuve.

Tableau 1 : Nombres de pêcheurs à enquêter par secteur

Secteurs	Nombre de pêcheurs
Secteur supérieur	71
Secteur moyen	75
Secteur inférieur	79
Total	225

Source : Enquête de terrain, 2015

Dans chaque secteur de pêche, un inventaire des captures a été réalisé pendant chaque période de production :

- la période de faible production : allant de Mars à Juin, elle correspond à la saison chaude appelée « *tiléma* ». Le nombre de jour de pêche est estimé à 60 ;
- la période de moyenne production : va de Juillet à Octobre, correspondant ainsi à l'hivernage ou « *samiya* », avec 75 jours de pêche ;
- la période de bonne production : de Novembre à Février, elle correspondant à la décrue « *djijiguin* ». Le nombre de jours de pêche est de 90.

Le but de cet inventaire est d'établir le profil⁸⁵ des captures, et la structure par tailles des poissons capturés. Nous avons fait un décompte systématique des

⁸⁵ Le profil est la fréquence des espèces dans les captures par ordre d'importance pondérale décroissante.

prises de chaque pêcheur en vue de classer les poissons capturés par espèces et selon leur longueur standard⁸⁶.

Les observations ont été faites en juxtaposant, dans un premier temps, les profils des captures des trois secteurs de pêche (supérieur, moyen et inférieur), selon les périodes de production, et dans un second temps, en juxtaposant les structures par tailles des captures des mêmes secteurs et selon les mêmes périodes de production.

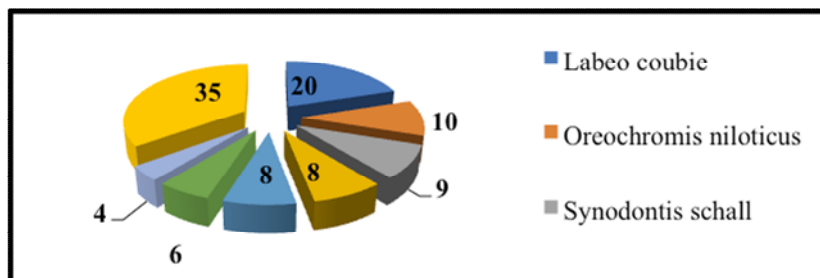
3. Résultats

3.1. Profil des captures dans la zone fluviale du cercle de Kati

3.1.1 Période de faible production (de Mars à Juin)

Pendant cette période, sept espèces dominent les captures totales des trois secteurs de pêche (Figure2)

Figure 2 : Espèces dominant les captures de la zone d'étude pendant la période de faible Production



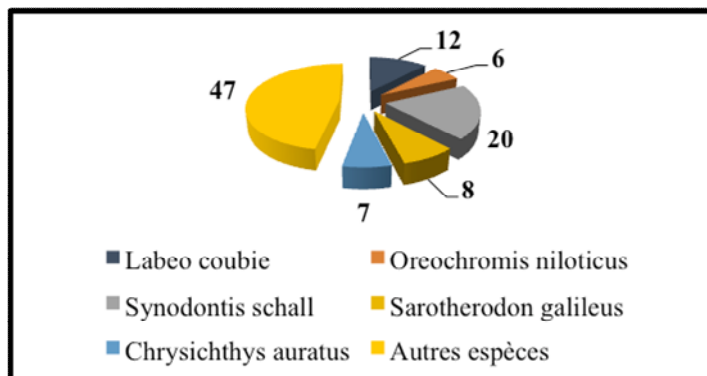
Source : Enquêtes de terrain, Avril 2015

3.1.2 Période de moyenne production (de Juillet à Octobre)

Pendant la période de moyenne production, la juxtaposition des profils de capture montre la prédominance de cinq espèces dans les captures de la zone (Figure 3).

⁸⁶ La distance séparant l'extrémité de la tête et la caudale (dernière articulation de la colonne vertébrale). Selon leur taille les poissons capturés sont classés en gros, moyens et petits selon qu'ils représentent une valeur marchande aux yeux du consommateur. Ainsi, nous avons considéré comme gros les poissons ayant au moins 30 cm, les poissons moyens sont ceux ayant une taille variant entre 25 et 30cm. Quant aux petits, ils comprennent tous ceux dont la taille est inférieure ou égale à 24 cm.

Figure 3 : Espèces dominant les captures de la zone d'étude pendant la période de moyenne production

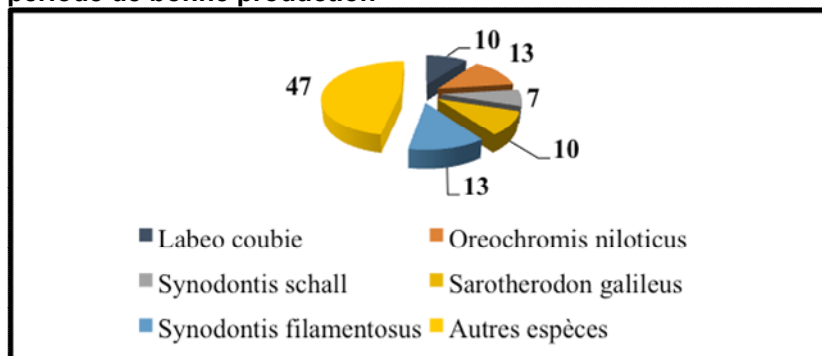


Source : Enquêtes de terrain, Aout 2015

3.1.3 Période de bonne production (de novembre à Février)

Au cours de la période de bonne production, une juxtaposition des profils des captures permet de constater la prédominance de cinq espèces.

Figure 4 : Espèces dominant les captures de la zone d'étude pendant la période de bonne production

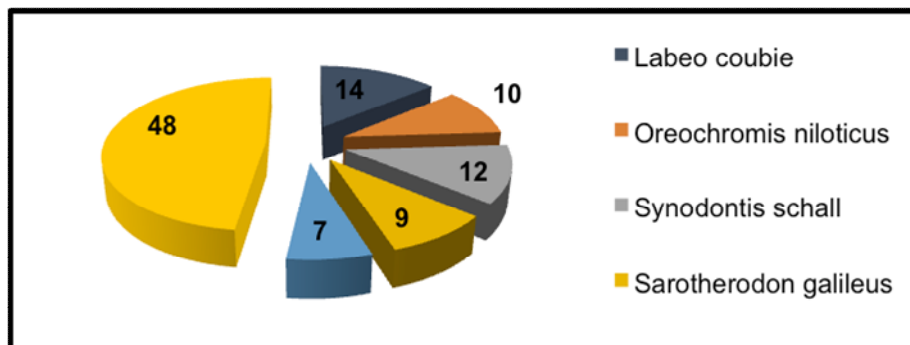


Source : Enquêtes de terrain, Janvier 2016

3.1.4. Pour toutes les périodes de production

La juxtaposition des groupes d'espèces dominantes dans les captures des 225 jours de pêche met en évidence la grande visibilité de cinq espèces (Figure 5).

Figure 5: Espèces les plus visibles dans les captures totales de la zone fluviale du cercle de Kati



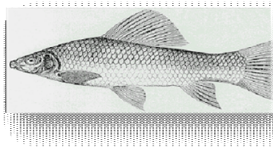
Source : Enquêtes de terrain, Janvier 2016

La figure 5 montre que les espèces les plus visibles dans les captures de la zone d'étude sont essentiellement de deux types :

- les poissons qui nagent dans les profondeurs moyennes du fleuve

Parmi ces poissons on peut citer *Labeo coubie* ; *Oreochromis niloticus* ; *Sarotherodon galileus*. Photo 1 ; 2 ; 3

Photo 1 : Labeo coubie de la famille des Cyprinidae (*baman fing*)



Source : Cliché Siby M., 20016

Photo 2: Oreochromis niloticus de la famille des Cichlidae (*n'teben fing*)



Photo 3 : Sarotherodon galileus de la famille des Cichlidae (*N'teben dje*)



- les poissons de fond

Parmi ces poissons on peut citer :

- *Synodontis schall* (Photo 4)

Photo 4 : Synodontis schall de la famille des Synodontidae (*Konkon blen*)



Source : Cliché Siby M., 20016

-*Synodontis filamentosus* (Photo 5)

Photo 5: *Synodontis filamentosus* (*Suruku konkon*)



Clichés : Siby M, 2016

Dans la zone d'étude, la prédominance des poissons des profondeurs moyennes et des poissons de fond est due à la régression du niveau d'eau. Cette régression du niveau d'eau dans le fleuve est consécutive à l'irrégularité des pluies et à la gestion de la mise en eau du barrage de Sélingué . Ainsi les poissons qui s'adaptent mieux aux profondeurs (moyennes ou grandes) sont devenus plus nombreux, tandis que ceux qui aiment les surfaces, et qui effectuent les migrations latérales sont de plus en plus rares dans les captures.

Les poissons des profondeurs moyennes et ceux des grandes profondeurs sont économiquement les plus importants et constituent à cet effet, la principale source du revenu de la majorité des pêcheurs. Cependant, il convient de signaler, que leur importance économique est plus liée à leur proportion dans les captures qu'à leur taille.

4. Structures par taille des captures dans la zone fluviale du cercle de Kati

Dans la zone fluviale du cercle de Kati, concernant la structure par taille des captures, les constats suivants ont été faits :

4.1 Période de faible production (*de Mars à Juin*)

Suivant l'inventaire des captures, pendant la période de faible production les petits poissons ayant une longueur standard inférieure ou égale à 15 cm dominent largement la structure par taille des captures dans les pêcheries des trois secteurs de pêche (supérieur, moyen, inférieur). Ces petits poissons représentent en moyenne 73 % des individus capturés dans l'ensemble de la zone. Les poissons de taille moyenne et les gros poissons ayant une plus grande valeur marchande représentent respectivement en moyenne 14 % et 13 % des captures.

4.2 Période de moyenne production

Dans les pêcheries de la zone fluviale du cercle de Kati, pendant la période de moyenne production, la structure par taille des captures des trois secteurs de

pêche montre une augmentation de la proportion des poissons moyens dont la longueur varie entre 25 et 30 cm. Ces poissons représentent 22,49 % des captures tandis qu'ils ne sont que 14 % en période de faible production. Cependant, la proportion des gros poissons reste presque stable (12,21 % contre 13 % en période de faible production).

4.3 Période de bonne production

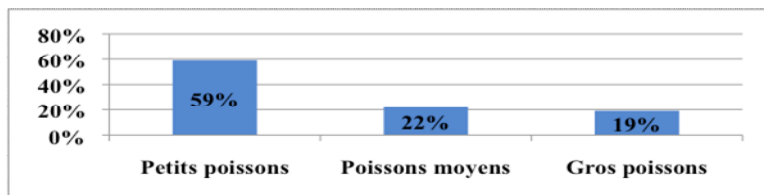
La structure par taille des captures dans les trois secteurs (supérieur, moyen et inférieur) de pêche a :

- d'une part mis en évidence une légère augmentation de la proportion des poissons moyens et de celle des gros poissons dans les prises. Ces poissons représentent respectivement 30,20 % et 30,79 % des captures. Par contre en période de moyenne production ils sont respectivement 22,49 % et 12,21 % des captures.

4.4 Pour toutes les périodes de l'année

Pendant les 225 jours de pêche, la structure par taille des captures des trois périodes de production montre une large prédominance des petits poissons (Figure 5).

Figure 5: Structure par taille des captures totales de la zone fluviale du cercle de Kati



Source : Enquêtes de terrain, Janvier 2016

5. Effort de pêche, facteur de réduction de la taille des captures et de ralentissement du renouvellement du stock halieutique.

L'intensification de l'effort de pêche accélère le rythme d'exploitation et entraîne un ralentissement du renouvellement du stock halieutique.

Selon nos enquêtes, la croissance de l'effort de pêche constitue aujourd'hui l'un des plus grands dangers qui menacent la pêche dans cet espace. L'analyse de la structure par taille des captures des différentes périodes de production témoigne la croissance de ce phénomène.

La prédominance des petits poissons dans les captures totales (Figure 5) met en évidence une pression accrue sur la faune ichtyologique.

La croissance de l'effort de pêche s'explique par un certain nombre de facteurs classiques qui sont:

- l'augmentation du besoin de consommation de poisson du district de Bamako situé à proximité de cet espace ;
- l'importance du nombre de pêcheurs opérant dans les pêcheries. En effet, quand un plus grand nombre de pêcheurs opère dans une même pêcherie, la quantité de poissons capturés par sortie de pêche diminue. Par exemple en rapportant le nombre estimatif de pêcheurs de la zone d'étude (3076 pêcheurs) à la longueur du tronçon de fleuve qui la traverse (138 Km) on constate, que sur chaque kilomètre de berge opère un nombre moyen de 22 pêcheurs. L'utilisation des engins de pêche trop prédateurs s'explique en partie par cette forte pression.
- le non respect de certaines règles établies par les communautés de pêcheurs pour protéger la ressource halieutique. Selon les résultats de nos enquêtes, ces règles sont plus respectées quand il s'agit des pratiques de pêche que quand il s'agit d'engins prohibés (prédateurs). Par exemple, le filet maillant fixe à petites mailles et l'épervier sont deux engins qui ne laissent aucune échappatoire pour les alevins. Leur utilisation entrave ainsi le renouvellement de la faune ichthyologique.

6. Discussions

Notre étude montre que les pêcheurs maliens en général et ceux de la zone fluviale du cercle de Kati en particulier sont durement affectés par la baisse de leurs revenus due aux aléas climatiques et à plusieurs autres facteurs déjà évoqués. Elle confirme les résultats de la Direction Nationale de l'Aménagement et de l'Équipement Rural (1997) selon laquelle « plusieurs facteurs entraînent la faiblesse des revenus. Il s'agit notamment de la population élevée de pêcheurs, de la diversification accrue des engins et la multiplication de l'effort de pêche, et de la diminution de la quantité de poisson commercialisable... ».

L'insuffisance d'eau dans le fleuve joue négativement sur la diversité des espèces. A ce niveau notre étude concorde avec celle de BREUIL C., (1996) et de GERAUD M., (2001). Pour BREUIL C., (1996) au Mali, au cours des deux dernières décennies, les revenus des pêcheurs ont été profondément affectés, en raison notamment de la diminution du niveau de captures imputable à la sécheresse. GERAUD M., (2001) affirme que « La diminution des ressources halieutiques est à mettre en relation avec plusieurs facteurs, dont les effets se cumulent réciproquement. L'un de ces facteurs réside dans la dégradation des conditions climatiques..., la diminution des pluies restreint l'extension de la crue, et donc les zones inondables, menaçant les espèces qui avaient coutume de pondre dans les yaérés⁸⁷. La faible variabilité spatiotemporelle des espèces ichthyologiques et de leur taille, la faible production de la pêche, qui sont les conséquences immédiates de la combinaison des aléas climatiques et des effets négatifs du barrage de Sélingué en amont, sont aussi la résultante d'une croissance accrue de l'effort de pêche. En effet, l'augmentation du besoin de

⁸⁷ Plaines inondables que les pêcheurs de notre zone d'étude appellent *Lai*. Elles servent de zones de reproduction pour poissons au moment des crues.

consommation de poisson du district de Bamako situé à proximité de cet espace, le nombre trop élevé de pêcheurs (22 pêcheurs en moyenne) sur chaque kilomètre de berge entraînent une forte pression sur la ressource halieutique. Cette forte pression est la principale cause de la prédominance des petits poissons dans les captures, de la diminution du taux des captures. Par conséquent, les pêcheurs de la zone ont eu recours à l'utilisation des engins de pêche trop prédateurs comme le filet maillant fixe à petites mailles et l'épervier. Cependant, la multiplication de l'effort de pêche n'est pas l'apanage de la seule zone fluviale du cercle de Kati. En effet notre étude concorde avec celle de GERAUD M., (2001) selon lequel « La baisse des ressources halieutiques entraîne l'amorce d'un cercle vicieux, où les pêcheurs malheureux tendent à utiliser des filets à mailles de plus en plus fines pour maintenir leur niveau de production. L'utilisation des filets en nylon, a été ainsi rapidement désignée comme un des responsables de la surpêche constatée depuis les années 1970 ».

Conclusion

La zone fluviale du cercle de Kati est une zone disposant de conditions naturelles favorables à la pêche. Cependant sa production halieutique, qui est consécutive à l'existence de telles conditions, se caractérise par une faible variabilité spatio-temporelle des espèces de poissons et de la taille des captures. En effet il ressort de notre observation que seulement cinq espèces prédominent les captures dans les trois secteurs de la zone pendant les trois périodes de production. Au-delà de cette faible variabilité spatiotemporelle des espèces de poisson, notre étude montre également une faible variabilité spatiotemporelle de la taille des espèces. Cela peut se vérifier dans la structure par taille des captures, qui dans les trois secteurs de la zone et en toute période de production, bascule du côté des petits poissons. Toute fois, faut-il signaler que la prédominance des petits poissons dans les captures agit négativement sur la diversité et la taille des espèces ichthyologiques, sur le renouvellement du stock halieutique (les alevins ont peu de chance d'atteindre la taille adulte à cause de la surpêche). La prédominance des petits poissons ainsi signalée dans les captures met certainement la pêche en sursis dans la zone fluviale du cercle de Kati.

Bibliographie

- BREUIL C., (1996). La filière pêche et pisciculture, in Revue du secteur des pêches et de l'aquaculture : Mali..., Archives de documents de la FAO, Département des pêches.
- DIALLO N F., (2005). Relations Villes Campagnes, territoires et décentralisation : Ndioum dans son environnement régional (Nord-Sénégal), Université Gaston Berger, p.43
- DIRECTION NATIONALE DE L'AMENAGEMENT ET DE L'EQUIPEMENT -1997). Développement de la filière « pêche et aquaculture ».
- F.A.O, (2007). Profil de la pêche par pays : La République du Niger, FID/CP/NER, 20p
- GERAUD M, SIDY M S., (2009). La pêche continentale en sursis ? Observations sur des pêcheries en rive gauche de la vallée du fleuve Sénégal dans un contexte de décentralisation, in Géo carrefour Vol. 84-1-2/, PP 55-63
- GERAUD M., (2001). Le sud du Tchad en mutation, des champs de coton aux sirènes de l'or noir, éd. CIRAD et Sépia, 470 P.

Communication N°30: Croissance d'*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) avec des rations enrichies de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* (Lam) élevés dans des bassins à l'IPR de Katibougou.

Hawa COULIBALY et Tiéma NIARE

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA), Bp 06 Koulikoro, République du Mali.
coulibhawa@yahoo.fr, Tel : 76 13 46 60/69 66 80 02

Résumé

La farine de poisson est l'aliment couramment utilisé en pisciculture. Son utilisation suscite cependant des préoccupations aussi bien économiques que sociales et éthiques dans un pays pauvre comme le Mali. C'est dans la recherche d'autres aliments de substitution, comme la farine de feuilles de *Moringa oléifera* que cette étude a été réalisée.

Cette étude a été conduite à l'IPR/IFRA de Katibougou pendant la période du 10 juillet au 10 novembre 2013. Son objectif est de contribuer à l'intensification de la production d'*Oreochromis niloticus* à travers le développement d'un aliment composé accessible en zone rurale.

Neuf cent soixante (960) alevins mâles d'*Oreochromis niloticus* de poids moyen initial de $16,73 \pm 4,53$ g, ont été élevés dans 24 bassins de 2 m^3 chacun, pendant 120 jours à la densité de 20 alevins par m^3 . Six régimes alimentaires ont été testés dont deux témoins: R1M0 (composé de remoulage de blé, farine de poisson et tourteau de coton) et R2M0 (à base des farines de maïs et de soja) couramment utilisés par les pisciculteurs. Les quatre autres sont une substitution de 10 % et 20 % des deux témoins par de la poudre de feuilles de *M. oleifera*

En fin d'élevage, les meilleures croissances et transformations alimentaires ont été obtenues avec les régimes R1M0 et R1M10 avec des taux de croissance spécifiques respectifs ($1,31 \pm 0,71$; $1,39 \pm 0,71$ pc %/j) et un indice de conversion alimentaire (ICA) ($2,60 \pm 0,16$; $2,41 \pm 0,16$), tandis qu'avec R2M0 et R2M10, les TCS ont été respectivement ($0,63 \pm 0,71$; $0,53 \pm 0,71$ et de $0,62 \pm 0,71$ % /j avec des ICA respectifs : $6,40 \pm 0,16$ et $7,56 \pm 0,16$).

Ces résultats indiquent le taux de 10% comme niveau optimal d'incorporation de la poudre de feuilles de *M. oleifera* dans l'aliment R1 en tilapiaculture.

Mots clés : Tilapiaculture, Moringa oleifera, performances de croissance, Indice de conversion alimentaire, bassins, IPR/IFRA.

Introduction

Au Mali la production de poissons issus de la pêche est en baisse en raison notamment des changements climatiques qui affectent le fonctionnement normal des cours d'eau. Cette production n'atteint plus les 100 000 tonnes comme dans les années pluviométriques normales (SDPA, 2006). Parallèlement, la forte demande de poissons liée à l'accroissement de la population, surtout dans les zones urbaines, entraîne un besoin d'importation pour combler le déficit et assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Les importations de poisson sont en augmentation et se situent à environ 25 000 tonnes/an (Failler et al., 2015). Le développement de la pisciculture apparaît de plus en plus comme une solution privilégiée en vue de la réduction des importations.

Les espèces de poissons les plus couramment exploitées en pisciculture sont les tilapias (*Oreochromis niloticus*, Linné 1758), *Hemichromis fasciatus*, *Heterotis niloticus* et les silures (*Clarias anguillaris*, *Heterobranchus niloticus*, *Chrysiichthys nigrodigitatus* etc.). Toutefois, l'absence d'aliments locaux adéquats et le coût élevé des aliments importés constituent un handicap à l'émergence de cette activité. L'alimentation représente environ 50 % des coûts de production du poisson d'élevage. Ce coût excessif de l'aliment poisson est dû à l'utilisation de la farine de poisson comme principale source de protéine (Médale et al., 2013).

Au Mali où la sous-alimentation humaine est avérée pour certaines couches de la population, l'utilisation de la farine de poisson suscite des préoccupations économiques, éthiques et sociales. Plusieurs tentatives ont été faites quant à la substitution des farines de poisson par des sous-produits agricoles en l'occurrence le tourteau de coton. Ces sous-produits sont peu coûteux et disponibles localement. Cependant, les teneurs protéiques des aliments conçus sont faibles (inférieures à 20 %). Ainsi, l'utilisation d'une autre source de protéines végétales accessible technologiquement et écologiquement et socialement acceptable comme la poudre de feuilles de Moringa semble être une alternative intéressante.

La poudre de feuilles de Moringa a fait l'objet de nombreuses recherches en alimentation humaine (Fuglie, 2002) et piscicole (Abo-État et al., 2014; Egwuy et al., 2013; Yuangsoi et al., 2011). La présente étude se veut contribuer à l'intensification de la production d'*Oreochromis niloticus* à travers le développement d'un aliment composé contenant la poudre de feuilles de Moringa et facilement accessible en zone rurale.

I. Procédure expérimentale

L'expérimentation a été conduite à la ferme agro sylvo pastorale de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou.

Six régimes alimentaires dont deux témoins ont été élaborés à partir des ingrédients locaux. Les régimes témoins, désignés R1M0 et R2M0, sont ceux couramment utilisés par les pisciculteurs. Les quatre autres sont une substitution

de 10 % (M10) et 20 % (M20) des deux témoins par de la poudre de feuilles de *M. oleifera*, soit R1M10, R1M20, R2M10 et R2M20 (Tableau 1).

Tableau 1. Proportion des différents ingrédients alimentaires des régimes tests

Ingrédients	Témoin1	Témoin2	Régimes enrichis de poudre de feuilles de <i>Moringa</i>			
	R1M0	R2M0	R1M10	R2M10	R1M20	R2M20
Remoulage de blé (%)	70	0	63	0	56	0
Farine de poisson (%)	10	0	9	0	8	0
Tourteau de coton (%)	20	0	18	0	16	0
Poudre de <i>M. oleifera</i> (%)	0	0	10	10	20	20
Farine de maïs blanc (%)	0	70	0	63	0	56
Farine de soja (%)	0	30	0	27	0	24

La technologie de préparation des aliments est bien décrite dans la thèse (Coulibaly H., 2018). Un échantillon de 200 g de chaque aliment a été prélevé puis envoyé au Laboratoire de Nutrition Animale (LNA) du Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRA) de Sotuba au Mali pour des analyses bromatologiques (Tableau 2).

Ces aliments ont été testés sur 960 alevins mono sexes (mâles) de Tilapia du Nil. Les alevins de poids moyen $16,73 \pm 4,53$ g et de taille moyenne $9,46 \pm 0,88$ cm provenant de la ferme « Toela » ont été aléatoirement repartis dans 24 bassins de 2 m³ de volume utile chacun à la densité de 20 individus/m³. Les poissons ont été stockés dans les bassins 10 jours avant le début de l'expérience pour les acclimater aux nouvelles conditions d'élevage. Les tests ont été conduits sous un dispositif expérimental « Blocs de Fischer » avec six traitements en quatre répétitions du 10 juillet au 10 novembre 2013.

Au démarrage et une fois par mois, 20 sujets par bassin étaient prélevés au hasard, individuellement pesés à l'aide d'une balance électronique et mesurés avec un ichtyomètre. La veille des échantillonnages, les poissons observaient un jeûne.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, température, oxygène dissous) ont été mesurés une fois par quinzaine à partir de 7 h 00 du matin à la surface de l'eau à l'aide d'un appareil polyvalent PCE-PHD 1. Des vidanges partielles et totales ont lieu respectivement tous les 15 et 30 jours. Les poissons ont été nourris manuellement en raison de trois ou deux repas par jour à des heures régulières en fonction de leur poids (Lazard, 2007).

Données collectées et variables calculées

Les paramètres biométriques régulièrement suivis (poids et tailles) ont permis de calculer les variables relatives à la croissance et à l'efficacité alimentaire comme :

- Le taux de survie (TS en %) : $TS = (Nf/Ni) \times 100$ avec Nf= nombre final de poissons et Ni = nombre initial de poissons

- Le gain moyen quotidien (GMQ) : $GMQ (g/j) = (P_{tf} - P_{ti}) / D$

Où : P_{tf} = Poids moyen final (g), P_{ti} = Poids moyen initial (g) et D = Durée de l'élevage (j)

- Le taux de croissance spécifique (TCS en % pc/j): $TCS = [\ln(\text{poids final}) - \ln(\text{poids initial})] * 100 / \text{Durée de l'expérience en jours}$
- L'indice de conversion alimentaire (ICA): $ICA = (\text{Quantité de nourriture distribuée (g)} / \text{Gain de masse des poissons (g)})$

Traitement statistique des données

L'ensemble des données collectées a été saisi dans un tableur Excel. Le calcul des différentes variables zootechniques (GMQ, ICA et TCS) a été aussi fait avec le même logiciel. Les analyses statistiques (ANOVA) ont été réalisées avec le logiciel Genstat. Le test de Newman et Kheul au seuil de probabilité de 5 % a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

II. Résultats

2.1. Caractéristiques chimiques de la poudre des feuilles de Moringa et des rations

Le tableau 2 présente les compositions chimiques des six régimes alimentaires utilisés dans cette étude ainsi que celles de la poudre de feuilles de Moringa. Nous constatons que le taux de protéines brutes est plus élevé pour le témoin 1 (R1M0) que pour le témoin 2 (R2M0). La poudre de feuilles de Moringa a une teneur intermédiaire mais nettement plus élevée que celle de R2M0. Elle est légèrement plus énergétique, riche en macro-éléments et tanins que la plupart des régimes testés. Ainsi, l'incorporation de la poudre de feuilles de Moringa dans les régimes témoins pourrait entraîner une légère amélioration des teneurs en macro-éléments minéraux et celles des protéines brutes.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques des régimes alimentaires

RA	MS %	Cendres %	Cellulose %	Protéines %	Ca %	P %	Na %	K %	MG %	Énergie kcal/kg MS	Tanins % MS
R1M0	91,98	9,68	8,64	31,25	0,34	1,02	0,53	1,14	4,89	3778,38	1,32
R2M0	91,55	2,13	1,75	20,50	0,05	0,25	0,14	0,54	3,33	3648,39	1,15
R1M10	92,48	9,33	8,16	30,17	0,50	1,64	0,52	1,05	4,87	3658,37	1,15
R2M10	92,08	5,79	1,95	19,00	0,53	0,35	0,19	0,71	6,03	3414,13	1,31
R1M20	92,40	9,34	7,87	20,50	0,16	1,08	0,56	1,16	4,55	4060,53	1,29
R2M20	92,73	3,05	2,26	22,25	0,19	0,32	0,22	0,81	5,01	3854,75	1,04
<i>M. oleifera</i>	90,15	7,12	4,88	27,25	0,73	0,82	0,37	1,43	5,32	4009,76	1,67

Légende : RA : régime alimentaire; MS : Matière sèche; P : Phosphore; Ca : Calcium; K : Potassium; MG : matière grasse.

2.2. Paramètres physico-chimiques de l'eau des bassins

Les variables environnementales enregistrées au cours de l'expérimentation sont présentées dans le tableau 3. Les valeurs moyennes du taux d'oxygène dissous, de la température et du pH ont varié respectivement entre 0,3 et 4 mg/l; 26,33 et 30,18 °C et entre 6,78 et 7,56.

Tableau 3. Valeurs maximales, moyennes et minimales des paramètres physico-chimiques de l'eau au cours de l'expérience selon les régimes alimentaires.

R A	Oxygène (mg/l)				Température (°C)				pH			
	Max	Min	Moy	ET	Max	Min	Moy	ET	Max	Min	Moy	ET
1	4	0,3	1,52	0,26	29,78	26,48	28,66	1,04	7,56	6,91	7,07	0,22
2	4,8	0,5	1,51	0,26	29,68	26,50	28,55	1,04	7,29	6,91	7,01	0,12
3	3,3	0,2	1,39	0,08	29,83	26,30	28,41	1,28	7,30	6,78	6,98	0,16
4	3,6	0,2	1,16	0,13	30,18	26,33	28,81	1,16	7,30	6,89	7,03	0,13
5	3,3	0,3	1,05	0,11	30,05	26,25	28,75	1,17	7,33	6,81	7,04	0,15
6	3,3	0,3	1,09	0,15	30,05	26,53	28,79	1,10	7,30	6,86	7,00	0,14

RA : régimes alimentaires ; 1 : R1M0 ; 2 :R1M10 ; 3 :R1M20 ; 4 :R2M0 ; 5 :R2M10 ; 6 :R2M20 ; Max : maximum ; Min : minimum ; Moy : moyenne ; ET : écart type.

2.3. Effets de l'incorporation de la poudre de feuilles de Moringa sur les paramètres de croissance de *O. niloticus*.

Le tableau 4 montre les variations des poids moyens individuels en fonction des différents traitements au cours de l'expérimentation. Il apparaît que les poids moyens des poissons nourris aux R1M0 et R1M10 diffèrent statistiquement de ceux qui sont alimentés avec R1M20 ($P < 0,05$).

Tableau 4. Évolution du poids moyen individuel (g) d'*Oreochromis niloticus* en fonction des régimes alimentaires.

Traitements	Poids initial	Poids J30	Poids J 60	Poids J90	Poids J120
R1M0	17,5± 0,84	29,89± 1,57	50,24± 2,63	69,41± 2,56	85,1 ^a ±3,7
R1M10	15,54± 0,84	28,82± 1,57	45,34± 2,63	60,5± 2,56	82,3 ^a ±3,7
R1M20	15,12± 0,84	27,94± 1,57	44,05± 2,63	55,4± 2,56	71,8 ^b ±3,7
R2M0	17,16± 0,84	24,86± 1,57	28,7± 2,63	32,1± 2,56	34,4 ^c ±3,7
R2M10	17,59± 0,84	23,54± 1,57	28,44± 2,63	32,31± 2,56	33,2 ^c ±3,7
R2M20	17,49± 0,84	25,76± 1,57	29,48± 2,63	33,54± 2,56	34,9 ^c ±3,7

2.4. Variations des vitesses de croissance, de l'indice de conversion alimentaire et du taux de survie

Le Tableau 5 donne la synthèse du gain moyen quotidien (GMQ), du taux de croissance spécifique (TCS), de l'indice de conversion alimentaire (ICA) et du taux de survie (TS) des poissons.

Tableau 5. Gain moyen quotidien, taux de croissance spécifique, Indice de conversion alimentaire et Taux de survie chez *Oreochromis niloticus* selon le régime alimentaire.

Régimes alimentaires	GMQ (g/j)	TCS (%)	ICA	TS (%)
R1M0	0,57 ^a	1,32 ^a	2,60b	98,5 ^a
R1M10	0,56 ^a	1,39 ^a	2,41b	98,34 ^a
R1M20	0,47 ^b	1,28 ^a	2,75b	99,00 ^a
R2M0	0,17 ^c	0,63 ^b	6,40a	99,00 ^a
R2M10	0,13 ^c	0,53 ^b	7,56a	99,00 ^a
R2M20	0,16 ^c	0,62 ^b	6,44a	94,00 ^a

Les meilleurs GMQ et TCS ont été enregistrés chez les poissons nourris avec les rations R1M0 et R1M10 avec des faibles ICA. Toutefois, pour chacune des rations témoins, la substitution avec la poudre de feuilles de *M. oleifera* n'entraîne pas une variation significative du taux de croissance spécifique des poissons.

III. Discussions

Les variations du pH et de la température enregistrées restent favorables à une meilleure croissance de *O. niloticus* comme indiqué par la FAO (2012). Les concentrations en oxygène dissous bien que faibles n'ont induit aucune surmortalité; cela confirme FAO (2012) qui l'explique à travers la capacité de l'espèce à utiliser l'oxygène présent à l'interface air/eau. Les faibles moyennes enregistrées pour l'oxygène dissous dans le milieu pourraient être dues à une forte activité consommatrice d'oxygène pendant la nuit par les poissons pour différentes activités biologiques, notamment la respiration (Fernando, 1993).

La meilleure croissance pondérale a été obtenue en fin d'élevage chez les poissons nourris avec R1M0 comparativement à R2M0; cette différence de croissance observée pourrait être liée à la nature des ingrédients utilisés (Köprücü et Ozdemir, 2005). Ces auteurs ont démontré que pour un poisson comme *O. niloticus*, un régime alimentaire contenant uniquement des protéines d'origine végétale n'entraîne pas de bonne croissance.

Les poissons nourris avec R1M0 et R1M10 montrent des croissances pondérale et linéaire qui se maintiennent tout au long de l'expérience comparativement à ceux alimentés avec R1M20; un TCS plus élevé et un ICA plus faible. Ces résultats indiquent que les poissons valorisent mieux R1M0 et R1M10. Les travaux de Abo-État et al. (2014), Egwuy et al. (2013), Yuangsoi et al. (2011), corroborent ces résultats. Selon ces auteurs, la poudre de feuilles de Moringa peut être introduite dans le régime de tilapia seulement en quantités limitées (8-10 %). Dans un régime où les feuilles de Moringa ont été incluses à 10% pour fournir des protéines supplémentaires, la digestibilité des protéines a été signalée de l'ordre de 68% à 75%, et le gain quotidien de poids était de 30% plus élevé (Yuangsoi et al., 2011). Les poissons recevant R1M20, ont enregistré un TCS plus faible que ceux nourris avec R1M0 et R1M10. Abo-État et al. (2014) ainsi que Kasiga et al. (2014) ont eu des résultats similaires aux nôtres (faible taux de croissance spécifique et faible utilisation des nutriments) lorsqu'ils ont augmenté le taux d'inclusion de feuilles

crues de Moringa jusqu'à 12 %. Ces auteurs ont attribué cette diminution à la baisse du niveau énergétique et de certains mécanismes déterminant l'efficacité de digestibilité et d'assimilation causées par la forte teneur en fibres (cellulose). De plus, la présence de facteurs anti nutritionnels dans les matières d'origine végétales affecte directement (inhibiteurs de trypsine, acides phytiques) ou indirectement (fibres, tanins, glucosinolates), la capacité digestive des poissons.

L'expérimentation semble s'être déroulée dans des conditions optimales sans trop de stress ou de pertes. Les quelques mortalités enregistrées pourraient s'expliquer par les manipulations (captures et pesage) des poissons lors des contrôles. Les bonnes survies enregistrées dans tous les traitements pourraient être expliquées en partie par la non toxicité des aliments servis. L'incorporation de la poudre de feuille de Moringa pour l'alimentation de *O. niloticus* en tilapiaculture ne semble pas avoir de conséquences négatives sur la survie de ces derniers. L'efficacité d'un régime dépend non seulement de sa composition chimique, de son appétence, mais aussi de sa capacité à être digéré et absorbé à travers la muqueuse intestinale (Kopruçu et Özdemir, 2004). Ainsi, l'incorporation de la poudre de feuille de Moringa dans les rations R1M10 et R1M20 a amélioré les performances de croissance des poissons. Cette amélioration serait probablement due à l'effet de la qualité nutritionnelle de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*, et de son utilisation efficace par *O. niloticus*. En effet, les feuilles de *Moringa oleifera* riches en minéraux (Ca^{++} et Fe^{+++}), contiennent aussi des quantités élevées d'un large éventail de vitamines (β -carotène, acide ascorbique, la vitamine B1, B6 et de niacine). La poudre des feuilles de Moringa est riche en protéines avec huit amino-acides essentiels (Odeyinka et al., 2008 ; Bello, 2010 ; Moyo et al., 2011).

Conclusion

Cette expérimentation a montré que l'élevage des poissons dans de petits bassins en ciment est tout à fait possible et permet d'assurer une reproduction rapide des activités de recherche. Les résultats obtenus indiquent le taux de 10% comme niveau optimal d'incorporation de la poudre de feuilles de *M. oleifera* dans l'aliment R1 (farine de poisson, tourteau de coton et remoulage de blé) en tilapiaculture. L'incorporation de la poudre de feuilles de Moringa ne paraît avoir entraîné aucune mortalité supplémentaire.

Malgré les bonnes croissances linéaire et pondérale des poissons avec ce taux d'incorporation, les performances zootechniques finales restent en deçà des valeurs d'un poisson marchand issu d'une pisciculture classique. Aussi, il serait intéressant de tester cette ration avec des poissons élevés dans des conditions optimales actuelles en étang.

Références

Abo-État H., Hammouda Y., El-Nadi A. et Abo Zaid H., 2014. Evaluation of feeding raw moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves meal in Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) diets. Global Vet., 13 (1): 105-111.

- Bello H., 2010. Essai d'incorporation de la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal. Effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Mémoire en vue de l'obtention d'un diplôme de docteur d'état en sciences et médecine vétérinaires (EISMV), Dakar, 119 p.
- Coulibaly H., 2018. *Utilisation des protéines d'origine végétale dans l'élevage d'Oreochromis niloticus (linnaeus, 1758) au Mali : Cas de Moringa oleifera, Lam.* Thèse de doctorat, ISFRA, 112 p.
- Egwui PC., Mgbenka BO. et Ezeonyejiaku CD., 2013. Moringa plante et son utilisation comme aliment dans le développement de l'aquaculture: un examen. Anim. Res. Int, 10 (1): 1672-1680
- Failler P., Ragusa G. et Berthe A. I., 2015. Aide mémoire de la mission d'identification et de formulation d'un programme d'appui à la filière halieutique (chaîne de valeur poisson), CARDNO Emerging Markets UK/UE, 42 pages.
- FAO, 2012. Fiche *Oreochromis niloticus*
http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/fr
- Fernando C. H. 1993. Rice field ecology and fish culture. Hydrobiologia, 259. pp.91- 113.
- Fuglie L.J., 2002. L'arbre de la vie, les multiples usages du moringa. CTA, CWS, Sénégal, Dakar. 176p.
- Kasiga T. et Lochmann R., 2014. Digestibilité des éléments nutritifs des régimes-soja-repas réduits contenant Moringa ou Leucaena repas de feuilles pour le tilapia du Nil, Oreochromis niloticus . J. mondiale aquac. Soc., 45 (2): 183-191.
- Köprücü K. et Özdemir Y., 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250: 308-316.
- Lazard J., 2007. Le Tilapia. *Cahiers Agricultures*. Paris. 16 (2) : 123-124.
- Médale F., Le Boucher R., Dupont-Nivet Quillet M. E. et Aubin S., 2013. Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. INRA Prod. Anim., 2013, 26 (4), 303-316.
- Moyo B., Masika PJ., Hugo A. et Muchenje V., 2011. Caractérisation nutritionnelle de Moringa (*Moringa oleifera* Lam) *laisse J. africaine Biotech*, 10 (60) pp.12925-12933. Dans Heuzé V., Tran G., Bastianelli D., Lebas F., Hassoun P., 2015. Moringa (*Moringa oleifera*) Feedipedia, un programme par l'INRA, CIRAD, AFZ et la FAO. *Fiche technique* . <http://www.feedipedia.org/node/124>
- Odeyinka S.M., Oyedele J.O., Adeleke A., Odedire J.A., 2008. La performance de reproduction de lapins nourris Moringa oleifera comme un remplacement pour Centrosema pubescens. Proc. 9e Congrès mondial de lapin - Juin 10-13 2008 - Vérone - Italie, 411-415.
- SDPA, 2006. Schéma directeur de la Pêche et de l'Aquaculture. Actualisation 2006. Ministère de l'élevage et de la pêche du Mali, 62 p. Bamako.
- Yuangsoi B., Charoenwattanasak S., 2011. Utilisation de Moringa (Moringa oleifera Lam.) feuilles sur les performances de croissance et la digestibilité des protéines dans Tilapia (Oreochromis niloticus L.). Proc. 49e Kasetsart University. Ann. . Conf. Université Kasetsart, en Thaïlande 1-4 Février 2011, 3 (Pêches): 317-326.

Communication N°31: Etude de la performance de trois types de chambres froides artisanales (zecc) dans la conservation des légumes

Aliou COULIBALY.^{1*}, Fatoumata CISSE.¹, CHAGOMOKA T.², MAIGA K.³, SIDIBE S.¹

¹ Laboratoire de Technologie Alimentaire, Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali

² World Vegetable Center (Centre Mondial des Légumes) Bamako, Mali

³ Département d'Enseignement et de Recherche de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, USTTB Bamako, Mali

*Adresse de correspondance : coulibalyalioun@gmail.com

Résumé

La conservation à l'état frais des légumes est un problème requérant pour les pays subsahariens à cause des températures élevées, le manque des moyens et des techniques de conservation adéquate. C'est dans ce cadre que le Centre Mondial des Légumes a mis au point certains équipements (ZECC) construits avec des matériaux locaux (brique, paille et sac jute) pour la conservation des légumes, dont les performances ont été évaluées par le LTA de l'IER. Il s'agit des feuilles d'amarante, du piment, du gombo, de la tomate et de l'aubergine africaine. L'étude a été conduite au Mali dans deux sites, le village de Molobala et le Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba. Les paramètres étudiés sont l'état de fermeté, le flétrissement, la coloration et la durée de conservation. La température journalière et l'humidité relative des équipements ont été évaluées. Les résultats obtenus ont montré que les équipements permettent de réduire la température et l'humidité relative. En moyenne, les températures obtenues dans les ZECC en brique et en paille sont respectivement 26,5°C et 26,6°C alors que la moyenne générale de la température ambiante était de 33,3°C. Les mêmes tendances ont été observées avec les humidités relatives. Les ZECC en brique et en paille ont eu des teneurs respectives de 83,4% et 54,4% contrairement au ZECC en jute qui est de 41,8%. Celle du témoin est de 28,3%. L'analyse statistique a montré que la différence entre les traitements est haute significative ($P < 0.05$) aussi bien pour les températures que pour les humidités relatives obtenues. La durée de vie des légumes est variable d'un équipement à un autre. Les feuilles d'amarante et les aubergines se conservent bien dans le ZECC en brique et en paille, la tomate et le piment dans le ZECC en jute et le gombo se conserve mieux dans le ZECC en paille.

Mots clés : Conservation, Légumes, ZECC, Qualité physique

1. Introduction

Le Mali est un pays tropical avec des vastes étendues de terre arable et une faible densité de la population (API Mali, 2011), avec une population estimée à 18 343 002 millions d'habitants (ENSAN MALI, 2016). Il est classé au 182^{ème} rang sur 186 pays selon l'Indice de Développement Humain (IDH) de 2013 (ENSAN MALI, 2016). Les ressources en eau de surface sont très importantes. Les fleuves Niger et Sénégal et leurs affluents traversent le pays respectivement sur 1700 km et 900 km (PDA, 2013). La moitié sud du pays offre des conditions climatiques idéales pour la culture maraichère (API Mali, 2011). Cependant la production de légume est insuffisante pour satisfaire les besoins des populations durant toute l'année (IER, 2016). La consommation moyenne des légumes dans les pays d'Afrique subsaharienne varie de 27 kg à 114 kg par personne par an, bien en deçà du niveau minimum recommandé par la FAO et l'OMS, qui est de 146 kg par habitant et par an (Gogo et *al.*, 2016). Ces niveaux de consommation des légumes montrent que des efforts doivent être fournis par les pays d'Afrique subsaharienne pour améliorer leur apport journalier quotidien.

Les légumes sont des denrées très périssables à cause de leur teneur en eau élevée, variable entre 65% et 95% (FAO, 2008). A celui-ci, vient s'ajouter dans les pays en voie de développement le manque de moyen adéquat de conservation des productions agricoles exposées à une détérioration rapide en raison des conditions climatiques peu favorables et à beaucoup d'autres aléas endogènes et exogènes (Touzi et *al.*, 2008). Au Mali la méthode de conservation des légumes la plus utilisée est le séchage. Il est largement utilisé pour la conservation de nombreux légumes, tels que les feuilles vertes, le gombo (*Abelmoschus esculentus*), l'échalote (*Allium cepa L.*) et la tomate (*Lycopersicon esculentum*). Par contre la conservation à l'état frais est peu fréquente voire inexistante. Ce manque des moyens et des techniques adéquates de conservation à l'état frais des légumes entraîne une augmentation des pertes après la récolte. Ces déperditions atteignent jusqu'à 50% dans les régions sahariennes (Touzi et *al.*, 2008). Ces méthodes de conservation demandent plus de moyens à cause de la consommation d'énergie et d'infrastructures adaptées telles que les chambres froides. Or dans les pays en voie de développement tel que le Mali, l'électricité est considérée comme un luxe pour bon nombre de producteurs, avec un coût de consommation exorbitant. Il est donc primordial de faire recours à des techniques moins coûteux et plus efficace pour bien conserver nos légumes à l'état frais après la récolte.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration des conditions de conservation des légumes à l'état frais par l'utilisation des équipements de conservation appelé ZECC (Zero Energy Cool Chamber). Le ZECC est un système de stockage écologique sans consommation d'énergie électrique (Dari et *al.*, 2015).

2. Objectifs

2.1. Objectif global

Déterminer la performance de trois types de chambres froides artisanales (Zero Energy Cool Chambers) dans la conservation des légumes frais au Mali.

2.2. Objectifs spécifiques

- Déterminer la température et l'humidité relative des ZECC ;
- Déterminer l'état de fermeté des légumes au cours de la conservation ;
- Déterminer la perte en poids des légumes au cours de la conservation ;
- Déterminer le taux d'altération des légumes ;
- Evaluer la durée de conservation des légumes dans les différents équipements.

3. Matériel et méthodes

L'étude a été conduite au Mali au niveau de deux sites, le Centre Régional de Recherche Agronomique (CRRRA) de Sotuba et le village de Molobala situé dans le cercle de Koutiala, région de Sikasso. Les deux sites sont situés dans des zones agro écologiques différentes. Les trois équipements ont été installés dans chaque site. L'étude de conservation a été effectuée sur cinq légumes, notamment l'amarante, la tomate, l'aubergine africaine, le piment et le gombo. Les trois équipements ont été humidifiés 3 fois par jour durant toute la période de la conservation, afin de conserver la fraîcheur au niveau de la paroi des équipements. Les quantités d'eau utilisées pour l'humidification étaient variables d'un équipement à un autre. Les ZECC en paille et en brique ont été humidifiés avec 30 l d'eau par jour et celui en sac de jute avec 60 l en raison de sa taille.



Photo 2: ZECC-paille



Photo 2: ZECC-paille



Photo 3: ZECC-jute

- **Détermination des paramètres physiques**

La température et l'humidité relative ont été déterminées à l'aide de thermo-hygromètre. Les données ont été collectées trois fois par jour (8 heures, 13 heures et 17 heures). La fermeté a été déterminée à l'aide de pénétromètre. L'opération consiste à exercer une pression descendante continue, de sorte que l'embout s'enfonce dans la pulpe du fruit jusqu'à la profondeur marquée (à mi-hauteur) sur l'embout. Ôter l'embout, et noter la valeur indiquée sur le cadran du pénétromètre

(OECD, 2005). La perte en poids des légumes a été déterminée en prenant le poids des légumes de manière quotidienne avec une balance de précision. C'est-à-dire avant, pendant et après la conservation. Le taux d'altération a été obtenu en déterminant le pourcentage de légumes altérés par jour et par équipement. Et en effectuant le rapport entre le nombre de légumes altérés sur le nombre total de légumes multiplié par 100. Les tableaux ont été réalisés avec World 2010. Les analyses statistiques ont été effectuées avec SPSS.

4. Résultats

4.1. Température et humidité relative des ZECC et du témoin

Les résultats ont montré que les températures obtenues ont varié de 24,75°C à 34,12°C. Les températures les plus basses ont été enregistrées dans les ZECC en brique et en paille de Sotuba avec des teneurs respectives de 24,75°C et 25,05°C. Le ZECC en jute de Sotuba a eu une température moyenne de 26,88°C. Pendant la même période il a été enregistré une température ambiante de 32,51°C à Sotuba. Par contre à Molobala, le ZECC en brique et en paille ont donné respectivement 28,42°C et 28,23°C. Dans le ZECC en jute, il a été enregistré 29,58°C. Le témoin a donné une température moyenne de 34,12°C. L'humidité relative a varié de 26,14% pour le témoin à Sotuba à 90,45% pour le ZECC en brique de Sotuba. Il a été enregistré 55,98% de taux d'humidité dans le ZECC en paille de Sotuba et 52,85% à Molobala. Dans le ZECC en jute, il a été enregistré 36,93% à Sotuba contre 46,72% à Molobala. L'humidité relative de l'air ambiant était de 26,11% à Sotuba contre 30,53% Molobala (Tableau 1).

Tableau 1 : Température et humidité relative moyenne des ZECC

Traitements	Humidité relative (%)		Température (°C)	
	Molobala	Sotuba	Molobala	Sotuba
ZECC-Paille	52,85b	55,98b	28,23b	25,05c
ZECC-Jute	46,72b	36,93c	29,58b	26,88b
ZECC-Brique	76,51a	90,45a	28,42b	24,75c
Témoin	30,53c	26,14d	34,12a	32,51a
CV%	25,83	24,76	7,73	3,56
Signification	***	***	***	***

*** (hautement significatif)

4.2. Fermeté des légumes

Les résultats ont montré que la conservation agit sur la texture des légumes. Les aubergines du ZECC en paille ont eu une fermeté de 2,9 cm²/kg à Sotuba et 3,9 cm²/kg à Molobala. Dans le ZECC en brique les aubergines ont donné une fermeté de 5,1 cm²/kg à Molobala et 4,5 cm²/kg à Sotuba. Les aubergines conservées dans les ZECC en jute et le témoin ont eu des fermetés respectives de 3,4 cm²/kg et 2,1 cm²/kg à Sotuba et 6,7 cm²/kg et 4,7 cm²/kg à Molobala. La fermeté initiale des aubergines était de 4,5 cm²/kg à Sotuba et 4,2 cm²/kg à Molobala. A Sotuba, les résultats ont montré que les tomates conservées dans les ZECC en paille et en jute ont eu des fermetés respectives de 4 cm²/kg et 5 cm²/kg, et le témoin a obtenu 3,5 cm²/kg. A Molobala, les tomates conservées dans le ZECC

paille ont donné une fermeté de 1,7 cm²/kg contre 1,3 cm²/kg pour les tomates du ZECC en jute et 3,7 cm²/kg pour les tomates du ZECC en paille (Tableau 2). Les fermetés initiales des tomates enregistrées sur les deux sites étaient de 2,4 cm²/kg à Sotuba et 1,9 cm²/kg à Molobala. Les tomates témoin de Molobala ont donné une fermeté de 2 cm²/kg. Pour le gombo, à part la fermeté initiale (2,2 cm²/kg) aucune autre donnée n'a été obtenue à Sotuba, car au bout de la conservation les gombos étaient déjà secs ou détériorés. Les résultats qui ont été obtenus à Molobala, montrent que la fermeté des gombos était de 2,6 cm²/kg avant la conservation. Après 14 jours de conservation, la fermeté était de 2,9 cm²/kg pour les gombos du ZECC en paille, 2,7 cm²/kg pour ceux du ZECC en jute, 2,1 cm²/kg pour ceux du ZECC en brique et 2,3 cm²/kg pour les gombos témoin (Tableau 2).

Tableau 2 : Fermeté des légumes avant et après 14 jours de conservation

Traitements	Aubergine		Tomate		Gombo	
	Molobala	Sotuba	Molobala	Sotuba	Molobala	Sotuba
	Fermeté (cm ² /kg)					
Initial	4,2	4,5	1,9	2,4	2,6	2,2
ZECC-Paille	3,9	2,9	3,9	4	2,9	Secs
ZECC-Jute	6,7	3,4	1,3	5	2,7	Secs
ZECC-Brique	5,1	4,5	1,7	Détériorés	2,1	Détériorés
Témoin	4,7	2,1	2	3,5	2,3	Secs

4.3. Pertes en poids des légumes au cours du stockage

Les résultats ont montré que tous les légumes ont perdu du poids. A Sotuba, les pertes ont varié de 10% à 90%. L'aubergine du ZECC en brique, les tomates des ZECC en paille et en jute sont les légumes qui ont enregistré moins de perte en poids avec des scores respectives de 11%, 13% et 14%. Les gombos et les feuilles d'amarante sont les légumes qui ont enregistré les pertes les plus élevées. Pour les gombos, la perte a varié de 65% à 91% et pour les feuilles d'amarante, elle a varié de 75% à 88%. Par contre à Molobala les pertes ont varié de 7,6% pour les tomates conservées dans le ZECC en brique jusqu'à 79,8% pour les gombos témoin (Tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentage de poids perdu au cours de la conservation des légumes

Légumes	Sites	Perte en poids (%)			
		ZECC-Paille	ZECC-Jute	ZECC-Brique	Témoin
Aubergine africaine	Sotuba	28	36,3	11,7	55,5
	Molobala	10,5	21	16,6	34,7
Tomate	Sotuba	14,6	13,5	71,3	41,9
	Molobala	24,1	8,5	7,6	22,8
Gombo	Sotuba	91,5	88,8	65,1	88,9
	Molobala	30,3	56,6	39,4	79,8
Piment	Sotuba	39,7	52,3	59,9	80,7
	Molobala	14,6	41,7	20	42,8
Feuilles d'amarante	Sotuba	87,6	86,2	75,1	88,4
	Molobala	62,1	77,9	62,9	75

4.4. Taux de détérioration des légumes (durée de conservation)

Les résultats ont montré que les tomates se conservent bien à Sotuba dans les ZECC en jute et en paille pendant 15 jours. Dans le ZECC en brique, l'altération des tomates a débuté après 8 jours de conservation contre 5 jours pour le témoin. Pour les piments les résultats ont montré que la conservation est meilleure dans le ZECC en jute avec 11% d'altération après 14 jours. Pour la même durée de conservation, les piments du ZECC en paille ont présenté un taux d'altération de 41% contre 56% et 100%, respectivement dans le ZECC en brique et chez le témoin. Pour les feuilles d'amarante, les résultats ont montré que la durée de conservation est très limitée pour le témoin et dans le ZECC en jute. Le ZECC en brique est celui qui a donné une meilleure durée de conservation des feuilles d'amarante. Les gombos conservés dans le ZECC en paille ont eu un taux d'altération de 50% après 5 jours de conservation. Les gombos conservés dans le ZECC en jute ont donné un taux d'altération de 67% seulement après 3 jours. Les gombos conservés dans le ZECC en brique ont présenté un taux d'altération de 20% après 10 jours de conservation. Les gombos témoins ont donné un taux d'altération de 100% après 48 heures.

5. Discussions

Les résultats des analyses statistiques ont montré que la différence est haute significative ($P < 0,05$) entre les différents équipements et le témoin aussi bien pour la température que pour l'humidité relative. La température et l'humidité relative obtenues à Sotuba pour les trois ZECC et le témoin sont inférieures à celles obtenues à Molobala pour les mêmes équipements. Cette différence peut être due à la période de l'étude (mois de mars pour Sotuba et mois d'avril pour Molobala) mais aussi aux conditions climatiques des deux sites. Les résultats obtenus montrent que les ZECC ont permis de réduire la température de 6°C à 9°C et augmenter l'humidité relative de 11% à 70%. Ces données confirment celles obtenus par Verma, (2014) et Dari et al., (2015), qui ont indiqué une réduction de la température de 3°C à 9°C et une augmentation de l'humidité relative de 10% à 18%.

A Sotuba, tous les légumes conservés ont subi un changement de la texture au cours de la conservation à l'exception des aubergines africaine du ZECC en brique. Par contre à Molobala les fermetés obtenues ont beaucoup fluctué autour des valeurs initiales. L'augmentation de la fermeté montre que la texture s'est durcie. Cet état de durcissement est dû à une modification de la texture, provoquée par un échange d'eau par évaporation entre le légume et le milieu de stockage où l'humidité relative est inférieure à celle recommandée. Selon El Mejri, (2012) la diminution de la fermeté s'explique par la sénescence et la perte d'eau progressive.

D'une manière générale, les feuilles d'amarante témoin ont subi une altération beaucoup plus rapide (24 heures) que les autres feuilles (72 heures à 120 heures). Ces résultats confirment ceux obtenus par Soro et al., (2012) et Verma, (2014) qui ont indiqué respectivement une durée de vie de 24 heures pour les feuilles vertes

conservées à la température ambiante et 3 jours pour les feuilles d'amarante conservées dans les ZECC. Cette altération des feuilles d'amarante est causée par la température relativement plus élevée (supérieure à 30°C) et l'humidité relative de l'air du milieu ambiant plus faible (inférieure à 30%) selon Touzi, et *al.*, (2008). Tous comme les feuilles d'amarante, les gombos, les aubergines et les piments ont montré les mêmes tendances d'altération, c'est-à-dire plus rapides chez les légumes témoin qu'au niveau des légumes maintenus dans les ZECC. Les résultats obtenus ont montré que dans le ZECC en brique la conservation des tomates est bonne pendant la première semaine. Après 7 jours s'en suit une altération beaucoup plus rapide. Par contre dans les ZECC en jute et en paille, la durée de conservation des tomates est plus longue (10 à 14 jours), mais la qualité reste moyenne à cause du flétrissement de l'épiderme.

Par ailleurs on remarque que les pertes en poids des légumes obtenues au cours de cette étude sont largement supérieures à celles obtenu par Verma, (2014) qui n'a obtenu que 4,4% de perte pour la tomate après 15 jours de conservation, 5% pour le gombo après 7 jours de conservation, 11% pour les feuilles vertes après 3 jours de conservation et 3,8% pour le piment après 10 jours de conservation.

6. Conclusion et perspectives

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'effet de la température et de l'humidité relative sur la qualité de la conservation des légumes dans les ZECC. La détérioration de la qualité physique des légumes (la coloration, le flétrissement, la fermeté, le taux d'altération) et le développement microbien au cours de la conservation est favorisé par la température, l'humidité relative et les conditions de conservation. Par ailleurs, les résultats ont montré que les ZECC permettent de réduire de manière significative la température et l'humidité relative. Mais ils favorisent un développement microbien important. Entraînant ainsi une altération rapide des produits conservés. Les légumes se conservent mieux dans le ZECC en paille et en brique. Par contre le ZECC en jute nécessite une amélioration par rapport à son système d'arrosage afin de maintenir la fraîcheur au niveau de sa paroi le plus longtemps possible.

Pour améliorer les conditions de conservation des légumes dans les ZECC, il serait nécessaire de trouver une solution plus efficace de protection des légumes contre les nuisibles au cours de la conservation. Il serait aussi important de conduire d'autres tests de conservation de manière saisonnière. Et enfin il faut trouver un système d'arrosage plus performant.

8. Références bibliographiques

- API Mali, (2011). Agence pour la Promotion des Investissement au Mali ; Opportunités d'investissement dans la filière fruits et légumes.
- Dari L., Owusu-Ansah P., Nenguwo N. and Afari-Sefa V., (2015). Comparative Study of the Performance of Kiln-Fired Brick and Mud block Zero Energy Cool Chambers in the Northern Region of Ghana, Page 4.

- El Mejri S., (2012). Entreposage frigorifique des Fruits : Contrôle de la qualité des fruits stockés pendant une longue période. Institut National Agronomique de Tunisie. Page 10.
- ENSAN MALI (2016). Rapport de synthèse ; Enquête Nationale sur la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle, Mars 2016 (ENSAN MALI), Page 2.
- FAO, (2008). Basic Harvest and Post-harvest Handling Considerations for Fresh Fruits and Vegetables. Postharvest Training CD-Rom on Food Processing/FAO manual food handling and preservation.
- Gogo EO., Opiyo A., Ulrichs C., and Huyskens-Keil S., (2016). Postharvest treatments of african leafy vegetables for food Security in Kenya : a review, june 2016.
- IER, (2008). Secteur des fruits et légumes au Mali, Programme fruits et légumes de l'Institut d'Economie Rurale.
- Kader A. et Cantwell M., (2007). Produce quality rating scales and colors charts; postharvest horticulture serie n° 23; site: <http://postharvest.ucdavis.edu>. Page 64;
- OCDE, (2005). Normalisation Internationale des fruits et légumes. Orientation pour la réalisation des tests objectifs visant à déterminer la qualité interne des fruits et légumes frais et secs et séchés. Page 10, 29 ;
- PDA, (2013). Politique de Développement Agricole du Mali, document mai 2013. Page 6.
- Soro L. C., Ocho-Anin Atchbri A. L., Kouadio K. K., (2012). Evaluation de la composition nutritionnelle des légumes feuilles. *Journal of Applied Biosciences* 51: 3567– 3573.
- Touzi A. et Merzaia-Blama A., (2008). La conservation des denrées agro-alimentaires par séchage dans les régions sahariennes, *Revue des Energies Renouvelable*. Page 1.
- Verma A., (2014); Pre-cooling of fresh vegetables in low cost zero energy cool chamber at farmer's field; *the Asian journal of horticulture*, Volume 9, June, 2014; Page

Communication N°32: L'utilisation de l'extrait de « Potokoloninbo ou *Physalis minima*» une innovation paysanne dans la lutte contre les ennemis de la tomate à Kala, région de Ségou

Aminata DEMBELE¹, Henri Bosco COULIBALY², Samba TRAORE³, Assétou KANOUTE⁴, Abdoul Yéhia MAÏGA⁵, Souleymane DIARRA⁶ et Djibril DIARRA⁷.

¹. Aminata Dembélé*, innovatrice, Commune Rurale de Digadougou, Ségou ;

². Henri Bosco Coulibaly, AOPP régional, Ségou

³. Samba Traoré, PROFEIS

⁴. Assétou Kanouté, PROFEIS, ADAF Gallè

⁵. Abdoul yéhia Maïga, IER, PROFEIS

⁶. Souleymane Diarra, AOPP, PROFEIS

⁷. Djibril Diarra, PROFEIS, ADAF Gallè (Tél : 76 31 59 39)

Résumé

Une étude sur « l'évaluation de l'efficacité de différentes concentrations de solution de potokolonimbo (*Physalis minima*) proposées par l'innovatrice paysanne de Kala dans la Lutte contre les *ennemis de la tomate*» a été conduite dans le village de Kala. Le produit utilisé est un extrait de plante « potokolonimbo » dilué dans 3 quantités d'eau. Cette solution est obtenue en dissolvant 40 g de poudre de potokolonimbo respectivement dans 0,5 litre 1 et 1,5 litres d'eau. L'étude visait à :

- déterminer l'efficacité de trois concentrations de solution de potokolonimbo comparées à une solution témoin sans extrait de potokolonimbo dans la protection des plants de tomates contre ses ennemis et la qualité des fruits récoltés.
- déterminer la variation des prix de vente selon les périodes de récolte ;
- évaluer le gain (valeur ajoutée) par rapport à l'utilisation de l'extrait de Potokoloninbo.

Neuf (09) expérimentatrices étaient impliquées dans la conduite des tests en 2013-2014 dont chacun constituait un bloc. Le dispositif expérimental était un Bloc de Fisher avec 4 traitements ou concentrations de potokolonimbo et 9 blocs. La parcelle élémentaire mesurait (1) m². Le poids moyen de fruits, le nombre de fruits et le revenu monétaire de tomate /m², ont été les plus importants pour les traitements à base d'extrait de potokolonimbo et les plus faibles chez le témoin sans application de solution de potokolonimbo. Ces résultats dénotent l'importance du savoir local dans l'amélioration des conditions de vie des populations. L'identification du principe actif de cette plante s'avère nécessaire pour une meilleure valorisation de cette plante.

1. Introduction

La tomate est l'une des principales cultures maraichères au Mali. Sa production en saison et en contre saison est le plus souvent confrontée à des contraintes parasitaires (Photo 1) importantes qui dans les situations d'infestations extrêmes peuvent compromettre toute la récolte. Les tentatives d'utilisation des produits chimiques n'ont pas donné les résultats escomptés. Pour palier à ces difficultés, l'utilisation de solution à base de « Potokoloninbo » (*Physalis minima*) comme initiative paysanne s'avère prometteuse. Les résultats présentés ici sont les fruits de la collaboration tripartite entre les paysans, les partenaires au développement (ADAF Gallè et AOPP) et la recherche (IER).

2. Objectifs

2.1. Objectif global

Contribuer à l'amélioration des conditions de vie des productrices et producteurs de tomate.

2.2. Objectifs spécifiques

- Quantifier et comparer l'efficacité des différentes concentrations testées;
- évaluer le gain par rapport à l'utilisation de différentes doses de solution de Potokoloninbo.

3. Matériel et méthodes

Le produit utilisé est une solution à base de plante de potokolonimbo (Photo 2). Cette solution est obtenue en dissolvant le contenu d'un verre No 8 soit 40 g de poudre de potokolonimbo respectivement dans 0,5 , 1 et 1,5 litres d'eau. Ces trois (3) traitements sont comparés à un traitement témoin sans utilisation de poudre de potokolonimbo.

Tous les traitements étaient arrosés avec de l'eau simple deux fois par jour: une fois le matin et une fois le soir. Après transplantation, les différentes solutions de potokolonimbo étaient utilisées une fois par semaine jusqu'à la floraison à partir de laquelle les solutions étaient apportées deux fois par semaine.



Photo 1 : Plant de tomate attaqué



Photo 2 : Plant de « Potokolonimbo »



Photo 3 : Une parcelle expérimentale



Photo 4 : Etat des fruits des plants traités et non traités

4. Dispositif expérimental et analyse statistique

Le dispositif utilisé était un bloc de Fisher. Les traitements étaient disposés dans des blocs de Fisher dispersés dans lesquels chaque paysanne expérimentatrice constituait un bloc. La parcelle élémentaire mesurait 1 mètre carré. Au total 9 expérimentatrices ont participé à l'étude dans le village de Kala (région de Ségou). La récolte a été effectuée sur toute la parcelle élémentaire.

Le Logiciel R instat a été utilisé pour effectuer l'analyse de la variance.

5. Résultats et discussions

5.1 Poids moyen des fruits de tomate par mètre carré

Les résultats obtenus sur le poids moyen des fruits de tomate sont présentés sur la figure 1. Les résultats ont été donnés par mètre carré. Il est à noter que les parcelles de tomate atteignant l'hectare sont très rares dans les exploitations familiales. L'analyse statistique a montré une différence hautement significative ($Pr < 0,01$) entre les traitements pour le poids moyen des fruits de tomate. Le poids moyen de fruits de tomate /m² a été le plus important (7.24 kg) pour l'utilisation de la solution de potokolonimbo à la dose de 1.5 litre et le plus faible (2.78 kg) chez le témoin sans application de solution de potokolonimbo soit une augmentation de rendement de 62%. Aussi, les deux autres traitements à base d'extrait de potokolonimbo ont eu des rendements supérieurs à celui du témoin. Aucune différence significative ($Pr > 0,05$) n'a été observée entre les trois traitements à base d'extrait de potokolonimbo. La supériorité de tous les traitements à base d'extrait de potokolonimbo indique incontestablement un effet positif lié à l'utilisation d'extrait de cette plante. Les premiers efforts d'identification d'un éventuel principe actif n'ont pas donné les résultats escomptés. Une chose est certaine l'utilisation de cette innovation paysanne est devenue une pratique courante dans ce village. Pour mieux comprendre le problème afin de mieux le gérer, le projet PROFEIS_Mali a sollicité le concours d'un entomologiste de l'IER. Selon ce dernier, le problème constaté sur la tomate à Kala serait dû à l'action des acariens.

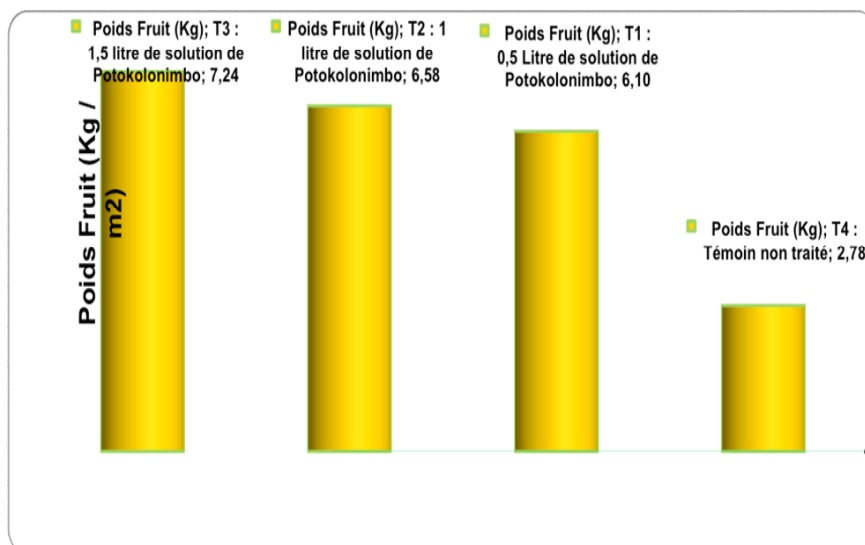


Figure 1 : Effet de l'utilisation de la solution de potokolonimbo sur le poids moyen des fruits de tomate, Kala, 2014

5.2 Nombre moyen de fruits de tomate par mètre carré

Les résultats obtenus sur le nombre moyen de fruits de tomate sont présentés sur la figure 2. L'analyse statistique a montré une différence hautement significative ($Pr < 0,01$) entre les traitements pour le nombre moyen des fruits de tomate par mètre carré. Le nombre moyen de fruits de tomate /m² a été le plus élevé pour les traitements à base d'extrait de plante comparés au témoin. Aucune différence significative n'a été observée entre les trois traitements à base d'extrait de potokolonimbo. Pour la production du nombre de fruits de tomate, le constat est le même dans la mesure où tous les traitements à base d'extrait de plante ont produit plus de fruits que le témoin.

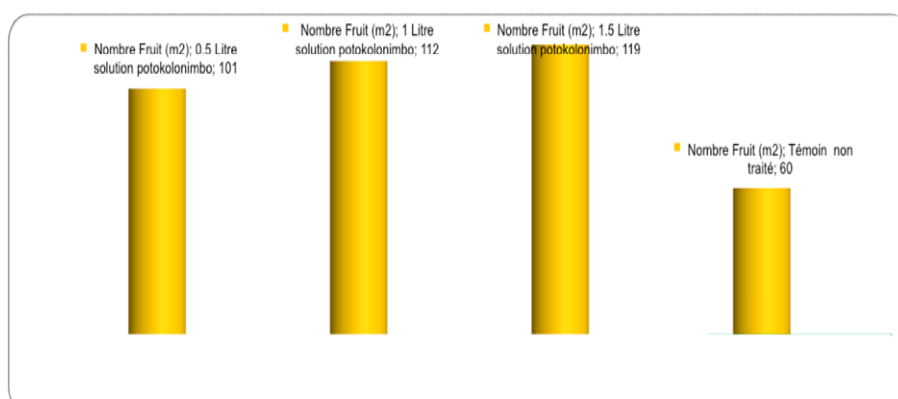


Figure 2 : Effet de l'utilisation de la solution de potokolonimbo sur le nombre moyen de fruits de tomate, Kala, 2014

5.3 Revenu des femmes

Les revenus engendrés par les différents traitements sur un mètre carré sont représentés sur la figure 3 et figure 4 respectivement pour les revenus par mètre carré et par ha. L'analyse statistique a montré une différence hautement significative ($Pr < 0,01$) entre les traitements pour le revenu moyen procuré par la production de tomate. L'augmentation du nombre de fruits, du poids moyen des fruits et de la qualité des fruits ont contribué à l'augmentation significative du revenu des productrices de tomate ayant participé à l'expérimentation de la solution de potokolonimbo sur la tomate. La valeur de la production de tomate /m² a été la plus importante avec l'utilisation de la solution de potokolonimbo (1363 FCFA) et la plus faible (188 FCFA) chez le témoin sans application d'extrait de plante. Il a été constaté que cette innovation profite aux productrices de ce village de deux manières à savoir la fidélisation d'une clientèle qui fait le déplacement jusqu'au village évitant ainsi aux productrices les charges de transport et de traversée du fleuve pour atteindre le marché de Ségou.

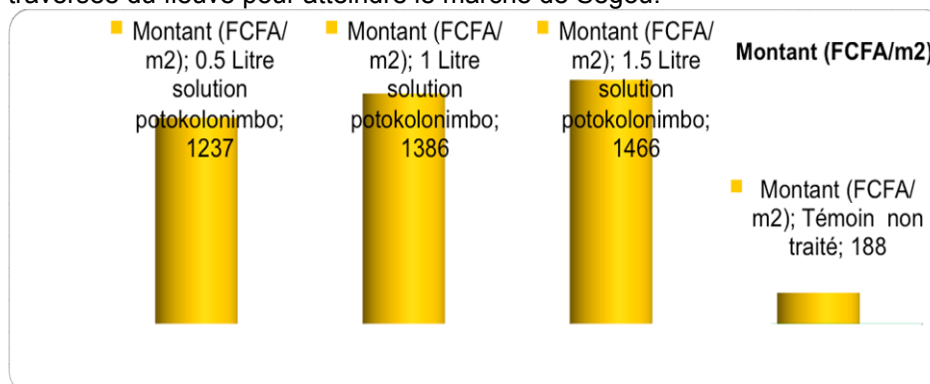


Figure 3 : Effet de l'utilisation de la solution de potokolonimbo sur le revenu moyen /m² de tomate, Kala, 2014

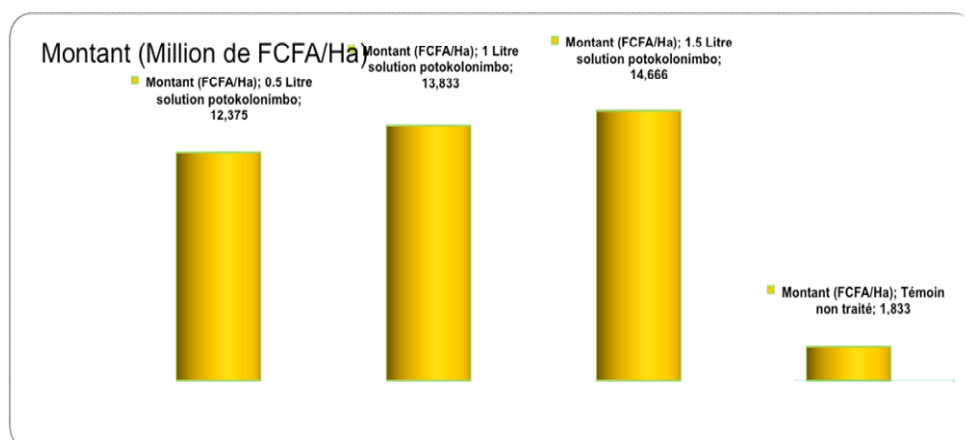


Figure 4 : Effet de l'utilisation de la solution de potokolonimbo sur le revenu moyen/ha de tomate, Kala, 2014

6. Conclusion

L'utilisation d'extrait de potokolonimbo (*Physalis minima*) a nettement amélioré la production totale de la tomate et significativement augmenté le revenu des productrices. Cette innovation paysanne constitue pour les productrices de tomate une alternative salubre. L'innovation contribue à la fois à la réduction des charges de production et de transport. Compte tenu de tous les avantages liés à l'utilisation de cette innovation, les villages environnants ont commencé à utiliser cette innovation.

En perspective, des efforts sont en cours pour l'identification du principe actif pour une meilleure

2.3. Session 3 : La recherche et le développement agricole

Président : **Pr Harouna MAIGA Université Minnesota USA**

Rapporteurs : **M Le BARS (France)**
Professeur Ousmane SACKO Université Bamako
FST/USTTB

Communication N°33: Transformation accélérée de l'Agriculture: quels défis pour la recherche à l'Université de Ségou ?

Konimba BENGALY^{1*}, Alhousseini BRETAUDEAU² et Souleymane KOUYATÉ¹

¹Université de Ségou, Ségou-Pélengana, route de San, BP. 24, Mali

²Institut Polytechnique Rural et de Formation à la Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou, Mali

*Email : konis6@gmail.com , Tél. (223) 75010225 /63493793

Résumé

En Afrique, au Mali et dans la région de Ségou comme un peu partout ailleurs, l'enjeu de la transformation accélérée de l'Agriculture est confronté au défi majeur de produire plus dans un contexte nouveau de changements climatiques, pour nourrir une population en plein essor et dont les habitudes alimentaires sont aussi en pleine mutation. L'Etat Malien, dans tous ses documents de planification (CSLP, LOA, CREDD, etc.), a placé le secteur de l'Agriculture au cœur des préoccupations de développement socioéconomique du pays. Ces différents projets de planification consacrent une part très importante à la formation, la recherche agricole et la sécurisation de l'agriculture familiale, autrement dit au paradigme du rôle de l'Agriculture, à savoir, la sécurité alimentaire et l'éradication de la pauvreté en milieu rural. Cette communication se base sur l'hypothèse que des paquets technologiques plus performants existent déjà et qu'ils peuvent contribuer à l'amélioration des moyens d'existence des populations mais aussi qu'ils doivent subir des transformations dynamiques et cohérentes pour correspondre aux Objectifs de Développement Durable (ODD) auxquels le Mali a souscrit. Cependant, leur adoption par les producteurs se trouve à des niveaux faibles et pas toujours à hauteur de souhait. En s'inspirant des engagements nationaux et internationaux pris par le Mali en termes de développement, l'Université de Ségou s'est fixé comme défi, d'entreprendre des recherches participatives impliquant toutes les parties prenantes concernées par la problématique de développement agricole autour de trois axes principaux : (i) contribuer à la sécurité alimentaire des populations ; (ii) développer et/ou diversifier les cultures de rente pour la création de richesses afin d'améliorer le mieux-être des populations ; (iii) renforcer la vocation agro-pastorale de la région de Ségou. Pour relever ces défis, l'Université de Ségou mène actuellement une réflexion dont les pistes sont développées dans la présente communication.

Mots clés : sécurité alimentaire, pauvreté, recherche-développement, changement climatique, Université de Ségou, Mali.

1. Introduction

Pendant la deuxième moitié du siècle dernier, la production alimentaire à l'échelle mondiale a connu une progression significative (Pretty *et al.*, 2010). Au même moment les plus importantes progressions de production ont été enregistrées en Afrique et particulièrement dans les pays de la CEDEAO (Pretty *et al.*, 2011 ; CEDEAO, 2015). Mais le défi réside dans la capacité des pays à maintenir ce rythme de croissance de la production dans la durée et dans le contexte des changements climatiques, pour nourrir une population en plein essor. Selon certaines estimations (FAO, 2009a ; Godfray *et al.*, 2010 ; cités par Pretty *et al.*, 2010), il faudra produire 70 à 100% plus de nourriture pour faire face aux besoins alimentaires croissants de la population, sans que cela n'entraîne une augmentation significative des prix au consommateur. Pour assurer leur souveraineté alimentaire, les pays de l'espace CEDEAO ambitionnent de fournir plus d'efforts pour assurer une transformation massive de leur Agriculture puisque les opportunités d'une relance de la production agricole durable existent déjà (CEDEAO, 2015). Toute la question est comment y parvenir ? Il existe différents points de vue. Pour certains, l'agriculture en Afrique comme dans les autres pays les moins avancés, devra suivre le modèle des grandes exploitations industrialisées, à la suite d'une mécanisation massive et d'une forte expansion des superficies cultivées. Mais cela ne fera qu'exacerber la compétition sur la terre pour d'autres activités humaines ; aussi, cette solution paraît coûteuse pour les petits exploitants familiaux et elle n'est pas favorable à la conservation de la biodiversité (Pretty *et al.* 2011 ; Ikerd, 2016) et du point de vue de des perspectives de création d'emplois. Pour d'autres, il faut simplement redoubler d'efforts pour répéter les mêmes approches de la Révolution Verte ; ou que les systèmes agricoles doivent se servir que de la biotechnologie ou devenir seulement organiques (Pretty *et al.*, 2011). Quoi qu'il en soit, et en accord avec ces derniers auteurs, la stratégie la plus réaliste est d'intensifier les systèmes de production existants. Aussi, le Président de la Commission de la CEDEAO en 2015 ne disait-il pas que: « le temps des résultats concrets est arrivé ; les producteurs et les consommateurs ouest-africains doivent désormais percevoir le changement dans leur champ, dans leur troupeau, dans leur assiette ! ».

L'objectif de cette communication est de partir de certaines évidences scientifiques solides pour informer et orienter les décideurs dans la direction future des priorités de recherche (agricole) et de l'appui aux politiques de développement agricole. La présente communication est structurée ainsi qui suit. Après une description sommaire des trois axes prioritaires de recherche à savoir, (i) la sécurité alimentaire des populations; (ii) le développement et/ou la diversification des cultures de rente pour la création de richesses afin d'améliorer le mieux-être des populations; et (iii) le renforcement de la vocation agro-pastorale de la région de Ségou, une approche méthodologique pour la recherche est proposée.

2. Contribuer à la sécurité alimentaire des populations

Pour améliorer la sécurité alimentaire des producteurs, trois stratégies prometteuses sont proposées (Foltz, 2010), il s'agit de :

- améliorer le matériel génétique (végétal et animal) ;
- intensifier le système de cultures associées et le système d'élevage existants;
- améliorer les techniques culturales pour la conservation de l'eau et du sol.

2.1. Amélioration du matériel génétique (végétal et animal)

Des variétés de cultures plus performantes sont constamment mises au point par la recherche mais les rendements obtenus par les producteurs ne sont pas toujours à hauteur de souhait. Pour les deux principales céréales sèches de la région de Ségou, le mil et le sorgho, deux différentes stratégies de sélection et de vulgarisation ont été décrites au Mali (Foltz, 2010) :

- la stratégie à fort apport d'intrants, appuyée par l'IER/INSORMIL et Sasakawa Global pour laquelle les variétés de mil et de sorgho qui répondent mieux aux engrais, représente la technologie la plus performante;
- la stratégie à faible apport d'engrais, soutenue par l'ICRISAT, consiste à mettre au point des variétés adaptées aux conditions de production locales.

La stratégie à faible apport d'intrants peut aboutir à des hausses de rendement de l'ordre de 20 à 30 % par rapport aux mêmes techniques culturales conventionnelles d'apport d'engrais avec des semences traditionnelles. Par contre, la stratégie plus intensive qui exige que les agriculteurs investissent environ 100 \$/ha en engrais chimiques, donne les meilleurs résultats. Elle peut aussi augmenter les rendements de 75 à 100 % avec des variétés traditionnelles, comparativement aux pratiques extensives avec peu d'apports d'engrais. Les deux stratégies donnent de meilleurs résultats avec des initiatives d'économie de l'eau et de l'apport d'engrais organiques comme le fumier de parc.

Une forte implication des producteurs dans le processus de mise au point de ces technologies décrites ci-dessus, rendrait l'information disponible et en favoriserait aussi l'adoption.

Dans le domaine de l'élevage, des résultats probants en matière d'amélioration génétique, par sélection ou par croisement avec des races étrangères, ont été obtenus par l'IER. Mais la diffusion du progrès génétique à large échelle est restée limitée. Pour l'élevage traditionnel et extensif des ruminants (bovins et ovins/caprins), les efforts de recherche s'orienteront davantage vers la sélection et la diffusion des meilleurs individus (sélection à noyau ouvert) avec l'implication des éleveurs. En aviculture, les conditions de diffusion d'une race améliorée créée par l'IER, dite « Wassa Chè » méritent d'être étudiées et évaluées.

Dans un contexte de changement climatique, la recherche en sélection végétale et animale doit davantage tenir compte des facteurs de stress environnementaux (variations des températures, des précipitations, etc.).

2.2. Intensification du système de cultures associées et du système d'élevage

La pratique des cultures associées est ancienne et ses bienfaits sont connus de tous. Ce système permet aux producteurs de minimiser les risques et de diversifier les sources de revenus. Les efforts d'intensification de l'association des céréales (mil et sorgho) avec les légumineuses (niébé, arachide, soja, pois d'angole, etc.) seront poursuivis. Il est de plus en plus évident que ces systèmes maintiennent le carbone dans le sol, favorisent la biodiversité, reconstruisent la fertilité des sols et maintiennent les rendements au fil du temps, fournissant une base pour des moyens de subsistance sécurisés (Staatz *et al.*, 2011).

Quant au système d'élevage, les efforts de recherche s'orienteront surtout vers l'amélioration des conditions nutritionnelles (pratiques d'alimentation améliorées, production et conservation du fourrage de bonne qualité) et sanitaires des animaux. En Afrique de l'Est, l'introduction de certaines espèces d'arbres fourragers a connu un succès remarquable auprès de plusieurs centaines de milliers de petites fermes laitières (Wambugu *et al.*, 2011, cités par Pretty *et al.*, 2011). Selon les estimations, ces fourrages contribuent à plus de 3 millions de dollars américains au revenu annuel des petits fermiers dans la région.

Une stratégie de gestion intégrée des nutriments provenant des aliments du bétail, des engrais minéraux et des déjections animales permettra une utilisation optimale de ces nutriments, garant du maintien de la fertilité du sol.

Aussi, il est nécessaire de conduire des activités d'évaluation et d'inventaire des différentes ressources alimentaires pour le bétail (fourrages cultivés, pâturages naturels, sous-produits agro-industriels, etc.) pour constituer une base de données solide et fiable sur toutes les échelles (village, commune, cercle et région) pouvant servir d'outils d'aide à la décision pour la gestion des ressources pastorales, sur la base de cartographie, de l'usage des sols et d'analyse SIG. De tels efforts permettront de faire des projections sur les demandes futures en aliments du bétail couplées avec les projections de croissance des animaux selon les types de production (lait, viande, etc.). En Suisse par exemple, un

2.3. Amélioration des techniques de conservation de l'eau et du maintien de la fertilité du sol

La plupart des documents de planification du développement régional pointent du doigt le problème de dégradation continue du capital sol, base des ressources naturelles. Des technologies de conservation et d'amélioration du sol (ou de gestion des ressources naturelles, GRN) moins onéreuses comme les pratiques agro-forestières, la jachère améliorée, le compostage, etc. ont été introduites en vue de préserver la qualité du sol, le rendre plus productif et satisfaire certains besoins vitaux de la population. En fait, l'utilisation des engrais minéraux peut être complémentaire aux technologies de GRN.

L'adoption des technologies de GRN est restée dans l'ensemble timide. Pourtant elles assurent un double rôle : la sécurité alimentaire du producteur et la

préservation de la qualité de l'environnement au service de la société toute entière. Ces pratiques constituent aussi des stratégies de résilience aux changements climatiques et de préservation de la biodiversité. Les subventions aux engrais minéraux, en ciblant les producteurs qui utilisent les techniques de GRN, pourraient s'avérer plus efficaces (Ajayi *et al.*, 2007 ; Staatz *et al.*, 2011). Une analyse approfondie de la rentabilité financière des technologies d'amélioration et de restauration de la fertilité du sol et du système de culture continue (avec ou sans apport d'engrais minéraux) devrait orienter les politiques de mise en place d'un système de motivation des producteurs à investir dans l'aménagement foncier. De telles données obtenues dans la continuité et dans la durée sont rares.

3. Développement et/ou diversification des cultures de rente pour la création de richesses afin d'améliorer le mieux-être des populations

Les cultures candidates sont : le sésame, le soja, le manioc, le pois d'angole, la patate douce orange, le fonio, etc. En général, ces cultures ont été oubliées ou négligées par les programmes de recherche-développement, alors qu'elles peuvent aussi stabiliser la production des cultures vivrières, comme le mil. Selon les estimations du Plan Stratégique de Développement Régional de Ségou (PSDR, 2007), la culture du mil occupe 76% des producteurs des céréales sèches, et ceux-ci ne bénéficient en moyenne que de 50 à 70% du prix à la consommation, avec un revenu qui les place en dessous du seuil de la pauvreté. Les cultures citées ci-dessus ont également un potentiel de transformation et/ou d'exportation. Il convient de signaler qu'une gamme assez large de variétés de certaines de ces cultures adaptées à différentes conditions ont été mises au point dans d'autres pays à travers l'Afrique (Pretty *et al.*, 2011).

En plus du mil et du sorgho, le fonio est une autre céréale sèche dont l'intensification de la production aura un effet d'entraînement assez important dans la région Ségou. C'est une culture à haute valeur commerciale et nutritive ; elle est moins exigeante en main-d'œuvre, résistante à la sécheresse, c'est une culture de soudure, et les femmes sont engagées dans toute la chaîne de valeur, depuis la production à la commercialisation/transformation. L'Université appuiera les efforts de recherche, déjà entrepris par l'IER et d'autres partenaires, dans le domaine de l'amélioration variétale du fonio et des techniques culturales.

4. Renforcement de la vocation agro-pastorale de la région de Ségou

Le Mali a le potentiel de devenir un fournisseur majeur de la sous-région en riz dont la moitié est cultivée dans la zone de l'Office du Niger (ON) dans la région de Ségou. En outre, selon le Plan Stratégique de Développement Régional (PSDR, 2011-2020), la région de Ségou est le premier exportateur de bétail sur pied au Mali, et occupe les 2^{ème} et 3^{ème} rangs du pays pour ses effectifs en petits ruminants et en bovins.

Toutefois, dans la zone de l'Office du Niger (ON), trois défis majeurs se posent : le premier est celui de la nécessaire extension des superficies aménagées pour satisfaire les besoins des investissements privés et la forte demande des

exploitations agricoles familiales déjà existantes ou en voie de s'installer, le second est la gestion rationnelle de la ressource eau, et le troisième se rapporte à la sécurisation des exploitations familiales qui ont de la peine à investir dans les aménagements.

De nombreuses études ont certainement été faites sur ces questions et des solutions ont été proposées, mais il ne semble pas que les principaux acteurs aient été impliqués dans la définition des modalités de mise en œuvre de ces options (Sourisseau et al., 2016). Comment favoriser par exemple une agriculture contractuelle entre des entreprises privées installées en amont et en aval de la production en relation avec les exploitations familiales pour éviter une paupérisation grandissante de ces dernières ? Comment assurer une gestion optimale de l'eau dans les périmètres irrigués ? Comment favoriser l'investissement des exploitations familiales dans les opérations d'aménagement ? Ce sont là des questions auxquelles l'Université de Ségou apportera sa contribution pour y trouver des réponses appropriées.

Selon l'étude citée ci-dessus (Sourisseau *et al.*, 2016), une autre problématique de recherche aussi bien en zone ON que dans la zone exondée concerne la méconnaissance du potentiel d'expansion de l'agriculture, et les collectivités territoriales disposent rarement d'une situation précise des ressources naturelles (eau et terres) sur leur territoire. Par conséquent, il sera nécessaire de mesurer et d'évaluer ces ressources pour anticiper les besoins futurs en tenant compte des projections démographiques et produire des outils d'aide à la décision destinés aux responsables des collectivités. Dans la même veine, le renforcement de la vocation pastorale de la région nécessitera la mise en œuvre du même type d'activités sur les différentes ressources alimentaires disponibles pour le bétail (fourrages cultivés, pâturages naturels, sous-produits agro-industriels, etc.) pour constituer une base de données solide et fiable sur toutes les échelles (village, commune, cercle et région) pouvant servir d'outils d'aide à la décision dans la gestion des ressources pastorales, sur la base de cartographie, de l'usage des sols et d'analyse SIG. De tels efforts permettront de faire des projections sur les demandes futures en aliments du bétail couplées avec les projections de croissance des animaux selon les types de production (lait, viande, etc.).

Dans la zone inter Fleuves, il convient de développer des types d'aménagements agricoles adaptés (Irrigation de Proximité par exemple) tenant compte des conditions physiques, la disponibilité de la ressource, les coûts d'investissements mais aussi la réalité socio-économique des exploitations familiales dans leurs terroirs.

5. Quelle approche méthodologique pour la recherche?

Au lieu de « refaire la roue », nous partons de l'hypothèse que des paquets technologiques plus performants existent déjà et qu'ils peuvent contribuer à l'amélioration des moyens d'existence des populations mais aussi qu'ils doivent subir des transformations dynamiques et cohérentes pour correspondre aux Objectifs de Développement Durable (ODD) auxquels le Mali a souscrit. En effet,

comment une jeune structure universitaire comme l'université de Ségou, nouvellement implantée dans sa région d'accueil peut-elle à court terme mener des activités de recherche pour apporter des solutions concrètes à des problèmes de développement ?

Au Mali, plusieurs actions en faveur du développement des différents sous-secteurs de l'Agriculture se sont succédées depuis des décennies. Mais en général, ces actions ont été suivies soit d'un abandon dans certains cas, soit d'un faible niveau d'engagement de certains acteurs. Cet abandon ou ce désintéressement, vraisemblablement, résulte du caractère diffusionniste des technologies, qui a été privilégié au détriment du maintien ou du renforcement d'une interaction dynamique entre les différents acteurs concernés par le même projet de développement. Le concept de plateforme d'innovation ou de Système local d'innovation (SLI), selon Bureth et Llerena (1992 ; cités par da Silva et al., 2009), peut être appliqué à différents projets de développement. Chacun de ces projets, en tant qu'innovation technologique, comporte comme tout SLI quatre pôles : la production, la formation/vulgarisation, la recherche et le financement. Le fonctionnement de la plateforme et sa pérennisation dépend du degré d'intégration de tous les acteurs situés dans chacun des quatre pôles. En accord avec Niaré et al. (2014), de nombreuses expériences montrent une absence de continuité de l'action publique tant au niveau de la formation (vulgarisation) qu'au niveau de la recherche mais aussi une absence de collaboration étroite entre ces structures de l'Etat. Ce manque de continuité de l'action publique ne peut favoriser aucune dynamique locale dans les apprentissages collectifs et les innovations.

D'autres communications à ce Colloque ont fait un état des lieux assez exhaustif sur la recherche en général, et la recherche universitaire en particulier.

La recherche universitaire doit répondre à deux questions majeures, selon que l'on se trouve en classe ou en dehors de la classe (Sellamna, 2014)

1. En classe (Intra-muros) : « *Comment développer les capacités analytiques des étudiants et des enseignants et mieux contribuer à la production de nouvelles connaissances* » ?
2. En dehors de la classe (Extra-muros): « *Comment aider les communautés à mieux analyser leur propre situation et renforcer leur autonomie* » ?

La production de connaissances pour contribuer au développement de la communauté est le rôle primordial de l'enseignement supérieur, c'est-à-dire, lier la formation et le développement. La question n°2 englobe le concept de service aux communautés, mais il ne faut pas perdre de vue que les communautés elles aussi conduisent leur propre recherche.

Afin de relier le développement et la formation, puis faire face au défi de la transformation accélérée de l'Agriculture, l'université de Ségou ambitionne de privilégier le modèle de Recherche-Action Participative (Participatory Action Research) qui englobe la notion de 'collaboration' ou 'contribution' et revêt surtout une forme de partenariat entre l'université, les communautés et toutes les parties

prenantes, et non un simple transfert de connaissances. Mais il convient de bien situer le contexte de la recherche-action participative (voir encadré ci-dessous).

Quand et où est-il approprié de faire de la recherche participative ?

La recherche participative ne doit pas être entreprise par simple plaisir. Dans beaucoup de situations la participation des populations locales dans la recherche est bénéfique, mais pas toujours absolument nécessaire. Ce n'est pas simplement une question de où la recherche est-elle effectuée, en station/au laboratoire (milieu contrôlé) ou en situation réelle (hors-station, au champ, à la ferme, milieu non contrôlé...). La question clé est quand est-ce-que la participation de la communauté a la chance d'être (a) bénéfique et (b) efficiente ? Cela peut être influencé par non seulement le lieu où la recherche est menée, mais aussi par les objectifs, le type de la technologie qu'on veut tester ou introduire, le risque encouru, et les attitudes et objectifs des chercheurs.

Source : Czech Conroy (2005). Participatory Livestock Research. A Guide. Natural Resources Institute, University of Greenwich.

6. Conclusion

L'université de Ségou, dans sa démarche de recherche-action participative, forcera à jouer un rôle de premier plan non seulement dans le processus de mise en place des plateformes d'innovation, mais aussi s'intéressera aux quatre pôles (la production, la recherche, la formation et le financement) du Système local d'innovation et veillera à leur intégration locale. Elle devra par ailleurs, en étroite collaboration avec les services techniques du développement jouer le rôle de 'facilitateur' ou 'coach' pour soutenir les questions d'intérêts communs lorsqu'elles existent ou les faire émerger au sein de la plateforme.

7. Références bibliographiques

- Ajay, O. C., Akinnifesi, F. K., Sileshi, G., Chakeredza, S. and Matakala, P. (2007). African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 1 (4), pp. 059-067.
- Foltz, J. (2010). Opportunities and Investment Strategies to Improve Food Security and Reduce Poverty in Mali through the Diffusion of Improved Agricultural Technologies. USAID-Mali AEG group.
- CEDEAO (Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest).(2015). La politique agricole régionale de l'Afrique de l'Ouest.
- Da Sylva NJR, Beuret J. E., Mikolasek O., Fontenelle G., Dabbadie L., Lazard J. & Martins M. (2009). Dynamique du développement de la pisciculture dans deux régions du Brésil : une approche comparée, *Cahiers Agricultures* : 18 :284-291.
- Ikerd, J. (2016). Les petites exploitations multifonctionnelles : essentielles à la durabilité agricole et à la souveraineté alimentaire mondiale. *Livestock*

Research for Rural Development, disponible à :
www.lrrd.org/lrrd28/11/iker28192.html

- Niaré, T. & Kalossi, M. (2014). La rizipisciculture au Mali : Pratiques et perspectives de l'innovation. *TROPICULTURA*, 32 (3) : 121-128.
- Pretty, J., Sutherland, W. J., Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell, M., Bentley, J., Bickersteth, S., Brown, K., Burke, J., Campbell, H., Chen, K., Crowley, E., Crute, I., Dobbelaere, D., Edwards-Jones, G., FunesMonzote, F., Godfray, H. Charles J., Griffon, M., Gypmantisiri, P., Haddad, L., Halavatau, S., Herren, H., Holderness, M., Izac, A-M., Jones, M., Koohafkan, Rattan Lal, Parviz., Lang, T., McNeely, J., Mueller, A., Nisbett, N., Noble, A., Pingali, P., Pinto, Y.R.R., Ravindranath, N. H., Rola, A., Roling, N., Sage, C., Settle, W., Sha, J. M., Shiming, L., Simons, T., Smith, P., Strzepeck, K., Swaine, H., Terry, E., Tomich, T. P., Toulmin, C., Trigo, E., Twomlow, S., Vis, J. K., Wilson, J. and Pilgrim, S. (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International journal of agricultural sustainability* 8(4) : 219-236.
- PSDR (2011). Plan Stratégique de Développement Régional de Ségou (2011-2020).
- Sellamna, N. (2014). Enseignement Supérieur et Développement – Qu'est-ce-que le Service aux Communautés ? *Concevoir et gérer l'apprentissage interactif, la recherche-action et les services aux communautés dans l'Enseignement Supérieur – ICRA , Centre International pour la Recherche Agricole orientée vers le développement, Wageningen, Pays-Bas.*
- Sourisseau, JM., Soumaré, M., Belieres, JF., Guengant, JP., Bourgeois, R., Coulibaly, B., Traoré, S. (2016). Diagnostic Territoriale de la Région de Ségou au Mali. « Prospective territoriale sur les dynamiques démographiques et le développement rural en Afrique subsaharienne et à Madagascar ». ETUDE pour le compte de l'AGENCE FRANCAISE DE DEVELOPPEMENT. RAPPORT PAYS. IER-CIRAD/AFD. Janvier 2016. 147 p.
- Staatz, J., Kelly, V., Boughton, D., Dembélé, N. N., Sohlberg, M., Berthé, A., Skidmore, M., Diarra, C. O., Murekezi, A., Richardson, R., Simpson, B., Perakis, S., Diallo, A. S., Adjao, R., Sako, M., Me-Nsopé, N. et Coulibaly, J. (2011). Evaluation du secteur agricole du Mali, Michigan State University, Etats-Unis. p.202.

Communication N°34: Contribution à l'étude des principaux facteurs influençant la réussite de l'insémination artificielle chez les Bovins

Abou TRAORE¹ et El Hadji TAMBOURA²

¹Université de Ségou (FAMA U.S),

² APCAM, Square, Patrice Lumumba Porte 15 B.P.3299 Bamako- Mali

Courriel : aboutraore@yahoo.fr Tél :+223.66.84.63.48

Résumé

Depuis la mise en place de l'insémination artificielle bovine au Mali, les taux de réussite demeurent toujours très faibles par rapport au taux de référence de 60 à 70 %. Les critères de fertilité demeurent l'une des composantes majeures de la rentabilité des troupeaux laitiers. Plusieurs protocoles de synchronisation ont été initiés, mais les venues de chaleur étaient variables d'un protocole à un autre, de même que les taux de fertilité obtenus à partir de ces différents protocoles.

Ainsi la présente étude contribue à l'étude des facteurs de variation du taux de réussite de l'insémination artificielle. L'expérimentation a été effectuée dans la zone de Kasséla sur 90 vaches réparties en trois lots pour être inséminées. Le Lot I a reçu l'implant auriculaire de CRESTAR. Le lot II a reçu le traitement PRID. Le lot III n'a reçu aucun traitement (chaleur naturelle).

L'analyse des résultats révèlent que les principaux facteurs semblent être l'état physiologique et surtout nutritionnel de des vaches à travers le système d'élevage.

Aux diagnostics de la gestation, 65,5% des vaches du lot III étaient positives, tandis que dans les lots II et I, 56% et 57% des vaches étaient respectivement gestantes. Par ailleurs, les animaux ayant une note d'état corporel égale ou supérieur à 3 ont un taux de réussite supérieur dénotant la place capitale de l'alimentation dans la réussite de l'IA.

Les animaux inséminés sur chaleur naturelle ont donné un taux de réussite de 65%. Les animaux synchronisés au CRESTAR et ceux au PRID ont donné (57%) et au PRID (56%). les principaux facteurs influençant la réussite de l'insémination artificielle sont directement liés à l'alimentation, la détection des chaleurs et la technicité de l'acte d'insémination

Mots-clés : Bovins insémination artificielle – Alimentation - Chaleurs.

I. Introduction.

Le Mali dispose de l'un des cheptels les plus importants de l'Afrique de l'ouest (11 millions de bovins et 36 millions de petits ruminants (DNPIA, 2016). Ce qui le place au premier rang des pays d'élevage de la zone UEMOA (Union économique et monétaire ouest africaine) et le deuxième pays après le Nigéria dans l'espace CEDEAO (Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest) par l'importance des effectifs.

Le sous secteur élevage pour sa part contribue pour 19% au PIB du pays. Malgré cette importance numérique et économique, les productions animales sont limitées par une faible productivité liée à plusieurs contraintes et sont loin de couvrir les besoins domestiques.

Depuis la mise en place de l'insémination artificielle bovine, au Mali, les taux de réussite demeurent toujours très faibles par rapport au taux de référence de 60 à 70 %. Les critères de fertilité demeurent l'une des composantes majeures de la rentabilité des troupeaux laitiers. L'indicateur de fertilité, tout particulièrement la réussite à l'insémination, semble intéressant à optimiser quelque soit le système d'exploitation choisi (Michel et al, 2004).

Les premières campagnes d'insémination artificielle ont été effectuées auprès des éleveurs de l'Office du Niger entre 1949 et 1952 et à partir de 1964 chez les éleveurs de la périphérie de Bamako (Bonfoh et al 2004). Ces essais n'ont pas donné de bons résultats en matière de production laitière à cause du manque de mesures d'accompagnement dans le temps. Dans les années 1980, une action d'amélioration génétique des races locales avec le concours du Centre de Recherche Zootechnique de Sotuba avait été initiée pour augmenter la production laitière des vaches locales améliorées. Le but de cette opération était de contribuer à approvisionner de manière progressive l'Unité laitière de Bamako en lait frais local. Des contraintes d'approvisionnement en semences animales et d'autres difficultés d'ordre technique n'ont pas permis la poursuite de ce programme

Le plus grand programme d'insémination artificielle a été surtout vulgarisé avec le démarrage en 1989 du Projet de Développement de la Production Laitière. Avec le Projet de Développement de l'Agriculture Périurbaine, l'IA a atteint plusieurs autres régions du pays (Sikasso, Ségou, Kayes et Mopti). Si de bons taux de réussite globale (après une insémination de rappel) de l'IA ont été enregistrés dans le temps (62% en 1997 : KIT, 1999) force est de reconnaître, aujourd'hui, la plainte des éleveurs périurbains quant à la contre performance de l'activité.

Malgré cette tendance et en dépit des coûts pratiqués (30 000 à 35 000 Fcfa par gestation confirmée ou la couverture d'un retour de chaleur), les éleveurs expérimentés restent aujourd'hui demandeurs de l'IA, surtout sur chaleur naturelle (Coulibaly, 2002).

Ainsi le recensement de 1999 par le projet de développement de l'agriculture périurbaine donne environ 5% bovins métissés ou pur sang exotique sur

l'ensemble du cheptel autour de Bamako. Parmi les métis Montbéliard on observe que 46% sont issus de l'IA avec un taux de réussite moyen de 60% tandis que les autres sont issus de saillie naturelle des produits de l'IA.

Les conclusions des programmes d'amélioration génétique en milieu réel avec le sang Montbéliard, sont très intéressantes. On constate que l'accroissement du degré de sang exotique entraîne une augmentation conséquente de la production laitière, sans effet de plafond lorsque l'on atteint des taux de métissage importants (3/4). Ces résultats induisent des effets significatifs sur la production de lait avec une augmentation par rapport aux races locales de 3,5 litres/vache par jour (997 litres de gain par lactation), une augmentation de la durée de lactation de 90 jours, sur le plan financier, une réduction de l'intervalle entre vêlage de 25 jours (PDAP, 1999). Bref la production de lait par vache et par an est triplée.

Ainsi le présent article, contribue à l'étude de certains facteurs influençant le taux de réussite de l'insémination artificielle dans la zone de Kasséla.

II. Cadre de l'étude

L'étude s'est déroulée dans la zone de Kasséla à 40km de Bamako. Le climat est de type soudanien, caractérisé par l'alternance d'une saison des pluies et d'une saison sèche. La saison des pluies s'étend de mi-mai à mi-octobre. La pluviométrie moyenne varie de 750mm. La température moyenne se situe vers 27,5°C, tandis que la maximale pour l'année est de 34,5°C.

III. Matériels et Méthodes

3.1. Matériel animal

Pour le choix des animaux de l'étude, ceux présentant des anomalies de l'appareil génital étaient exclus. L'état corporel a été aussi déterminé. Seules les vaches ou génisses non gestantes, présentant un tractus génital et des ovaires normaux ont été retenues pour la synchronisation. Les vaches au nombre de 90 ont été réparties en trois lots de 30 vaches chacun. Deux lots d'expérimentation et un lot témoin (insémination sur chaleur naturelle).

Tableau 1 : Choix des animaux par lot

Paramètres	Lot I	Lot II	Lot III
Maures	15	15	15
Peulhs	10	10	10
Métisses	5	5	5
Total	30	30	30

Tous les animaux ont été vaccinés contre le charbon symptomatique et la péripneumonie. Ils ont été déparasités à l'ivomec et ont subi un traitement au

trypanidium. Les animaux sont conduits au pâturage le jour de 9 heures à 17 heures. Le soir ils reçoivent chacun 1,5kg d'aliment bétail (Bounafama) à l'étable.

Tableau2. Caractéristiques des animaux

Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum
Ages (ans)	3	2,5	8
Nombre de lactation	1	0	4
Note d'état corporel	3	2,0	4

Selon le tableau N° 2 l'âge moyen des animaux de l'étude est 3 ans, le plus jeune est de 2,5 ans et le maximum est de 8 ans.

La lactation varie de 0 pour les génisses, les primipares et les multipares. La moyenne de la note d'état corporel est de 3 la moyenne, le minimum 2 et le maximum 4.

3.2. Paramètres étudiés

L'étude des facteurs de variation du taux de réussite de l'insémination artificielle s'est portée sur la Race : Génisses ou vaches (Maures, Peulhs, Métisses) ; les Notes d'état d'engraissement supérieur ou égale à 2 et inférieur ou égale à 4 ; l'induction et ou synchronisation des chaleurs avant la première insémination pour les génisses ou première insémination après vêlage pour les vaches ; l'intervalle entre le vêlage et le traitement d'induction de l'œstrus compris entre 50 et 110 jours ; le rang de vêlage compris entre 1 et 5 inclus ; et les traitements

3.3. Synchronisation des chaleurs

Un mois après la sélection des vaches, la synchronisation des chaleurs a été effectuée selon le protocole suivant :

Lot I a reçu l'induction de la chaleur par l'implant auriculaire de CRESTAR SO (3mg de norgestomet dépôt, avec 5mg d'œstradiol IM), selon le protocole suivant :

- Jour 0 : pose de l'implant par son applicateur et administration d'œstradiol I.M.
- Injection de prostaglandine 48h avant le retrait
- Jour 9 : retrait de l'implant et administration de PMSG (Folligon-Intervet. 350UI/sujet en IM)
- La chaleur est apparue environ 48 heures après le retrait de l'implant et les animaux ont été inséminés, selon les mêmes critères des autres groupes.

Lot II a reçu l'induction de la chaleur par le traitement PRID (2ml de RECEPTAL), selon le protocole suivant :

- Jour 0 : pose de la spirale par son applicateur
- Injection de prostaglandine 48h avant le retrait, 2ml/sujet en IM) ;
- Jour 9 : retrait de la spirale et administration de PMSG (Folligon-Intervet. 350UI/sujet en IM).
- Les femelles ont été inséminées à 48 et 60 heures après le retrait de la spirale.

Lot III (témoin, chaleur naturelle) n'a reçu aucun traitement pour l'induction de la chaleur. La chaleur naturelle était détectée par les bergers qui contrôlaient les vaches trois fois par jour. Si la chaleur est détectée le soir, l'IA a lieu le matin du jour suivant. Par contre, si elle est détectée le matin, l'IA est effectuée le soir.

3.4. Semence animale

La semence utilisée provient des taureaux Montbéliard conservée dans l'azote liquide à -196°C, on fait l'objet d'analyse microscopique avant leur utilisation.

- L'évaluation de la réussite de l'IA a été réalisée par la palpation transrectale de l'utérus des vaches

3.5. Analyse des données

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le SAS. Les données obtenues sur les vaches laitières et sur les vaches allaitantes ont été analysées séparément.

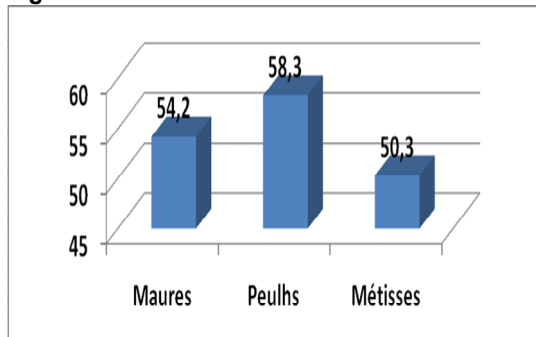
L'effet de différents facteurs des variations, pris individuellement, sur le taux de femelles gravides a été testé. L'effet de chacun des facteurs de variation ajustée au facteur lot de traitement sur le taux de gestation, ainsi qu'une éventuelle interaction, ont été testés.

IV. Résultats

Evaluation de la réussite de l'insémination artificielle

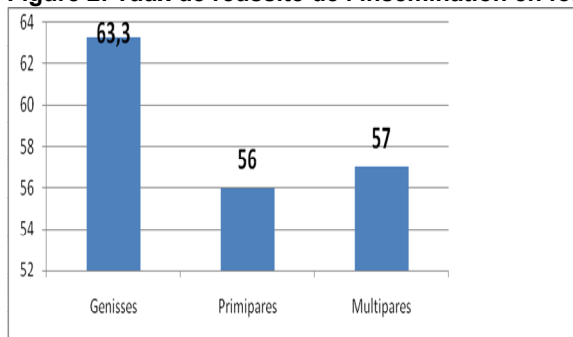
L'évaluation de la réussite de l'IA a été faite par la fouille rectale des vaches inséminées sur les bases de plusieurs paramètres étudiés. Elle a lieu deux mois après la mise en place des semences. Ainsi, en fonction du facteur race, les résultats montrent que le taux de gestation a été significativement plus faible chez les métisses (50%) comparativement à la race maure (54,2%) et à la race Peulh (58,3%), $P < 0.001$ (Figure 1).

Figure 1. Taux de réussite de l'insémination en fonction de la race



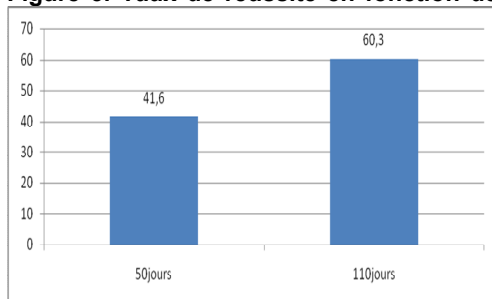
Pour ce qui est du facteur rang de vêlage, les résultats révèlent que le taux de gestation a été significativement plus élevé chez les génisses (63,3%) comparativement aux primipares (56%) et aux multipares (57%), $P < 0.001$ (Figure 2).

Figure 2: Taux de réussite de l'insémination en fonction du rang de vêlage %



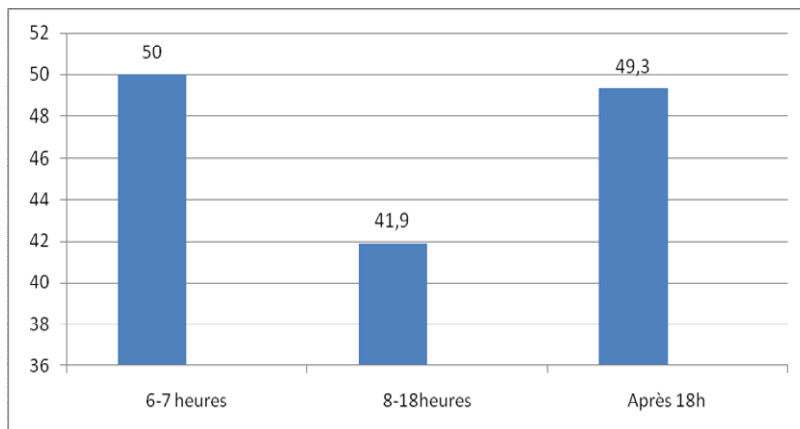
Le taux de réussite sur la base de l'intervalle de vêlage a été de 60% chez les vaches dont l'intervalle de vêlage est de 110 jours contre 41,6% pour les vaches qui ont un intervalle vêlage 50 jours (Figure 3).

Figure 3. Taux de réussite en fonction de l'intervalle vêlage-début du traitement, %



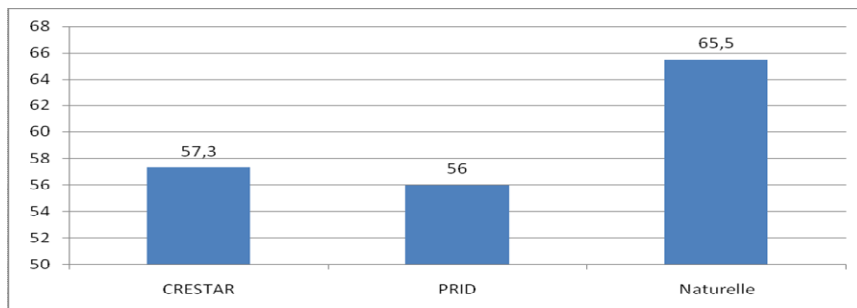
Le taux de réussite sur la base de l'heure de l'IA (Figure 4) a été de 50% chez les vaches inséminées le petit soir (après 18 h) contre 41,9% chez les vaches inséminées pendant les heures chaudes.

Figure 4. Taux de réussite en fonction d'heure de l'IA %



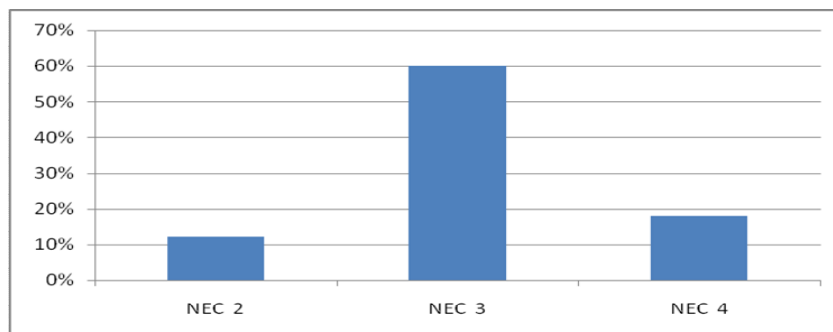
En ce qui concerne, le facteur mode d'induction de chaleur, comme le montre la figure 5, un taux plus élevé de 65% a été observé chez les animaux à chaleurs naturelles que chez les animaux traités au CRESTAR et au PRID dont les taux ont été sensiblement les mêmes de 57,3% et 56%, respectivement (P=0,03).

Figure 5. Taux de réussite selon le mode induction de chaleur, %



Le taux de réussite sur la base du facteur corporel a été de 60% chez les vaches ayant une note d'état corporel 3. Ceci est nettement supérieur chez les vaches ayant les notes d'état corporel 2 et 4 (Figure 6).

Figure 6 Taux de réussite en fonction de la note d'état, %



VI. Discussions

Il ressort de nos résultats que les différents groupes d'animaux, la chaleur est apparue en moyenne (52heures) et a varié entre 38-65 heures après le retrait de l'implant. La durée de la chaleur a varié entre 5 et 24heures. Ces résultats peuvent être influencés par des difficultés de détection correcte des chaleurs, surtout pendant la nuit. Pendant l'IA, les signes de chaleur les plus fréquents étaient l'écoulement d'une glaire vaginale claire et abondante.

Le taux de gestation a été significativement plus faible chez les métisses (50%) comparativement à la race maure (54,2%) et à la race peulh (58,3%) $P < 0.001$, semblable à ceux de Souleymane S. (2009). Par contre, ces taux ont été significativement plus élevés chez les génisses comparativement aux primaires (56%) et aux multipares (57,1%) $P < 0.001$, mais restent inférieurs aux résultats de Dieng qui ont montré un taux de 100% (Dieng, 2003).

Les animaux ayant une note d'état corporel 3 ont eu un taux de réussite de 60% qui est supérieur à la note d'état 2 et 4. Nos résultats restent faibles, mais proches de ceux de Dieng (2003) où le meilleur taux de réussite a été celui de la note d'état corporel 4. Dans notre étude, aucune différence significative n'a été observée entre les deux lots de traitement ($P=0,03$). Le traitement avec le PRID a eu un résultat peu satisfaisant de 56% parce-que les pertes de l'implant ont été plus fréquente. Ce taux est inférieur à celui de 60% obtenu par Guiseppe Quaranta et al. (2005). Pour ce qui est du traitement avec le CRESTAR, le même auteur a obtenu un taux très élevé allant jusqu'à 88% chez le zébu Azawak, tandis que nos résultats ne dépassent pas 57%. En revanche, nos résultats de 65% du taux de réussite chez les animaux inséminés sur chaleur naturelle restent supérieurs aux ceux de 62% dans le bassin arachidier (Fatick et Kaolak) J.Kouamo (2009) et 61,50% chez le Zébu Azawak obtenus par Guiseppe Quaranta et al (2005).

Nos résultats ont montré que le taux de réussite élevé est obtenu pendant les heures fraîches de la journée, notamment entre 6-7 heures du matin et après 18 heures du soir.

Les vaches gravides ont eu un intervalle vêlage-début du traitement moyen significativement plus court que les vaches non gravides; cette différence d'intervalle est contraire à ce qui est observé dans la littérature.

Conclusion

L'étude a été réalisée sur un nombre réduit d'animaux dans la zone de Kasséla. Il ressort de nos résultats que le taux de réussite de l'IA est lié à plusieurs facteurs intrinsèques ou extrinsèques à l'animal. Probablement, l'une des meilleures voies pour augmenter le taux de conception est d'enseigner aux éleveurs comment reconnaître l'œstrus avec 100% de précision. Lors de la saillie naturelle avec un bon taureau, la réussite de l'insémination est en général proche de 100%.

Ces différences taux de réussite sont probablement liées au mode de gestion de l'alimentation, mais aussi aux difficultés de détection des chaleurs et peut être la disponibilité des techniciens sur le terrain. On remarque le taux de réussite en IA est élevé pendant les périodes fraîches de la journée.

Il serait important de tenir des registres de données par le cabinet de prestataire, afin de permettre une évaluation plus correcte et complète de tous paramètres concourantes à une meilleure réussite d'une campagne de l'IA.

VI. Bibliographies

1. Bassirou Bonfoh et all. Synthèse bibliographique sur les filières laitières au Mali Repol-CORAF- 2005
2. J. Kouamo et all Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Sud-Sahara et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives
4. Giuseppe Quaranta et al. Utilisation de technologies innovatrices dans la reproduction bovine au Niger. Colloque Turin –Sahel Bamako 2005
5. Souleymane Sangaré. Comparaison entre deux durées de traitement de maîtrise des cycles associant Prostaglandine F2 alpha chez les vaches de races locales. Mémoire de fin de cycle. Décembre, 2010.

Communication N°35: Evaluation de quelques varietes d'arachide pour leur tolerance a la cercosporiose precoce au mali

Youssouf CAMARA¹, Toudou ADAM² et Bonny NTARE³

¹. USTTB (Laboratoire d'Ecologie Tropicale) Mali

². Université Abdou Moumouni Faculté d'Agronomie de Niamey Niger,

³. ICRISAT, Bamako Programme arachide Mali

Résumé

La culture de l'arachide en Afrique de l'ouest et au Mali en particulier est limitée par des contraintes biotiques et abiotiques avec une réelle incidence économique. L'une des contraintes la plus courante est la cercosporiose hâtive, (*Cercospora arachidicola* Hori), elle provoque des lésions circulaires pouvant atteindre un centimètre de diamètre dont le centre est brun clair. Les lésions sont entourées d'un halo jaune. L'objet de cette étude est d'évaluer la performance des génotypes afin d'identifier les variétés résistantes ou tolérantes à la maladie tout en donnant un bon rendement en fanes et en gousses.

En effet, 30 variétés de types Virginia à cycle long et Spanish à cycle court ont été mises en compétition au cours de la campagne 2008-2009. Le dispositif utilisé était Alpha design. L'analyse des paramètres agronomiques a donné les résultats suivants :

Parmi les 30 variétés, ICG9961 fut la meilleure en rendement gousses, avec 2 tonnes par hectare, sa tolérance se situe en classe 5. Cependant les variétés moins productives sur le plan rendement gousses ont été ICG6643, ICG6201, ICG11144, ICG1699 avec une production inférieure à 1 tonne par hectare. Elles sont sensibles et se situent en classes 6 et 8. Pour le rendement fanes, ICG9037 est la meilleure avec 6,6 tonnes par hectare et sa tolérance se situe en classe 4. Par contre les variétés moins performantes ont été ICG1699, ICG10384 avec un rendement de 1,8 tonne par hectare. Elles sont sensibles et se situent en classe 8 et 7. D'autres variétés se sont montrées aussi performantes avec un score de tolérance et un rendement moyen satisfaisant : il s'agit des variétés ICG9961 classe 4 et ICG5745, ICG5663, ICG8285 classe 5.

Les résultats obtenus permettent de recommander les variétés suivantes : ICG9037, ICG9961, ICG5663, ICG5745, ICG5286, ICG8285, ICG721, et ICG513.

Mots-clés : arachide, variété, cercosporiose précoce, résistance, Mali.

I. Introduction

L'arachide est cultivée dans toutes les zones agricoles du Mali. Elle couvre environ 1665 805 ha, soit 4% des superficies totales cultivées. Les surfaces emblavées sont en nette progression dans les zones qui n'étaient pas considérées comme zones de production traditionnelle. En effet, on assiste à une nette augmentation des superficies au Nord - Ouest et au Centre du pays Ségou et Mopti (Kodio *et al.*, 2006).

Cependant, l'importance des pertes des rendements de la culture de l'arachide due à la cercosporiose n'est pas un phénomène nouveau en Afrique de l'ouest. Au Sénégal, des études ont été menées sur les moyens de lutte contre cette maladie (JAUBERT, 1957). La Cercosporiose de l'arachide, mal connue par les producteurs, est l'une des maladies qui cause des pertes de rendement estimées à plus de 50% selon (Ndjeunga *et al.*, 2006). Dans le système agraire sahélien et principalement au Mali, on note trois maladies foliaires : la *cercosporiose* tardive ou *Cercosporidium personatum*, la cercosporiose hâtive (*Cercospora arachidicola* Hori) et la rouille (*Puccinia arachidis* Speg), qui sont les plus courantes et destructives. Bien que tous les pays producteurs d'arachide soient exposés à ces maladies, l'Afrique est principalement considérée comme un cas problématique par les acheteurs internationaux à cause du fait que la chaîne de production dans chaque pays soit fragmentée (Ntare, 2006).

La croissance démographique, l'importance de l'arachide dans la sécurité alimentaire en Afrique de l'ouest fait qu'il soit aujourd'hui urgent de trouver, grâce à la recherche, des variétés qui résistent à la cercosporiose afin d'assurer une bonne productivité à moyen et long terme. Il serait intéressant de mettre en place différents procédés qui permettront de maximiser le rendement de la culture en identifiant les variétés qui résistent ou qui tolèrent à la cercosporiose. Il est possible de réduire de manière significative les pertes de rendement causées par cette maladie. La cercosporiose tardive peut causer jusqu'à 60% de perte de rendement de gousse et la cercosporiose précoce est la plus sérieuse des trois maladies foliaires dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest, Australe et les USA. Les pertes de rendement de la cercosporiose précoce peuvent dépasser les 50%. La rouille peut entraîner une chute des rendements de 50%, de plus quand la rouille et la cercosporiose sévissent simultanément cette chute peut atteindre les 60 à 70% (Ntare *et al.*, 2001).

Le suivi des infestations causées par ces maladies est depuis longtemps appliqué par la recherche dans les essais multi locaux, afin de déterminer les variétés qui tolèrent leur incidence. C'est dans ce cadre que se situe le présent travail dont l'objectif est d'identifier les variétés d'arachide les plus tolérantes à la cercosporiose précoce au Mali.

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Le matériel végétal utilisé est composé de 30 variétés d'arachide du genre *Arachis* provenant d'une banque de gènes (constituée de 270 génotypes) de l'ICRISAT.

2.2. Méthodes

Un dispositif de type Alpha design a été adopté pour l'expérimentation dans la station de recherche de l'ICRISAT à Samanko. Les observations ont concerné la date de semis, le comptage des plants, le nombre de jours après le semis (JAS), le nombre de jours après levée (JAL) et le nombre de jour à 50% de floraison. La date à laquelle 50% des poquets ont levé, a été déterminée par parcelle élémentaire en passant tous les jours après le semis et en réalisant le comptage sur 40 poquets de chaque ligne par parcelle élémentaire. Après le semis, le comptage du nombre de plants a été réalisé sur les 2 lignes de chaque parcelle élémentaire. La détermination du nombre de jours à laquelle les 50% des plants ont fleuri, a été réalisée sur toutes les parcelles élémentaires en réalisant le comptage des plants fleuri sur les 40 poquets de chaque ligne de 4m longueur. Pour les observations sur la maladie et concept de résistance et de tolérance un diagnostic a été réalisé conformément au protocole préétabli et sur une échelle de (1 à 9). Les génotypes qui enregistrent des scores compris entre 1 et 2 sont considérés résistants et ceux avec un score de 4 à 5 comme tolérants FAO(1997). La récolte a été réalisée le 25 octobre 2009 après l'évaluation de certains paramètres : Constat de la germination sur environ 2% des variétés de l'essai, l'observation du péricarpe interne après le prélèvement de quelques plants à différents endroits dans l'essai. Après cette phase, les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Genstat 10^e édition. Ces analyses statistiques ont porté sur les différents paramètres observés et variables mesurées et leurs corrélations.

III. Résultats et discussions

3.1. Résultats des paramètres observés

3.1.1 Maladie foliaire

L'analyse a été effectuée afin de classer les variétés d'arachide selon leur score moyen.

Il ressort des résultats de l'analyse que les variétés ICGV 7878, ICG9037, ICG (FDRS) 4 étaient à échelle 4, celles à l'échelle 5 étaient ICG5745, ICG5663, ICG 5286 et toutes les autres variétés étaient à l'échelle de sensibilité de classe supérieure ou égale à 7.

3.1.2. Les paramètres qui influencent le champignon (température et humidité)

Plusieurs paramètres influent sur l'accroissement du champignon mais les plus déterminants sont la température et l'humidité. L'effet de ces deux paramètres sur l'évolution durant les mois d'août, septembre et octobre ont été déterminés.

l'évolution de la température et l'humidité relative (mois d'août)

Selon ECHO (2016), les conditions favorisant l'accroissement des champignons sont dues à une température de 15°-30°C et une humidité relative 60-90% dans le champ d'essai.

Il ressort de l'analyse de nos résultats que toutes les conditions favorisant l'apparition de la cercosporiose précoce étaient réunies dès le début de la première semaine du mois de semis.

l'évolution de la température et l'humidité relative (mois de septembre)

Il ressort de l'analyse des paramètres (température et l'humidité), que les conditions étaient restées favorables à la multiplication du champignon. Ce qui augmenterait très considérablement la sévérité de la maladie allant d'une valeur tolérante (4) à une valeur sensible (6).

l'évolution de la température et l'humidité relative (mois d'octobre)

L'analyse de nos résultats, en ce qui concerne les paramètres de la température et de l'humidité relative, montre une forte diminution de l'accroissement du champignon au cours du mois d'octobre.

3.1.3. date d'émergence, nombre de plan levés, date de floraison, nombre de jour à 50% de floraison et le nombre de plants récoltés: Le Tableau 1 rapporte les résultats d'analyse statistique des paramètres observés entre autres : date d'émergence, nombre de plants levés, date de floraison, nombre de jours à 50% de floraison et le nombre de plants récoltés. La comparaison des moyennes des variétés montre une différence significative.

Pour le paramètre date d'émergence, toutes les variétés ont émergé entre 6 et 8 jours (Tableau 1). Parmi les 30 variétés, 19 ont émergé en 6 jours groupe (a), 9 en 7 jours groupe (abc), cependant les variétés ICG5747, ICG5286 ont émergé en 8 jours groupe (bc) (Tableau1). La date d'émergence étant un paramètre indispensable elle renseigne sur le pouvoir germinatif. L'analyse de la variance entre les variétés a montré qu'il y a une différence hautement significative (Tableau 1). En ce qui concerne le nombre de plan levés, la variété ICG6201 a donné le plus grand nombre avec 77 plants après le semis, groupe (a). Elle est suivie des variétés ICG14118, ICG9037, 47-10 avec un nombre de plants levés allant de 66 à 67 plants après le semis groupe (ab). En revanche, la variété ayant le plus petit nombre de plants levés est ICG5286 avec 30 plants après le semis groupe(h) (Tableau 1).

Tableau 1:Classement et regroupement des variétés selon l'analyse statistique (ANOVA)

Variétés	DEM	NPL	DF	NJ50	M.Fol	NPR
ICG 5745	8bc	46,3defg	27,0bcd	29,3egf	4,3jk	41,0abcdef
ICG 5286	8bc	30h	25,3defg	29,0efg	5,0hijk	31,0def
ICG 721	7,3abc	55,0bcde	27,3bcd	29,3efg	5,3ghijk	40,0abcdef
ICG 7878	7,3abc	38,7gh	28,0bcd	31,7efgh	4,0k	40,0abcdef
ICG 5663	7abc	46,3defg	27,0bcde	29,0efg	4,7ijk	48,3abcde
ICG 513	7abc	48,3cdefg	27,0bcde	29,0b	5,7fghij	52,0abcd
ICG 6643	7abc	57,3bcde	25,3defg	27,3cde	6,0efghi	34,3cdef
ICG 8285	7abc	41fgh	27,0bcde	28,3bc	5,3ghijk	47,7abcde
ICG 5221	7abc	56,3bcde	25,3defg	25,7fgh	8,0abc	44,0abcdef
ICGV 99001	7abc	45efg	24,3ab	26,0def	7,0bcdef	48,3abcde
ICGV 86011	7abc	61bcd	25,0efgh	26,7def	6,3defgh	52,7abc
ICG 10384	6,3a	53,7bcdef	25,0efgh	26,0def	7,3abcde	35,7bcdef
ICG 11515	6,3a	61,7bc	25,7defg	28,0bef	7,0bcdef	49,7abcd
ICG 9037	6,3a	66,7ab	28,7bcd	31,0efgh	4,0k	52,7abc
47-10	6,3a	66,0ab	26,0cdef	27,0cdef	7,7abcd	45,7abcdef
ICG 6394	6,3a	60,0bcd	25,0efgh	26,0def	6,0efghi	56ab
ICG 3673	6,3a	57,0bcde	26,3cdef	26,0def	8,3ab	38,7bcdef
ICG 15287	6,3a	63,7ab	25,0efgh	26,0efg	8,7a	31,0def
ICG 14118	6,3a	67,0ab	25,0efgh	26,0efg	8,3ab	39,0abcdef
ICG 12682	6,3a	61,0bcd	25,0efgh	26,0efg	7,0bcdef	38,3bcdef
ICG 442	6,3a	65,7ab	24,4ab	26,0efg	7,7abcd	39,0abcdef
ICG 6703	6,3a	64,3a	23a	24,7a	8,0abc	41,3abcdef
ICG 4955	6,3a	62,7abc	23,7a	24,3a	8,0abc	34,3cdef
ICG 10036	6,3a	54,7bcde	25,3defg	26,3ef	7,0bcdef	35,0bcdef
ICG 11144	6,3a	61,0bcd	23,0a	25,7fgh	7,7abcd	25,7f
ICG (FDRS) 4	6,3a	65,3ab	24,3ab	26,0efg	4,3jk	43,0abcdef
ICG 10950	6,3a	58,3bcde	25,3defg	26,0efg	7,0cdef	48,7abcd

Variétés	DEM	NPL	DF	NJ50	M.Fol	NPR
ICG 6201	6,3a	77,0a	23,0a	25,7fgh	4,3jk	33,3cdef
ICG 9961	6,3a	59,7bcde	29,7bcde	31,3a	4,7ijk	60,0a
ICG 1699	6,3a	61,0bcd	25,3defg	26,0efg	8,3ab	27,3ef
Signification	S	HS	HS	HS	HS	S
CV %	0.9	13.4	4.5	2.9	11.6	25.0
ES ±	0.3646	4.402	0.667	0.4602	0.4364	6.03
PPDS	1.0322	12.460	1.889	1.3027	1.2353	17.06

Il ressort de l'analyse de la variance qu'il y a une différence hautement significative entre les variétés, en ce qui concerne la date de floraison (Tableau 1) . Les variétés : ICG6201, ICG11144, ICG6703 ont atteint leur floraison en 23 jours après le semis, groupe (a). Suivies des variétés ICG(FDRS)4, ICG442, ICGV99001, qui ont atteint leur floraison en 24 jours, groupe (ab).En revanche, dans cet essai les variétés tardives sont : ICG 5286, ICG513, ICG 5663, ICG 5745, ICG 721, ICG90377, ICG 99617, ICG 7878 qui ont eu respectivement leur 50% de floraison entre 27 à 29 jours après leur semis, groupe (bcde) (Tableau1).

Dans les conditions d'implantation de cet essai, l'analyse de la variance, pour le nombre de jours à 50% de floraison, (Tableau 1) a montré une différence hautement significative entre les variétés. La variété ICG 4955 a atteint 50% de sa floraison en 24 jours après le semis groupe (a), elle est suivie de ICG6703 , groupe (a). Par contre dans cet essai les variétés tardives ont eu respectivement leur 50% de floraison en 31 jours après leur semis, groupe (efgh) (Tableau1).

La comparaison des moyennes des variétés, pour le paramètre nombre de plants récoltés (Tableau 1) a montré une différence significative, la variété ICG9961 a donné le plus grand nombre de plants récoltés avec 60 plants à la récolte, groupe (a). Cette variété est suivie des variétés ICG6394, ICGV86011, ICG9037 avec 56 à 52 plants récoltés, groupe (ab) et groupe (abc).En revanche les variétés qui ont eu moins de plants récoltés sont: ICG11144, ICG1699 avec un nombre de plants récoltés allant de 25 à 27 à la récolte, groupe(f) et groupe (ef) (Tableau1).

Le Tableau 2 donne les résultats des analyses statistiques des paramètres de rendement. Il s'agit :rendement en gousses, rendement en fanes, pourcentage de décorticage, poids de 100 graines.

Tableau 2 : Classement et regroupement des variétés selon l'analyse statistique (ANOVA)

Variétés	RDM- G	RDM-F	% DC	P100gr
ICG 9961	2,0a	4,6bcde	59,9abcdef	40,2bcde
ICGV 86011	1,8ab	3,1efghi	68,6abc	38,1cdefg
ICG 11515	1,8abc	3,2defghi	56,8abcdef	40,8bcde
ICG 721	1,7abc	5,3abc	62,3abcde	50,3a
47-10	1,7abc	2,7fghi	70,4abc	36,1cdefghi
ICG 513	1,7abcd	4,1bcdefg	69,2abc	36,1cdefghi
ICG 9037	1,6abcd	6,6a	71,4abc	27,8i
ICG 7878	1,6abcd	3,2defgh	59,1abcdef	47ab
ICG 5663	1,6abcd	5,7ab	64,2abcd	47,6ab
ICG 14118	1,5abcd	2,7fghi	71abc	26,8j
ICG(FDRS)4	1,4abcde	2,8fghi	64,7abcd	37,6cdefg
ICG 5221	1,4abcde	2,9efghi	67,abc	35,8cdefghi
ICG99001	1,4abcde	3,9bcdefg	63,4abcd	39,7bcdef
ICG 6394	1,4abcde	4,7bcde	72,6ab	25,4j
ICG 8285	1,4abcde	4,4bcdef	52,6cdefg	37,4cdefgh
ICG 10384	1,3abcdef	1,8i	72,1ab	31fghij
ICG 442	1,2abcdef	2,9efghi	72ab	33,4defghij
ICG 4955	1,2bcdef	2,5fghi	73,1a	33defghij
ICG 10950	1,2bcdef	3,8cdefgh	35,6g	37cdefgh
ICG 12682	1,2bcdef	3efghi	72,6ab	31,8efghij
ICG 10036	1,2bcdef	2,7fghi	44,3efg	43,6abc
ICG 3673	1,1bcdef	2,5fghi	70,2abc	41bcd
ICG 5286	1,1cdef	5abcd	61,3abcdef	37cdefgh
ICG 6703	1,1cdef	3,7cdefgh	70,2abc	26,6j
ICG 15287	1,0def	2,1h	43,6fg	26,6j

Variétés	RDM- G	RDM-F	% DC	P100gr
ICG 6643	0,8ef	3,9bcdefgh	47,2defg	40,8bcde
ICG 6201	0,7f	2,4ghi	53,6bcdef	32,2defghij
ICG 11144	0,6f	2,7fghi	67,1abc	29,3ghij
ICG 1699	0,6f	1,8i	66,7abc	28,6hij
Signification	HS	HS	HS	HS
CV%	27	25	15.4	12.3
ES±	0.2091	0.5234	5.59	2.580
PPDS	0.5918	1.4818	15.84	7.302

3.1.4. Rendements en gousses, rendement en fane:

L'analyse des variances des rendements en gousses a montré une différence hautement significative entre les variétés (Tableau 2). La variété ICG 9961 avec une production de 2 t/ha est la meilleure, groupe (a), suivie des variétés ICGV86011, ICG11515 avec une production de 1,8t/ha , groupe (ab). En revanche, les variétés moins productives sur le plan rendement en gousse sont ICG6643, ICG6201, ICG11144, ICG1699 avec une production inférieure à 1t/ha , groupe(ef) et groupe(f) (Tableau2).

L'analyse de variance des rendements en fane (Tableau 2) a montré une différence hautement significative entre les variétés. La comparaison des moyennes des variétés montre que l'ICG9037 est la meilleure, avec une production de 6,6t/ha groupe (a). Cependant, les variétés ICG5663, ICG721, ICG5286, avec un rendement de 5t/ha , groupe(ab), groupe(abc) et groupe (abcd). Par contre, dans cet essai 15% des variétés ont un rendement compris entre 2 à 4 t/ha, groupe (h) et groupe(bcde) (Tableau2).

3.1.5. Les corrélations

Les résultats de l'analyse des corrélations entre les paramètres montrent clairement une relation de dépendance entre eux. En définitif, dans les conditions d'installation de l'essai, on observe une faible corrélation entre le poids gousse et la maladie foliaire(-0.3675*). En revanche, il ressort une forte corrélation entre le poids fane, le rendement fane et la maladie foliaire(-0.6375**). Ces résultats montrent que si la maladie évolue, le rendement en fane baisse, par contre l'évolution de la maladie n'a pas d'effet significatif sur le rendement en gousse.

3.2. Discussions

Les analyses des résultats ont montré que les variétés ICG 9037, ICG5663, ICG 9961, ICG5745, ayant un score d'infestation de l'échelle 4 ont le meilleur rendement en fanes, suivies de celles de l'échelle 5 qui sont : ICG513, ICG8285, ICG721, ICG5286 (Tableau 2).

Les variétés ayant un faible rendement en fane sont : ICG10950, ICG 6703, ICG 7878, ICG11515, ICGV86011, ICG12682, ICG5221, ICG442, ICG (FDRS) 4, 47-10, ICG 14118, ICG10036, ICG 11144, ICG3673, ICG4955, ICG6201, ICG15287, ICG1699, ICG10384 leur rendement est compris entre 1 à 3 t/ha (Tableau 2) avec une échelle d'infestation de la maladie supérieure ou égale à 6. Ces résultats montrent que l'incidence de la maladie semble être la cause principale de la régression du rendement en fane. Cette régression du rendement en fane due à la sévérité de la maladie a été démontrée par Padwick en 1959. La variété ICG9037 au rendement en fane le plus élevé avec 6,6 t/ha comparé au témoin local résistant ICG 7878 et au témoin local résistant vulgarisé ICG (FDRS) 4, est donc la meilleure variété en production fane, suivie d'ICG5663, ICG721, ICG5286, ICG6394, ICG9961, ICG8285, ICG5745, ICG513 (Tableau 2). Au cours des diagnostics, il a été remarqué que les variétés tolérantes : ICG9037, ICG7878, ICG

(FDRS) 4, ICG9961 avaient un port érigé, semi érigé et rampant. Elles possédaient des folioles petites à large de couleur vert foncé. D'une part ces caractéristiques semblent être l'une des causes de leur tolérance et d'autre part, il a été remarqué sur les feuilles, des poils qui semblent être un élément de résistance à l'attaque du champignon. Ces résultats confirment ceux de Baudin, JP et Benoît, D (2002) qui dans leur essai, avaient trouvé que les variétés de folioles petites et de couleur vert foncé sont des variétés généralement assez tolérantes à la cercosporiose précoce. En outre, ces résultats sont similaires à ceux de Diakité (1997) et Traoré (1998). La variété ICG9961 a le plus grand rendement en gousse dont 2 t/ha. Le témoin sensible 47-10 a le même rendement en gousse que ICG9037, (Tableau 2) qui est pourtant moins infestée qu'elle (meilleur score sur l'échelle de classement classe 4). Selon Michel (1959) la densité des lésions foliaires a de profondes répercussions sur la photosynthèse. De même dans son essai Padwick (1956) rapporte que des pieds sains d'arachide portaient en moyenne 26 gousses tandis que des pieds malades n'avaient que 19 dans les mêmes conditions de culture au Sénégal. Nos résultats sont en rapport avec ceux de Michel (1959) qui après une étude anatomique des folioles de plusieurs variétés (prise au même âge, 3 semaines) a mis en évidence, que la vitesse de propagation du parasite serait lente à travers les feuilles plus épaisses. De même, Jaubert (1952) avait conclu, après ses recherches, que la cercosporiose de l'arachide abaisse les rendements en gousses dans des proportions que l'on peut estimer supérieures à 20% pour l'ensemble de ses variétés. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus avec quelques variétés résistantes d'Inde et testé en 1989 au Niger (ICRISAT, 1990). Nos résultats corroborent avec ceux de Sylvestre (1961) qui à travers ses essais a mis en évidence, que la cercosporiose précoce entraîne des pertes de récolte estimées couramment entre 15 et 30% et pouvant atteindre jusqu'à 50% dans les cas d'attaques sévères (Sylvestre, 1961 cité par Biteghe, 1999). De même ils sont consolidés par ceux de Fall et N'dao (1994) au Sénégal. Dans le même sens ils ne sont pas antinomiques aux résultats du quatrième essai international de l'ICRISAT de Niamey (1990). De même nos résultats sont semblables à celle d'une étude simultanée sur les pertes de rendement causés par la cercosporiose précoce, sur 55-437, 28-206, 47-16, ICG(FDRS)4, ICG(FDRS)10 au Bénin; ICG(FDRS)2, ICG(FDRS)70 au Burkina Faso; ICG(FDRS)5 et ICGMS 55 au Niger. (ICRISAT, 1990). En définitif, selon nos résultats obtenus, les variétés précoces sont plus sensibles à la cercosporiose précoce que les variétés tardives. Nos résultats sont étayés par ceux de Hemingway (1957) qui, cherchant à préciser la résistance des diverses variétés, a constaté que celles dont le feuillage est sombre sont moins susceptibles que les variétés à feuillage vert clair telles que Spanish, particulièrement rependue aux Etats-Unis.

Dans cet essai on déduit que la cercosporiose a eu un effet significatif sur la production en fane. Les meilleurs traitements pour la production en fane parmi les génotypes mis en compétition sont cités ci-après : ICG9037 avec une production de 6,6 t/ha, ICG5663, ICG721, ICG5286 avec une production de 5 t/ha et les traitements les moins performants sont ICG1699, ICG10384 avec 1 t/ha. Pour le rendement en gousse, les génotypes les plus performants sont ICG9961 avec une production de 2 t/ha, ICG86011, ICG721, 47-10, ICG5745, avec une production

supérieure à 1t/ha et les génotypes les moins performants sont ICG 6643, ICG6201, ICG11144, ICG1699 avec production inférieure à 1 t/h (Tableau 4).

IV. Conclusion

Au terme de nos résultats, les variétés ont été réparties en trois (3) classes selon leur degré d'infestation: les variétés résistantes sont au niveau de l'échelle 1,2 et 3, les variétés tolérantes à l'échelle 4 et 5 et les variétés sensibles à l'échelle 6, 7,8 et 9. Les génotypes au niveau de l'échelle 4 et 5 sont : ICG 7878, ICG 9037, ICG 5745 , ICG (FDRS) 4, ICG 9961, ICG 5663, ICG 5286, ICG 8285 (Tableau 7) et ceux de l'échelle supérieure ou égale à 6 sont : ICG 721, ICG 513, ICG 6394, ICG 6643, ICGV 86011, ICGV 99001, ICG 10036, ICG 10950, ICG 11515, ICG 4955, ICG 5221, ICG 6201, ICG 6703, ICG 10384, ICG 11144, 47-10, ICG 12682, ICG 14118, ICG 15287, ICG 1699, ICG 3673, ICG 442. En définitif, l'objectif recherché est d'identifier les variétés qui sont tolérantes à la cercosporiose précoce. Pour cela trois témoins locaux ont été implantés dans l'essai : Le témoin ICG 7878 comme variété résistante, le témoin ICG (FDRS) 4 variété tolérante vulgarisée, le témoin 47-10 comme variété sensible. Au vu des résultats de l'expérimentation on peut proposer aux producteurs les variétés suivantes : ICG9037, ICG9961, ICG5663, ICG5745, ICG5286, ICG8285, ICG721, ICG513.

Bibliographie

- Diakitè, S. 1997: Cercosporiose de l'arachide effet sur le rendement IPR/IFRA 63 P
Echo:2016 fiche d'informations de la plante Arachis hypogaea
FAO, (1997).
- Fall, A. N'dao, K., 1994 étude de la variabilité des rendements de l'arachide dans un village du sud sine-saloum au Sénégal
- Hemingway J. S. 1954 la cercosporiose precoce de l'arachide dans le tangaïka. Sur: arcos.bear/htm. Consulté le 18 septembre 2009.
- Hemingway J. S. 1955 La prévalence de deux espèces de Cercospora sur les arachides. p. 243-246. sur: <http://www.cercospora.mg/arachide.htm>
- Jaubert, P.151.: *Etude des moyens de lutte contre la Cercosporiose de l'arachide au Sénégal p31.*
- Jaubert, P.1952: Méthodes de lutte contre la cercosporiose de l'arachide. Annales
- Jaubert, P.1952:Cercosporiose de l'arachide
- Jean, P. B, Julian, D. Benoit, A D. Benoit, A : L'arachis hypogaea. L 2n=40 sur: books.google.fr/books_sbn+2870160674 consulté le/12/09/2009
- Kodio ,O.N'tare,B.traoré,A.Wallyar,F.Diarra,B. 2006,: Technologie post récolte de l'arachide Institut d'Economie ruralep20.
- Ntare ,B. Mayeux,A.H.2001, accesios avec la résistance aux maladies foliair, la contamination d'Aflavus / Afltoxine et la maladie de rosette.
- Ndjeunga, J. 2006, Système semenciers d'arachide en Afrique de l'ouest : Pratique actuelles contraintes et opportunités12 p.**
- Ntare ,B. 2006 : Perspective de marché pour l'arachide en Afrique de l'Ouest; p 2.**
- Padwick, G. W. 1956 : perte causée par des maladies des plantes dans la colonie.
- Trajot, M. 1957 : Travaux sur la Cercosporiose de l'arachide p13.
- Trajot,M. 1959 :Travaux récents sur la cercosporiose de l'arachide 6p.**
- Traoré , B. 1998 : Densité des plants et sévérité des maladies foliaires de l'arachide; Mémoire de fin d'étude IPR/IFRA de katibougou 55P.**
- Rapport du programme ouest Africain de L'ICRISAT P 34 -40 1990

Communication N°36: Utilisation des champignons endomycorhiziens arbusculaires pour la dépollution des sols en zone aurifère de Morila, au Mali

Issouf Célestin DEMBELE¹, Inamoud Ibny YATTARA², Fallaye KANTE², Nouhoum SEREY³ et Ousmane SACKO²

¹ : IPR/IFRA (Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée) Katibougou, Mali ; « dembelecelestin@gmail.com » ; Tél : 76169422 ou 62728405

² : Laboratoire de Microbiologie des sols (LMS), Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali ;

³ : Division Environnement, Mine d'or de Morila, Mali.

Résumé

Pour la réhabilitation de la zone aurifère de Morila au Mali, une méthode de dépollution biologique des sols a été initiée. Elle est basée sur l'utilisation d'une souche de champignon : *Glomus aggregatum* inoculée à des plantes (*Gliricidia sepium*, *Moringa oleifera*) en pépinière pendant cinq (5) mois. Des échantillons de sol sont analysés puis répartis dans des pots. Les données de la hauteur des plants ont été interprétées. Le taux de mycorhization a été déterminé et le substrat analysé à la fin de l'expérience.

La hauteur moyenne des plants est de 46,92 cm pour *Moringa* contre 28,88 pour *Gliricidia*. La mycorhization est de 14,73 % chez *Moringa* contre 9,94 chez *Gliricidia*. Après expérimentation, le taux d'arsenic passe de 559 ppm à 472 pour *Moringa* et à 499 pour *Gliricidia*. Le plomb passe de 43 ppm à 36 pour *Moringa* et à 41 pour *Gliricidia*. Le zinc passe de 147 ppm à 116 pour *Moringa* et à 98 pour *Gliricidia*. Le Chrome passe de 191 ppm à 180 pour les deux espèces. Le Chlore passe de 452 ppm à 244 pour *Moringa* et à 292 pour *Gliricidia* en fin d'expérience. Aucune variation n'a été observée pour le cuivre et le cadmium dans le sol de culture.

Mots clés : Champignons endomycorhiziens, dépollution, inoculation, sols, zone aurifère.

Introduction

Les ressources minières occupent une place importante dans le PIB du Mali. Les modes d'exploitation traditionnelle, semi-artisanale ou moderne portent un grand préjudice à l'environnement (Diarra, 1995).

Autour des sites industriels ou miniers, la teneur en métaux lourds peut atteindre 20 à 30 fois la teneur d'un sol normal (Razafimaharo, et *al.*, 1998).

Dans le domaine de la dépollution, plusieurs méthodes classiques ont été déjà utilisées en zone minière qui ont montré leur limite.

A ce titre, le rôle des champignons mycorrhiziens dans la dépollution des sols a été déjà démontré par les travaux de Miller (1992). Ce phénomène appelé encore phytoremédiation ne dégrade pas le sol. Pour ce faire, l'association des champignons mycorrhiziens au système racinaire des plantes permet l'extension spectaculaire des racines pour l'exploration d'un grand volume de sol à la recherche d'éléments nuisibles (Robert, 1996).

La présente étude fera appel à un champignon mycorrhizien arbusculaire, *Glomus aggregatum* (IR 27) isolé dans une plantation d'*Acacia mangium* au Sénégal par Bâ et *al.*, (1996). Ce champignon est associé à deux espèces ligneuses : *Moringa oleifera* et *Gliricidia sepium*.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été réalisée sur le site d'or de Morila dans le cadre de la restauration écologique des écosystèmes dégradés en zone aurifère.

Sol

Le sol utilisé dans nos expériences a été prélevé dans le parc à boue du site de Morila.

Matériel végétal

Gliricidia sepium et *Moringa oleifera*.

Matériel fongique

Souche de champignon endomycorhizien, *Glomus aggregatum*. Provenance : Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM) de Dakar.

Méthodes

Echantillonnage de sol

L'échantillon de sol provient des déchets issus de l'usine préalablement analysé au Laboratoire.

Expérience en pots

Stérilisation du sol et remplissage des pots

Le sol (substrat) a été stérilisé à l'autoclave à 120° C. Il est ensuite reparti dans des pots en plastiques et disposés sur des planchers (50 pots/planchers) répété quatre fois, suivi du semis.

Inoculation des plants

Deux traitements ont été considérés pour chacune des deux espèces : inoculation avec la souche (*Glomus aggregatum*) de champignon endomycorhizien à la dose de 20 g d'inoculum /plant et le témoin sans inoculation. Dans chaque cas, 50 plants ont été considérés par espèce.

Après 05 mois de croissance, la hauteur des plants a été mesurée et les résultats ont été analysés à l'aide de ANOVA dans le logiciel R2.101 et le test de Newman-Keul au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Les plants inoculés ont été ensuite dépotés pour la détermination du taux de mycorhization des racines.

Observation microscopique

Les racines, après coloration, ont été découpées en des petits fragments de 1 cm, puis montées dans du glycérol 20% entre lame et lamelle à raison de 10 fragments/lame. Dix 10 lames ont été considérées par /espèce. Ainsi, 100 fragments de racines ont été observés par espèce à l'aide d'un microscope optique (Optiphot de NIKON) muni d'un objectif x 10. La fréquence (F) de mycorhization a été évaluée en pourcentage selon la méthode de Trouvelot *et al.* (1986) :

$F (\%) = \text{nombre de fragments mycorhizés} / \text{nombre de fragments observés} \times 100.$

Résultats

Hauteur (cm) des plants de *Moringa oleifera* et de *Gliricidia sepium*

- *Moringa oleifera*

L'analyse de la variance de la hauteur des plants a montré une différence hautement significative entre les plants des deux traitements. En effet, la hauteur a été plus élevée chez les plants inoculés que chez ceux non inoculés (tableau 2).

Tableau 2 : Hauteur moyenne des plants de *M. oleifera* inoculés et non inoculés, cultivés en pots sur le sol du site aurifère de Morila après 05 mois de croissance

Traitements	Hauteur (cm)
inoculés	57 a
non inoculés	36,84 b

Chaque valeur représente la moyenne pour 50 plants.
Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes entre elles au seuil de 5% selon le Test de NEWMAN-KEUL.*

Gliricidia sepium

L'analyse de la variance de la hauteur des plants a montré une différence hautement significative entre les plants des deux traitements. En effet, la hauteur a été plus élevée chez les plants inoculés que chez ceux non inoculés (tableau 3).

Tableau 3 : Valeur moyenne de la hauteur des plants de *G. sepium* inoculés et non inoculés, cultivés en pots sur le sol du site aurifère de Morila après 05 mois de croissance

Traitements	Hauteur (cm)
inoculés	30,02 a
non inoculés	27,74 b

Chaque valeur représente la moyenne pour 50 plants.

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes entre elles au seuil de 5% selon le Test de NEWMAN-KEUL.

Evaluation de l'infection mycorhizienne des racines

Le taux de mycorhization est plus élevé chez les plants de *Moringa oleifera* que chez ceux de *Gliricidia sepium*. En effet, sur 100 fragments racinaires observés par espèce, les plants de *M. oleifera* ont donné un taux d'infection mycorhizienne de 14,73 % contre 9,94 % pour ceux de *G. sepium* (tableau 4).

Tableau 4 : Taux de mycorhization (%) des plants de *M. oleifera* et de *G. sepium* inoculés avec *Glomus aggregatum*

Traitements	N° lame	% mycorhization/fragment de racine observé										% total/ lame	%total /traite- ment
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Moringa oleifera</i> + <i>Glomus aggregatum</i>	1	5	10	20	50	50	0	0	0	30	0	16,5	14,73
	2	40	30	60	3	15	5	10	10	0	20	19,3	
	3	10	0	8	30	4	25	60	50	70	40	29,7	
	4	0	3	20	0	10	5	15	20	0	2	7,5	
	5	10	0	5	35	20	30	25	10	15	8	15,8	
	6	25	30	10	15	35	20	10	6	10	25	18,6	
	7	5	10	40	10	2	2	0	0	1	0	7,0	
	8	15	4	10	14	3	8	20	0	2	0	7,6	
	9	6	10	0	2	5	14	4	9	15	20	8,5	
	10	10	15	6	20	0	16	7	14	30	50	16,8	
<i>Gliricidia sepium</i> + <i>Glomus aggregatum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,94
	2	2	10	2	1	6	20	8	20	30	10	50	
	3	3	40	50	20	3	10	5	4	30	6	40	
	4	4	30	0	9	10	6	0	2	7	40	25	
	5	5	5	1	8	20	35	45	0	10	0	8	
	6	6	35	0	9	4	7	5	15	10	1	3	
	7	7	22	6	3	0	3	8	10	4	2	0	
	8	8	0	4	5	7	0	15	0	3	6	10	
	9	9	20	30	10	0	4	0	5	3	2	0	
	10	10	10	0	0	3	8	2	4	0	0	70	

Analyse du substrat après traitement

L'analyse chimique du substrat a révélé que la teneur en Arsenic, initialement de 559 ppm, est passée à 472 ppm pour *M. oleifera* et à 499 ppm pour *G. sepium* tandis que celle du Plomb est passée de 43 ppm dans la boue initiale à 36 ppm pour *M. oleifera* et à 41 ppm pour *G. sepium*. La teneur en Zinc est également passée de 147 ppm dans la boue initiale à 116 ppm pour *M. oleifera* et à 98 ppm pour *G. sepium*. La teneur en Chrome est passée de 191 ppm à 180 pour les deux espèces. Celle du Chlore est passée de 452 ppm à 244 pour *Moringa* et à 292 pour *Gliricidia* en fin d'expérience. Par contre, pour le Cuivre, le Cadmium et le Nickel, aucune variation n'a été observée (tableau 5).

Tableau 5 : Caractéristiques de la boue initiale après traitement

Paramètres	Composition initiale de la boue	Composition du substrat en fin d'expérience	
		Sous <i>Moringa oleifera</i> mycorhizé	Sous <i>Gliricidia sepium</i> mycorhizé
Minéralogie			
Cr (ppm)	191	180	180
As (ppm)	559	472	499
Cl (ppm)	452	244	292
Pb (ppm)	43	36	41
Zn (ppm)	147	116	98
Cu (ppm)	< 15	< 15	< 15
Cd (ppm)	< 10	< 10	< 10
Ni (ppm)	< 30	< 30	< 30

Discussions

Les résultats obtenus sur la hauteur des plants attestent du rôle tant important des champignons mycorhiziens dans la croissance des plantes comme déjà rapporté par plusieurs auteurs (Bâ et *al.*, 2000, 2001 ; Duponnois et *al.*, 2001 ; Ingleby et *al.*, 2001 ; Yattara et *al.*, 2010 ; Sacko et *al.*, 2006 ; Sacko et *al.*, 2012).

Par ailleurs, les résultats de l'analyse du substrat après traitement ont démontré que la souche de champignon utilisée a eu un effet positif sur la pollution du sol à travers l'absorption de métaux lourds tels que le plomb, le zinc, le chrome, l'arsenic et le chlore. Ces résultats ont déjà été rapportés par certains auteurs mais dans des conditions expérimentales différentes des nôtres (Sigoillot et *al.*, 1997 ; Janouskova et *al.*, 2006).

En effet, le champignon endomycorhizien utilisé dans cette étude, a permis d'augmenter la croissance de la plante hôte. Dans les pots mycorhizés, la quantité de polluants a diminué.

La souche de champignon MA utilisée dans nos expériences a joué un grand rôle dans la croissance de la plante et sur l'absorption des éléments qui, selon des auteurs, peut différer de celui d'autres espèces ou isolats de champignons mycorhiziens (Cutler et *al.*, 1974, Arbonnier, 2000).

Il a en outre été montré que l'effet de la mycorhization sur la croissance des plantes peut être réduit lorsque le volume du pot de culture est faible (Briones, 2002).

Ainsi, selon Hall et *al.*, (2003), l'effet de la colonisation mycorhizienne sur la croissance de la plante et sur le transfert des polluants peut être différent dans un sol en condition in situ.

Conclusion

La souche de champignon mycorhizien (*Glomus aggregatum*) utilisée dans notre expérience, s'est montrée efficace quant à l'absorption de polluants tels que l'arsenic, le plomb, le zinc, le chrome, le chlore.

Les champignons endomycorhiziens peuvent donc être considérés comme un moyen de lutte contre la pollution en zone minière surtout lorsqu'ils sont associés à des ligneux à usages multiples.

Ces observations permettent d'envisager l'utilisation des champignons endomycorhiziens, notamment du genre *Glomus*, pour la dépollution des sols en zone minière.

Références bibliographiques

- Arbonnier M (2000). Arbres, arbustes, et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD, MNHN, UICN, Montpellier, France, Pp. 438- 442.
- Bâ AM, Dalpé Y, Guissou T (1996). Les Glomales d'*Acacia holosericea* et *Acacia mangium*. Diversité et abondance relative des champignons mycorhiziens à arbuscule dans deux types de sol de plantations en zones nord et sud-soudanienne du Burkina Faso. Bois et forêts des tropiques N° 250- 4è Trimestre. Pp. 5-18.
- Bâ AM, Guissou T, Duponnois R, Plenchette C, Sacko O, Sidibé D, Sylla K (2001). Mycorhization contrôlée et fertilisation phosphatée : applications à la domestication du Jujubier. Fruits, vol. 56 (4), p. 261-269.
- Bâ AM, Plenchette C, Danthu P, Duponnois R, Guissou T (2000). Functional Briones R (2002). Caractérisation des propriétés de surface des champignons mycorhiziens à arbuscule (MA) et relation avec l'absorption du cadmium et du cuivre. Thèse de l'Université Nancy I. 202 p.
- Cavallo JD, Antoniotti G (2002). Surveillance microbiologique de l'environnement (air, eaux, sol). Ministère chargé de la santé, DGS/DHOS, CTIN. P 19.
- Cutler JM, Rains DW (1974). Characterization of cadmium uptake by plant tissue. Plant Physiology 54 : 67-71.
- Duponnois R, Plenchette C, Bâ AM (2001). Growth stimulation of seventeen fallow. 27p.
- Hall JL, Williams LE (2003). Transition metal transporters in plants. Journal of experimental Botany 54: 2601-2613.
- Hazen TC, Tabak HH (2005). Developments in bioremediation of soils and sediments polluted with metals and radionuclides: 2. Field research on bioremediation of metals and radionuclides. Reviews in Environmental Science and Bio/ Technology 4: 157-183.
- Ingleby K, Fahmer A, Wilson J, Wewton AC (2001). Interactions Between Mycorrhizal Colonisation, Nodulation and Growth of *Calliandra calothyrsus*

- Seedlings Supplied with Different Concentrations of Phosphorus solution. *Symbiosis* 30: 15-28.
- Janouskova M, Pavlikova D, Vosatka M (2006). Potential contribution of arbuscular mycorrhiza to cadmium immobilization in soil. *Chemosphere* 65: 1959-1965.
- Razafimaharo V, Ratovoson N, Chaix G (1998). Conservation des sols et l'amélioration de vie des populations rurales. Production de matériel végétal amélioré pour l'agroforesterie, la production de bois énergie, de service et de bois d'œuvre. CIRAD-Forêt, Antsirabe, Madagascar, 11 p.
- Robert M (1996). Le sol : interface dans l'environnement-Ressource pour le développement. Ed. Masson, 276 p.
- Sacko O (2006). Utilisation d'arbres à usage multiple pour la valorisation des champignons endomycorhiziens arbusculaires. Thèse de doctorat de l'Université de Bamako. 104 p.
- Sacko O, Yattara II, Lahbib M, Neyra M (2012). Effects of a rock phosphate on indigenous rhizobia associated with *Sesbania sesban*. *Journal of Environmental Management* 95 (2012), S265-S5268. P 146-193.
- Sigoillot JC, Mougin C, Sohier L (1997). Des champignons pour réhabiliter les sols pollués. *Biofutur*, 170 : 34-36.
- Yattara II, Kanté F, Krasova WT, Sacko O, Ndoeye I, Lahbib M, Neyra M (2010). Effet de la double inoculation avec rhizobiums et champignons mycorhiziens sur la croissance de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala* alimentés en eaux résiduelles d'irrigation de l'Office du Niger en zone sahélienne du Mali. *Revue Malienne de Science et de Technologie (CNRST)*, N°12, p : 36-41.

Communication N°37: Combinaison de trois végétaux pesticides : moyen de contrôle écologiquement efficace du charbon couvert et certains ravageurs du sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Karim DAGNO¹, Mamourou DIOURTE¹, Aboubacar TOURE¹, Diarisso Niamoye YARO² et Bourema DEMBELE²

¹.IER, Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba. BP : 262. Bamako, Mali, karimdagno@yahoo.fr, mamouroudiourte@gmail.com, Acar.Toure@ier.ml.

².IER, Direction scientifique. BP : 258. Bamako, Mali, dbourema55@yahoo.fr, niamoyeyaro@yahoo.fr

Bamako, Sotuba. BP : 262, Tel : 78771623, E-mail : karimdagno@yahoo.fr

Résumé

Le Sorgho est la 3^{ème} culture céréalière du Mali avec 819 605 t produits sur 937 525 ha (0,9t/ha) en 2014. Les bio-agresseurs associés à la pauvreté du sol et aux aléas climatiques provoquent une baisse de rendement évaluée à 390-876 Kg/ha. Parmi les pathogènes incriminés, les champignons sont les plus importants aussi bien en nombre que du point de vue des dégâts. Ils provoquent le resemis de centaines d'hectares de sorgho chaque année par la dégradation des semences. Le charbon couvert causé par *Sporisorium sorghi* est un champignon transmis par les semences. Il sévit dans la région sahélienne où son incidence varie de 20 à 44% du rendement. Treize formules composées de plantes pesticides ont été testées contre ces bio-agresseurs pendant 4 ans dans les stations de recherche agronomiques de Katibougou et Cinzana. La formule [*Securidaca longipedunculata* (Diro) + *Canavalia ensiformis* (Nguo) + *Parkia biglobosa* (Néré)] a donné le meilleur contrôle du charbon couvert et des insectes avec 0% d'incidence de charbon couvert avec 2,4% de cœur mort.

Mots clés: *Plantes pesticides, Sorgho, charbon couvert, ravageurs, cœur mort.*

I. Introduction

La sécurité alimentaire fait partie des priorités des politiques publiques. Le secteur agricole occupe 75% de la population et se concentre à plus de 90% dans les zones soudano sahéliennes du Mali. Cette espace agro climatique couvre les collectivités régionales de Kayes, Ségou, Koulikoro et Sikasso pour 34 5174 km² (soit 28% de la superficie du pays) avec 9 377 391habitants (72% de la population). Elle regroupe les grands bassins de production des céréales dont le sorgho (Dagno, 2016). Le charbon couvert (*Sporisorium sorghi.*) est une maladie cryptogamique importante du sorgho dans la zone sahélienne du Mali (Dagno, 2000). Il est parmi les premiers responsables de resemis de plusieurs centaines d'hectares de sorgho dans la zone sahélienne où le traitement des semences est moins appliqué à cause de la pauvreté des producteurs (Diourté *et al.*, 2002). Le sorgho est aussi considéré comme une culture vivrière où l'usage des pesticides chimiques est rare alors que les insectes, rongeurs et les moisissures détériorent les semences (Bonzi, 2013). Diourté (1989) a rapporté une incidence de la maladie allant de 20 à 44%. La lutte contre le charbon couvert se fait à l'aide du traitement des semences avec un produit anti fongique. Ce traitement est indispensable pour lutter contre les maladies transmises par les semences et permet de protéger les jeunes plants à la levée contre les parasites du sol (Dagno, 2000).

Compte tenu de la faible énergie germinative des graines de sorgho, il est important d'assurer une protection des semences par l'usage des produits d'origine naturelle alternative aux molécules chimiques qui préservent la santé humaine et environnementale. Localement, les paysans utilisent des plantes pesticides sur les semences et les grains en conservation. En outre, vu les restrictions législatives de plus en plus contraignantes sur les molécules de synthèse et leur acquisition difficile par les paysans (coût élevé), et leur usage devant être prescrit dans des conditions pour assurer non seulement une efficacité de traitement mais aussi une bonne protection des paysans. Dans ces contextes, une étude sur les plantes pesticides en traitement de semences a été effectuée à partir des années 90 en station et en milieu paysan.

Cette étude traitera la question de recherche suivante : les plantes pesticides peuvent-elles être une alternative durable à l'usage des pesticides chimiques en traitement des semences de sorgho?

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

II.1.1. Semence de sorgho

Les tests d'efficacité des formules de plantes pesticides ont été réalisés en station et en milieu paysan avec la variété CSM63E. C'est une variété largement vulgarisée dans la zone sahélienne et reconnue très susceptible au charbon couvert au Mali.

II.1.2. Pesticides végétales

Les poudres des plantes pesticides reprises dans le tableau 1 ont été utilisées dans les différents essais et tests.

Tableau 1: Formules et type de pesticides végétaux utilisés dans les essais en station.

N°	Formules de plantes pesticides	Nom local (Bamanakan)	Partie de la plante prélevée	Type de pesticide
1	<i>Lonchocarpus laxifloru</i>	Môgô- kolo	Feuilles	Fongicide
2	<i>Securidaca longepedunculata</i>	Diro	Racines	Fongicide/insecticide
3	<i>Canavalia ensiformis</i>	Nguo	Graines	Fongicide
4	<i>Parkia biglobosa</i>	Néré	Coke des gousses	Fongicide/insecticide
5	<i>Swartzia madagascariensis</i>	Samankara	Ecorce	Fongicide
6	<i>Cassia occidentalis</i>	Balan Balan	Feuilles	Fongicide/insecticide
7	Néré fara +Samakara+ Balan Balan	-	-	-
8	Balan Balan+Diro+Nguo	-	-	-
9	<i>L. laxifloru</i> +Nguo+Néré fara	-	-	-
10	<i>L. laxifloru</i> +Samankara +Nguo	-	-	-
11	Adénum +Nguo	-	-	-
12	Adénum + <i>L. laxifloru</i> +Nguo	-	-	-
13	<i>L. laxifloru</i> +Nguo +Diro	-	-	-

II.1.3. Fongicide chimique

Le fongicide utilisé est l'Apron Star 42WS (m.a. : **Thiamethoxame**, 200g/kg, **Mefenoxame**, 200g/kg, **Difenoconazole**, 20g/kg) à la dose de 10 g/4Kg de semences.

II.1.4. Poudre de charbon couvert

Les sores de *Sporisorium sorghi* ont été collectés sur les panicules infectées de sorgho dans la station de recherche de Sotuba. Les spores ont été obtenues en écrasant les sores dans les boîtes de Pétri stérilisées sous la hotte au laboratoire.

II.2. Méthodes

II.2.1. Criblage en station

Trempage : Dix grammes de la poudre de chaque espèce végétale ont été mélangés pour obtenir les différentes combinaisons de traitements. C'est de ce mélange que l'on a pris 20 g/Kg de semences. Les doses ont été mises dans un litre d'eau de robinet/puit pour un Kg de semences, bien mélangé avant d'y tremper les semences pendant 30 minutes. Les semences préalablement infectées avec la poudre de charbon couvert sont trempées dans la solution de plantes pesticides puis exposées à l'air libre avant les semis. Pour le Témoin de référence, Apron Star 42WS il faut 10 g/kg de semences.

Dispositif expérimental

Blocs de Fisher randomisés à 4 répétitions avec une parcelle élémentaire de 5 lignes de 8 m de long dont les 3 lignes centrales étaient la parcelle utile. Les écartements de semis sont 0,75m X 0,50m. Le démariage est fait à 2 plants par poquet. Au semis, 100 Kg/ ha de di-ammonium phosphate sont apportés et à la montaison 50 kg/ha d'urée. Les essais ont été conduits dans les sous stations de Katibougou (12°55'49" N et 7°31'42" W) et de Cinzana (13°15'0" N et 5°58'0" W) pendant 4ans.

Observations

L'incidence du charbon couvert et l'incidence des insectes ont été évaluées par le calcul du pourcentage du nombre de panicules attaquées par parcelle divisé par le nombre total de panicules récoltées. Evaluation de la vigueur des plants à la levée (1= très bonne, 2= intermédiaire et 3= médiocre).

Analyse des données

Le calcul des moyennes et des écarts types qui ont servi à construire les différents tableaux de résultats, a été fait à l'aide du logiciel « R » version 2015. L'analyse de variance (ANOVA) a permis de séparer les moyennes au seuil de 5%.

II.2.2. Tests en milieu paysan :

Trempage

La formule de plantes pesticides qui a été la plus efficace en station a été expérimentée en milieu paysan. Ainsi, le mélange : [Diro (*Securidaca longepedunculata*) + Nguo (*Canavalia ensiformis*) + Néré (*Parkia biglobosa*)] a été testé à Kolokani (13°34'60" N et 8°1'60") et Banamba (13°33'0" N et 7°27'0" W). Quatre traitements ont été utilisés : T1 : Sèguètana traité avec [Diro + Nguo + Néré]; T2 : Sèguètana traité avec Apron Star 42WS; T3 : Variété locale (CSM63E) du paysan traité avec [Diro +Nguo + Néré]; T4 : Témoin (pratique paysanne) [Variété locale du paysan non traitée].

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était le bloc de Fisher avec 5 répétitions où chaque paysan a constitué une répétition par localité. La parcelle élémentaire était de 400 m². Les plants ont reçu les mêmes traitements que les essais en station sauf la pratique paysanne où le paysan lui-même applique son itinéraire technique. Les mêmes observations et analyses statistiques qu'en stations ont été effectuées.

III. Résultats et discussions

Les résultats obtenus en station figurent dans les tableaux 2 et 3. Qualitativement, des différences phénotypiques sont observées entre les différents traitements après la germination même si l'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative. Par contre, une différence significative entre les différents traitements par rapport aux poquets levés, l'incidence des insectes (cœur mort) et le charbon couvert dans la station de Katibougou (Tableau 2). Quant à la station de Cinzana, il n'y a pas eu de différence significative entre les traitements des poquets levés et de la vigueur des plants (Tableau 3). Les treize formules de pesticide végétaux ont donné des taux d'infestation relativement faible du charbon couvert comparativement au témoin non traité. Parmi elles, le mélange de *Securidaca longipedunculata* (Diro)+*Canavalia ensiformis* (Nguo)+*Parkia biglobosa* (Néré) a donné une meilleure protection des semences avec des valeurs égales ou très proches de celle du fongicide de référence. En effet, la formule a obtenu 0 et 10% de charbon couvert et de cœur mort respectivement à l'instar de l'Apron Star 42WS (0% pour les 2 variables susmentionnées). Ce mélange a réduit fortement le taux d'incidence des ravageurs et d'infection des panicules de sorgho par le charbon couvert.

La formule de plantes pesticides qui a obtenu une meilleure protection des semences contre les bio-agresseurs en station a été évaluée en milieu paysan. Les tableaux 4 et 5 illustrent les résultats obtenus dans les communes de Kolokani et de Banamba. Le traitement des semences avec la formule *S. longipedunculata* + *C. ensiformis* + *P. biglobosa* a procuré une bonne vigueur des plants quel que soit la variété à Banamba (Tableau 4) tandis qu'à Kolokani, le tableau 5 montre que la variété locale traitée avec les pesticides a eu une vigueur intermédiaire. L'attaque des bio-agresseurs (champignon, insectes) a été très faible voire nulle sur les variétés améliorées traitées avec la formule de plantes pesticides quel que soit la localité d'étude. En effet, il y a eu l'infestation nulle du charbon couvert à Banamba et à Kolokani où on a observé en même temps 2,8 et 2% d'attaque d'insectes respectivement. Quel que soit la localité, la formule (Diro + Nguo + Néré) a donné une efficacité de contrôle similaire à celle d'Apron Star 42WS.

Les spores du sol sont responsables en grande partie de l'infection des graines au cours de leur germination (Frederiksen, 1986). L'enrobage de ces graines avec les plantes pesticides permet d'inhiber la germination et le développement du pathogène. Les extraits des végétaux pesticides ont été efficaces en traitement des semences de sorgho contre le charbon couvert et les insectes provoquant les

cœurs morts. Ces extraits pesticides tendent à bloquer l'infection du sorgho par *S. sorghi* et les attaques des ravageurs à l'instar de l'Apron Star. Bonzi (2013) a obtenu des résultats similaires sur *Phoma sorghina* traité avec les extraits de *Cymbopogon citratus* L. L'efficacité de la formule de plantes pesticides pourrait s'expliquer par les principes fongicides et insecticides qu'elles contiendraient. Kerharo (1974) a rapporté que les racines de *S. longepedunculata* contiennent la saponine à 4% qui est connue pour ses propriétés insecticides. Par ailleurs, les graines de *C. ensiformis* renferment 61% de glucide. Selon Fortin (1997), ce type de glucide empêcherait le développement des micro-organismes en général et *S. sorghi* en particulier. En même temps, les graines de *C. ensiformis* seraient riches en certains acides gras qui interviennent dans la protection des semences en (Paris, 1963). Quant aux cokes des gousses *P. biglobosa*, elles contiendraient de la parkine (Kerharo, 1974). Cette substance posséderait la double propriété des alcaloïdes et des glucosides. A cet effet, en tant qu'alcaloïde, elle agit comme antimicrobien et insecticide et en outre avec les propriétés glucosides, elle joue un rôle d'antiseptique et de vermifuge. L'efficacité de la formule *S. longepedunculata* + *C. ensiformis* + *P. biglobosa* résiderait donc dans la synergie des activités antiparasitaires de ces trois espèces végétales.

Tableau 2 : Test d'efficacité des espèces végétales contre le charbon couvert et d'autres ravageurs du sorgho dans la sous station de recherche de Katibougou.

Formules de pesticides végétaux	%NPL	VL	%CM	%Charbon	
T1 : <i>L. laxifloru</i>	42d		3a	45a	10c
T2 : <i>S. longepedunculata</i>	55c		2 a	19cd	13bc
T3 : <i>C. ensiformis</i>	44cd		3a	46a	8d
T4 : <i>P. biglobosa</i>	50c		2 a	21c	12bc
T5 : <i>S. madagascariensis</i>	35e		3a	44ab	15b
T6 : <i>C. occidentalis</i>	45 e		3a	30b	10c
T7 : Néré fara +Samakara+ Balan Balan	48cd		2 a	22c	0f
T8 : Balan Balan+Diro+Nguo	63bc		2 a	15d	6d
T9 : <i>L. laxifloru</i> +Nguo+Néré fara	65b		2 a	10e	5de
T10 : <i>L. laxifloru</i> +Samankara +Nguo	52c		2 a	17d	7d
T11 : Diro+Nguo+Néré	75ab		2 a	10e	0f
T12 : Adénum + <i>L. laxifloru</i> +Nguo	45cd		2 a	14d	5de
T13 : <i>L. laxifloru</i> +Nguo +Diro	60b		2 a	15d	2e
T14 : Apron Star 45 WS	95a		1 a	0f	0f
T15 : Témoins non traité	35e		3a	45a	75a
Statistique					
<i>Signification</i>	s	ns	s	s	
<i>CV</i>	22,8	1,9	22,17	8,6	
<i>Pr</i>	0,05	0,18	0,04	0,02	

NPL : nombre de poquets levés, VL : vigueur des plants à la levée, CM : cœur mort. s : significatif, ns : non significatif, Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de comparaison multiple de Duncan.

Tableau 3 : Tests d'efficacité des espèces végétales contre le charbon couvert et d'autres ravageurs du sorgho dans la sous station de recherche de Cinzana.

Formules de pesticides végétaux	%NPL	VL	%CM	%charbon
T1 : <i>L. laxifloru</i>	49d	3a	42a	13c
T2 : <i>S. longepedunculata</i>	55bc	2b	18c	15bc
T3 : <i>C. ensiformis</i>	54bc	3a	43a	13d
T4 : <i>P. biglobosa</i>	53bc	2b	18c	15bc
T5 : <i>S. madagascariensis</i>	57b	3a	42a	18b
T6 : <i>C. occidentalis</i>	52c	3a	28b	12c
T7 : Néré fara +Samakara+ Balan Balan	51c	2b	18c	0f
T8 : Balan Balan+Diro+Nguo	62b	2b	13de	6d
T9 : <i>L. laxifloru</i> +Nguo+Néré fara	65b	2b	7e	5de
T10 : <i>L. laxifloru</i> +Samankara +Nguo	61b	2b	15d	8d
T11 : Diro+Nguo+Néré	75a	2b	8e	2f
T12 : Adénum + <i>L. laxifloru</i> +Nguo	49d	2b	12d	5de
T13 : <i>L. laxifloru</i> +Nguo +Diro	63b	2b	12d	3e
T14 : Apron Star 45 WS	97a	1c	0f	0f
T15 : Témoin non traité	52c	3a	43a	80a
Statistique				
<i>Signification</i>	Ns	ns	s	s
<i>CV</i>	18,5	1,9	33,8	10,6
<i>Pr</i>	0,28	0,18	0,05	0,03

Tableau 4: Tests d'efficacité des pesticides végétaux contre le charbon couvert et les insectes dans la commune de Banamba.

Formule de pesticides végétaux	%NPL	VL	%CM	charbon
T1 :Diro + Nguo + Néré + variété améliorée	95a	1b	2,8c	0c
T2 : variété améliorée +Apron Star 45 WS	94a	1b	0d	0c
T3: Diro + Nguo + Néré + variété locale	82b	1b	6a	2,4b
T4: pratique paysanne	53,2c	3a	4,16b	6,4a
Statistique				
<i>Signification</i>	s	ns	s	s
<i>CV</i>	16,3	2,16	22,3	7,12
<i>Pr</i>	0,05	0,79	0,03	0,05

Tableau 5: Tests d'efficacité des plantes pesticides contre le charbon couvert et les insectes dans la commune de Kolokani.

Formule de pesticides végétaux	%NPL	VL	%CM	%charbon
T1 : Diro+ Nguo + Néré + variété améliorée	92,9a	1b	2c	0c
T2 : variété améliorée + Apron Star 45 WS	93,3a	1b	0d	0c
T3: Diro + Nguo + Néré + variété locale	81,6b	2ab	6a	2,4b
T4: pratique paysanne	54,6c	3a	4b	6a
Statistique				
<i>Signification</i>	S	ns	s	s
<i>CV</i>	12,8	1,6	18,3	4,8
<i>Pr</i>	0,03	0,79	0,04	0,03

IV. Conclusion

Les études expérimentales portant sur les effets des extraits des pesticides végétaux sur les bio-agresseurs (charbon couvert et les insectes) ont mis en exergue leur efficacité de contrôle de l'infestation de *S. sorghi* et des insectes responsables des cœurs morts chez le sorgho. A l'instar du fongicide de référence Apron Star 42WS, le mélange de *S. longepedunculata* (Diro) + *C. ensiformis* (Nguo) + *P. biglobosa* (Néré) a été le plus efficace des treize formules utilisées pour le contrôle du charbon couvert et des ravageurs responsable des cœurs mort. Les travaux futurs porteront l'amélioration de l'adhérence des extraits des plantes aux graines de sorgho.

V. Documents cités

- Abdulrahman, A. & Aba, A. (2005). Antifungal activity of some extracts against some plants pathogenic fungi. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8 (3) 413-417.
- Amusa, NA. & Falola, O. (2004). Pre-harvest infection of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivars in the humid forest agroecological zones of Nigeria. Acta Fytotechnica et Zootechnica 7: 7-10.
- Bonzi, S. (2013). *Evaluation de la mycoflore des semences de sorgho et de Poaceae sauvages : Analyse de la variabilité des isolats de Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema Dorenbosch et Van Kest. et recherche de méthodes de lutte alternatives. Thèse doc.Univ. Polytec. Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 160 p.
- Dagno, K. (2016). Consolidation du schéma d'agrégation des agriculteurs familiaux conformément aux règles de l'OHADA. Cas des régions soudano-sahéliennes du Mali. Rapport de Stage. Gembloux Agro Bio Tech, Univ Liège, Belgique. 68p.
- Dagno, K. (2000). *Traitement des semences du sorgho, Sorghum bicolor (L) Munch avec des espèces végétales pesticides dans la lutte intégrée contre le charbon couvert, les fontes de semis et le Striga hermontica*. DEA Doc. Sci. agron. Katibougou. IPR/IFRA. Université du Mali. 32 p.
- Diourté, M., Touré A., Diarisso, YN., Dembélé B., Dembélé MD. & Dagno, K. (2002). Effectiveness of vegetable extracts in seed treatment against covered smut and other sorghum pests in farmers' fields in Mali. *INTSORMIL Pi conference*, November 18 – 20, 2002. Addis Ababa - Ethiopia.
- Diourté, M. (1989). Commission Technique Spécialisée des Productions Vivrières et Oléagineuses. DRA, SRCVO. Bamako du 11 au 15 Avril 1989.
- Frederiksen, RA. (2000). Compendium of Sorghum diseases, 2nd edition. The American Phytopathological society. 78 p.
- Kerharo, J. & Adam, JG. (1974). La pharmacopée traditionnelle sénégalaise. Plantes médicinales et toxiques. Editions Vigots et Frères, Paris, 1974, pp. 449, 450, 581.
- Paris, R. & Moysse, H. (1963). Abrégé de matière médicale, 5^{ème} édition, Paris. Pp. 21-87 et 1

Communication N°38: Évaluation de l'effet de l'inoculation avec des souches sélectionnées de champignons mycorhiziens et de rhizobiums sur la croissance du maïs (*Zea mays*) et du niébé (*Vigna unguiculata*) cultivés en association au champ à Mouzoun/Baguinéda (Mali).

Tiowa André DAKOUO, Lalla Karim SANOGO, Fallaye KANTE, Inamoud Ibny Yattara et Ousmane SACKO

Laboratoire de Microbiologie des sols, Faculté des Sciences et Techniques / Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako
Email : tiowaad@gmail.com téléphone : 63 46 02 03 / 74 78 97 09

Résumé

Au Mali, la production du maïs et du niébé est confrontée à la pauvreté des sols en phosphore et en azote. Cependant, ces plantes peuvent être fertilisées avec des souches performantes de champignons mycorhiziens et de rhizobiums. Dans cette étude, l'effet de l'inoculation avec la souche *Glomus aggregatum* (*Ga*) de champignons mycorhiziens et ORS 1518 de rhizobiums a été évalué sur la croissance du maïs et du niébé cultivés au champ. Le dispositif expérimental utilisé était en blocs complets randomisés. Le facteur étudié était l'inoculation à quatre niveaux (*Ga* ; ORS 1518 ; *Ga* + ORS 1518 et le Témoin). Le nombre de répétitions était de cinq. L'analyse de variance des données a été effectuée avec le logiciel R (Version R i386 3.2.2) et le Test de Tukey Contrasts au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Chez le maïs, la double inoculation (*Ga* + ORS 1518) a augmenté les biomasses (aérienne et racinaire) et l'intensité de mycorhization, respectivement de 45,93 %; 46,52 % et 14,85 %. L'inoculation avec *Ga* a augmenté la biomasse racinaire de 40,65 %. Chez le niébé, la double inoculation a augmenté les biomasses (aérienne et racinaire), la fréquence et l'intensité de mycorhization, le nombre et le poids des nodules, respectivement de 44,44 % ; 63,86 % ; 7,25 % ; 20,66 % ; 54,80 % et 68,42 %. L'inoculation avec *Ga* a augmenté la biomasse racinaire, la fréquence et l'intensité de mycorhization, respectivement de 58,25 % ; 6,77 % et de 17,82 %. L'inoculation avec ORS 1518 a augmenté le poids des nodules de 64,70 %.

Mots clés : inoculation, champignon mycorhizien, rhizobium, maïs, niébé, Mali

1. Introduction

Au Mali, pour pallier à la carence des sols en éléments nutritifs, les exploitants agricoles utilisent des engrais minéraux, qui sont chers et ayant des effets néfastes sur l'environnement (Diels *et al*, 2003). Face à cette situation, le recours à de nouvelles technologies s'impose, afin de pouvoir accroître durablement la production agricole. L'une de ces technologies est l'utilisation des microorganismes d'intérêt agricole, notamment les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) et certaines bactéries du sol appelées « rhizobiums ». Ces microorganismes peuvent établir des associations à bénéfice réciproque, ou symbioses avec beaucoup de plantes. Chez les champignons mycorhiziens cette symbiose appelée mycorhize favorise beaucoup la nutrition hydro minérale des plantes hôtes et les protègent contre les effets toxiques des éléments polluants (Sacko *et al*, 2012). Quant aux rhizobiums, ceux ci fixent l'azote atmosphérique en symbiose avec des plantes de la famille des légumineuses et celles du genre *Parasponia* de la famille des Ulmacées. Cette symbiose se caractérise par la formation des nodosités encore appelées nodules sur les plantes hôtes. Elle confère ces dernières une indépendance vis-à-vis de l'azote combiné du sol (Yattara *et al*, 2010).

Le maïs et le niébé revêtent une grande importance dans l'économie du pays. Le maïs représente la deuxième céréale la plus importante après le riz (IER, 2001). Le niébé, largement cultivé dans le pays, est l'une des plus importantes légumineuses alimentaires à graines possédant une valeur nutritionnelle élevée (IER, 2001).

Ce travail visait spécifiquement à (a) produire l'inoculum à base de la souche ORS 1518, (b) évaluer l'effet de l'inoculation sur la production de biomasses et la mycorhization chez les plants de maïs et de niébé, (c) évaluer l'effet de l'inoculation sur la nodulation chez le niébé.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone et site d'étude.

L'étude a été conduite dans un champ paysan du village de Mouzoun (Commune rurale de Baguinéda / région de Koulikoro), à 55 km de Bamako. A Koulikoro, le climat est de type soudanien au sud et sahélien au nord. Les couvertures végétales sont des savanes boisées et arborées. Les sols sont sablo-argileux avec une pluviométrie annuelle variant entre 900 et 1000 mm. L'agriculture constitue l'activité dominante dans la zone (INS, 2010).

2.2. Matériel utilisé

Matériel végétal

Les graines des variétés SOTUBAKA de maïs et WILIBALY de niébé ont été utilisées. Elles proviennent de la société semencière FASSO KABA, Bamako.

Matériel microbiologique

- souche ORS 1518 de rhizobiums de la collection du LMS-FST/USTTB ;
- inoculum mycorhizien, fourni par le LCM/UCAD-ISRA-IRD de Dakar, Sénégal. Il était constitué de très fins fragments de racines colonisées par la souche *Glomus aggregatum* de champignons endomycorhiziens, mélangées au sable de plage stérile, pauvre en N, P, K.

2.3. Méthodes

2.3.1. Préparation de l'inoculum rhizobien

La souche ORS 1518 a été multipliée en masse dans le milieu liquide YM (Vincent, 1970) [Composition/L : Mannitol : 10g ; K₂HPO₄ : 0,5g ; NaCl : 1mL ; MgSO₄.7H₂O : 10 mL ; CaCl₂ : 1 mL ; Fe₃SO₄ : 10mL ; Yeast Extract: 2 g] (Vincent, 1970), contenu dans un erlenmeyer et mis en agitation sur un agitateur orbital. Les travaux ont été effectués au Laboratoire de Microbiologie des Sols (LMS) de la Faculté des Sciences et Techniques de Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako.

Le temps écoulé entre le lancement de la culture et le déclenchement de la croissance a été noté. La pureté de l'inoculum a été appréciée au microscope optique par observation à l'état frais et par la détermination de la concentration des cellules bactériennes au spectrophotomètre.

2.3.2. Protocoles expérimentaux

Préparation du terrain

Elle a consisté au défrichage, dessouchage, nettoyage, a un labour léger de 15 cm de profondeur à la charrue, un hersage, suivis de la délimitation du champ expérimental.

Inoculation et semis des graines

Les graines de niébé ont été enrobées dans l'inoculum rhizobien additionné de gomme arabique comme adhésif et semées dans les poquets en même temps que les graines de maïs à raison de 2 graines par espèce. 10g d'inoculum mycorhizien ont été apportés par poquet. Un deuxième apport de l'inoculum rhizobien a été effectué au 15^{ème} jour après semis (jas), à raison de 10 mL par poquet.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé était un dispositif en blocs complets randomisés avec un seul facteur : inoculation à quatre niveaux (*Ga* ; ORS 1518 ; *Ga* + ORS 1518 et le Témoin). Les dimensions de chaque parcelle élémentaire (PE) étaient de 3,50 x 3 m. La distance entre les blocs était de 2 m, celle entre les PE était de 1,50 m. L'écartement entre les poquets était de 50 cm et la distance entre les

lignes de semis était de 75 cm. Le nombre de lignes de semis par PE était de quatre (4) et le nombre de poquets par ligne de semis était de sept (7), soit 28 poquets/ PE. La surface du champ d'expérimentation était de 23 m x 18,5 m.

Données collectées

La collecte des données a été effectuée au stade végétatif des plants et elle a porté sur les parties aérienne et racinaire des plants des deux espèces, le nombre et le poids des nodules formés sur les plants du niébé. Les plants ont été déterrés et le système racinaire de ces plants a été lavé, puis des fines racines ont été prélevées et mises dans des tubes à essai contenant de l'alcool 70°. Les nodules formés sur les plants de niébé ont été récoltés, comptés et mis dans des tubes contenant des cristaux de CaCl_2 recouverts par une bourre de coton cardé. Les nodules récoltés sur le même plant ont été mis dans un même tube. Ensuite, les parties aérienne et racinaire des plants ont été séparées et mises dans des sachets en plastique. Deux sachets ont été retenus par plant : un pour la partie aérienne et un pour la partie racinaire. Après la collecte, les sachets ont été transportés au laboratoire.

2.3.3. Évaluation de l'effet de l'inoculation sur la production des biomasses

Les parties aérienne et racinaire des plants des deux espèces ont été séchées séparément à la température ambiante sur la paillasse au laboratoire. Après séchage, elles ont été pesées.

2.3.4. Évaluation de l'effet de l'inoculation sur la mycorhization des plants

Les fines racines récoltées ont été retirées des tubes contenant l'alcool à 70°, placées dans d'autres tubes à essai, rincées soigneusement à l'eau de robinet et colorées selon la méthode de Philips et Hayman (1970). Elles ont ensuite été découpées en des petits fragments de 1 cm de long. Ces fragments ont ensuite été montés parallèlement sur des lames dans une goutte de glycérol. Pour chaque tube, 2 lames ont été préparées et 20 fragments racinaires ont été déposés sur chaque lame. Ces fragments ont ensuite été observés au grossissement x 1000 au microscope optique.

La fréquence (F %) et l'intensité (I %) de mycorhization des plants ont été calculées en utilisant la méthode de Trouvelot et *al.* (1986).

2.3.5. Évaluation de l'effet de l'inoculation sur la nodulation des plants du niébé

Les nodules récoltés sur les plants ont été gardés jusqu'au séchage complet. Après séchage, ils ont été pesés. Les nodules contenus dans le même tube ont été pesés ensemble.

3.3.6. Analyse des données

L'analyse de variance a été faite à l'aide du logiciel R (Version R i386 3.2.2) et le Test de Tukey Contrasts au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison les moyennes.

3. Résultats

3.1. Préparation de l'inoculum rhizobien

Le temps de croissance a été de cinq heures. Les bactéries étaient en forme de bâtonnets toutes mobiles. La concentration a été de 10^8 cellules /ml⁻¹.

3.2. Effet de l'inoculation sur les différentes variables mesurées chez le maïs

La double inoculation (Ga + ORS 1518) a augmenté les biomasses (aérienne et racinaire) et l'intensité de mycorhization, respectivement de 45,93 % ; 46,52 % et 14,85 %. L'inoculation avec Ga a augmenté la biomasse racinaire de 40,65 %. (Tableau 1).

Tableau 1 : Valeurs moyennes des biomasses aérienne et racinaire sèches, de la fréquence et de l'intensité de mycorhization des plants de maïs au stade végétatif.

Traitements	Variables mesurées			
	BAS (g)	BRS (g)	F (%)	I (%)
Ga	7,81 b	5,83 b	97,5 a	62,35 bc
ORS 1518	7,45 b	4,40 a	95,5 a	58,45 bc
Ga + ORS 1518	9,47 c	6,47 b	99,00 a	65,06 c
Témoin	5,12 a	3,46 a	98,00 a	55,40 a
Moyenne générale	7,46	5,04	97,5	60,31
Probabilité	0,001	0,001	0,1	0,001
Signification	HS	HS	NS	HS
Ecart type	2,06	1,63	3,20	5,64
C.V	0,28	0,32	0,03	0,09

Chaque valeur représente la moyenne pour 20 plants. Dans une même colonne les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey Contrasts. BAS : Biomasse aérienne sèche ; BRS : Biomasse racinaire sèche ; F : Fréquence de mycorhization ; I : intensité de mycorhization ; HS : Hautement significative ; NS : Non significative.

3.3. Effet de l'inoculation sur les différentes variables mesurées chez le niébé

La double inoculation a augmenté les biomasses (aérienne et racinaire), la fréquence et l'intensité de mycorhization, le nombre et le poids des nodules, respectivement de 44,44 % , 63,86 % ; 7,25 % ; 20,66 % ; 54,80 % et 68,42 %. L'inoculation avec Ga a augmenté la biomasse racinaire, la fréquence et l'intensité de mycorhization, respectivement de 58,25 % ; 6,77 % et de 17,82 %. L'inoculation avec ORS 1518 a augmenté le poids des nodules de 64,70 %. (Tableau 2).

Tableau 2 : Valeurs moyennes des biomasses aérienne et racinaire sèches, de la fréquence et de l'intensité de mycorhization, du nombre et du poids des nodules secs au stade végétatif des plants de niébé

Traitements	Variables mesurées					
	BAS (g)	BRS (g)	F (%)	I (%)	NN	PNS (mg)
Ga	8,17 bc	4,12 b	96,00 b	59,87 b	25,60 a	0,47 a
ORS 1518	6,35 ab	3,86 ab	93,50 ab	49,44 a	46,75 b	0,51 b
Ga + ORS 1518	9,00 c	4,76 b	96,50 b	62,01 b	53,75 c	0,57 b
Témoin	5,00 a	1,72 a	89,50	49,20 a	24,30 a	0,18 a
Moyenne générale	7,10	3,62	93,87	49,20	37,60	0,43
Probabilité	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001
Signification	HS	HS	S	HS	HS	HS
Ecart type	3	1,92	5,37	8,53	15,2	0,22
C.V.	0,42	0,53	0,06	0,15	0,40	0,52

Chaque valeur représente la moyenne pour 20 plants. Dans une même colonne les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 % pour le test de Tukey Contrasts. NN : nombre des nodules ; PNS : poids des nodules secs.

4. Discussions

Les résultats obtenus pour la préparation de l'inoculum concordent avec ceux de Lie *et al.*, (1992) qui ont noté que les souches de rhizobiums à croissance rapide ont un temps de croissance inférieur à 6 heures. La valeur 10^8 cellules/ml¹ obtenue pour la concentration de ces cellules par millilitre serait liée au système utilisé pour la culture (bio-fermentation), qui a été qualifié par Somasegaran and Hoben (1985) comme un système approprié pour la production en masse des rhizobiums.

Pour ce qui est de l'effet de l'inoculation sur les différentes variables mesurées, chez le maïs, les meilleures valeurs obtenues avec la double inoculation montrent une synergie d'action entre les deux types de microorganismes étudiés sur la production de biomasses et la mycorhization des plants du maïs. Nos résultats rejoignent ceux de Segda (2000) qui ont montré que l'association céréale-légumineuse favorise la croissance des plants de la céréale, surtout si elle est couplée à l'apport de souches de microorganismes symbiotiques. Toutefois, certains travaux antérieurs (Coulibaly *et al.*, 2012b) conduits en absence de tout apport des deux types de microorganismes, ont respectivement démontré que l'association maïs-niébé augmente la croissance, le rendement grains et la croissance des racines chez le maïs. Les résultats obtenus chez le niébé montrent que la même synergie d'action est observée sur les différentes variables mesurées chez les plants inoculés avec les deux souches de microorganismes. En outre, les effets notés pour l'inoculation simple avec la souche Ga et la souche ORS 1518, sur la production de la biomasse racinaire, les paramètres de mycorhization et le poids des nodules, pourraient s'expliquer par une bonne nutrition de la plante liée à l'infection de celles-ci par la souche Ga utilisée seule et par l'efficacité et l'efficacité de la souche ORS 1518. Plusieurs travaux antérieurs (Provorov *et al.*, 2002) ont démontré que chez certaines légumineuses, les champignons

mycorrhiziens agissent en synergie avec les rhizobiums. Par rapport à cette synergie, Cornet et Diem (1982) ont noté qu'elle se traduit généralement par une augmentation du nombre et du poids des nodules. Il est important de noter que les interactions entre les souches de champignons et les souches de rhizobiums sont d'une grande importance dans les écosystèmes dégradés où les ressources en phosphore et en azote sont rares (André *et al.*, 2003). Aussi, Ngakou *et al.* (2003) ont démontré que la double inoculation avec des souches de rhizobiums et de champignons mycorrhiziens à arbuscules permet d'améliorer la croissance et le rendement du niébé.

Par rapport à l'inoculation simple, les effets diffèrent nettement, selon les cas. Ainsi, plusieurs études (Killham et Firestone, 1983) ont démontré les effets bénéfiques de cette technique sur les plantes quand elle est effectuée avec des souches efficaces de champignons mycorrhiziens. Aussi, les plantes fertilisées avec des souches de champignons mycorrhiziens présentent souvent une plus grande vivacité (Strullu *et al.*, 1991). Concernant l'inoculation avec les rhizobiums, les différents essais pratiqués en plein champ dans le passé avec des souches de *Bradyrhizobium* n'ont eu peu d'impact sur la plante. Ainsi, au Sénégal, les expérimentations conduites en plein champ n'ont pas permis d'améliorer les rendements du niébé (Kanté, 2004).

Les résultats obtenus démontrent que les souches de champignons mycorrhiziens et de rhizobiums utilisées présentent une synergie d'action sur les variables mesurées, chez les deux variétés étudiées.

5. Références bibliographiques

- André S, Neyra M, Duponnois R (2003). Arbuscular mycorrhizal symbiosis changes the colonization pattern of *Acacia tortilis* spp. *raddiana* rhizosphere by two strains of rhizobia. *Microbial Ecology*, 45: 137-144.
- Cornet F, Diem HG (1982). Etude comparative de l'efficacité des souches de *Rhizobium* d'*Acacia* isolées de sols du Sénégal et effet de la double symbiose *Rhizobium Glomus mosseae* sur la croissance d'*Acacia holosericea* et *A. raddiana*. *Bois et Forêts des Tropiques*, 198 : 3-15.
- Coulibaly K, Vall E, Autfray P, Bacye B, Somda 1, Nacro HB, Sedogo PM (2012b). Co-conception d'itinéraires techniques de culture pure du niébé et du mucuna dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso : intérêts et limites. *Journal of Agriculture and Environmentfor International Development*, 106 (2) : 139-155.
- Diels LM, Diallo A, Ilboudo S (2003). Etude pour un programme d'appui à la filière maïs au Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso, diversity, distribution and evolution of phylogenetic lineages. *Mycorrhiza* 20: 217-263.
- IER : Institut d'Economie Rural (2001). Fiche Technique Sur Le Maïs Au Mali Décembre 2001 interfaces *New Phytol.*, 173 (1) : 11-26.
- INS : Institut National de la Statistique (2010). Résultats provisoires du Recensement général de la population et de l'habitat, 21-30
- Kanté F (2004). Effet de l'inoculation avec une souche de rhizobium (ORS 3260) sur la production du niébé (*vigna unguiculata* (L.) Walp) cultivé au champ

- sous deux régimes hydriques. DEA de Biologie Végétale, UCAD, 46p, Dakar.
- Kilham K, Firestone MK (1983). Vesicular arbuscular mycorrhizal mediation of grass response to acidic and heavy metal depositions. *Plant and soil*, 72: 39-48.
- Lie TA, Muilanberg M, Hiep NH, Ayhan K (1992). Cultivation of Bradyrhizobium CB 756 on sucrose-fermented by yeast. *Can. J. Microbiol.* 38:569-572.
- Ngakou A, Nwaga D, Tamo M, Part I (2003). Influence de la double inoculation rhizobienne et mycorrhizienne sur la croissance et le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) dans deux zones agro-écologiques du Cameroun. In Procédés Biologiques et Alimentaires. 9 p.
- Phillips JM, Hayman DS (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1): 158-161.
- Provorov NA, Borisov AY, Tikhonovich IA (2002). Developmental genetics and evolution of symbiotic structures in nitrogen-fixing nodules and arbuscular mycorrhiza. *J Theor Biol*, 214: 215–232 p.
- Sacko O, Yattara I, Messaoud L, Neyra M (2012). Effects of a rock phosphate on indigenuous rhizobia associated with *Sesbania sesban*. *Journal of Environmental Management* ; 265-268p.
- Segda Z (2000). *Mucuna cochinchinensis* dans les systèmes d'association et de rotation culturale au Burkina Faso, In Florent c., Pontanie R., Libbey J (eds). La jachère en Afrique tropicale. Eurotext. Paris : 622-627.
- Somasegaran FSC, Hoben HJ (1985). Methods in Legume-Rhizobium technology. United States Agency for International Development. USA. 306p.
- Strullu D G, Perrin R, Plenchette C, Garbaye J (1991). Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. Lavoisier, Paris, 256p.
- Trouvelot A, Kough J, Gianinazzi PV (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In : Gianinazzi-Pearson V and Gianinazzi S (eds) Mycorrhizae: physiology and genetics. INRA Press, Paris, pp 217-221.
- Vincent JM (1970). A manual for the practical study of root nodule bacteria. International Biological Programme Handbook N°15 *Blackwell Scientific Publications*. Oxford and Edinburgh. 164 p.
- Yattara Inamoud Ibny, Kante Fallaye, Krasoval-Wade Tania, Sacko Ousmane, Ndoye Ibrahima, Lahbib Messaoud, Neyra Marc (2010). Effet de la double inoculation avec rhizobiums et champignons mycorrhiziens sur la croissance de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala* alimentés en eaux résiduelle d'irrigation d'office du Niger en zone sahélienne du Mali. *Revue Malienne des Sciences et de Technologie (CNRST)*, N°12 : 36-41.

Communication N°39: Diversité des populations de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* au Mali et recherche de sources de résistances durables chez le manioc.

Moussa KANTE¹⁻³⁻⁶, Carolina FLORES¹, Leydi RACHE⁷, Laurence BLONDIN², Issa WONNI⁵, Karim DAGNO⁴, Ousmane KOITA³, Silvia RESTREPO⁷, Adriana BERNAL⁷, Ralf KOEBNIK¹, Valérie VERDIER¹, Christian VERNIERE² et Boris SZUREK¹.

E-mail: moussa4ml@yahoo.fr

¹IRD, Institut de Recherche pour le Développement, IPME, UMR 186 IRD-UM2-Cirad, 911 avenue Agropolis, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France

²Cirad, UMR BGPI "Biology Genetic of Population Interaction", TA A-54-K/Cirad-BIOS, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier cedex5, Montpellier, France

³LBMA, Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée de l'Université des Sciences Techniques et Technologies de Bamako, Mali

⁴IER, Institut d'Economie Rurale, Laboratoire de Phytopathologie, CRRRA de Sotuba, BP 258 Bamako, Mali

⁵INERA, Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole, Farako-ba 01 B.P. 910 Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

⁶US-FAMA, Université de Ségou-Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale, Médine, BP24, Ségou, Mali.

⁷Université de Los Andes, LAMFU, Bogota, Colombie.

Résumé

La bactériose vasculaire du manioc (ou CBB pour Cassava Bacterial Blight) causée par la bactérie phytopathogène *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* (*Xam*) sévit sur plusieurs continents de la ceinture intertropicale, et notamment en Afrique de l'Ouest où elle a été récemment rapportée au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire, imposant parfois de sévères pertes de rendement aux producteurs de manioc. Le statut du CBB au Mali jusqu'à nos récents travaux restait encore méconnu.

Des prospections ont été réalisées en fin 2015 dans deux régions de production du manioc (Bamako et Ségou). Quarante (40) souches de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* ont été identifiées grâce à des tests de diagnostic moléculaire et de pouvoir pathogène. Cette étude constitue la première description de la présence du CBB au Mali et a permis de constituer la première collection de souches de *Xam* maliennes.

Par la suite, une approche de type MLVA (Multiple-Locus Variable number tandem repeat Analysis) basée sur l'analyse de 14 microsatellites (VNTR) a permis d'évaluer la diversité génétique. Nos résultats issus de cette première analyse de 40 souches isolées à partir de ces deux régions, donne 18 haplotypes, qui révèlent une diversité plus importante au niveau des populations de la région de Bamako par rapport à celle de Ségou (respectivement 13 et 5 haplotypes), avec pour

indices de diversité $He_{\text{Bamako}}=0.47$ et $He_{\text{Ségou}} = 0.19$ et une différenciation $RST = 0,262$ avec $P < 0,001$.

De nouvelles prospections en 2016, couvrant plus de zones de production (régions de Mopti, Ségou, Sikasso, Koulikoro et Bamako), ont permis d'isoler plus de 300 souches en cours d'analyse de diversité génétique. A partir de la diversité connue de ce pathogène au Mali, nous pourrions évaluer une quinzaine d'accessions cultivées dans ces zones collectées pour des fins de génotypage et de criblage variétal afin d'identifier les variétés plus résistantes.

Mots clés : Manioc, Mali, Xanthomonas, bactériose vasculaire du manioc-CBB, MLVA-14, accessions locales, et résistance variétale

1. Introduction

Le manioc est une culture d'importance capitale dans la ceinture tropicale pour ses attributs nutritifs comme source d'amidon, et industriels comme source de biocarburant [1].

En Afrique de l'Ouest le manioc occupe la deuxième place de culture vivrière [2,3]. Son aire de production s'étend même à la zone tropicale sèche car il est extrêmement adaptatif voir ubiquiste [4, 5]. Le Mali, pays à climat tropical sec ne fait pas exception à cette règle. En effet, on note la production de manioc dans presque toutes les régions du pays [6].

En tant que culture à propagation clonale, le manioc est particulièrement vulnérable aux agents pathogènes et à certaines formes de stress abiotiques. La bactériose vasculaire du manioc (CBB, Cassava Bacterial Blight), causée par *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* (Xam), est la maladie bactérienne la plus importante affectant cette culture [7, 8]. Au Mali, la culture de manioc semble être confrontée à des contraintes dont celles parasitaire [1], ayant potentiellement pour conséquence la baisse de rendement constatée depuis quelques années [9]. Constamment, des cas de symptômes dont les causes restent mal connues par la plupart des acteurs (paysans et agents vulgarisateurs), sont rapportés. A cela s'ajoute l'existence de variétés aux identités mal connues, ces variétés sont des écotypes et les producteurs ne connaissent pas toujours leur origine. Seule une caractérisation morphologique et génétique permettra de les différencier.

A la lumière de ces problématiques cis-mentionnées, les objectifs de cette présente étude étaient : (i) réaliser une collection de souches représentatives de la distribution de la maladie au Mali et adaptées à des analyses de structure des populations, (ii) caractériser le profil allélique de ces souches à l'aide d'un schéma MLVA-14 microsatellites déjà développé et analyser les relations génétiques entre souches et populations et (iii) caractériser les interactions pathogène/résistance d'une collection de souches représentatives vis à vis d'une collection variétale de manioc.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel végétal

Une série de prospections puis de collecte ont permis en 2015 puis 2016 de collecter des feuilles symptomatiques de la CBB montrant des tâches anguleuses huileuses et translucides sur les feuilles entourées ou non d'un halo chlorotique.

Pour chaque prélèvement sont relevées les coordonnées GPS, le nom de la localité, la date de collecte, un code d'identification et le nom de la variété de manioc (Tableau 1 et Figure 1).

Tableau 3 : Situation des localités de d'échantillonnage des campagnes de 2015 et 2016.

Années collectes	de Régions de collectes	Sites de collecte
2015	Bamako (Koulikoro) Ségou	Sotuba Samanko* Bla
2016	Bamako Mopti Koulikoro Ségou Sikasso	Sotuba et Bougouba Korientzé village et Bagui Samanko et Baguineda Dougoukouna, Ségou-poste, Sienso Finkolo, Loulouni, Selingué

*Localité appartenant à région de Koulikoro, mais considéré dans la région d'étude de Bamako lors des travaux de 2015.

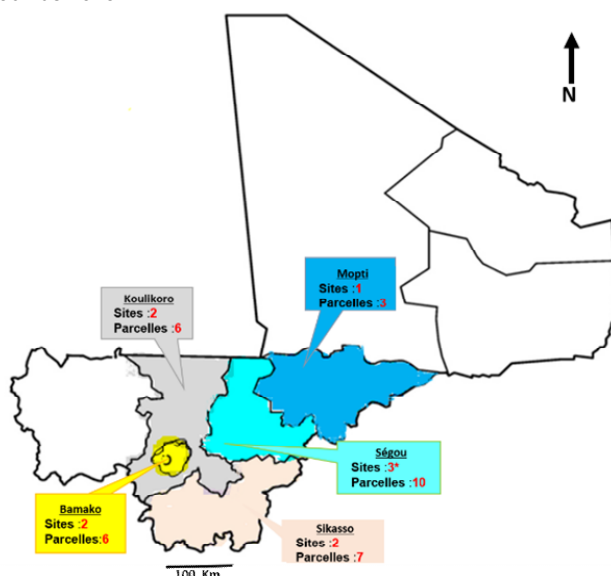


Figure 13 : Carte du Mali montrant les régions de prospection-collecte des échantillons

2.2. Caractérisation

2.2.1. Isolement et conservation des souches

Au laboratoire, un fragment de 1 cm. de diamètre de feuille présentant des symptômes et une bordure saine est découpé, désinfecté successivement pendant 30s dans de l'éthanol (75 %), de l'eau de javel (0,1%) et rincé dans de l'eau distillée stérile [10]. Le fragment est ensuite broyé dans un tube Eppendorf contenant deux petite billes mécaniques et 300 µl d'eau à l'aide d'un broyeur mécanique. Après broyage, 50µl de broyats dilués 10 et 100 fois sont étalés sur des boîtes de pétris contenant le milieu de culture LPGA (pour 1 litre: extrait de Levure, 15g ; Peptone, 5g ; Glucose, 5g ; Agar, 5g) et incubés à 28° C pendant 48-72h. Les colonies dont l'aspect ressemble à celles de *X. axonopodis* pv. *manihotis*

(blanc-ivoire, ronde et muqueuse) sont ensuite purifiées par ré-étalements successifs en obtenant des colonies isolées.

La conservation des souches est réalisée à partir de cultures pendant la nuit en milieu liquide de type PHI (composé pour 1 litre de Peptone, 10g, d'Acide casaminique, 1g, et d'extraits de Levure, 1g.). Des cryotubes contenant 0,5 ml de glycérol à 80% sont additionnés à 600 µl de la suspension bactérienne et sont mis en stocks à -80°C.

2.2.2. Validation de l'identité *Xam* des souches par PCR & test de pathogénicité

2.2.2.1. PCR-multiplexe

Cette PCR-multiplex est réalisée à l'aide de 2 paires d'amorces visant à amplifier spécifiquement un fragment du gène de ménage *rpoB* (944pb) et un fragment de 570pb codant la partie C-terminale des effecteurs de type TAL de *X. axonopodis* pv. *manihotis* [11]. Le volume réactionnel de 10µl est composé de (i) 1 µl de tampon de réaction 10X ; (ii) 0,4 µl de dNTPs à 10 mM ; (iii) 0,8 µl du mix d'amorces à 10 µM ; (iv) 0,05 µl de Taq polymérase ; (v) 6,75 µl d'eau stérile ; (vi) 1 µl d'une suspension bactérienne préalablement dénaturée 5 min à 95°C. L'amplification de l'ADN est réalisée à l'aide d'un thermocycleur GeneAmp PCR System 9700 selon le programme suivant en trois phase: (i) Dénaturation à 93°C pendant 3 minutes suivi de (ii) 35 cycles comportant 30 secondes de dénaturation à 93 °C , 30 secondes d'hybridation à 65 °C et 45 s d'élongation à 72 °C et (iii) avec l'élongation à 70°C pendant 5 minutes et la conservation à 12 °C jusqu'à retrait des échantillons

Les produits PCR ont été migrés sur gel d'agarose à 0,8% dans du Tris/Borate/EDTA (TBE) durant 30 minutes à 100V dans une cuve d'électrophorèse contenant du TBE à 0,5% (10.8 g de Tris, 5,5 g d'acide borique, 0,6 g d'EDTA pour un 1 L de solution). Le gel est ensuite incubé dans une solution de bromure d'éthidium à 1% durant 15-20 minutes, puis révélé sous rayonnements ultraviolets (UV).

2.2.2.2. Test de pathogénicité

L'infiltration à base de l'inoculum d'une concentration de 108 CFU/ml des souches de *X. axonopodis* pv. *manihotis* se fait à l'aide d'une seringue de 1ml (sans aiguille) au niveau de la face inférieure de feuilles de plants de manioc âgés de huit semaines environ (Fig.2-B). L'évolution des symptômes est observée régulièrement jusqu'à 2 semaines après inoculation (Figure 2-C).

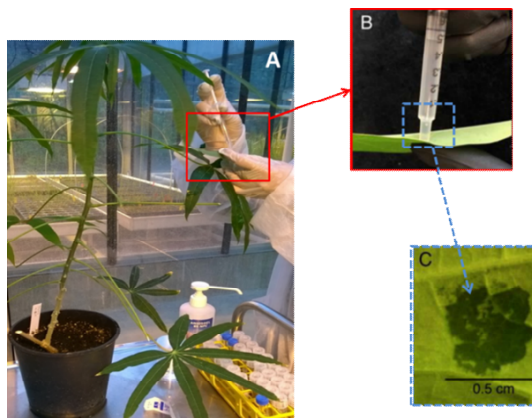


Figure 14 : Inoculation de feuilles de manioc par infiltration via seringue (A et B), zoom sur la zone infiltrée(C). (Photos B et C adaptées de [9])

2.3. Analyse MLVA

A partir d'une culture bactérienne mise en croissance pendant 16-24h, l'extraction d'ADN a été réalisée en utilisant le Kit «Wizard® GenomicDNA Purification» (Proméga) pour les souches issues de l'échantillonnage de 2015. Pour les souches issues de l'échantillonnage de 2016, des dilutions bactérienne faites à partir d'une demi-anse de colonie bactérienne préparée dans 200 ml d'eau distillée stérile ont servi pour la composition des puits de plaques PCR .

Pour le typage nous utilisons 14 marqueurs VNTR multiplexés au moyen d'amorces marquées en 5' par les fluorochromes Fam, Pet, Ned et Vic. Les PCR sont réalisées à l'aide du kit Multiplex PCR (QIAGEN) en ajoutant 2 µl de solution d'ADN (25ng/µl) ou 1 µl de suspension bactérienne dans un volume réactionnel final de 10 µl. Les réactions de PCR sont faites dans un thermocycleur GeneAmp PCR System 9700 (AppliedBioSystems). Les produits PCR (1ul d'amplicon /echantillon) sont ensuite dilués 1au 100^{ème} avant de les incorporer à une solution de formamide (10ul/echantillon)/marqueur de taille LIZ500 (0,3ul/echantillon) (Applied Biosystem). Les amplicons sont alors séparés et détectés sur séquenceur ABI3500 (Applied Biosystems). Les données électrophorétiques obtenues comme résultats sont ensuite lus sur GeneMapper [12]. L'analyse des données est effectuée par divers logiciels d'analyse de diversité génétique comme GenAlex 6.5 [13]., Arlequin 6.0 [14]., HPrare[15]., eBURST [16]. et Phyloviz 2.0 [17].

3. Résultats

3.1. Première confirmation de la présence de la CBB au Mali

Nos résultats ont permis de valider l'hypothèse de présence de cette maladie au Mali et de mener une analyse préliminaire de la diversité des souches de la campagne 2015 caractérisé par un maillage restreint des zones de production, qui en 2016 s'est élargie à un plus grand nombre de zone (Tableau 1).

Tableau 4 : Situation des isollements issues de la campagne de collecte 2015

Régions d'étude	Sites	Isolats Totaux	Isolats de type <i>Xam</i>	Totaux testés /Inoc.	Testés + / Inoc.	Xam candidates /MLVA
Ségou	Bla	24	18	18	18	16
Bamako	Samanko	6	2	2	2	2
	Sotuba	20	20	20	20	20
Total	3 sites	50	40	40	40	38

Tableau 5 : Situation des isollements issues de la campagne de collecte 2016

Régions d'étude	Sites	Isolats Totaux	Isolats de type <i>Xam</i>	Totaux testés /Inoc.	Testés + / Inoc.	Xam candidates /MLVA
Ségou	Ségou Poste	32	24	11	10	26
	Dougoukouna	64	47	13	7	54
	Siensou	36	24	30	24	30
		132	95	54	41	115
Sikasso	Loulouni	53	38	15	14	52
	Selingué	29	21	9	8	29
		82	59	24	22	80
Koulikoro	Baguineda	34	24	10	9	33
	Samanko	41	34	9	7	41
		75	58	19	16	74
Bamako	Bougouba	28	17	13	7	24
	Sotuba	37	25	4	3	28
		65	42	17	10	52
Total	9 sites	354	254	114	89	321

Les échantillonnages de 2015 concentré sur 3 sites réparties dans 2 régions d'étude (Bamako et Ségou), et celle de 2016 marqué par une extension des zones de collectes à 04 régions comportant 9 sites, ont donné des colonies bactériennes considérées comme *Xam* candidates.

Afin de poursuivre la caractérisation, le diagnostic moléculaire basé sur l'emploi d'une PCR multiplexe permettant d'amplifier des amplicons a donné des résultats positifs pour 40 des 50 isolats testés sur le lot de la campagne 2015 (Tableau 1). Les profils PCR ont révélés deux bandes d'environ 570 et 950pb, semblables à celles obtenues à partir de l'ADN génomique de la souche de *X. axonopodis* pv. *manihotis* de référence CIO151 dont le génome entier a été séquencé [18].

Par la suite, les tests de pouvoir pathogène avec ces mêmes souches, réalisé afin d'évaluer la capacité des souches de *Xam* à conférer la bactériose vasculaire du manioc, nous a montré que la majorité des souches positives par PCR-M le sont

aussi positif au test de pouvoir pathogène, comme cela est illustré dans la Figure 4. C'est ainsi que 40 souches jugées positives dans le test de pouvoir pathogène ont conduit à l'apparition des symptômes typiques de la CBB : lésions foliaires sous forme de nécroses angulaires, taches de brûlures et dessèchement foliaire, en passant par le recroquevillement des feuilles jusqu'à leur dépérissement total.



Figure 15 : Tests de pouvoir pathogène. Symptômes observés suite à l'infiltration de feuilles de manioc de la variété SG107 avec de l'eau(1,7), la souche de référence *Xam* CIO151 servant de témoin positif (2), les souches candidates 4M(3), 5M (4) ,6M (5) et 43M (6). Les photos ont été prises 10 (A) et 25 (B) jours après infiltration.

3.2. Diversité des *Xam* du Mali :

Ici nous avons les résultats de l'analyse totale de la diversité des souches de 2015.

Tableau 6 : Paramètre évalué lors de l'analyse de la diversité des souches issues de la campagne de 2015.

Indicateurs de Diversité	Total Mali	Population Bamako	Population Ségou
Effectifs de la pop. (N)	38	22	16
Locus monomorphes	1/14	1/14	4/14
He(Diversité de Nei)	0,42	0,47	0,19
Rst	0,262 (P < 0,001)		
Richesse allélique	-	2,96	2,07
Richesse allélique privée	-	1,06	0,16

Les loci se sont montrés polymorphes dans notre échantillon de souches du Mali (n=38) de 2015, excepté un locus (VNTR38). La diversité génétique totale HT est de 0,42 (Tableau 3). De façon similaire, un seul locus a été monomorphe (VNTR 38) pour la sous-collection de Bamako (92,86 % de loci polymorphes), alors que 4 loci se retrouvent monomorphes dans la sous-collection de Ségou (VNTR6, VNTR30, VNTR37 et VNTR 38). Les diversités génétiques He pour les populations de Bamako et Ségou ont été respectivement de 0,47 et 0,19 (Tableau 5).

Les autres indicateurs de la diversité génétique comme la richesse allélique et la richesse allélique privée, indiquent une plus grande diversité génétique des populations de *Xam* dans la région de Bamako (Tableau 5). La richesse allélique obtenue avec la méthode de raréfaction (n=16), varie entre les populations isolées des deux régions, de 2,96 pour les populations de Bamako à 2.07 au niveau de celles de Ségou. Les souches de Bamako possèdent le plus d'allèles propres, c'est-à-dire le nombre d'allèles privés de cette population qui est de 1,06 contre 0,16 pour les populations de Ségou.

Ces différentes données suggèrent que la population de Bamako est plus diversifiée. La différenciation génétique mesurée par les indices RST et FST a été significative entre les populations de Bamako et de Ségou (RST = 0,262, P < 0,001 ; FST = 0,290, P < 0,001).

Le réseau de descendances obtenu par analyse eBURST montre que les 18 haplotypes obtenus de l'analyse MLVA-14 issus des 38 souches de nos deux régions se séparent en cinq complexes clonaux (Fig. 5) de 2 à 4 haplotypes (réseaux d'haplotypes différents sur un locus ou « Single Locus Variant »). Deux de ces complexes clonaux regroupent des souches isolées de la région de Bamako et de Ségou. Un seul haplotype est partagé par des souches de Bamako (17M, 18M) et de Ségou (36M).

Le complexe clonal formé de 4 haplotypes (Fig. 5) regroupe 6 souches, 4 de la région de Bamako et 2 de la région de Ségou. Aucun fondateur primaire n'a été significativement identifié. Ces relations phylogénétiques étroites entre les souches de ces deux régions suggèrent un lien épidémiologique entre les populations de Bamako et Ségou.

On constate également un grand nombre de singletons représenté par 6 haplotypes contenant 16 souches. Ces singletons représentent des haplotypes qui diffèrent par au moins 2 loci des différents complexes clonaux définis.

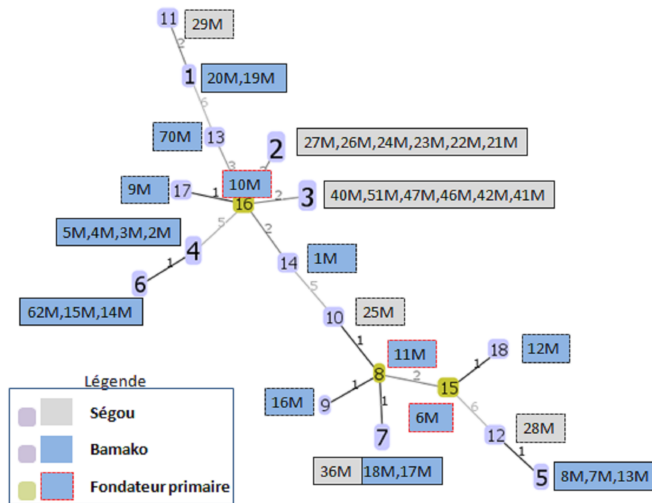


Figure 16 : Réseaux de descendance des souches collectées au Mali.

4. Discussions :

4.1. De l'occurrence de la CBB au Mali

Des observations morphologiques des colonies, suivies de tests moléculaire (PCR de diagnostic multiplexe, séquençage d'un gène de ménage) et pathotypiques nous ont permis d'arriver à la conclusion que la CBB était bien présente au Mali. Les souches isolées sont originaires de 3 sites dont deux (Sotuba et Samanko) sont situés dans la zone de Bamako au Sud-Est du pays, et un autre, le site de Bla situé dans la région de Ségou en allant vers le centre du pays à quelques 250 kilomètre de la première région. Cette différence géographique des sites de collecte des échantillons est un indicateur de l'adaptation de la maladie à différentes écozones au Mali. Ce qui a été confirmé par l'élargissement des régions d'étude à la quasi-totalité des zones de productions du manioc indiquées par Pouzet et aussi Coulibaly et al [5,6], qui désignaient comme grandes zones de culture de manioc des régions comme les de Sikasso, Ségou et Koulikoro, Kayes, et Mopti. La plupart de ces régions n'ayant pas fait l'objet de sondage lors de la campagne 2015, d'où l'importance d'un élargissement de région d'étude en 2016 prenant en compte toutes les ecozones du Mali à l'exception de celle saharienne. Cela permettra de dresser une carte de distribution plus complète de la maladie au Mali.

Par ailleurs, la capacité des souches isolées à provoquer les symptômes de CBB après inoculation a été démontrée pour la grande majorité des isolats. Pour ces souches qui ont induit des symptômes typiques de la CBB, on peut dire qu'elles ont déterminé une interaction compatible avec la variété soumise à l'infiltration.

4.2. Diversité au niveau local par comparaison des populations maliennes

Au niveau du Mali l'analyse MLVA a révélé un polymorphisme plus important des populations dans la région de Bamako en comparaison avec celles de Ségou. Quatre loci microsatellite VNTR se sont montrés monomorphes dans la population de Ségou, alors qu'un seul était monomorphe dans la population de Bamako. La richesse allélique ramenée à un même nombre d'individus a confirmé la plus grande diversité dans la population de Bamako. Une diversité génétique plus grande dans une population peut s'expliquer par une présence plus ancienne de la maladie au niveau de la localité la plus diversifiée [19]. Cela suggère que la présence de la maladie pourrait être relativement plus ancienne dans la zone de Bamako que de Ségou.

Les deux populations de Bamako et de Ségou sont génétiquement différenciées. Les sites de collectes des deux régions d'étude à savoir Bamako et Ségou sont géographiquement éloignés, avec plus de 200km les séparant. Cette distance fait que les risques de propagation via des phénomènes naturels (tels les vents ou les pluies) sont réduits, limitant ainsi des événements de migration entre ces deux populations. Cependant l'analyse des réseaux de descendance entre les haplotypes maliens a montré que des souches des deux régions peuvent se retrouver au sein de mêmes complexes clonaux et certaines souches se partagent un même haplotype. Ces données supportent un lien épidémiologique entre les souches des deux régions du Mali.

5. Conclusion :

L'un des objectifs de notre présent travail qui consistait à évaluer le statut sanitaire des manioc vis à vis de la bactériose vasculaire du à *Xanthomonas*, nous a permis de confirmer la présence de *X. axonopodis* pv. *manihotis* au Mali. Elle a aussi ouvert la voie à une analyse préliminaire de la diversité des souches existantes dans ce pays, à partir d'une première collection des souches de ce pays (échantillonnage 2015 puis de 2016). Quand on sait que les pouvoirs publics Maliens ambitionnent de fortement promouvoir la culture du manioc, on comprend pourquoi de telles études sont nécessaires, si l'on veut éviter des situations de crises alimentaires.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce aux soutiens des partenaires suivants : service d'action culturelle et de coopération(SCAC) de l'Ambassade de France au Mali, Le projet NICHE du partenaire NUFFIC, la JEAI-COANA, l'IRD de Montpellier et l'Université de Ségou.

Références

1-Howeler, R., Lutaladio, N. and Thomas, G. (2013). Save and Grow: Cassava: a guide to sustainable production intensification. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

- 2- N'zué B., Zohouri G-P., Yapi-Gnaoré V. (2005), .Bien cultiver le manioc en Côte d'Ivoire,Fiche technique ,CNRA, Abidjan .4p.
- 3-Sanginga N, Mbabu A. (2015). Racines et Tubercules (Manioc, Igname, Pomme de Terre et Papate Douce), Conférence 'Nourrir l'Afrique', Dakar,P-35.
- 4-FAO (2013) : Produire plus avec moins: Le manioc Guide pour une intensification durable de laproduction 3 : 129p
- 5-Pouzet D(1988). Amélioration de la culture mécanisée du manioc en Côte, Mémoires et travaux de l'IRAT n°18. Bouaké. 122 p.
- 6-Dembele D., Diarra B., Sanogo F., Bengali M., Ballo A., Samake O., Sissoko M., 2013. Evaluation de variétés locales de manioc et de patate douce au Mali, Rapport final de projet (PPAAO/WAAPP),52p.
- 7-Wonni I., Ouedraogo I., Dao S., Tekete C., Koita O., Geradine T., Portier P., Szurek B. and Verdier V. ,(2014). First Report of Cassava Bacterial Blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv .*manihotis* in Burkina Faso. *Plant Disease*, 99(4), p 551. .=>4
- 8-Koné , D., Dao, S., Tekete, C., Doumbia, I., Koita, O., Abo, K., ... & Verdier, V. (2015).Confirmation of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* Causing Cassava Bacterial Blight in Ivory Coast. *Plant Disease* .=>5
- 9-FAO (2015). Crop Production data 2013. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of theUnited Nations, Rome, Italy. <http://www.fao.org>.
- 10-Restrepo, S., Duque, M.C. and Verdier, V. (2000) Resistance Spectrum of Selected *Manihot esculenta* Genotypes under Field Conditions. *Field Crops Research*, 65, 69-77.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00072-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00072-6)
- 11-Trujillo C A, Arias-Rojas N, Poulin L, Medina CA, Tapiero A, Restrepo S, Koebnik R and A J Bernal, 2014.Population typing of the causal agent of cassava bacterial blight in the Eastern Plains of Colombia using two types of molecular markers
- 12-Verdier, V., Restrepo, S., Mosquera, G., Duque, M. C., Gerstl, A., & Laberry, R. (1998). Geneticand pathogenic variation of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in Venezuela. *Plant Pathology*, vol. 47, p. 601-608
- 13-Cohn M., Shybut M., Dahlbeck D. et Staskawicz B. (2015). Assays to Assess Virulence of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* on Cassava . *Bio-protocol* 5(13): e1522. <http://www.bioprotocol.org/e1522>
- 14-Peakall R, Smouse PE, (2012). GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel: population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics*, 28(19):2537–2539.
- 15-Excoffier, L., & Lischer, H. E. (2010). Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows.*Molecular ecology resources*, 10(3), 564- 567.*Molecular ecology resources*, , vol. 10, no 3, p. 564-567.
- 16-Kalinowski, S. T. (2005). hp-rare 1.0: a computer program for performing rarefaction on measures of allelic richness. *Molecular Ecology Notes*, 2005, vol. 5, no 1, p. 187-189.
- 17-Feil, E. J., Li, B. C., Aanensen, D. M., Hanage, W. P., & Spratt, B. G. (2004). eBURST: inferring patterns of evolutionary descent among clusters of related bacterial genotypes from multilocus sequence typing data. *Journal of bacteriology*, 186 (5), 1518-1530. *Journal of bacteriology*, 2004, vol. 186, no 5, p. 1518-153.
- 18-Francisco, A. P., Vaz, C., Monteiro, P. T., Melo-Cristino, J., Ramirez, M., & Carriço, J. A. (2012). PHYLOVIZ: phylogenetic inference and data visualization for sequence based typing methods. *BMC bioinformatics*, 13(1), 1.
- 19-Faouzia A H & Seny-couty A. ,(2014).Identification, caractérisation génétique et analyse épidémiologique de la bactérie *Xanthomonas citri* pv. *citri*, agent phytopathogène dans l'archipel des Comores. Rapport de Stage.Université de la Reunion 73p

Communication N°40: Lutte biologique contre *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* et *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* par utilisation des bactéries endophytes

Djénèba OUATTARA^{1*}, Amadou Hamadoun BABANA¹, Sognan DAO¹, Amadou Hamadoun DICKO¹, Adounigna KASSOGUE¹, Bakaye DOUMBIA¹, Djeneba NANTOUME¹, Ibrahima MALLE¹, Bintou DIARRA¹, Ousmane DIARRA¹, Salimatou SAMAKE¹, Rokiatou FANE¹ et Moctar COULIBALILY¹

¹: Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et des Techniques, BPE3206 Bamako/Mali

Email: djenebaouattara27@gmail.com

Résumé

Au Mali, le riz (*Oryza sativa* L) est une céréale très importante dans le régime alimentaire.

Il contribue pour 5 % au PIB et sa consommation par habitant est de 81, 61 kg/personne/an. Malheureusement, cette culture est confrontée à une baisse de rendement due aux maladies, principalement à deux bactérioses qui sont le flétrissement bactérien et la strie foliaire, causés respectivement par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) et *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*). L'amélioration de la production du riz étant une priorité pour la sécurité alimentaire au Mali, l'objectif de cette étude a été d'utiliser des bactéries endophytes non pathogènes du riz pour contrôler le flétrissement bactérien et la strie foliaire du riz. Pour atteindre cet objectif nous avons : (i) sélectionné dans la collection du LaboREM 3 isolats (Endo-Ad9, Endo-Nie6, Endo-Rem8) d'endophytes, 3 souches de *Xoo* (Xo-Ad9, Xo-Ad10,

Xo-Ad20) et 2 souches de *Xoc* (Xo-Ko12, Xo-Lo13), (ii) testé l'efficacité des endophytes sélectionnés à inhiber la croissance de *Xoo* et *Xoc* *in vitro*. Les 3 endophytes de riz sélectionnés ont été testés *in vitro* pour évaluer leur efficacité à contrôler *Xoo* et *Xoc*. Suite à ce test, 100% des endophytes ont montré une activité antimicrobienne importante contre toutes les souches de *Xoo* et *Xoc* avec un diamètre d'inhibition variant entre 6 et 28,5 mm. L'Endo-Ad9 a été sélectionné pour sa forte capacité à inhiber la croissance des 2 pathogènes à la fois.

Mots clés : Riz, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, endophytes, lutte biologique.

I. Introduction

Le riz (*Oryza sativa* L), est la principale culture céréalière au monde (Khan et *al.*, 2012). Il est essentiel pour la réduction de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire en Afrique subsaharienne en général, et au Mali en particulier. La production de riz, qui a été de 2 268 054 tonnes en 2010 (PNIP-SA, 2010), est appelée à augmenter à cause de la demande croissante en denrée alimentaire au Mali et dans la Sous-région. Malheureusement, la culture du riz fait face à 2 sérieuses bactérioses qui sont le flétrissement bactérien ou "Bacterial Leaf Blight (BLB)" et la strie foliaire ou "Bacterial Leaf Streak (BLS)", causés respectivement par *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) et *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (Xoc) (Nino-Liu et *al.*, 2006). Ces bactérioses constituent l'une des principales contraintes limitant l'intensification de la riziculture Malienne (Wonni et *al.*, 2014; Sarra et *al.*, 2010).

Malgré les pertes majeures en riz engendrées par ces bactérioses et la capacité prouvée de certains microorganismes endophytes à contrôler ces bactérioses, au Mali très peu d'études ont été menées dans ce sens.

Dans le but de mettre à la disposition des paysans un biopesticide efficace et peu coûteux, l'objectif de ce travail a été de tester et sélectionner des bactéries endophytes pouvant inhiber efficacement la croissance des pathogènes Xoo et Xoc.

II. Matériels et méthodes:

II.1 Matériels

Les matériels utilisés pour mener cette étude ont été:

- Trois (3) souches de Xoo (Xo-Ad9, Xo-Ad10, Xo-Ad20) et 2 souches de Xoc (Xo-Ko12, Xo-Lo13), qui ont été sélectionnées dans la collection du Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne (LaboREM);
- Trois (3) isolats d'endophytes du riz (Endo-Ad9, Endo-Nie6, Endo-Rem8) ont été aussi sélectionnés parmi les souches de la collection du LaboREM;
- Deux (2) semences de riz dont la variété Adny11 et Kogoni 91-1 nous ont été gracieusement fournies par l'Institut d'Économie Rurale (IER).

II.2 Méthodes

Sélections au laboratoire d'endophytes du riz pouvant contrôler efficacement la croissance de *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* et *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*

L'activité antimicrobienne des endophytes contre Xoo et Xoc a été déterminée en utilisant le protocole modifié de Hastuti et al (2012).

Trois(3) endophytes bactériens du riz (Endo-Ad9, Endo-Nie6, Endo-Rem8) ont été tirés au hasard dans la collection du LaboREM-Bioctech et testés contre 3

souches de *Xoo* (Xo-Ad9, Xo-Ad10, Xo-Ad20) et 2 souches de *Xoc* (Xo-Ko12, Xo-Lo13). Les pathogènes (*Xoo* et *Xoc*) et les endophytes ont été réactivés chacun sur cultivés sur le milieu PSA et incubés à 28 C pendant 48 heures. Une suspension bactérienne de chaque pathogène a été préparée (à partir des cultures jeunes) dans l'eau physiologique stérile à une concentration de 10^8 cfu / ml. Un millilitre de l'inoculum bactérien de chaque souche de *Xoo* et *Xoc* a étéensemencé de façon uniforme à l'aide d'un écouvillon sur 25 ml du milieu PSA solidifié. Une portion de 4 mm de diamètre de chaque endophyte a été coupée à l'aide d'un emporte-pièce et délicatement déposée sur le milieu PSA déjà inoculé par le pathogène. Trois répétitions et un témoin, ont été fait pour chaque isolat. Les boites inoculées ont été ensuite incubées 28 C pendant 72 heures. Après incubation, les diamètres d'inhibitions ont été mesurés en mm et l'activité antimicrobienne (D) a été déterminée en faisant la différence entre le diamètre d'inhibition (d1) et le diamètre d'endophytes (diamètre de l'emporte-pièce) (d2): $D = d1 - d2$. Ainsi l'activité antimicrobienne D des endophytes a été classée en 4 catégories: Si $D \geq 20$ mm, il est marqué +++; si $D \geq 10-19$ mm, il est marqué ++; si $D \geq 5 -9$ mm, il est marqué +; et $D < 5$ mm, l'endophyte n'a pas une activité antimicrobienne contre *Xoo* ou *Xoc*.

III Résultats et discussions

Sélections au laboratoire d'endophytes du riz pouvant contrôler efficacement la croissance de *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* et *Xanthomonas oryzae pv. Oryzicola*

Au total 3 isolat (soit 100%) d'endophytes testés ont montré une activité antibactérienne importante contre toutes les souches de *Xoo* et *Xoc* avec au moins un diamètre d'inhibition de 6 mm. Comparativement aux autres endophytes, l'endophyte Endo-Ad9 s'est montré plus efficace contre toutes les souches de *Xoo* et de *Xoc* avec une zone d'inhibition maximum de 28.5 mm (figure 4 a et b). Par contre l'endophyte Endo-Nie6 s'est révélé moins efficace avec une zone d'inhibition maximum de 11 mm et un minimum de 6 mm (Tableau 3). Ces valeurs sont supérieures à celles obtenus (2 à 20 mm de diamètre) par Nagendran, (2013). Les tests d'essais de lutte biologique menés au laboratoire ont montré que les endophytes du riz sont capable de produire des métabolites antimicrobiens contre *Xoo* et *Xoc*.

Tableau 3 : Effet des isolats endophytes bactériens contre *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* et *Xanthomonas oryzae pv. oryzicola*

Souches (<i>Xoo</i> et <i>Xoc</i>)	Activités antimicrobiennes des Endophytes testés		
	Endo-Ad9	Endo-Rem8	Endo-Nie6
Xo-Ad9	+++	++	+
Xo-Ad10	+++	++	+
Xo-Ad20	+++	++	+
Xo-Ko12	++	++	+
Xo-Lo13	++	++	+

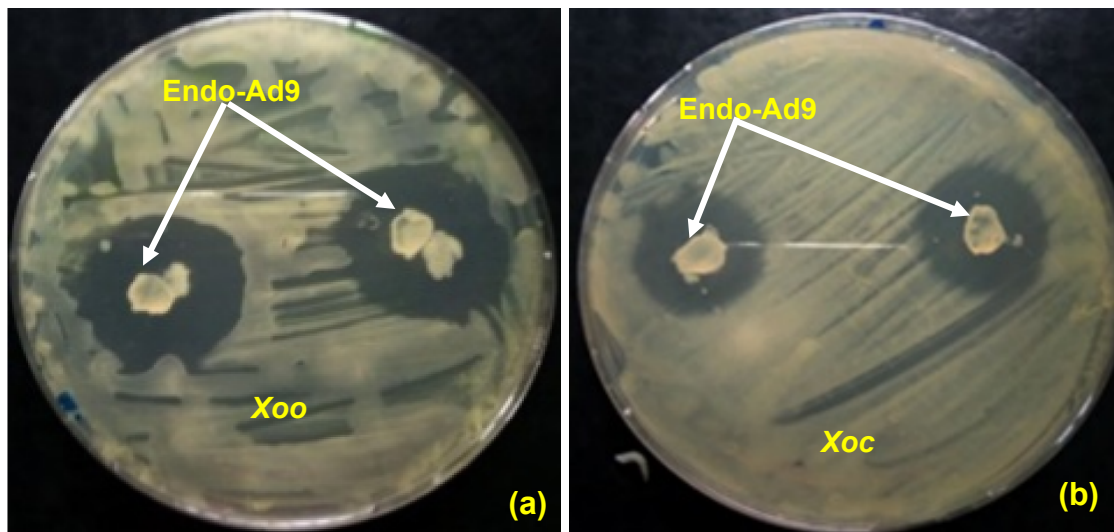


Figure 4 : a. Inhibition de la croissance de Xoo par l'endophyte Endo-Ad9 et b. Inhibition de la croissance de Xoc par l'endophyte Endo-Ad9

IV. Conclusion

Cette étude nous a permis de tester l'activité antagoniste de 3 endophytes contre 3 souches de Xoo et deux 2 souches de Xoc. Tous les trois(3) endophytes testés ont montré de fortes capacités à contrôler la croissance de Xoo et Xoc. D'autre étude ultérieure menée au LaboREM ont montré que les pathogènes Xoo et Xoc ont été isolés sur des variétés du riz les plus cultivées (Adny 11 et Kogoni 90-1 et sur un riz sauvage (*Oryza longistaminata*). Par conséquent, ces résultats montrent que la riziculture malienne est beaucoup menacée par ces bactérioses d'où la nécessité de mieux connaître les souches circulant dans les zones rizicoles et d'appliquer une lutte plus efficace et écologique. Ainsi, l'intégration de la lutte biologique à la lutte génétique peut être une alternative plus efficace et écologique.

V. Bibliographie

- Baris, P., Zaslavsky, J., Perin, S. 2005. La filière riz au Mali : compétitivité et Perspectives
- Diarra, S.B., Traore, P., Keita, F. 2014. L'inclusion des femmes, des jeunes et des pauvres dans la chaîne de valeur du riz au mali ,114p.
- Ghasemie, E., Kazempour, M. N., Padasht, F. 2008. Isolation and identification of *Xanthomonas Oryzae* pv. *oryzae* the causal agent of bacterial blight of rice in Iran. *Journal of Plant Protection Research* 48 (1), 2008.

- Hastuti, R. D., Lestari, Y., Suwanto, A., Saraswati, R. 2012. Endophytic *Streptomyces* spp. as biocontrol agents of rice Bacterial Leaf Blight Pathogen (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*). *HAYATI Journal of Biosciences* December 2012 Vol. 19 No. 4, p 155-162.
- Khan, J. A., Siddiq, R., Arshad, H. M. I., Anwar, H. S., Saleem, K. and Jamil, F. F. 2012. Chemical control of Bacterial Leaf Blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* Pv. *oryzae*. *Pak. J. Phytopathol.*, Vol 24(2): 97-100, 2012.
- Nagendran, K., Karthikeyan, G., Peeran, M. F., Raveendran, M., Prabakar, K. and Raguchander, T. 2013. Management of Bacterial Leaf Blight Disease in Rice with Endophytic Bacteria. *World Appl. Sci. J.*, 28 (12): 2229-2241, 2013.
- PNIP – SA. 2010. Plan National d'Investissement Prioritaire dans le Secteur Agricole au Mali. Rapport d'Aout.
- Sarra, S., Diarra, L., Dembele, M., Coulibaly, M. M., Séré, Y. 2010. Characterization of bacterial leaf blight epidemic in the Office du Niger (Mali) and search for a sustainable resistance against the pathogen.
- Wonni, I., Cottyn, B., Detemmerman, L., Dao, S., Ouedraogo, L., Sarra, S., Tekete, C., Poussier, S., Corral, R., Triplett, L., Koita O., Koebnik R., Leach J., Szurek B., Maes M., and Verdier, V. 2014. Analysis of *Xanthomonas Oryzae* pv. *Oryzicola* Population in Mali and Burkina Faso Reveals a High Level of Genetic and Pathogenic Diversity. *Phytopathology* 104:520-531.

Communication N°41: Détermination de la qualité de deux inoculums bactériens à base de souches de rhizobiums, utilisés dans la culture en serre du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*)

Lalla Karim SANOGO, Fallaye KANTE, Ousmane SACKO et Inamoud Ibny YATTARA

Laboratoire de Microbiologie des sols, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako
Email : sanogolallamc@gmail.com numéro téléphone : 76 41 71 14

Résumé

La qualité de deux inoculums à base des souches ORS 3260 et ORS 1518 de rhizobiums a été déterminé. La pureté a été déterminé en vérifiant la mobilité des bactéries, leur Gram et par la culture sur SDA, TSA, TSB et YMA+RC. La concentration des cultures a été déterminée. Les effets des deux cultures ont été évalués sur la croissance et le rendement des plants de haricot vert cultivés dans des pots en plastique. Le facteur étudié était l'inoculation à quatre niveaux (ORS 3260, ORS 1518, ORS 3260 + ORS 1518, Témoin). 04 pots ont été utilisés par traitements et 10 mL d'inoculum ont été utilisés par plant.

Les cultures ne renfermaient que des bactéries en forme de bâtonnet, mobiles, Gram⁻, formant des colonies blanches sur YMA+RC, de type muqueux sur TSA. La culture sur SDA n'a révélée aucune contamination fongique. La subculture de TSB a donné des colonies blanches sur YMA+RC et type muqueux sur TSA. Le meilleur titre a été de $8,9.10^9$ et $9,8.10^9$ respectivement pour ORS 3260 et ORS 1518. Le traitement ORS 3260 + ORS 1518 a donné les meilleures valeurs pour toutes les variables mesurées.

Mots clés : Qualité, inoculums rhizobiens, *Phaseolus vulgaris*

1. Introduction

Les rhizobiums contribuent considérablement à la croissance et à l'amélioration des rendements des légumineuses grâce à la symbiose qu'ils peuvent établir avec ces plantes pour fixer l'azote atmosphérique (Hilali *et al.*, 2001). L'usage des rhizobiums en agriculture offre un potentiel pour l'approvisionnement des légumineuses comme le haricot vert en azote (Woyessa et Assefa, 2011). Le haricot vert est une légumineuse alimentaire très importante dans le monde (Wortmann et Allen, 1994) et constitue la base de la ration quotidienne de près d'un demi-milliard d'êtres humains. En Afrique, il prend une part importante dans la diète des populations en Ouganda et autres (Wortmann *et al.*, 1998). Toutefois ; en zone sahélienne, la culture du haricot vert est confrontée à certaines contraintes, dont la pauvreté des sols en azote. L'utilisation des inoculums rhizobiens de bonne qualité pourrait constituer un atout pour améliorer la croissance et le rendement de cette plante. Cependant, le succès de l'application des inoculums sur les légumineuses nécessite la détermination de leur qualité avant leur emploi. Cette détermination peut être effectuée à l'aide des techniques microbiologiques mais pas exclusivement.

Au Mali, le Laboratoire de Microbiologie des Sols /Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali, dispose d'une collection importante de souches bactériennes des genres *Rhizobium* et *Burkholderia spp.*, originaires d'agrosystèmes variés.

Cette étude vise à déterminer la qualité de deux inoculums à base des souches ORS 3260 et ORS 1518 de cette collection et de tester leur efficacité sur la croissance et le rendement des plants de haricot vert (*Phaseolus vulgaris*), cultivés en serre dans des pots en plastique. Il s'agit plus spécifiquement (a) préparer séparément l'inoculum à base des souches ORS 3260 et ORS 1518 ; (b) vérifier la pureté de ces inoculums ; (c) déterminer le titre de ces inoculums et (d) évaluer en serre l'efficacité de ces inoculums sur la croissance et le rendement du haricot vert.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel microbiologique:

Souches de rhizobiums: ORS 3260, originaire du Sénégal ; ORS 1518, originaire du Mali.

Ces souches sont toutes certifiées et proviennent du LCM/UCAD-ISRA-IRD, Dakar, Sénégal. La plante hôte d'isolement de ces souches est le niébé (*Vigna unguiculata*).

2.1.2. Matériel végétal : Graines de la variété hybride du haricot vert sans fils (G.blanc).

2.2. Méthodes

2.2.2. Préparation des inoculums

Les des deux souches ORS 3260 et ORS 1518 a été multipliées dans des flacons contenant le milieu YM (Vincent, 1970) par agitation à l'aide d'un agitateur orbital. La température ambiante (température de la salle de culture) a été notée, le temps écoulé entre le lancement de la culture et l'amorçage de la croissance chez les deux souches et la durée de la préparation des deux inoculums ont été enregistrés. Le milieu YM est présenté dans la partie Annexe.

2.2.3. Vérification de la pureté des inoculums

La pureté des deux cultures a été vérifiée par l'observation au grossissement 100x à l'état frais et après coloration Gram et par les tests de pureté sur milieux : YMA+RC, TSA, TSB et SDA. Ces tests ont effectués comme suit : (a) utiliser 1 mL de chaque inoculum pour ensemencer 03 boîtes de YMA+RC, 03 boites de TSA et 03 boites de SDA, puis incuber ces boîtes à 30° C pendant 48 heures, (b) introduire 1 mL de chaque inoculum dans 6 tubes contenant 9mL de TSB. Incuber pendant 7 jours 03 de ces tubes à 30° C et les autres à la température ambiante, (c) faire la subculture d'un tube de TSB dans trois boîtes de TSA et de YMA+RC. Incuber ces boîtes à 30° C pendant 7 jours.

NB : Déterminer le Gram des colonies formées sur les milieux SDA, TSA et YMA + RC.

L'épreuve de pureté doit satisfaisante les conditions suivantes : YMA + RC, montre des colonies blanches ; TSA montre des colonies de type muqueux ; la coloration Gram ne montre des bactéries Gram⁻ ; SDA ne montre aucune contamination fongique ; Subculture de TSB donne des colonies blanches sur YMA + RC et de type muqueux sur TSA.

Tous ces milieux sont présentés dans la partie Annexe.

2.2.4. Détermination du titre des inoculums

Des échantillons ont été prélevés à 24 heures, 48 heures et 72 heures de la culture, en prenant soin de noter le pH. Les bactéries contenues dans ces échantillons ont été dénombrées en procédant comme suit : (a) préparer des dilutions décimales (10^{-1} ; 10^{-2} 10^{-9}) de chaque inoculum, (b) prélever 1mL des dilutions 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} et ensemencer des boites de Pétri contenant du milieu YMA non congelé et garder jusqu'à solidification totale, (c) seller les boîtes avec du Parafilm et placer à l'étuve à 37° C pendant 24 heures, (d) dénombrer des colonies obtenues à l'aide du compteur de colonies.

La formule utilisée pour le dénombrement est la suivante :

$$\text{(Nombres de colonies)} \times \text{(facteur de dilution)} \times \text{(volume d'inoculum)}$$

(Somasegaran and Hoben, 1985)

2.2.6. Evaluation de l'effet des inoculums sur les plants de haricot

Les graines de la variété hybride du Haricot vert ont été semées à la main à raison de 4 par pot à une profondeur de 2 cm dans des pots en plastique de 5 kg, contenant chacun 3,75 kg de sol non stérile prélevé dans un champ de Baguinéda/Zone de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda, situé à 35 km de Bamako. Ces pots ont été arrangés sur des tables de culture métalliques placées dans la serre. Le facteur étudié était l'inoculation à quatre niveaux (inoculation avec ORS 3260 ; inoculation avec ORS 1518 ; inoculation avec ORS 3260 + ORS 1518 et sans inoculation : Témoin). Chaque traitement comportait 4 pots.

Au 15^{ème} jour après le semis (jas), 40 mL d'inoculum ont été introduits dans chaque pot. Pour cela, un petit trou a été fait tout autour du collet des jeunes plants.

Données collectées

Le taux de germination a été évalué au 10^{ème} jas et a porté sur l'ensemble des graines. Les biomasses ont été évaluées au 45^{ème} jas sur 4 plants par traitement. Ces plants ont été retirés des pots. Leurs parties aériennes et racinaires ont été séparées, séchées et pesées séparément. Le rendement a été évalué sur 12 plants par traitement. Les gousses issues de chaque plant ont été comptées et pesées ensemble.

Analyse des données

L'analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel R (Version R i386 3.2.2) et le test de Tukey Contrasts au seuil de 5% a été utilisé pour comparer les moyennes.

3. Résultats

Les deux souches ont commencé à croître au bout des cinq premières heures d'agitation.

3.1. Vérification de la pureté des inoculums

L'observation à l'état frais a montré que des bactéries mobiles en forme de bâtonnet. Ces bactéries sont de Gram⁻ (colorées en rouge).

Les résultats obtenus au cours des différents tests sont présentés sur la figure 1.

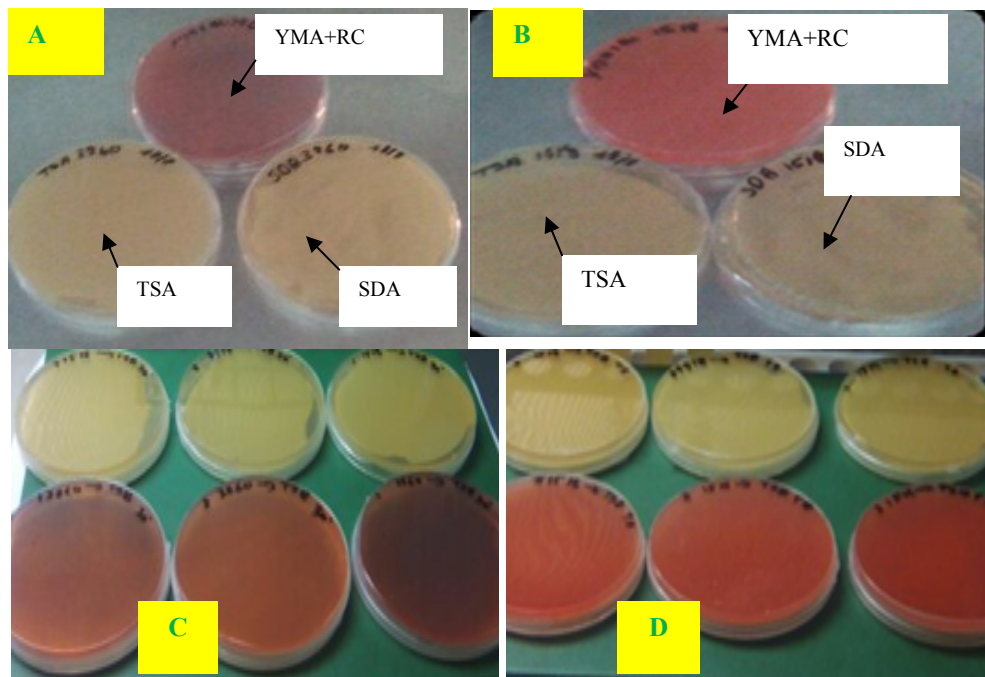


Figure 1 : Culture de l'inoculum de ORS 3260 (A) et de ORS 1518 (B) sur YMA+RC ; TSA et SDA ; Subculture de l'échantillon issu de TSB sur YMA+RC et TSA, respectivement pour ORS 3260 (C) et ORS 1518 (D)

Ces résultats montrent que le milieu YMA+RC ne présente que des colonies blanches ; le milieu TSA des colonies de type muqueux ; aucune présence de champignon n'a été révélée par le milieu SDA. Pour la subculture, YMA+RC n'a présenté que des colonies blanches et TSA des colonies de type muqueux.

3.2. Détermination du titre des inoculums

Tableau 7: Température de culture, période de prélèvement, pH initial, pH de prélèvement et les meilleurs titres obtenus pour l'inoculum à base de la souche ORS 3260.

Température de culture	Après 24 heures		
	pH initial	pH de prélèvement	Titre
28° C	7,1	6,7	60.10 ⁸
	Après 48 heures		
	pH initial	pH de prélèvement	Titre
28° C	7,1	6,2	72.10 ⁸
	Après 72 heures		
	pH initial	pH de prélèvement	Titre
28° C	7,1	5,9	89.10 ⁸

Tableau 8 : Température de culture, période de prélèvement, pH initial, pH de prélèvement et les meilleurs titres obtenus pour l'inoculum à base de la souche ORS 1518.

Température de culture	Après 24 heures		
	pH initial	pH de prélèvement	Titre
28° C	7,1	6,8	65.10 ⁸
28° C	Après 48 heures		
	pH initial	pH de prélèvement	Titre
	7,1	6,4	85.10 ⁸
28° C	Après 72 heures		
	pH initial	pH de prélèvement	Titre
	7,1	5,8	98.10 ⁸

Le meilleur titre a été obtenu au bout de 72 heures de culture. Il a été de 8,9.10⁹ pour la souche ORS 3260 à pH : 5,9 et de 9,8.10⁹ pour ORS 1518 à pH : 5,8.

3.3. Evaluation de l'effet des inoculums sur les plants de haricot vert cultivés en serre

Les résultats obtenus se caractérisent par l'absence de nodulation des plants.

*Au 10^{ème} jour après le semis

Toutes les graines semées ont germé, soit un taux de germination de 100 % (Figure 2).



serre

sur le sol de Baguinéda contenu dans des pots

*Au 45^{ème} jour après le semis

La biomasse aérienne sèche a été plus élevée chez les plants inoculés avec le mélange des deux souches et la biomasse racinaire sèche chez les plants inoculés (Figure 4).

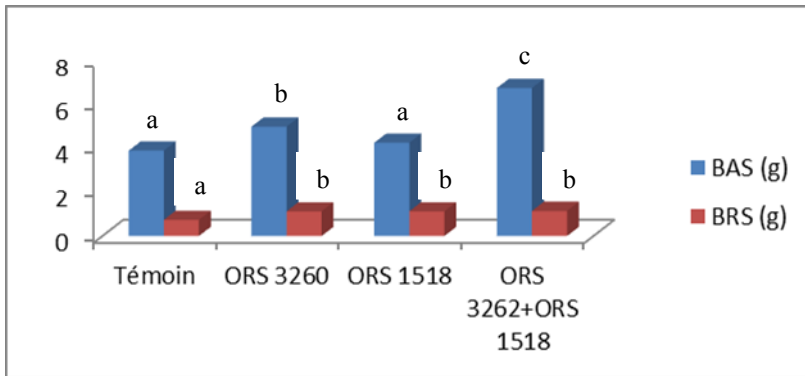


Figure 4 : Biomasse aérienne sèche (BAS) et biomasse racinaire sèche (BRS) des jeunes plants de Phaseolus vulgaris inoculés ou non et cultivés en serre sur sol de Baguinéda

*Au moment de la récolte

Le nombre des gousses a été plus élevé chez les plants inoculés avec le mélange des deux souches et le poids des gousses chez les plants inoculés avec le mélange des deux souches et chez ceux inoculés avec la souche ORS 3260 (Figure 5).

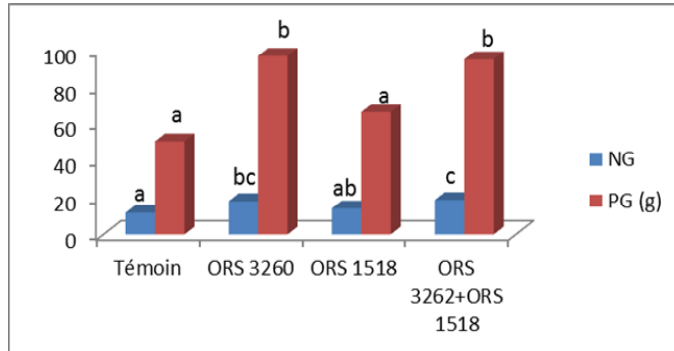


Figure 5 : Nombre des gousses (NG) et poids des gousses (PG) des plants de Phaseolus vulgaris inoculés ou non et cultivés en serre sur sol de Baguinéda

4. Discussions

L'amorçage de la croissance chez les deux souches ORS 3260 et ORS 1518 au bout des cinq premières heures de culture, démontre que ces souches sont des souches à croissance rapide. Ces résultats sont conformes à ceux de Lie *et al.* (1992). L'uniformité de mouvement et la forme des bactéries révélées par

l'observation à l'état frais et de leur affinité au colorant démontrent que les deux inoculums sont purs. Cette pureté a été davantage prouvée par la concordance des résultats des différents tests avec ceux définis pour la réussite de l'épreuve de pureté. Le titre obtenu pour les deux inoculums démontre qu'ils étaient riches en bactéries. Ces résultats sont similaires à ceux des travaux de Tall (2011). L'absence de nodulation notée chez les plants en serre pourrait s'expliquer soit par (1) la non spécificité des souches utilisées, (2) la forte compétitivité entre les différentes populations microbiennes au sein du sol de culture, (3) la non nodulation de la variété utilisée ou (4) le faible nombre des rhizobiums dans le sol de culture. Diouf *et al.* (1997) avaient noté une faible nodulation du haricot vert au champ dans les sols du Sénégal. Ils avaient lié ce fait au faible nombre de rhizobiums (10^2 bactéries.g⁻¹sol) présents dans ces sols. Graham (1981) a lui aussi observé cette faible nodulation chez cette plante cultivée au champ en Amérique latine et en Afrique de l'Est. Il a noté qu'au Brésil, seulement 35% des nodules ont été induits par une souche de *Rhizobium* efficiente utilisée dans l'inoculation (Graham, 1981). Par contre, Giller et Wilson (1991) ont observé une forte nodulation des plants non inoculés du haricot vert dans d'autres zones d'Amérique latine, où les inoculums rhizobiens ont été utilisés.

Au Sénégal, Diouf *et al.*, (1997) ont démontré la souche ISRA 355 de *Rhizobium* améliore de 24% le rendement gousses chez le haricot vert.

Par ailleurs, des effets positifs de la souche ORS 3260 observés sur *Vigna unguiculata* et *Acacia albida*, pour la souche ORS 1518 sur *Vigna unguiculata* et du mélange ORS 1518 + ORS 3264 sur *Acacia albida*, *Dolichos lablab* et *Vigna unguiculata* (Yattara *et al.*, 2008).

Dans notre étude, les résultats obtenus pour la production de biomasses et le rendement attestent de la qualité des inoculums utilisés.

5. Références bibliographiques

- Diouf A, Ndoye I, Spencer M M, Nef-Campa C, Gueye M (1999) Need for inoculation of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Senegal and Assessment of Nitrogen Fixation using ¹⁵N isotope dilution technique. *Symbiosis*. 27, 251-257.
- Giller, K E, Wilson K J (1991). Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems, CAB International, UK, 313p.
- Graham PH (1981). Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: a review, *Field Crops Res.* 4, 98-112.
- Hilali A, Prevost D, Broughton WJ, Antoun H (2001). Effects of inoculation with *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii on wheat cultivated in clover crop rotation agricultural soil in Morocco. *Can. J. Microbiol.*, 47:590-593
- in an Arid Climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 63:968-989.
- Lie TA, Mulanberg M, Hiep NH, Ayhan K (1992). Cultivation of Bradyrhizobium CB 756 on sucrose-fermented by yeast. *Can. J. Microbiol.* 38:569-572.
- Somasegaran FSC, Hoben HJ (1985) *Methods in legume-Rhizobium technology*. United States Agency for International Development. USA. 306p.

- Tall A (2011). Production d'inoculum bactérien « engrais biologique » par bio fermentation pour niébé. DEA de Sciences biologiques appliquée, Option : Microbiologie Appliquée. DER de Biologie. Faculté des Sciences et Techniques. Université de Bamako. 28p.
- Vincent JM (1970). A manual for the practical study of root nodule bacteria. International Biological Programme Handbook N°15 *Blackwell Scientific Publications*. Oxford and Edinburgh. 164p.
- Wortmann CS, Allen DJ (1994). African bean production environments; their definition, characteristics, and constraints. *Network on Bean Research in Africa, Occasional Publication Series no. 11*. pp. 47. Dar Es Salaam, Tanzania.
- Wortmann CS, Kirkby RA, Eledu CA, Allen DJ (1998). Atlas of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Production in Africa. CIAT, 129p. Cali, Colombia. USA.
- Woyessa, D, Assefa F (2011)**. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth and yield of Tef (*Eragrostis tef* Zucc. Trotter) under greenhouse condition. *Research Journal for Microbiology* 6:343-355.
- Yattara II, Ramatoulaye-SAMB, Tatiana KW, Fatou T, Fallaye K, Fassé S, Messaoud L M, Neyra M (2008). Etude de la compétitivité des souches de *Bradyrhizobia* et de *Burkholderia* spp. dans les sols sahéliens d'Afrique de l'Ouest. *CNRST, Revue Malienne de Science et Technologie*, 10: 93-111.
- ANNEXE : Les milieux utilisés

Yeast Extract Mannitol (YM) (Vincent, 1970)

[Composition/L: Mannitol: 10g; K₂HPO₄: 0,5g; NaCl: 1mL; MgSO₄.7H₂O: 10 mL; CaCl₂: 1 mL; Fe₃SO₄:10mL; Yeast Extract: 2 g] ; pH: 7,1± 2; stérilisé à 120° C pendant 20 mn.

Yeast Extract Mannitol Agar (Vincent, 1970)

[Composition/L: Mannitol: 10g; K₂HPO₄: 0,5g; NaCl: 1mL; MgSO₄.7H₂O: 10 mL; CaCl₂: 1 mL; Fe₃SO₄:10mL; Yeast Extract: 2 g; Agar: 15g]; pH: 7,1± 2, stérilisé à 120° C pendant 20 mn.

SDA: Sabouraud Dextrose Agar (Biolab)

[Composition/L: Microbiological Peptone: 10g; Dextrose: 40g; Agar : 10g] ; pH: 5,6 ± (2.0), stérilisé à 121° C pendant 15 mn.

TSA: Tryptone Soy agar (Biolab)

[Composition/L: Tryptone: 15g; Soy Peptone: 5g; Na Chloride: 5g; Agar: 13g], pH: 7, 3±0,2 , stérilisé à 121° C pendant 15 mn.

TSB: Tryptone Soy Broth (Biolab)

[Composition/L: Tryptone: 15g; Soy Peptone: 5g; Na Chloride: 5g; di-potassium hydrogen phosphate: 2,5g; Dextrose: 2,5g]; pH: 7,3 ± (2.0), stérilisé à 121° C pendant 15 mn.

Yeast Extract Mannitol Agar + Rouge Congo (YMA + RC)

[Composition/L: Mannitol: 10g; K₂HPO₄: 0,5g; NaCl: 1mL; MgSO₄.7H₂O: 10 mL; CaCl₂: 1 mL; Fe₃SO₄:10mL; Yeast Extract: 2 g; Agar: 15g; Rouge Congo: 10mL]. pH: 7,1 (± 2), stérilisé à 120° C pendant 20 mn.

Communication N°42: Effet de trois souches de champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance du sorgho (*Sorghum bicolor*) en présence ou non du phosphate naturel de Tilemsi

Souleymane KONE¹, Ibou DIOP²⁻³, Fatou NDOYE²⁻³, Fallaye KANTE¹, Abdalla Gamby DIEUDHIU²⁻³, Aboubacry KANE²⁻³, Inamoud YATTARA¹, Ousmane SACKO¹

Email : souleymanekone65@yahoo.fr

¹. Laboratoire de Microbiologie des Sols (LMS), Faculté des Sciences et Techniques de l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB)

². Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

³. Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM) IRD/ISRA/UCAD, Dakar.

Résumé

En Afrique subsaharienne, la production agricole est confrontée à la pauvreté des sols en éléments nutritifs, dont l'azote et le phosphore. Ces deux éléments constituent des facteurs limitant pour bon nombre de sols. Il est bien connu que les cultures répondent à la fertilisation phosphatée, mais le coût élevé des engrais chimiques exige de plus en plus l'utilisation d'alternatives telles que les bio fertilisants. A cet effet les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) constituent une référence. Ces champignons améliorent la croissance des plantes par un meilleur prélèvement de P. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la fertilisation avec des souches de CMA sur la croissance du sorgho, en présence ou non du phosphate naturel de Tilemsi (PNT). Pour cela, du sol de Sangalkam (Sénégal) stérilisé a servi de substrat de culture. Ce substrat a été reparti dans des pots. Le semis a été effectué à raison de 03 graines/pot et un démarrage à un plant par pot a été effectué 10 jours après. Les pots ont été disposés sur des tables dans la serre au Laboratoire Commun de Microbiologie LCM/IRD-ISRA-UCAD de Dakar, Sénégal. L'expérience a duré 120 jours. Les résultats ont montré que l'intensité de mycorhization varie entre 40 et 80% dans tous les traitements. Les différentes souches de CMA et leur mixte ont stimulé significativement la hauteur et les biomasses des plants de sorgho, en présence ou non de PNT.

Dans nos conditions expérimentales, le bio fertilisant à base de champignon mycorhizien semble promouvoir la croissance des plants de sorgho.

Mots clés : champignons mycorhiziens arbusculaires, phosphate naturel, sorgho.

1. Introduction

Dans le monde, le sorgho est la cinquième céréale avec une production estimée à 58 millions de tonnes en 2004. Son rendement atteint 4 tonnes/ha aux Etats-Unis contre 870 kg/ha en Afrique, où il est utilisé dans l'alimentation de l'homme et des animaux, la construction des habitations et comme combustible (Bazile *et al.*, 2004 ; FAO, 2005).

En Afrique subsaharienne, presque 80% des sols sont carencés en phosphore (Bationo *et al.*, 1998). Cela constitue un facteur limitant la croissance des plantes (Smith *et al.*, 2011). Le phosphore peut être présent en quantité importante dans le sol, mais en grande partie inaccessible aux plantes à cause de sa très faible solubilité (Schachtman *et al.*, 1998).

Au Mali, le sorgho tient une place primordiale dans l'alimentation des populations, avec une production estimée à 650.000 tonnes en 2004 (FAOSTAT, 2010).

De nos jours, l'intensification des cultures est grandement dépendante des engrais minéraux qui enrichissent les sols en éléments nutritifs nécessaires au développement des plantes (Childers *et al.*, 2011). Cependant, ces produits sont chers et inaccessibles aux paysans à faible pouvoir d'achat (Bationo *et al.*, 1997). Une alternative à l'utilisation de ces engrais est le recours aux biofertilisants microbiens (Fitter, 2012). Parmi ces fertilisants biologiques, une attention particulière est accordée aux champignons mycorhiziens arbusculaires (Pellegrino *et al.*, 2012), qui favorisent la nutrition hydrominérale des plantes (Finlay, 2008). L'inoculation des plantes avec ces champignons permet d'améliorer la croissance de celles-ci (Smith & Read, 2008), surtout lorsqu'elle est couplée à une fertilisation phosphatée (Babana et Antoun, 2006 ; Sacko *et al.*, 2014). Par ailleurs, les phosphates naturels (PN) constituent une source potentielle de phosphore moins chère pour les paysans (Bationo *et al.*, 1997). Toutefois, l'utilisation de ces phosphates par les plantes n'est pas toujours aisée à cause de leur faible solubilité, d'où l'intérêt de les appliquer en combinaison avec les champignons mycorhiziens arbusculaires.

Ce travail visait spécifiquement à évaluer l'effet de la fertilisation avec des souches de CMA et du phosphate naturel sur (a) la hauteur ; (b) la production de biomasses et (c) la mycorhization (intensité, fréquence) des plants du sorgho.

2. Matériel et méthodes

2.1. Le Sol

Le sol de culture a été prélevé à Sangalkam/Sénégal. C'est un sol pauvre en P assimilable (2,1 ppm) (Diop *et al.*, 2013).

2.2. Matériel végétal

Les graines de la variété CSM 63 (Jakunbè) de sorgho provenant de la société semencière FASOKABA/Mali ont été utilisées.

2.3. Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA)

Les souches *Rhizophagus irregulare* (Ri), *Glomus aggregatum* (IR-27) et *Glomus mosseae* (Gm) ont été utilisées. Elles proviennent de la collection du Laboratoire Commun de Microbiologie (LCM) de Dakar/ Sénégal.

2.4. Le Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT)

Le PN utilisé est celui de Tilemsi/Mali. Il a une teneur d'environ 30% de P₂O₅ (Truong & al, 1977).

Méthodes

L'expérimentation a été conduite en serre au LCM dans des pots en plastique de 2,5 kg contenant chacun 2 kg de sol stérilisé à deux reprises à 120° C pendant 20 minutes. Les graines de sorgho ont été semées à 03 par pot. 02 facteurs (Inoculation avec les souches de CMA à 5 niveaux ; Fertilisation avec le PNT à 3 niveaux). Au total quinze traitements ont été considérés : TO ; Inoculum avec Ri : Ri ; Inoculum avec IR-27 : IR-27 ; Inoculum avec Gm : Gm ; Inoculum avec Ri + IR-27 + Gm : Cocktail ; PNT (100 mg) ; Ri + PNT (100 mg) ; IR-27 + PNT (100 mg) ; Gm + PNT (100 mg) ; Cocktail + PNT (100 mg) ; PNT (200 mg) ; Ri + PNT (200 mg) ; IR-27 + PNT (200 mg) ; Gm + PNT (200 mg) ; Cocktail + PNT (200 mg). Seize (16) pots ont été utilisés par traitement. Soit au total 240 pots.

Les plants ont été démarrés à deux (02) par pot une semaine après le semis, puis à un au 10^{ème} jour après le semis (jas). Les plants ont été arrosés régulièrement avec de l'eau de robinet et l'essai a duré 120 jours.

Collecte des données

La hauteur des plants a été mesurée tous les 15 jours pendant 60 jours. Les biomasses et la mycorhization ont été évaluées aux 60^{ème} et 120^{ème} jas sur huit (08) plants par traitement. Les plants ont retirés des pots. Des fines racines ont été prélevées et colorées selon la méthode de Philips & Hayman (1970) pour évaluer la mycorhization conformément à la méthode de Trouvelot *et al.* (1986). Les parties aérienne et racinaire des plants ont ensuite été séparées, puis séchées à l'étuve réglée à 60°C pour déterminer les biomasses.

Analyse des données

L'analyse de variance (ANOVA) a été faite à l'aide du logiciel R i386 3.2.2 et le test de Tukey Contrasts au seuil de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

3. Résultats

3.1. Effet de la fertilisation avec des CMA et le PNT sur la hauteur et la production de biomasses des plants

Les résultats (Tableau 1) montrent qu'aux différentes périodes de mesure, le traitement IR-27 + PNT (100 mg) a eu un effet positif plus marqué sur la hauteur des plants. Tandis qu'à ces mêmes périodes, les valeurs les plus faibles ont été notées respectivement chez les plants témoins, les plants du traitement Cocktail + PNT (200 mg), le Cocktail de champignons et les plants traités avec IR-27. Au 60^{ème} jas, le traitement Gm + PNT (200 mg) a eu un effet positif plus marqué sur la hauteur des plants. Toutefois, à cette même période, les traitements IR-27 + PNT (100 mg), Cocktail + PNT (100 mg) et Ri + PNT (100 mg) ont aussi eu un effet positif sur la hauteur des plants.

Aux 60^{ème} et 120^{ème} jas un effet significatif a été noté entre les plants des différents traitements pour les biomasses. Ainsi au 60^{ème} jas, les traitements Cocktail + PNT (100 mg) et IR-27 + PNT (100 mg) ont respectivement favorisé la production de la biomasse aérienne sèche (BAS) et de la biomasse racinaire sèche (BRS). À cette même période, la plus faible valeur pour la biomasse aérienne sèche a été notée chez les plants témoins. Au 120^{ème} jas, les traitements Ri + PNT (200 mg) et IR-27 + PNT (100 mg) ont eu un effet positif plus marqué respectivement sur la production de biomasses sèches. Tandis qu'à la même période, la plus faible valeur pour la biomasse aérienne sèche a été enregistrée chez les plants du traitement IR-27 et celle de la biomasse racinaire sèche chez les plants témoins.

Tableau 1: Valeur moyenne de la hauteur (cm) et des biomasses (g) des plants de sorgho, inoculés ou non avec des souches de CMA en présence ou non de PNT, mesurés à différentes périodes

Traitements	Hauteur des plants				Biomasses et périodes de mesure			
	Périodes et variables mesurées				60 jours		120 jours	
	15 jours	30 jours	45 jours	60 jours	BAS	BRS	BAS	BRS
TO	23,42 a	44,50 ab	64,00 ab	87,06 ab	1,82 a	0,73 ab	1,96 ab	0,56 a
Ri	27,28 acd	55,56 bd	71,90 ad	115,56 cd	2,06 a	0,70 ab	2,56 ac	0,62 ab
IR-27	27,30 acd	54,17 bc	75,58 bcd	74,43 a	2,85 ac	0,76 ab	1,58 a	1,33 de
Gm	32,12 de	60,20 cd	76,05 bcd	105,60 bcd	3,08 ae	0,94 abc	3,01 bc	0,86 acd
Cocktail	27,00 acd	53,58 bc	55,32 a	115,20 cd	3,27 ae	1,55 d	2,66 ac	0,81 acd
PNT (100 mg)	31,01 ce	59,75 cd	76,38 bcd	104,71 bcd	2,88 acd	1,41 cd	2,65 ac	1,71 ace
Ri + PNT (100 mg)	31,53 ce	59,43 cd	84,01 cd	119,37 d	3,82 bce	1,25 bd	2,71 ac	0,70 ac
IR-27 + PNT (100 mg)	34,56 e	66,96 d	86,62 cd	125,12 d	4,18 ce	1,56 d	3,15 bc	1,74 e
Gm + PNT (100 mg)	29,91 bce	53,36 bc	80,67 bcd	112,53 cd	4,05 ce	1,41 cd	3,29 c	1,25 ce
Cocktail + PNT (100 mg)	28,38 acd	55,06 bd	80,36 bcd	120,17 d	4,37 e	1,17 ad	2,73 ac	1,21 bce
PNT (200 mg)	26,27 ac	52,88 bc	67,65 ac	92,47 ac	3,10 ae	1,05 ad	2,66 ac	0,72 acd
Ri + PNT (200 mg)	29,13 ace	57,17 bd	88,83 d	116,06 cd	3,72 bce	1,14 bd	3,71 c	1,11 acd
IR-27 + PNT (200 mg)	32,17 de	60,12 cd	78,43 bcd	111,50 cd	3,07 ae	1,02 ad	2,52 ac	1,09 acd
Gm + PNT (200 mg)	29,22 bce	58,02 cd	78,08 bcd	127,43 d	4,31 de	1,40 cd	2,86 bc	0,69 ac
Cocktail + PNT (200 mg)	24,53 ab	40,07 a	75,9 bcd	105,45 bcd	2,43 ab	0,68 a	2,06 ab	0,68 ac
Probabilité	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Signification	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS

Chaque valeur représente la moyenne pour 8 plants. Dans une même colonne les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes entre elles au seuil de 5% selon le test de Tukey Contrasts. HS = Hautement Significatif.

En effet, au cours des trois premières périodes (15^{ème}, 30^{ème} et 45^{ème} jas) de mesure, la meilleure valeur a été obtenue chez les plants du traitement IR-27 + PNT (100 mg) avec respectives 34,56 ; 66,96 et 86,62 cm. Tandis qu'à ces mêmes périodes, la plus faible valeur de variable a été respectivement de 23,42 cm chez les plants témoins ; 40,07 cm chez les plants du traitement Cocktail + PNT (200 mg) et de 55,32 cm chez les plants traités avec le Cocktail des trois souches de CMA. Au 60^{ème} jas, la hauteur a été plus élevée chez les plants traités avec Gm + PNT (200 mg) avec 127,43 cm et la plus faible a été enregistrée chez les plants traités avec la souche IR-27 avec 74,43 cm. Toutefois, à cette même période, les traitements IR-27 + PNT (100 mg), Cocktail + PNT (100 mg) et Ri + PNT (100 mg) ont aussi eu un effet positif sur la hauteur des plants, avec respectivement 125,12 cm; 120,17 cm et 119,37 cm.

A la fin des 60 premiers jours de culture, les plants traités avec le Cocktail + PNT (100 mg) donné 4,37 g de biomasse aérienne sèche contre 1,82 g chez les plants témoins. La plus grande valeur de biomasse racinaire sèche a été obtenue chez les plants soumis au traitement IR-27 + PNT (100 mg) avec 1,56 g et la plus faible a été obtenue chez les plants du Cocktail + PNT (200 mg) pour 0,68 g. Après 120 jours de croissance la biomasse aérienne sèche a été plus grande chez les plants du traitement Ri + PNT (200 mg) avec 3,71 g contre 1,58 g chez les plants du traitement IR-27. Le traitement IR-27 + PNT (100 mg) a donné 1,74 g contre 0,56 g chez les plants témoins.

3.2. Effet de l'inoculation avec des CMA en présence ou non du PNT sur la mycorhization des plants

Les résultats obtenus aux 60^{ème} et 120^{ème} jas (Tableau 2) pour la mycorhization montrent un effet significatif entre les plants des différents traitements. Ainsi, à la fin des 60 premiers jours de culture, le traitement Cocktail + PNT (100 mg) a favorisé la fréquence et l'intensité de mycorhization. Par contre la faible fréquence et intensité ont été enregistrées respectivement chez les plants traités avec le Cocktail des CMA et Cocktail + PNT (200 mg). Au 120^{ème} jas, les traitements IR-27 + PNT (100 mg), Gm + PNT (100 mg) et Cocktail + PNT (100 mg) ont eu un effet positif plus marqué sur la fréquence, contrairement au traitement avec le Cocktail qui a été moins efficace. Le traitement IR-27 + PNT (100 mg) a été plus efficace sur l'intensité de mycorhization en opposition au traitement Cocktail + PNT (200 mg), qui a été moins efficace sur cette variable.

Tableau 2 : Valeur moyenne de la Fréquence et de l'Intensité de mycorhization (%) des plants de sorgho, inoculés ou non avec des souches de CMA en présence ou non de PNT, à 60 et 120 jours

Traitements	Périodes de croissance			
	60 jours		120 jours	
	F (%)	I (%)	F (%)	I (%)
Ri	97,75 e	58,94 c	98 d	61,33 c
IR-27	98,5 fg	75,23 g	98,75 e	77,50 i
Gm	98,25 f	68 e	98,75 e	70,40 f
Cocktail	90 a	65,34 d	93 a	66,51 d
Ri + PNT (100 mg)	98,75 g	58,01 c	98,75 e	60,52 c
IR-27 + PNT (100 mg)	98,75 g	73,15 f	100 f	77,87 i
Gm + PNT (100 mg)	98,75 g	58,05 c	100 f	72,33 g
Cocktail + PNT (100 mg)	100 h	76,54 g	100 f	77,50 i
Ri + PNT (200 mg)	95 c	71,89 f	96,87 c	74,31h
IR-27 + PNT (200 mg)	96,25 d	66,26 d	98 d	68,79 e
Gm + PNT (200 mg)	96 d	51,50 b	98,5 de	54,02 b
Cocktail + PNT (200 mg)	92,5 b	47,72 a	95 b	50,32 a
Probabilité	0,001	0,001	0,001	0,001
Signification	HS	HS	HS	HS

Chaque valeur représente la moyenne pour 8 plants. Dans une même colonne les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes entre elles au seuil de 5% selon le test de Tukey Contrasts.

De ces résultats, il ressort qu'à la fin des 60 premiers jours de culture, le traitement Cocktail + PNT (100 mg) a donné la plus grande valeur de la fréquence et de l'intensité de mycorhization avec respectivement 100 et 76,54 %. Tandis que les plants traités avec le Cocktail des CMA et Cocktail + PNT (200 mg) ont donné la plus faible valeur de ces variables avec respectivement 90 et 47,72 %. Au 120^{ème} jas, les traitements IR-27 + PNT (100 mg), Gm + PNT (100 mg) et Cocktail + PNT (100 mg) ont donné la forte fréquence pour une valeur de 100 %, contrairement au traitement avec le Cocktail qui a donné la plus faible valeur pour cette variable avec 93 %. Le traitement IR-27 + PNT (100 mg) a produit la plus forte intensité avec une valeur de 77,87 %. Tandis que la plus faible valeur a été de 50,32 % chez les plants du traitement Cocktail + PNT (200 mg).

4. Discussions

L'inoculation a permis d'obtenir des intensités de mycorhization élevées (40 à 80%) en fonction des souches de champignons utilisées. Ces résultats sont comparables à ceux de Diop *et al.*, (2013). La souche *G.mosseae* utilisée s'est révélée plus efficace quant au délai de colonisation racinaire. Ce résultat concorde avec celui de NDoye *et al.* (2012) obtenu avec *Acacia senegal* inoculés avec *G. mosseae* et *G. aggregatum*. Cependant, nos résultats ne corroborent pas avec

ceux de Jansa *et al.* (2007), qui ont trouvé que *R. irregularis* occupait une position intermédiaire avec des taux de mycorhization moyens. La variation de l'intensité de mycorhization serait liée soit aux différences observées entre les souches fongiques utilisées, la plante utilisée, aux conditions du milieu, au niveau de phosphore dans le sol et ou à d'autres facteurs environnementaux (Boddington & Dodd, 2000 ; Alkan *et al.*, 2006). Les valeurs obtenues pour les paramètres de croissance semblent confirmer les performances des différentes souches de CMA utilisées. Des résultats similaires ont été observés par plusieurs auteurs (Babana et Antoun., 2006 ; Sacko *et al.*, 2014) qui ont associé l'inoculation mycorhizienne à la fertilisation phosphatée. Nos résultats indiquent que les trois (03) souches de CMA (*Ri*, *Gm*, IR-27) ont stimulé significativement en présence ou non de PNT, la hauteur et les biomasses des plants de sorgho par rapport aux témoins non inoculés. Cet effet positif de l'inoculation obtenu avec ces souches comparativement à d'autres champignons mycorhiziens arbusculaires a été démontré par Diop *et al.* (2013). Des différences de réponse ont été notées entre les souches de champignons et seraient dues à une diversité fonctionnelle de ces dernières (Smith *et al.*, 2000). Ces différences sont observées entre autres : dans le degré de l'infection des racines (Hart & Reader, 2002b), la densité du réseau d'hyphes à former des anastomoses (Avio *et al.*, 2006), le métabolisme et le transfert du phosphore vers la plante hôte par les champignons (Boddington & Dodd, 1999) et enfin aux besoins en carbone de la plante hôte (Hart & Reader, 2002a). Ces différences notées pourraient expliquer la réduction de la croissance en hauteur des plants du Cocktail des champignons + PNT (200 mg) au 30^{ème} jour, du traitement avec le Cocktail au 45^{ème} jour et du traitement IR-27 au 60^{ème} jour. Il en est de même pour la production de biomasse aérienne obtenue avec le traitement IR-27 et la biomasse racinaire avec le Cocktail + PNT (200 mg). Nos résultats aussi ont montré que l'inoculation avec le Cocktail a stimulé de façon significative la biomasse aérienne. Ces résultats confirment ceux de Jansa *et al.* (2007), mais opposés à ceux de Diop *et al.* (2013) et aussi de ceux de NDoye *et al.* (2012).

Dans l'ensemble, de nos résultats, il ressort que l'inoculation avec des souches de CMA en présence de PNT a permis d'améliorer la croissance du sorgho. De ce fait, la fertilisation biologique à base de CMA, pourrait être conseillée en vue d'améliorer la nutrition phosphatée des sols déficients en phosphore.

5. Références

- Alkan N, Gadkar V, Yarden O, Kapulnik Y., 2006- Analysis of quantitative interactions between two species of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus mosseae* and *G. intraradices*, by Real-Time PCR. *Applied and Environmental Microbiology* 72(6): 4192–4199.
- Avio L, Pellegrino E, Bonari E, Giovannetti M., 2006- Functional diversity of arbuscular mycorrhizal fungal isolates in relation to extraradical mycelial networks. *New Phytologist* 172: 347–357
- Babana A.H. et antoun H., 2006- Effect of Tilemsi phosphate rock solubilizing microorganisms on phosphorus-uptake and yield of field grown wheat in Mali. *Plant and Soil*, 287: 51-58.

- Bationo A, Koala S, Ayuk E., 1998- Fertilité des sols pour la production céréalière en zone sahélo-soudanienne et valorisation des phosphates naturels. *Cahiers Agricultures* 7: 365-371.
- Bationo A., Ayuk E., Ballo D. and Koné M., 1997- Agronomie and économie évaluation of Tilemsi phosphate rock in différent agroecological zones of Mali. *Nutrient Cycling Agrosyst.* 48, 179-189.
- Bazile, D. et Soumare M., 2004. Pratiques paysannes de gestion de la diversité variétale en réponse à la diversité écosystémique. Le cas du sorgho [*Sorghum bicolor* (L) Moench] au Mali. Étude Originale." *Cahiers Agricultures* 13: 480-487.
- Boddington CL, Dodd JC., 1999- Evidence that differences in phosphate metabolism in mycorrhizas formed by species of *Glomus* and *Gigaspora* might be related to their life-cycle strategies. *New Phytologist* 142: 531-538.
- Boddington CL, Dodd JC., 2000- The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. I. Field studies in an Indonesian ultisol. *Plant and Soil* 218: 137–144.
- Childers, D. L., Corman, J., Edwards, M. and Elser, J. J., 2011. Sustainability Challenges of Phosphorus and Food : Solutions from Closing the Human Phosphorus Cycle. *BioScience*, vol. 61, n°2, p. 117-124.
- Diop I, Kane A, Krasova-Wade T, Sanon B K, Houngnandan P, Neyra M, Noba K., 2013- Impacts des conditions pédoclimatiques et du mode cultural sur la réponse du niébé (*Vigna unguiculata* L.Walp.) à l'inoculation endomycorhizienne avec *Rhizophagus irregularis*. *Journal of Applied Biosciences* 69:5465 – 5474. ISSN 1997–5902
- FAO., 2005- Système d'information de la FAO sur l'eau et l'agriculture. Mali. FAO-Eau Terres et Eaux FAO Accueil. aquastat, 7p.
- FAOSTAT., 2010- L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde: Combattre l'insécurité alimentaire lors des crises prolongées. Rome, Italie, 63p
- Finlay R.D., 2008. Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of Experimental Botany* 59: 1115–1126.
- Fitter A., 2012- Why plant science matters? *New Phytologist* 193: 1-2.
- Hart MM, Reader RJ. 2002b. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 153: 335-344.
- Hart MM, Reader RJ., 2002a- Host plant benefit from association with arbuscular mycorrhizal fungi: variation due to differences in size of mycelium. *Biol Fertil Soils* 36: 357–366.
- Jansa J, Smith FA, Smith SE., 2007- Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal fungi? *New Phytologist*, doi: 10.1111/j.1469-8137.2007.02294.x.
- Ndoye F, Kane A, Mangaptché ELN, Bakhoum N, Sanon A, Diouf D, Sy MO, Baudoin E, Noba K, Prin Y. 2012- Changes in land use system and environmental factors affect arbuscular mycorrhizal fungal density and diversity, and enzyme activities in rhizospheric soils of *Acacia senegal* (L.)Willd. *ISRN Ecology*: 13.
- Pellegrino E, Turrini A, Gamper HA, Cafa G, Bonari E, Young JPW, Giovannetti M. 2012. Establishment, persistence and effectiveness of arbuscular

- mycorrhizal fungal inoculants in the field revealed using molecular genetic tracing and measurement of yield components. *New Phytologist* 194: 810–822.
- Phillips J, Hayman D. 1970- Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55 (1): 158-161.
- Sacko O., 2014 - Valorisation du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) par les Champignons endomycorhiziens. Conférences MSAS – Bamako, 03-08 août 2014.
- Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol* 116: 447–453.
- sesban. *Journal of Environmental Management* 95 (2012) : 265-268.
- Smith FA, Jacobsen I, Smith SE., 2000- Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. *New Phytologist* 147: 357-366.
- Smith SE, Jakobsen I, Grønlund M, Smith FA. 2011. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. *Plant Physiology* 156: 1050–1057.
- Smith SE, Read DJ. 2008- *Mycorrhizal symbiosis*, 3rd edn. Academic Press Inc., London, 3rd eds.
- Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V. 1986- Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. *Mycorrhizae : Physiology genetics*: 1-5.
- Truong B., Pichot J., Beunard P., 1977. Caractérisation et comparaison des phosphates naturels tricalciques d'Afrique de l'Ouest en vue de leur utilisation directe en agriculture, *Agron. Trop.* 33, 136–145.

Communication N°43: Caractérisation moléculaire des variétés de riz irrigué *Oryza sativa indica* par la PCR-SSR au Mali

Sognan DAO^{1,*}, Halimatou TIMBINÉ¹, Oumarou GOÏTA² et Diakaridia TRAORÉ¹

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne (LaboREM-Biotech), Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB).

²Institut d'Economie Rurale (IER).

*E-Mail: sognandao@gmail.com

Résumé

Le riz (*Oryza sativa* L.) fournit 20% des besoins énergétiques de l'alimentation mondiale et enregistre une grande diversité génétique qui repose sur des milliers de variétés cultivées à travers le monde. La diversité génétique joue un rôle important dans la conservation et l'utilisation des ressources phylogénétiques. Trente-six (36) marqueurs microsatellites ont été utilisés pour caractériser et évaluer la diversité génétique de 22 variétés de riz irrigué du Programme Riz Irrigué (PRI) de l'Institut d'Economie Rurale (IER) par la PCR-SSR. Au total 142 allèles ont été détectés avec une moyenne de 3,94 allèles par SSR (locus). La valeur du PIC a varié de 0 (RM6038, RM022) à 0,8149 (RM3252) avec une moyenne de 0,3650. Les variétés ont été regroupées en cinq grappes (I-V) en fonction de leur coefficient de similarité génétique. La majorité (64%) des variétés a une forte similarité génétique et forme la grappe III. La variété SK 20-28 a montré aussi une forte dissemblance par rapport aux autres variétés et forme elle seule la grappe II. Les variétés Kogoni 91-1, Adny11 et BG90-2 ont une très forte similarité génétique entre elles. Elles sont les plus cultivées et appréciées par les producteurs. La variabilité allélique révélée entre les variétés par les marqueurs microsatellites peut aider les programmes de sélection variétale à identifier facilement les cultivars et à conserver les ressources phylogénétiques locales. Cette étude pourra être un complément aux travaux de caractérisation phénotypique des variétés de riz irrigué déjà effectués par l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali.

Mots clés : *Caractérisation, Diversité génétique, Riz irrigué (Oryza sativa indica), PCR-SSR, Mali.*

I. Introduction

Le riz (*Oryza sativa* L.) fournit 20% des besoins énergétiques de l'alimentation mondiale et enregistre une grande diversité génétique qui repose sur des milliers de variétés cultivées à travers le monde (FAO, 2004). Au Mali, sa consommation est de 81,61 kg/pers/an et représente environ plus de 30% de la consommation totale de céréales (Diarra *et al.*, 2014). Le riz bénéficie d'une grande diversité génétique (FAO, 2004) avec plus de 150.000 variétés cultivées à travers le monde, cette diversité provient des croisements naturels d'*Oryza sativa* avec des formes sauvages ou adventices d'*Oryza rufipogon* ou d'intra-*sativa* à partir de la sélection naturelle ou humaine (artificielle) depuis la domestication (Khush, 1987). *Oryza sativa* se divise en deux groupes principaux: le groupe *japonica*, cultivé surtout dans les zones tempérées et sur les hauts plateaux tropicaux (Baumgartner, 1998) et celui *indica*, particulièrement bien adapté aux conditions tropicales (Baumgartner, 1998). Ce groupe est constitué du riz irrigué ou de celui de bas-fond (Dao, 2014). Le groupe *indica* a été le plus utilisé dans les programmes de sélection du PRI pour les caractères de rendement et de qualité du grain et expliquerait la faible diversité du groupe au Mali (Goïta, 2013). La connaissance de la diversité génétique permet une meilleure conservation et une utilisation parcimonieuse des ressources phytogénétiques dans une perspective d'innovation variétale (Moukoumbi, 2012). Or très peu d'études sur la diversité génétique en utilisant les marqueurs microsatellites (appelés en anglais *Simple Sequence Repeats*, SSR) ont été réalisées sur les variétés de riz au Mali, qui selon Demol *et al.* (2002), est la matière première indispensable pour l'amélioration des plantes. Selon Demol *et al.* (2002), la diversité génétique par l'utilisation des marqueurs microsatellites est un outil indispensable pour l'amélioration des plantes. Les SSR, constitués de quelques paires de bases répétées en tandem sur les génomes de la plupart des espèces eucaryotiques (Pokhriyal *et al.*, 2012), sont des outils importants pour l'identification des modifications du matériel génétique (Powell *et al.*, 1996; Ma *et al.*, 2011, Zhang *et al.*, 2013). De nombreuses études utilisant les SSR ont été déjà effectuées à travers le monde. Par exemple, 35 SSR ont été utilisés pour analyser la diversité génétique de 30 variétés de riz en Inde (Seetharam *et al.*, 2009), 80 génotypes de riz ont été évalués avec 114 amorces microsatellites en Taiwan (Lin *et al.*, 2012). Au Mali, Goïta, (2013) a utilisé 10 SSR pour analyser la diversité génétique de 26 génotypes de riz pour la tolérance à l'alcalinité. L'objet de la présente étude est de caractériser 22 variétés de riz irrigué *indica* de la collection du Programme de Riz Irrigué de l'IER par l'utilisation de 36 marqueurs moléculaires SSR.

II. Méthodes et matériel

2.1. Matériel biologique

Vingt-deux (22) variétés de riz irrigué *Oryza sativa indica* du Programme de Riz Irrigué de l'IER ont été collectées pour la caractérisation moléculaire par PCR-SSR et l'analyse de la diversité génétique. Ces variétés ont été homologuées et décrites dans le Catalogue Officiel des Espèces et Variétés de 2013.

2.2. Méthodes

2.2.1. Caractérisation moléculaire des variétés de riz irrigué

2.2.1.1. Extraction d'ADN des variétés de riz irrigué

Les variétés ont été mises en germination dans des pots de 10 kg remplis de terreau stérilisé. Deux semaines après semis, les feuilles de chaque variété ont été récoltées et conservées à -20°C. L'extraction d'ADN a été effectuée à partir de ces feuilles selon la méthode Halima *et al.* (2006). La concentration de l'ADN extrait a été déterminée à l'aide du spectrophotomètre Eppendorf. Les ADNs ont été dilués à 20ng/μl et conservés à -20°C pour la *PCR-SSR*.

2.2.1.2. Amplification de l'ADN

Les échantillons d'ADN ont été amplifiés par *PCR* avec 36 paires d'amorces de marqueurs *SSR* choisies en fonction de leur position sur les 12 paires de chromosomes, sur la base de leur poids moléculaire publié et du *PIC* (Lin *et al.*, 2012). Les informations supplémentaires sur les *SSR* telles que les séquences, le numéro de chromosome, les motifs répétés, la température d'hybridation peuvent être consultées sur le site de Gramene (<http://www.gramene.org>) et dans l'article publié par McCouch *et al.* (2002). Un volume réactionnel total de 15 μl a été formé pour chaque échantillon d'ADN dans les tubes *PCR*, composé de 7,5 μl Go Taq G2 Hot Start Green Master Mix 2X (Promema), 1 μl (100pmol/μl) de l'amorce allé, 1 μl (100pmol/μl) de l'amorce retour, 2μl (20ng/μl) et 3,5 μl de Nuclease-Free Water. L'amplification a été faite en utilisant le thermocycleur 2720 applied System programmé comme suit : dénaturation initiale : 94°C pendant 5 min, dénaturation : 94° pendant 1 min, hybridation : 55°C pendant 45 secondes, élongation : 72°C pendant 2 min, élongation finale : 72°C pour 10 min et conservation de l'ADN : 4°C pour toujours. Les étapes de dénaturation, d'hybridation et d'élongation sont répétées 35 fois.

2.2.1.3. Electrophorèse et visualisation des produits de PCR

Dix microlitres (10μl) des produits de *PCR* ont été migrés sur un gel de 3% (poids/volume) d'agarose CONDA MS-4 à 80V pendant 2h 30mn. Le gel a été préparé avec une solution de TBE (Tris, Borate acide, EDTA) AppliChen 0,5X, 30μl de bromure d'éthidium (1mg/ml), visualisé et photographié sous UV avec l'appareil E-BOX VX2 version 15.06.

2.2.2. Analyse des données

La taille des bandes (fragments d'ADN) sur le gel d'agarose a été déterminée en paire de bases avec le logiciel E-Capt version 15.06 par comparaison avec le marqueur standard Promega 50bp DNA Step Ladder. La diversité de chaque variété de riz a été analysée sur la base de quatre paramètres statistiques: la fréquence des allèles, le nombre d'allèles, la diversité génétique et le *PIC* (*Polymorphism Information Content*) (Shakil *et al.*, 2015). Sur le gel d'agarose

après électrophorèse, un allèle homozygote est révélé par une bande d'ADN, et un marqueur représente un locus pour les 36 marqueurs SSR. La présence ou l'absence a été aussi indiquée par 0 ou 1 respectivement. La matrice des données 1 et 0 a été analysée avec le logiciel *Power Marker version 3.25* (Shakil *et al.*, 2015 ; Liu et Muse, 2005) pour calculer les quatre paramètres cités ci-dessus. Le dendrogramme a été construit avec le logiciel *Power Marker version 3.25* selon la méthode UPGMA (*unweighted pair-group method with arithmetic mean*) en fonction de la distance génétique de Nei (1983). L'arbre édité avec le logiciel MEGA version 7 (Kumar *et al.*, 2004).

III. Résultats et discussions

3.1. Niveau de polymorphisme des marqueurs moléculaires

La caractérisation moléculaire des 22 variétés de riz irrigué du groupe *indica* utilisées par le Programme Riz Irrigué de l'IER avec les 36 SSR a montré un total de 142 allèles avec une moyenne de 3,94 (Tableau 1). La valeur du *PIC* a variée de 0 (RM6038, RM022) à 0,8149 (RM3252) avec une moyenne 0,3650 (Figure 1)

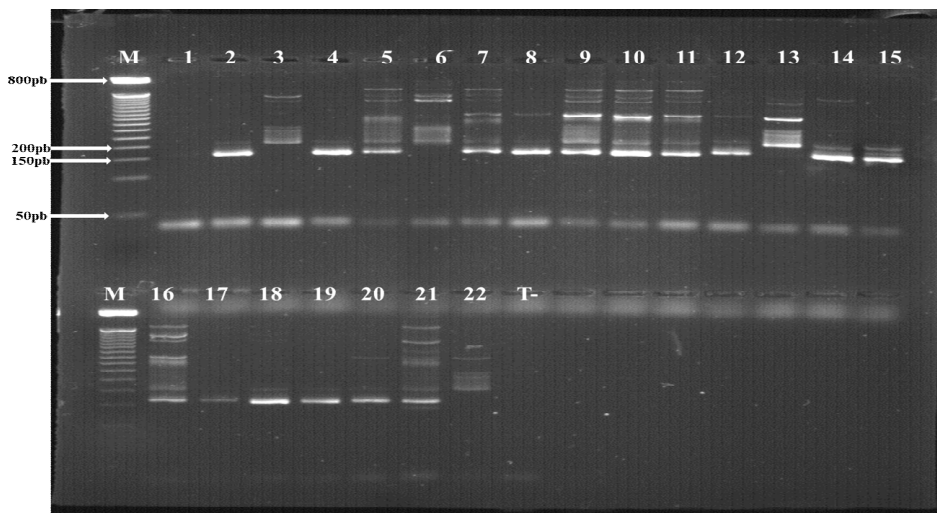


Figure:1 : Profils des produits de PCR des 22 variétés de riz irrigué *indica* avec RM3252 sur un gel d'agarose MS-4. 1 : BG 90-2, 2 : Kogoni 91-1, 3 : Adny11, 4 : SK 20-28, 5 : SK 16-25, 6 : Sambalamalo, 7 : Sutura, 8 : WAPMO, 9 : Saku, 10 : Wassa, 11 : Gambiaka Kokoun, 12 : BH2, 13 : Télimani, 14 : Sahel 317, 15 : Sahel 328, 16 : Sahel 329, 17 : Nionoka, 18 : Shwetaskoké, 19 : Sahelika, 20 : SK 7-8, 21 : Gigante, 22 : Seberang MR 77 : T- : témoin négatif.

Le nombre d'allèles par locus a varié de 1 (RM6038, RM022) à 8 (RM206). La meilleure fréquence (0,9545) de l'allèle le plus fréquent a été observé au niveau des loci RM3838, RM190, RM3744, RM167. En se référant à la définition du niveau informatif (Botstein *et al.*, 1980), 14 (39%) des marqueurs ont été hautement informatifs, 8 (22%) raisonnablement informatifs et 14 (39%) ont été légèrement informatifs. La diversité génétique a varié de 0 à 0,8347 avec une moyenne de 0,4006. Sur les loci étudiés, la diversité génétique des variétés est faible. Elle est relative aux critères et aux objectifs de la sélection. Les résultats

des travaux d'études de diversité s'avèrent très importants pour une conduite raisonnée des programmes de sélection variétale (Jacquot *et al.*, 2001), la conservation des ressources phylogénétiques locales (Moukoumbi, 2012), l'identification et le suivi des cultivars par la sélection assistée par marqueur. Kanawapee *et al.* (2011) ont analysé la diversité génétique de 30 variétés *indica* d'origine Thaïlandaise, Indienne et d'Institut International de Recherche sur le Riz (*IRRI*) avec 20 *SSR*, ils ont obtenu un *PIC* moyen de 0,73 et un nombre moyen d'allèle de 9,5 par *SSR*. Quatre-vingt-dix-neuf (99%) des marqueurs *SSR* ont été hautement informatifs. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles de la présente étude. De même Zhang *et al.* (2011) ont eu un nombre moyen d'allèles (3,71) et une diversité génétique moyenne (0,484) sur 118 variétés de riz *indica* collectées dans 20 provinces de Chine à partir de 274 *SSR* répartis sur les 12 chromosomes. L'analyse moléculaire du groupe *indica* avec les marqueurs *SSR* a mis en évidence la forte diversité génétique au sein du groupe au niveau des différents programmes de sélection à travers le monde.

Tableau 1 : Valeurs des paramètres génétiques des marqueurs *SSR* des 22 variétés de riz

No Chr	<i>SSR</i>	Nombre d'allèle	Taille des allèles (bp)		Allèle No	Major Fréquence	Allèle	Gène Diversité	<i>PIC</i> ^a
			Min	Max					
1	RM243	6	31	204	3	0,4545	0,6074	0,5244	
1	RM3252	6	163	395	8	0,2727	0,8347	0,8149	
1	RM1	5	76	258	3	0,7273	0,4174	0,3603	
2	RM5780	4	117	242	5	0,5909	0,5868	0,5407	
2	RM211	6	148	244	5	0,5000	0,6777	0,6381	
2	RM341	6	149	291	5	0,5455	0,6405	0,6013	
3	RM6038	1	0	129	1	1,000	0,0000	0,0000	
3	RM022	4	189	247	1	1,000	0,0000	0,0000	
3	RM218	3	116	186	4	0,5455	0,6074	0,5477	
4	RM551	3	178	242	4	0,5000	0,6405	0,5804	
4	RM255	3	130	171	2	0,8182	0,2975	0,2533	
4	RM518	4	160	274	2	0,8336	0,2355	0,2078	
5	RM1024	2	124	134	2	0,8336	0,2355	0,2078	
5	RM430	5	115	185	2	0,9091	0,1653	0,1516	
5	RM3838	3	183	240	2	0,9545	0,0868	0,0830	
6	RM508	3	195	298	3	0,6818	0,4587	0,3873	
6	RM276	3	100	153	4	0,5455	0,6074	0,5477	
6	RM190	3	105	150	2	0,9545	0,0868	0,0830	
7	RM125	5	114	270	4	0,5909	0,5785	0,5258	
7	RM010	6	169	375	3	0,8182	0,3099	0,2822	

a: Polymorphic Information Content

Tableau 1 : suite

No Chr	SSR	Nombre d'allèle	Taille des allèles (bp)		Allèle No	Major Fréquence	Allèle	Gène Diversité	PIC ^a
			Min	Max					
7	RM18	4	146	239	3	0,9091		0,1694	0,1626
8	RM072	4	158	194	4	0,3636		0,6901	0,6273
8	RM152	5	118	228	4	0,5000		0,6488	0,5938
8	RM331	3	170	297	3	0,9091		0,1694	0,1626
9	RM257	2	121	154	3	0,9091		0,1694	0,1626
9	RM242	3	200	266	3	0,9091		0,1694	0,1626
9	RM3744	6	167	247	2	0,9545		0,0868	0,0830
10	RM222	4	227	260	5	0,4545		0,7107	0,6721
10	RM1375	6	143	450	2	0,8182		0,2975	0,2533
10	RM496	2	221	250	2	0,7727		0,3512	0,2896
11	RM167	3	44	160	2	0,9545		0,0868	0,0830
11	RM286	4	100	143	5	0,4545		0,6901	0,6427
11	RM206	8	127	237	5	0,6818		0,5041	0,4748
12	RM101	3	273	322	4	0,5000		0,5785	0,4914
12	RM17	3	159	209	4	0,5909		0,5909	0,5470
12	RM235	2	106	126	3	0,7273		0,4339	0,3939
	Moyenne	3,94	-	-	-	-		0,4006	0,3650

a: Polymorphic Information Content

3.2. Analyse de la distance génétique

Les variétés *indica* ont formé cinq grappes I à V (Figure 2). La majorité (64%) des variétés a formé la grappe III et a présenté une plus forte similarité génétique entre elles. La variété SK 20-28 a une forte dissemblance par rapport aux autres variétés et a constitué en elle seule la grappe II.

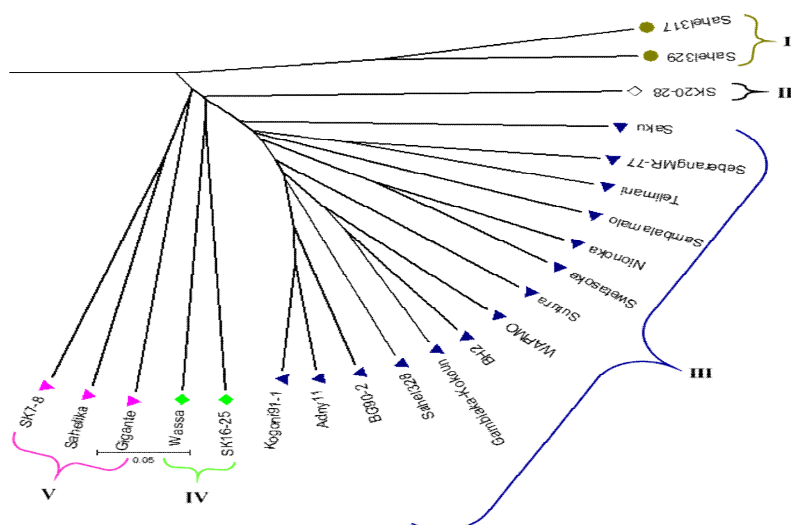


Figure 2: Dendrogramme des 22 variétés de riz irrigué *indica* basé sur UPGMA (unweighted pair-group method with averages).

Les variétés les plus cultivées et appréciées dans la zone Office du Niger telles que Kogoni91-1, BG90-2, Adny11 ont une très forte similarité génétique entre elles. Ces résultats confirment ceux obtenus par Lin et *al.* (2012), qui ont montré que toutes les variétés du *indica* introduites par l'IRRI et les Philippines ont une forte similarité à l'exception de IR1545-339. Zhang et *al.* (2013) ont obtenu aussi cinq sous-groupes (i, ii, iii, iv, v) après l'analyse de similarité génétique 137 génotypes du groupe *indica* (Zhang et *al.*, 2013). De même Kalyan et Naravaneni (2006) ont montré que les cultivars *indica* ont plus de 50% de coefficient de similarité par rapport aux types de *japonica*.

IV. Références

- Baumgartner A. (1998). Un aliment de base pour la moitié de l'humanité p4.
- Botstein D., White R. L., Skolnick M., & Davis R. W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American journal of human genetics*, 32(3), 314-331.
- Dao K. (2014). Caractérisation moléculaire des lignées en disjonction issues de croisement de dix variétés de riz de fort potentiel de rendement pour leurs composantes de rendement. p. 77.
- Demol J. (2002). Amélioration des plantes: Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. *Presses Agronomiques de Gembloux*.
- Diarra S. B., Traoré P., & Keïta F. (2014). L'inclusion des femmes, des jeunes et des pauvres dans la chaîne de valeur du riz au Mali. *Bamako: Observatoire du marché agricole*. p.114.
- FAO (2004). Le riz et l'alimentation humaine Food and Agriculture Organization of the United Nations Viale delle Terme di Caracalla Rome 00100 Italy (Disponible à www.fao.org/rice2004/fr/f-sheet/fiche3.pdf).
- Goita O. (2013). Genetic Improvement of Alkalinity Tolerance in Rice in Office Du Niger in Mali, Doctoral dissertation, *University of Ghana*.
- Halima Benbouza, Jean-Pierre Baudoin, Guy Mergeai (2006). Amélioration de la méthode d'extraction d'ADN au CTAB appliquée aux feuilles de cotonnier *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10(2), 73 – 76.
- Jacquot M., Clément G., Ghesquière A., Glaszmann J.C., Guiderdoni E., Tharreau D. (2001). Tropical plant breeding. *Montpellier: CIRAD*, p. 425-454.
- Kalyan C.B. and Naravaneni R. (2006). Full Length Research Paper SSR marker based DNA fingerprinting and diversity study in rice (*Oryza sativa*. L.) *African Journal of Biotechnology* Vol. 5(9), pp. 684-688.
- Kanawapee N., Sanitchon J., Srihaban P., & Theerakulpisut P. (2011). Genetic diversity analysis of rice cultivars (*Oryza sativa* L.) differing in salinity tolerance based on RAPD and SSR markers. *Electronic Journal of Biotechnology*, 14(6), 2-2.
- Khush G. S. (2005). What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant molecular biology*, 59(1), 1-6.
- Kumar R., Singh A.K., Kumar A. and Radha (2012). Evaluation of genetic diversity in rice using simple sequence repeats (SSR) markers. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(84), pp. 14956-14995.

- Kumar S., Tamura K., & Nei M. (2004). MEGA3: integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Briefings in bioinformatics*, 5(2), 150-163.
- Lin H. Y., Wu Y. P., Hour A. L., Ho S. W., Wei F. J., C Hsing Y. I., & Lin Y. R. (2012). Genetic diversity of rice germplasm used in Taiwan breeding programs. *Botanical Studies*, 53(3), 363-376.
- Liu J., & Muse S. V. (2005) PowerMarker V3. 0 Manual.
- Ma H., Yin Y., Guo Z. F., Cheng L. J., Zhang L., Zhong M., & Shao G. J. (2011). Establishment of DNA fingerprinting of Liaojing series of *japonica* rice. *Middle-East J. Sci. Res*, 8(2), 384-392.
- McCouch S. R., Teytelman L., Xu Y., Lobos K. B., Clare K., Walton M., & Zhang Q. (2002). Development and mapping of 2240 new SSR markers for rice (*Oryza sativa* L.) (supplement). *DNA research: an international journal for rapid publication of reports on genes and genomes*, 9(6), 257.
- Moukoubi Y. D., Kolade O., Drame K. N., Sie M., & Ndjiondjop, M. N. (2015). Genetic relationships between interspecific lines derived from *Oryza glaberrima* and *Oryza sativa* crosses using microsatellites and agromorphological markers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(2), 0701.
- Nei M and Takezaki N, (1983). Estimation of genetic distances and phylogenetic trees from DNA analysis. Proc. 5th World Cong. *Genet. Appl. Livestock Prod.* 21: 405-412.
- Pervaiz Z. H., Rabbani M. A., Khaliq I., Pearce S. R., & Malik S. A. (2010). Genetic diversity associated with agronomic traits using microsatellite markers in Pakistani rice landraces. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13(3), 4-5.
- Pokhriyal B., Thorat K., Limaye D., Joshi Y., Kadam, V. J., & Dubey, R. (2012). Microsatellite Markers—A Novel Tool in Molecular Genetics. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 2, 397-412.
- Powell W., Morgante M., Andre C., Hanafey M., Vogel J., Tingey S., & Rafalski A. (1996). The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular breeding*, 2(3), 225-238.
- Seetharam K., Thirumeni S., Paramasivam K. (2009). Estimation of genetic diversity in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes using SSR markers and morphological characters. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8(10), pp. 2050-2059.
- Shakil S.K., Sultana S., Hasan Md M., Hossain Md M., Ali Md S., Prodhan S.H. (2015). SSR marker based genetic diversity analysis of modern rice varieties and coastal landraces in Bangladesh. *Indian Journal of Biotechnology* 14: 33-41.
- Zhang L. N., Cao G. L., & Han L. Z. (2013). Genetic diversity of rice landraces from lowland and upland accessions of China. *Rice Science*, 20(4), 259-266.
- Zhang P., Li J., Li X., Liu X., Zhao X., & Lu Y. (2011). Population structure and genetic diversity in a rice core collection (*Oryza sativa* L.) investigated with SSR markers. *PLoS one*, 6(12), e27565.

Communication N°44: Evaluation de l'efficacité du Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) sous différentes pratiques de travail du sol en zone Sahélienne du Mali.

Aliou Badara KOUYATÉ¹, Sidiki Gabriel DEMBÉLÉ¹ et Ali IBRAHIM²

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA)

²International Crop Research Institute for Semi Arid Tropic (ICRISAT)

Email: aloubadarakouyate@yahoo.fr/ 74 14 59 55

Résumé

La déficience en phosphore disponible pour les cultures, est une contrainte majeure à la production céréalière au Mali. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets combinés des sources de phosphore à différentes doses et le travail des sols sur les performances agronomiques du maïs et les propriétés chimiques du sol. Les traitements utilisés consistaient à la combinaison de trois sources de phosphore à trois doses chacune et deux types de travail du sol, arrangés dans un dispositif en split-plot avec trois répétitions. Le labour en courbe de niveau (LCN) augmentait le rendement en grain du maïs de 22 et 16 % comparé au labour conventionnel (LC), respectivement en 2013 et 2014 et améliorait la disponibilité du phosphore du PNT du fait de sa capacité à augmenter l'humidité du sol. La croissance du maïs et le prélèvement du phosphore ont été meilleurs avec le LCN comparé au LC avec respectivement une augmentation de 44 et 65 % en 2013 et 2014. L'efficacité agronomique relative était plus élevée avec le LCN comparativement au LC. La forme en poudre du PNT a augmenté significativement ($P < 0.05$) les indices d'adsorption du phosphore comparée à la forme granule. Ces résultats montrent qu'il existe une grande opportunité pour améliorer la production du maïs au Mali à travers une utilisation du phosphore naturel combiné à une pratique adéquate de travail du sol.

Mots clés : Travail du sol, Phosphore assimilable, Maïs, Mali.

I. Introduction

La déficience en phosphore assimilable est largement considérée comme la contrainte biophysique majeure à la production agricole dans une grande partie des régions semi-aride et sub-humide de l'Afrique. L'apport de phosphore est une nécessité absolue sans lequel l'apport d'éléments autres que le phosphore n'entraînera pas un accroissement de la production agricole dans ces régions (Bationo *et al*, 1996).

Les engrais phosphatés hydrosolubles comme le phosphate d'ammoniaque sont généralement recommandés pour corriger la déficience en phosphore du sol. Cependant, la plupart des pays en voie de développement importent ces engrais, qui sont difficiles d'accès pour les producteurs à faible revenu. L'utilisation du phosphate naturel a été suggérée comme une alternative pour pallier à la déficience du phosphore des sols tropicaux (FAO, 2004). L'amélioration de l'efficacité agronomique des PN peut se faire par augmentation de l'humidité du sol qui affecte positivement le taux de dissolution du PN. Le processus est affecté par la rapide neutralisation des ions hydroxydes libérés et l'enlèvement de calcium (Ca) et autres produits de la réaction dans la zone proche des particules de PN (FAO, 2004). Un approvisionnement adéquat en eau encourage le développement et l'absorption du phosphore par la plante, entraînant une amélioration de l'efficacité agronomique des PN (FAO, 2004).

Bien que l'utilisation du phosphate Naturel de Tilemsi dans la production agricole au Mali ait fait l'objet de plusieurs recherches, la plupart de ces travaux ont porté sur le broyage le mélange du PNT avec la matière organique ou l'acidulation partielle. Il existe actuellement peu d'information scientifique sur la dose de PNT à apporter en combinaison avec le type de gestion ou de travail du sol qui peut améliorer de façon significative son efficacité agronomique dans une écologie à pluviométrie faible et aléatoire comme la zone Sahélienne du Mali. C'est dans ce cadre que cette étude a été initiée avec comme objectif d'évaluer les effets de différentes formes et doses d'application du phosphate sous différentes pratiques de travail des sols sur les performances agronomiques du maïs et les propriétés chimiques du sol .

II . Matériel et Méthodes

2.1 Site de l'étude

L'étude a été menée à Konobougou localisé entre le 12° 55'Nord 6°46'Ouest dans la zone Sahélienne du Mali. La moyenne annuelle des pluies varie entre 500 et 700 mm (Kablan *et al*, 2008). La longueur de la saison des cultures est de 90 -100 jours. Les sols sont à dominance sablo-limoneuse.

2.2 Dispositif expérimental

L'étude a consisté à la comparaison de trois (3) formes de phosphore PNT (granule), PNT (poudre) et le DAP à trois (3) niveaux de variation 0 kg ha⁻¹, 11kg

ha⁻¹ (dose recommandée), et 16 kg ha⁻¹ (dose standard pour le site de l'étude) combinées à deux (2) types de travail du sol: labour en courbe de niveau (LCN) et le labour conventionnel (LC) disposés en split-plot arrangé en bloc randomisé complet avec trois répétitions.

2.3 Paramètres mesurés

Les paramètres suivants ont été déterminés :

Le rendement grain et la biomasse sèche

Rendement (Rdt) grain par unité expérimentale a été convertit en kg ha⁻¹ en utilisant la formule suivante :

$$\text{Rdt grain (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{kg Rdt grain m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^2.$$

La biomasse aérienne par unité expérimentale a été aussi convertit en kg ha⁻¹ par la formule

$$\text{Rdt biomasse (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Rdt en Kg de la biomasse m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^2.$$

L'efficacité agronomique relative (EAR)

L'efficacité agronomique relative (EAR) a été calculée comme le rapport du rendement (Rdt) avec le PNT sur le rendement obtenu avec le DAP au même niveau d'application (11 kg de P ha⁻¹ et 16 kg de P ha⁻¹) en utilisant la formule :

$$\text{EAR} = \frac{\text{Rdt}_{\text{PNT}} - \text{Rdt}_{\text{Temoi n}}}{\text{Rdt}_{\text{DAP}} - \text{Rdt}_{\text{Temoi n}}} \times 100$$

L'humidité du sol

L'humidité du sol ou humidité gravimétrique a été déterminée par échantillonnage du sol en trois (3) périodes : 4, 8 et 12 semaines après semis sur le labour en courbe de niveau et le labour conventionnel. Douze (12) échantillons de sols ont été prélevés par répétition et par date de prélèvement. L'humidité du sol ou la masse de l'eau a été déterminée par séchage de sol humide (Phs) à un poids constant (105 °C à 24 H). Le poids du sol a été pesé après et avant séchage (Pss). La masse de l'eau ou poids de l'eau a été estimé par la différence entre le poids humide et le poids sec (De Angelis 2007).

L'humidité du sol sur la base du poids sec a été calculée suivant la formule :

$$\Theta_g = \frac{(\text{Phs} + \text{tare}) - (\text{Pss} + \text{tare})}{(\text{Pss} + \text{tare}) - (\text{tare})}$$

Phs : poids humide du sol ; Pss : poids sec du sol

2.4 Analyse au laboratoire

Les analyses ont porté sur la détermination du pH eau (1/1), le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode Bray 1, les bases échangeables par la méthode de l'acétate d'ammonium, l'azote totale par la méthode Nelson et

Sommers. L'analyse des échantillons a été faite au laboratoire sol eau plante (unité d'analyse) de l'IER/ Sotuba.

2.5 Analyse statistique

Les données collectées ont été soumises à l'Analyse de la Variance (ANOVA) avec le logiciel « *Genstat statistical package 9th édition, 2006* ». En cas de différence significative, la séparation des moyennes a été faite en utilisant la plus petite différence significative (ppds). L'analyse de la corrélation a été faite entre les propriétés du sol et les paramètres du maïs à la récolte.

III. Résultats

3.1 Effet du travail du sol et de l'application du phosphore sur certaines propriétés chimiques du sol

L'apport des formes de phosphore (DAP et PNT) a influencé de façon significative ($P < 0.01$) le pH du sol. La valeur du pH mesurée dans les parcelles qui ont reçu le PNT a été supérieure à celles des parcelles du DAP et du témoin (Tableau 1). L'interaction entre les formes de phosphore et le taux de phosphore, a significativement influencé ($P < 0.05$) la valeur du pH durant les deux années de culture (Tableau 1).

Le calcium échangeable (Ca^{2+}) a été significativement ($P = 0.004$) influencé par les formes de phosphore dans la deuxième année de l'expérience (Tableau 1). Les parcelles qui ont reçu le PNT ont donné la plus grande valeur Ca^{2+} ($0,92 \text{ Cmol.kg}^{-1}$).

Le type de travail du sol a significativement influencé ($P < 0.01$) la teneur du phosphore assimilable du sol, Pendant la première année de l'expérience, le labour en courbe de niveau a enregistré le taux de P assimilable le plus élevé comparé au labour conventionnel (Tableau 1). Bien qu'en deuxième année aucune différence significative n'a été observée entre les deux types de travail du sol le taux de phosphore assimilable libéré dans le sol avec le LCN a été plus élevé que le LC.

La teneur en phosphore assimilable du sol a été significativement influencée ($P < 0.001$) par les différentes formes de P (Tableau 1). Parmi les sources de phosphore, le DAP a été supérieur aux différentes formes de PNT pour la teneur en phosphore assimilable libérée dans le sol. La teneur du phosphore assimilable du sol augmente avec le niveau d'application du phosphore aussi bien avec le LCN que le LC durant les deux années de l'expérimentation. Aussi l'interaction type de travail du sol et application du phosphore a eu un impact significatif ($P = 0.02$) sur le taux de P assimilable durant les deux années de l'expérimentation.

Tableau 1: Effets des engrais phosphates et du travail du sol sur le pH, Ca et le P assimilable.

	2013			2014		
	pH	Ca (cmol.kg ⁻¹)	P (mgkg ⁻¹)	pH	Ca (cmol.kg ⁻¹)	P(mgkg ⁻¹)
Travail du sol (TS)						
LCN	4,41	0,68	5,26	4,76	0,80	4,25
LC	4,38	0,59	3,81	4,71	0,74	3,96
Fpr	0,55	0,49	0,01	0,13	0,32	0,25
Forme de phosphore (FP)						
Témoin (No-P)	4,25	0,59	3,12	4,20	0,57	2,73
DAP	4,29	0,63	6,67	4,72	0,77	4,69
PNT (Granule)	4,59	0,63	4,13	4,98	0,92	4,11
PNT (Poudre)	4,54	0,67	4,55	5,03	0,84	4,61
Ppds (0.05)	0,21	0,13	0,85	0,20	0,19	0,46
Fpr	0,01	0,71	< 0.001	< 0.001	0,004	<0.001
Dose de Phosphate(DP) kg/ha						
0	4,26	0,64	3,10	4,33	0,66	2,25
11	4,38	0,60	4,63	4,89	0,92	4,79
16	4,54	0,65	6,13	4,98	0,75	5,28
Ppds (0.05)	0,18	0,11	0,74	0,17	0,16	0,40
Fpr	0,01	0,69	< 0.001	<0.001	0,01	<0.001
Interactions						
FP x DP	0,05	0,07	< 0.001	0,002	0,36	<0.001
TS x FP	0,40	0,90	0,002	0,02	0,38	0,01
TS x DP	0,27	0,47	0,01	0,29	0,46	<0.001
TS x DP x FP	0,33	0,47	0,02	0,44	0,11	0,06
CV (%)	7,20	31,70	28,10	6,30	36,90	16,90

3.2 Effet du travail du sol et de l'application du phosphore sur le rendement grain et la biomasse sèche du Maïs.

Le rendement grain a augmenté de 22 % et 16 % respectivement en 2013 et 2014 avec le labour en courbe de niveau (LCN) comparé au labour conventionnel (LC). L'interaction entre les formes de phosphore et le taux d'application a significativement influencé ($P < 0.001$) le rendement grain du maïs durant les deux années. Une augmentation générale a été observée du faible niveau d'application à la dose de 16 kg ha⁻¹ pendant les deux années.

Le rendement biomasse sèche a connu une augmentation avec le labour en courbe de niveau (LCN) de 32 % et 14 % respectivement en 2013 et 2014 comparé au LC. Parmi les différentes formes de phosphore, aucune différence significative n'a été observée entre le DAP et le PNT (poudre) durant les deux années. Celles-ci sont significativement supérieures dans l'élaboration du rendement biomasse sèche en comparaison au PNT (granule) et le Témoin.

3.3 Absorption du phosphore par le maïs

Le type de travail du sol a eu une influence significative ($P < 0.004$) sur l'absorption du phosphore par le maïs. Le Labour en courbe de niveau a enregistré la plus grande absorption du phosphore comparé au labour conventionnel (Figures 1 et 2) durant les deux années d'expérimentation. Le taux d'accroissement de

l'absorption du phosphore avec le LCN comparé au LC a été de 44 % et 65 % respectivement en 2013 et 2014.

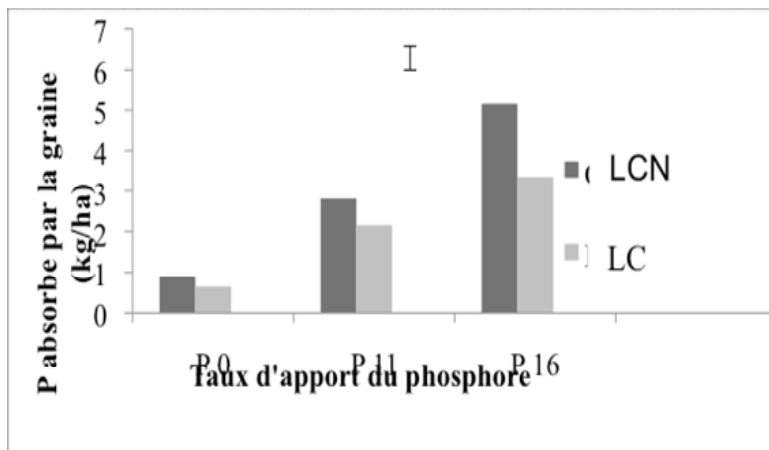


Figure 1 : Interaction entre le type de travail du sol et le taux d'apport du P sur l'absorption du P par la graine en 2013

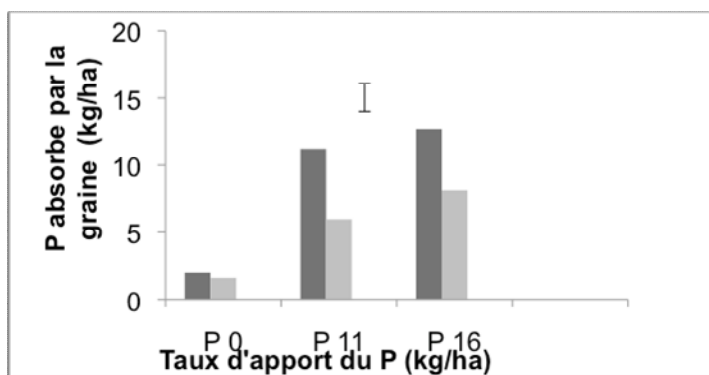


Figure 2 : Interaction entre le type de travail du sol et le taux d'apport du P sur l'absorption du P par la graine en 2014

3.4 Les effets du travail du sol sur l'efficacité agronomique relative

Le type de travail du sol a eu une influence sur l'efficacité agronomique relative (EAR) des différentes formes de PNT. L'efficacité agronomique relative du PNT par rapport au DAP s'est nettement améliorée avec le LCN qu'avec le LC (Tableaux 2 et 3). L'application du PNT sous forme de poudre a permis d'accroître son efficacité agronomique comparé à la forme granule avec les différentes doses

d'apport aussi bien avec le LCN que le LC (Tableaux 3 et 4). Les valeurs de EAR décroissent avec l'accroissement du taux de P apporté avec le PNT pour le LCN.

Tableau 2: Rendement grain du maïs et efficacité agronomique relative du PNT par rapport au DAP avec le LCN.

	2013				014			
	Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)	
	P11	P16	P11	P16	P11	P16	P11	P16
Engrais	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)
Granule	1114	31	1810	44	1159	32	1635	39
Poudre	2405	78	2543	64	2508	88	2470	65
DAP	3016	100	3802	100	2786	100	3619	100
Temoin - P0	221.42	-	221.42	-	380.95	-	380.95	-

Rdt : Rendement ; EAR : Efficacité agronomique relative

Tableau 3: Rendement grain du maïs et efficacité agronomique relative du PNT par rapport au DAP avec le LC.

	2013				2014			
	Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)		Doses de P (kg/ha)	
	P11	P16	P11	P16	P11	P16	P11	P16
Engrais	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)	Rdt (kg/ha)	EAR (%)
Granule	586	15	1583	48	1095	30	1581	45
Poudre	1910	69	2319	73	1556	50	2262	71
DAP	2685	100	3079	100	2778	100	3032	100
Temoin-P0	221.42	-	221.42	-	380.95	-	380.95	-

3.5 Effet du travail du sol sur l'humidité gravimétrique à 0-10 et 10-20 cm de profondeur

L'humidité du sol a été plus importante avec le LCN que le LC pendant les deux années de l'expérimentation. Le taux d'accroissement de l'humidité du sol pour le LCN compare au LC a été de 59 % et 22 % respectivement en 2013 et 2014. Une augmentation générale de l'humidité gravimétrique a été observée du début à la fin de l'expérimentation.

3.6 Corrélation entre le phosphore assimilable et les propriétés du sol a la récolte

Sous le labour en courbe de niveau une corrélation positive a été observée entre le phosphore assimilable, le pH ($r = 0,69^{HS}$) et l'humidité du sol ($r = 0,22^S$) durant les deux années. Cependant avec le LC une corrélation positive a seulement été observée entre le pH et le P assimilable ($0,68^{HS}$) en deuxième année d'expérience.

IV. Discussions

4.1 Effet du travail du sol et de l'application du phosphore sur certaines propriétés chimiques du sol

Le pH du sol est l'indicateur de la réaction du sol mais aussi de la disponibilité des nutriments pour les plantes. L'accroissement de la valeur du pH avec l'application du PNT s'explique par son pouvoir chaulant, résultant de la dissolution du PNT entraînant la libération des cations basiques. L'apatite, est le minéral principal qui entre dans la composition des phosphates naturels, le PNT est une apatite du type Ca - P, il y'a donc la potentialité de fournir du Ca et du Mg si il ya les conditions favorables à sa dissolution. Szilas *et al.* (2007) ont indiqué que l'application des PNs augmente le taux de calcium, de magnésium échangeable et le pH du sol. En outre, la dissolution de l'apatite consomme les ions H⁺ et ainsi il permet d'augmenter le pH en fonction de la réactivité du PN (FAO, 2004).

L'augmentation du Ca échangeable du sol en deuxième année d'expérience avec les parcelles ayant reçu le PNT comparé au témoin peut s'expliquer par la dissolution continue du PNT sur sol acide. Le PNT contient une quantité importante de Ca qui contribue à une libération importante de Ca durant le processus de dissolution avec le temps. Cependant, si la dissolution des carbonates libres augmente significativement le pH et le calcium échangeable au tour de la particule de PN, il peut entraver la dissolution de l'apatite et ainsi réduire la disponibilité du phosphore (Chien et Menon, 1995).

L'augmentation du taux de P assimilable avec le LCN comparé au LC pendant les deux années de l'expérimentation, s'explique par l'augmentation relative de l'humidité du sol avec le premier. Plusieurs études ont apporté l'effet bénéfique de l'impact de l'humidité du sol sur la solubilisation du PNT. Marschner (1995) a souligné que l'humidité du sol améliore la croissance de la plante et l'absorption du P et du Ca par la plante qui en retour augmente le taux de solubilisation du PN. Le déplacement de l'équilibre de la solution du sol, augmente le transfert de la phase solide à la phase liquide. L'absorption du phosphate par la plante ou sa rétention par le sol augmente le taux de dissolution du PNT (Straaten, 2002). Le DAP a donné la plus grande valeur de P assimilable compare au PNT aussi bien à 11 et 16 kg ha⁻¹. Cela peut s'expliquer par le fait que le DAP est un engrais hydrosoluble et libère plus de P dans la solution du sol que le PNT.

4.2 Effet du travail du sol et de l'application du phosphore sur le rendement grain et la biomasse sèche du Maïs.

Quoi que non significatif, le rendement grain et la biomasse ont été 19 % supérieur avec le LCN compare au LC. Cela s'explique par l'augmentation et la conservation de l'humidité du sol avec le LCN. Kablan *et al.* (2008) ont apporté une augmentation de rendement grain du maïs de 50 % avec le LCN. L'apport des formes de phosphore a permis une augmentation significative des rendements grain et biomasse comparé au témoin durant les deux années de l'étude. La forme en poudre du PNT a permis une augmentation significative du rendement grain par

rapport à la forme granule, et l'application du DAP a produit une augmentation significative ($P < 0.001$) du rendement grain comparé au PNT aussi bien à la dose d'application du phosphore à 11 et 16 kg ha⁻¹. Cela peut s'expliquer par le fait que la libération du phosphate est plus rapide et son absorption par les plantes avec le DAP que le PNT, et aussi par la forme en poudre du PNT que la forme granule. Le DAP a été supérieur aux différentes formes de PNT à cause de sa capacité à libérer le P rapidement. La libération précoce d'une grande quantité de P (hydrosoluble) stimule le développement précoce des racines et la capacité de la plante à absorber l'eau et les autres nutriments. Cependant, les rendements grain et biomasse sont plus élevés avec la forme poudreuse que la forme granule s'explique par la différence de la taille des particules entre les deux types de fertilisant. La solubilité du PNT augmente généralement avec les particules de taille petite et conséquemment, la libération du P à partir du PNT pour la croissance de la plante (FAO, 2004). Comme les PNs sont relativement insolubles, leur surface spécifique est un paramètre important pour leur solubilisation. Plus la particule est de dimension petite, plus grande est la surface de contact entre elle et le sol et meilleure est la solubilité du PN.

4.3 Les effets du travail du sol sur l'efficacité agronomique relative

Dans cette étude parmi les formes de PNT utilisées, la forme en poudre a été significativement plus efficace que la forme granule aussi bien avec le LCN que LC suggérant que la taille des particules a eu une influence positive sur l'efficacité agronomique du PNT. L'apport de fines particules de PNT augmente le taux de dissolution des PNs. Généralement, une faible dose de P apporté conduit à une augmentation des indices d'adsorption du P notamment de l'EAR qu'une dose plus élevée. Bolland (2007) a indiqué que l'apport de faible dose de PN augmente la dissolution du phosphate naturel et aussi son efficacité. L'apport à faible dose permet d'augmenter la surface de contact entre les particules de PNs et le sol conséquemment l'amélioration, de leur solubilité. Selon Huissen *et al.* (2009). L'application directe des phosphates naturels comme source de P rivalise favorablement avec les phosphates hydrosolubles. La valeur relativement élevée de EAR (88 % - 64% avec LCN et 73% - 50% avec LC) obtenue avec cette étude peut être attribuée à l'acidité du sol qui favorise la solubilisation du PNT. Des résultats similaires au Mali ont été apportés par Hellums et Honolu (1992) qui ont trouvé que le PNT a été 78 % - 100 % aussi efficace que le TSP durant 4 années de test dans une rotation maïs coton.

Conclusion

Le labour en courbe de niveau a un impact positif sur la disponibilité du phosphore du PNT, à cause de sa capacité de conservation de l'humidité du sol. Cependant, l'humidité du sol n'est pas suffisante pour accroître la disponibilité du P venant du PNT. Il est plutôt un intermédiaire qui améliore l'absorption du phosphate et la croissance de la plante, réduisant la concentration de P dans la solution du sol améliorant ainsi la solubilisation du PNT. Cette étude confirme que le PNT utilisé en association avec le LCN dans la zone Sahélienne à une efficacité comparable à celle des phosphates hydrosolubles comme le DAP.

References

- Bationo, A., Rhodes, E., Smaling, E.M.A. and Visser, C. (1996). Technologies for restoring soil fertility. In A.U. Mokwunye., A. de Jager., and E.M.A. Smaling. (eds). Restoring and maintaining the productivity of West African soils: key to sustainable development Misc. Fert. Stud. 14. Int. Fert. Dev. Ctr., Africa, Lome, Togo
- Bolland, M. (2007). Effectiveness of rock phosphate. Department of Agriculture and Food Government of Western Australlia. Farm note 33/96 Note: 215.
- Chien, S.H. and Menon, R.G. (1995). Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. Fert. Res 41: 227 – 234
- De Angelis, K.M. (2007). Measurement of soil moisture content by gravimetric water method. In C.A. Black. (eds). "Methods of Soil Analysis: Part I physical and mineralogical properties".American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- FAO. (2004). Use of rocks phosphate for sustainable agriculture. FAO Fertilizer a nutrition Bulletin 13.ISSN 0532-0488
- Hellums, D.T. and Honolu, (1992). Alternative phosphorus fertilizers in the tropics: "An agronomic and economic evaluation" Phosphorus Decision Support System Workshop (BALAS, S., ed), Trop Soils Bulletin No. 92- 01.
- Huissen, A.H.A. (2009). Phosphorus use efficiency by two varieties of corn at differents phosphorus fertilizer application rates. Research Journal of Applied Sciences 4: 85 - 93.
- Kablan, R., Yost, R.S., Brannan, K., Doumbia, M.D., Traoré, K., Yoroté, A., Toloba, Y., Sissoko, S., Samaké, O., Vaksman, M., Dioni, L. and Sissoko, M. (2008). Aménagement en courbes de niveau "Increasing rainfall capture, storage, and drainage in soils of Mali", Arid Land Research and Management 22 (1): 62 –80.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed Acadmic Press, London.
- Straaten, P.V. (2002). Rocks for crops, agro minerals of sub-Sahara Africa. (CD), ICRAF, Nairobi, Kenya. ISBN: 0-88955-512-5,pp
- Szilas, C., Semoka, J.M.R. and Borggaard, O.K. (2007). Establishment of an agronomic database for Minjingu phosphate rock and example its potential use. Nutrient Cycling in Agroecosystem 78: 225 - 237.

Communication N°45: Amélioration de la production du maïs par les souches de bactéries (*Bacillus subtilis*) solubilisant les phosphates naturels.

Lamine TRAORÉ¹, Amadou Hamadoun BABANA², Messaoud LAHBIB^{2,3}, Hani ANTOUN⁴, Ousmane SACKO² et Diane STOTT⁵

¹. Institut d'Economie, Rurale, Mali, E-mail : ltraore68@gmail.com, Tel : 66 72 43 26

² Faculté des Sciences et des Techniques, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies, Bamako, Mali,

³. Chaire UNESCO pour l'environnement, Bamako, Mali;

⁴. Centre Sève et Centre de recherche en Horticulture, Université Laval, Québec Canada.

⁵. USDA-ARS National soil Erosion Research Laboratory, Purdue University, Indiana USA.

Résumé

Six (6) Isolats de bactéries agricoles (*Bacillus subtilis sub-sp*) : I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ et I₆, isolés de la rhizosphère du maïs, ont été soumis aux différents tests pour déterminer leur capacité à produire des substances favorisant la croissance et la production des plantes cultivées, communément appelés des régulateurs de croissance comme les Siderophores, l'Acide Indole Acétique (AIA) et l'Acide Cyanhydrique (HCN). Les tests ont révélé que tous les isolats produisaient du Sidérophore, de l'acide Indole Acétique et d'autres composés similaires comme les acides organiques (acides lactiques, gluconiques, oxaliques et succiniques), et des enzymes (phosphatase acide et pyrophosphatase), mais aucun n'a produit de l'acide cyanhydrique. Ces microorganismes pouvaient également dissoudre les phosphates naturel et organique et rendre le phosphore (P) disponible pour la plante par la production des acides organiques et des enzymes cités. Ces bactéries dans les conditions de champ n'ont pas influencé la hauteur de la plante de maïs après 60 jours de croissance, mais ont influencé positivement le rendement grain, la biomasse aérienne sèche et leur teneur en phosphore. Il a été observé des augmentations de rendement et de la biomasse de maïs de 371,5 kg/ha ou 12,33% et 296,93 kg/ha ou 8,46% respectivement par rapport au témoin; une augmentation de la teneur des grains et la biomasse aérienne en phosphore de 0,46 kg/ha ou 12,89% et 1,54 kg/ha ou 57,67% respectivement par rapport au témoin. Ils pourraient être utilisés dans l'agriculture comme des bio-inoculants.

Mots-clés: Maïs, Bactéries, rhizosphères, bio-inoculant, régulateur de croissance, production.

I. Introduction

La solubilisation des phosphates par les microorganismes du sol contribue sans aucun doute à la croissance des plantes. La rhizosphère est la niche écologique qui entoure les racines. Il contient des groupes de bactéries, de champignons et de protozoaires qui colonisent les racines de manière agressive. Ainsi, ils se multiplient et occupent la niche qui entoure les racines à différents stades de la croissance des plantes. Ils sont également appelés microorganismes promoteurs de la régulation de la croissance des plantes ou des bactéries *Rhizobium* promotrices de la croissance des plantes (PGPR). Selon Antoun et Kloepper (2001), l'effet bénéfique des PGPR provient de l'amélioration de la croissance et de la santé de la plante, illustrée par une amélioration de la levée des plants, de la vigueur, du développement du système racinaire et du rendement. Parmi ces substances, figurent le Siderophore, l'Acide Indole Acétique (AIA) et l'acide cyanhydrique. Les phosphatases produites par les PGPR minéralisent le phosphore à partir du phosphate organique et augmentent la concentration de phosphore soluble dans la solution du sol. Ils sont les principaux composants de l'agriculture biologique qui se présente comme une alternative aux intrants chimiques (pesticides et fertilisants minéraux) dans l'agriculture intensive. Certains résultats de recherche ont indiqué qu'un groupe de micro-organismes hétérotrophes se sont révélés capables de dissoudre les formes inorganiques de (P), à partir des sécrétions d'acides organiques qui dissolvent le phosphate minéral dans la solution du sol (Halder et al., 1990, Gaur 1990, Bojinova et al. 1997 et He et al., 2002). Parmi les microorganismes responsables de cette dissolution figurent des bactéries telles que *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *Pseudomonas* et certains champignons, y compris *Aspergillus awamori*, *Penicillium bilaii*, *P. digitatum* et *Trichoderma sp.* Les analyses de filtrats de culture préparés par Kucey et al. (1989), Murphy et al., (1999) ont permis d'identifier un certain nombre d'acides organiques tels que l'acide lactique, l'acide glycolique, l'acide citrique, le 2-kétogluconique, l'acide malique, l'acide oxalique, l'acide malonique, l'acide tartrique, l'acide succinique et des enzymes comme les phosphatases acides et pyrophosphatases, tous ayant la capacité de dissoudre des phosphates inorganiques. Gerretsen (1948), Leggett et al. (2001) ont montré que les microorganismes solubilisants les phosphates comprennent deux groupes: ceux qui vivent sous une forme libre près des racines et souvent sur la racine sans être liés à elles et ceux qui vivent en symbiose avec des plantes. Les enzymes sont classées comme des acides et phosphatases alcalines car elles présentent des activités optimales dans la gamme des acides et alcalines, respectivement. En raison de l'importance de ces enzymes dans la minéralisation des phosphates organiques du sol et la nutrition des plantes, une littérature considérable a été faite sur les phosphomono-esterases dans les sols (Speir et Ross, 1978). Les enzymes extracellulaires sont le principal moyen par lequel les microbes du sol dégradent les composés organiques complexes en molécules qui peuvent être assimilés. Elles permettent aux microbes d'accéder à l'énergie et aux nutriments présents dans les substrats complexes.

Le présent projet rentre dans le cadre de l'utilisation des microorganismes du sol pour améliorer les productions agricoles.

II. Materiel et Methodes

2.1. Production des substances de croissance par les bacteries

2.1.1. Production de Siderophores

La production de siderophores par les souches de Bacillus a été testée sur le milieu de culture azurol S CAS, faible en fer de Schwyn et Neilands, (1987), modifié par Milagres et al., (1999).

2.1.2. Production d'acide Cyanhydrique (HCN)

La capacité des souches de Bacillus à produire de l'acide cyanhydrique a été testée selon la méthode de Bakker et Schippers (1987).

2.1.3. Production d'acide Indol acétique (AIA) et substances apparentées

Le milieu solide de Luria-Bertani complété par du tryptophane a été utilisé (John M. Bric et al., 1991) pour identifier les souches de Bacillus produisant de l'AIA ou des substances apparentées.

2.1.4. Production d'acides organiques, changement de pH et solubilisation de phosphate

Le nombre et la nature des acides organiques à faible poids moléculaire produits par les isolats des six bactéries (I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ et I₆) ont été déterminés par le laboratoire de Dr. Murphy de l'Université de Purdue en utilisant les méthodes de microbiologie Vyas et Gulatis BMC 2009 et Murphy et al. (1999). Le phosphore solubilisé sous l'effet des acides organiques produits par des microorganismes a été déterminé en utilisant la méthode colorimétrique de Tandon et al. (1968). La relation entre le pH et la quantité de phosphore produite par la bactérie a été déterminée par la fonction de corrélation $Y = a - bx$, avec b comme amplitude de la courbe de régression, a comme constante et x la valeur du pH.

2.1.5. Production d'enzymes par les bactéries

La méthode est basée sur l'estimation colorimétrique du p-nitrophénol libéré par l'activité de la phosphatase lorsque le sol est incubé avec une solution tamponnée (pH 6,5) de phosphate de p-nitrophényle et de toluène.

2.1.5.1. Production de phosphatase acide par les bactéries

La procédure de détermination de phosphatase pour le sol a été utilisée selon le protocole de la méthodes de procédures d'exploitation standard/SOP-Enzyme-Acid phosphatase du 05 Mars 2010 du Laboratoire national de recherche sur l'érosion des sols USDA-ARS.

2.1.5.2. Production d'inorganique pyro-phosphatase

La détermination de pyro-phosphatase pour le sol a été utilisée selon le protocole des méthodes et procédure d'exploitation standard/SOP-Enzyme-pyro-phosphatase du 05 Mars 2010 du Laboratoire national de recherche sur l'érosion des sols USDA-ARS, mis à jour au mois de Mai 2011.

2.2. Experimentation au champ

Des parcelles d'essai ont été installées à la station de recherche Agronomique de Samanko, située à 15 km au sud-ouest de Bamako. Le sol était limoneux-sableux avec un pH de 4,8, 0,19% de matière organique et 3,44 kg/ha de (P) avec une précipitation annuelle moyenne de 800 à 900 mm. Le dispositif expérimental était un split-plot à trois répétitions avec comme parcelles principales la fertilisation : 300 kg/ha de phosphate de Tilemsi insoluble, l'engrais chimique ou le complexe céréale NPK 17 17 17, 100 kg/ha au semis et le témoin sans phosphore. Toutes les parcelles ont reçu la même quantité d'azote équivalent à 150 kg/ha d'Urée, appliquée en doses fractionnées de 50 kg/ha au semis et 100 kg/ha à la montaison du maïs (30 jours après la première application). Les quantités d'azote et de potassium ont été corrigées pour toutes les autres parcelles. Les sous-parcelles de sept traitements comprenaient les 6 souches bactériennes et le témoin sans inoculation. Les parcelles principales (fertilisation) avaient 5 m de large et 21 m de long (105 m²) séparées par une allée de 1 m et divisée en sous-parcelles ou traitements de 15 m² (5 m x 3 m). Les traitements ont été séparés par une allée de 0,5 m. Chaque traitement comportait 5 lignes de maïs avec 2 lignes de bordure et 3 lignes centrales utilisées pour les différentes observations. La superficie totale d'un essai était de 1309 m² (77 m x 17 m). Les données collectées ont porté sur les : nombre de poquets levés, le nombre de plants après démariage et à la récolte, le nombre et le poids épis récoltés, la hauteur des plants, la vigueur des plants, le poids grain, la biomasse aérienne sèche et la teneur en phosphore des grains et de la biomasse.

III. Résultats

3.1. Substances de croissance produites

3.1.1. Sidérophores produits

La production de siderophores par les bactéries a été déterminée en mesurant le diamètre moyen des halos bleu oranges formés autour des colonies dans des boîtes de Petris. Tous les isolats de bactéries ont produit des siderophores avec des diamètres moyens de 1,6 cm, 2,6 cm, 1,4 cm, 1,5 cm, 1,6 cm et 1,7 cm respectivement pour I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ et I₆.

3.1.2. Acide cyanhydrique (HCN) Produit

Le test dans les boîtes de Petris n'a révélé aucune production d'acide cyanhydrique par les bactéries.

3.1.3. Acide Indole Acétique (AIA) produit

La production d'acide indole acétique par les isolats de bactéries dans les boîtes de Petris a été identifiée à travers l'observation d'une coloration rougeâtre surplombant les colonies de 2 mm sur la membrane de nitrocellulose sous l'effet du réactif de Sarkovski . La détermination du diamètre de la bande colorée autour des colonies a donné les diamètres moyens de 1,7 cm, 2,8 cm, 1,7 cm, 1,8 cm, 1,7 cm et 1,7 cm respectivement pour I₁, I₂, I₃, I₄, I₅ et I₆. Compte tenu du petit nombre d'isolats, les données n'ont pas fait l'objet d'analyse statistique.

3.1.4. Les acides organiques produits, le changement de pH et la solubilisation des phosphates

La variation du pH sous l'effet des acides organiques produits par des souches de *Bacillus* sélectionnées a été illustrée dans la figure 1. La mesure de PH pendant les 5 jours d'incubation a montré que pendant les trois premiers jours, la production d'acides organiques était variable, mais au-delà, elle était restée constante tout en maintenant le pH à environ 5 à 4 pour toutes les souches de *Bacillus*. La même tendance a été observée avec la courbe de solubilisation du phosphate (figure 2). Après trois jours d'incubation, il a été observé une augmentation relativement importante de la solubilisation du PNT de 0 à 30 mg/litre (figures 2 et 3).

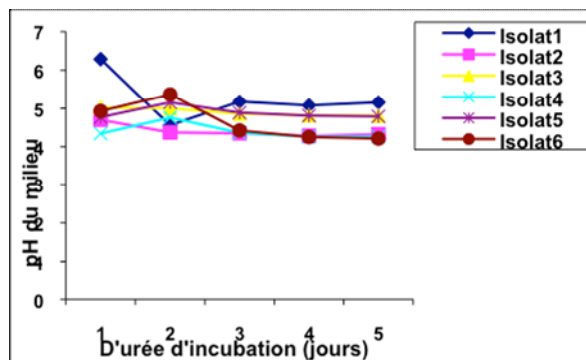


Figure 1 : La variation de la courbe du pH pendant le temps d'incubation sous l'effet des acides organiques produits les *Bacillus subtilis* 1, 2, 3, 4, 5, 6.

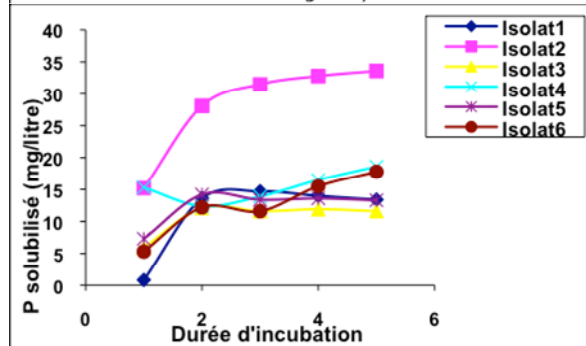


Figure 2 : La variation de la courbe de solubilisation du PNT pendant le temps d'incubation sous l'effet des acides organiques produits par les *Bacillus subtilis*

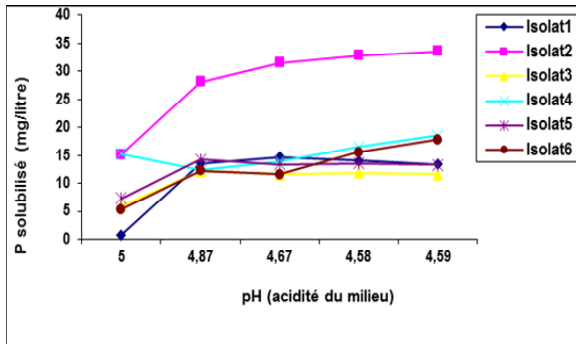


Figure 3 : La courbe de solubilisation du PNT pendant le temps d'incubation selon la variation du pH sous l'effet des acides organiques produits par les souches de *Bacillus subtilis*.

3.1.5. Nombre et nature des acides organiques produits

L'analyse du bouillon nutritif bactérien a indiqué que toutes les souches produisaient de l'acide gluconique et de l'acide lactique ; l'acide oxalique a été produit par les isolats I₁, I₂, I₄, et I₆; l'acide succinique a été produit par I₄ (tableau 1).

Table 1: Acides organiques produits par les bactéries.

Isolats	<u>Acide oxalique</u>	<u>Acide gluconique</u> (mg mL ⁻¹)	<u>Acide lactique</u>	<u>Acide succinique</u>
I ₁	0,01	5,24	0,03	ND
I ₂	0,01	6,37	0,07	ND
I ₃	ND	5,51	0,04	ND
I ₄	0,02	3,28	0,01	0,01
I ₅	ND	3,67	0,02	ND
I ₆	0,01	4,25	0,07	ND

ND = non détecté

3.1.6. Enzymes produites par les bactéries

3.1.6.1. Mesure de l'activité du phosphatase

Comme dans l'expérience précédente, des échantillons de bouillon nutritif de 1 ml et le témoin ont été mesurés pour chaque bactérie. Les résultats des mesures d'absorbance pour les quantités de MUB (Tampon) et de bouillon nutritif sont indiqués dans le tableau 2

Table 2: Mesure de la phosphatase avec 1 ml de bouillon nutritif et 4 ml MUB (Tampon)

Isolats de bacteries	Moyenne de μg de <i>p</i> -Nitrophénol produit/heure, corrigée pour le contrôle	Ecart type	Coefficient de variation CV %
B ₁	0,75	1,02	36,65
B ₂	2,76	1,22	44,41
B ₃	2,63	2,13	81,16
B ₄	5,94	0,50	8,37
B ₅	2,25	1,52	67,39
B ₆	1,81	0,68	37,37
B ₀	1,90	3,19	89,63

3.1.6.2. Resultats des mesures de l'activité de Pyrophosphatase

Les échantillons de bouillon nutritif de 1 ml et le témoin ont été mesurés pour chaque bactérie. Les résultats de la libération de pyrophosphatase du bouillon nutritif sous l'action des reactifs sont indiqués dans le tableau 3

Table 3 : Quantité de PO_4^{3-} P produite dans 1 ml de bouillon nutritif.

Isolats de bacteries	Moyenne de μg de PO_4^{3-} P produit/heure, corrigée pour le contrôle	Ecart type	Coefficient de variation CV %
B ₁	30,28	4,17	16,41
B ₂	45,50	20,89	45,90
B ₃	44,03	4,08	9,27
B ₄	35,89	8,21	22,88
B ₅	22,64	18,43	81,38
B ₆	31,67	9,18	29,00
B ₀	20,17	1,94	9,64

Production des grains

Les isolats I₅, I₂ et I₆ ont montré un bon effet sur le rendement grain du maïs en condition de PNT, tandis que les isolats I₃ et I₄ ont montré une bonne performance en condition de non fertilisation (figure 3).

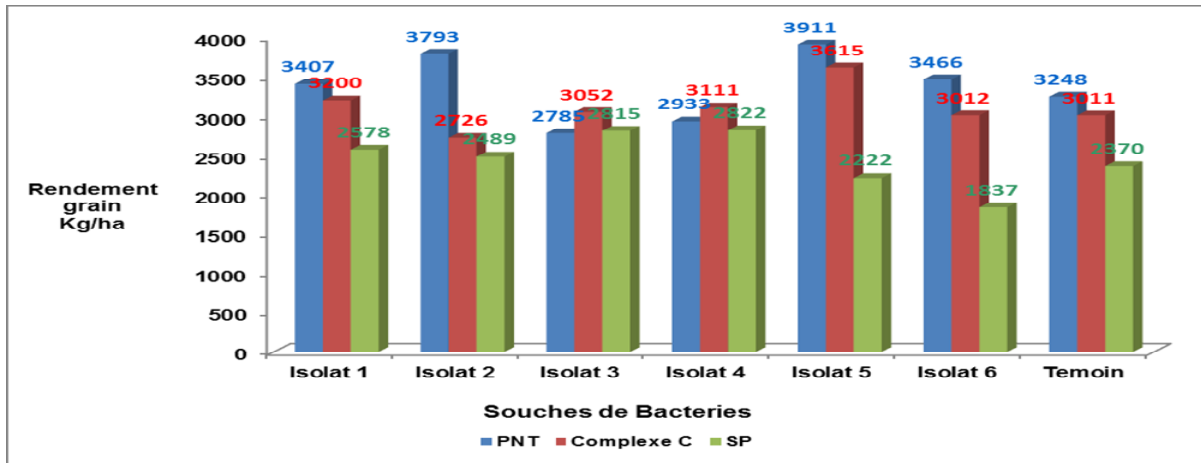


Figure 4 : Effet de l'interaction entre l'innoculation et les sources de phosphore sur le rendement du maïs.

Absorption du phosphore par la plante de maïs

Les isolats I₂ et I₅ ont montré un effet supérieur par rapport au témoin en présence de PNT. I₅ a montré le même effet en présence du complexe céréale, alors que les isolats I₃ et I₄ ont montré des différences en condition sans source de phosphore (tableau 4). La même tendance a été observée pour la teneur de la matière aérobie sèche en phosphore (P) (tableau 5).

Tableau 4: Interaction de l'effet source de phosphore et l'inoculation sur la teneur des grains de maïs Sotubaka en phosphore (kg/ha).

MSP	Teneur des Grains de maïs en phosphore (kg/ha)		
	PNT	CC	SP
I ₁	4,09 ab	3,52 ab	2,56 ab
I ₂	4,55 a	3,00 b	2,49 ab
I ₃	3,35 b	3,36 ab	2,82 a
I ₄	3,31 b	3,42 ab	2,82 a
I ₅	4,69 a	3,98 a	2,22 bc
I ₆	4,16 ab	3,32 ab	1,84 c
Moyenne	4,03	3,43	2,46
Témoin	3,57 b	3,21 ab	2,25 bc
ppds (0,05)	0,889	0,802	0,506

PNT = Phosphate Naturel de Tilemsi CC = complexe-cereale; SP = san phosphore; ppds = plus petite difference significative, les chiffres portant les memes lettres ne sont pas significativement different a (P <0.05); M SP= Microorganismes solubilisant le phosphate.

Table 5: Interaction de l'effet source de phosphore et l'inoculation sur la teneur en phosphore de la biomasse aérobie sèche du maïs Sotubaka (kg/ha).

MSP	Teneur de la matiere aérobie sèche en phosphore (kg/ha)		
	PNT	CC	SP
I ₁	4,56 ab	3,57	2,82 bc
I ₂	4,45 bc	3,24	3,14 abc
I ₃	3,70 c	4,07	4,27 a
I ₄	4,08 bc	3,93	3,39 abc
I ₅	4,66 a	4,38	3,67 ab
I ₆	3,81 bc	4,03	2,53 bc
Moyenne	4,03	3,87	3,30
Témoin	2,67 d	3,72	2,08 c
ppds (0,05)	0,826	1,73	1,35

PNT = Phosphate Naturel de Tilemsi CC = complexe-cereale; SP = san phosphore; ppds = plus petite difference significative, les chiffres portant les memes lettres ne sont pas significativement different a (P <0.05); M SP= Microorganismes solubilisant le phosphate.

IV. Discussion

Les régulateurs de croissance des plantes sont des substances organiques à très faible concentration qui influencent les fonctions physiologiques des plantes. Lorsqu'ils sont produits en interne par les plantes, ils sont considérés comme des phytohormones, alors que le terme PGPR s'applique à plusieurs composés synthétiques et naturels. Les hormones végétales endogènes incluent les acides (acide indole acétique), la gibberelline, la cytokinine, l'éthylène, l'acide abscisique, la fixation de l'azote (Antoun et Kloepper, 2001), la solubilisation des phosphates inorganiques et d'autres nutriments (Rodriguez et Fraga, 1999), etc. Des tests variés ont montré que toutes les souches bactériennes produisaient les substances organiques suivantes:

Siderophores: Les recherches sur la production de Siderophores par les bactéries sélectionnées étaient conformes aux travaux de Knosp et al. (1984); Bachhawat et Ghosh (1987); Duhan et al. (1998). Ils ont trouvé des résultats similaires avec des bactéries fixatrices d'azote (*Azospirillum*, *Rhizobium*) qui produisent des siderophores. D'autre part, les *Pseudomonas fluorescences* (pyoverdine et pyochelin) qui sont également des microorganismes du sol sont généralement connues sous le nom de producteurs de Siderophores (Budzikie Wieze, 1997).

Indole Acétique Acide (IAA): L'incidence de la production d'IAA par des bactéries rhizosphériques a été démontrée par de nombreux chercheurs à travers le monde (Arshad et Frenkenburger 1993, Leinhos et Vacck, 1994). L'IAA est l'auxine naturelle la plus commune trouvée dans les plantes (Valerie et al., 2007; Bric et al., 1991). Les études de Valerie et al. (2007) ont suggéré que l'IAA influence le développement des symptômes causés par *Puccinya ultimum* sur les plants de tomates. Elle a également ajouté que l'effet (suppression ou stimulation) de l'IAA sur le développement des symptômes varie avec la concentration.

Acides organiques : Il a été établi que toutes les souches de *Bacillus* produisaient des quantités variables d'acides organiques dans le milieu liquide après 3 jours d'incubation, mais au-delà de cette période, la quantité d'acide était constante et a maintenu la solution acide à un pH compris entre 4,5 et 5. Le nombre et la nature des acides organiques produits par les souches microbiennes sont semblables à ceux des travaux de Dr. Murphy et al., (1999). Selon Kusey et al. (1989), la solubilisation des phosphates insolubles dépend de nombreux facteurs tels que le pH, le type de microorganismes, la nature des acides organiques produits par les microorganismes et la nature du phosphate insoluble. Toutes les bactéries ont produit différents acides organiques responsables de la solubilisation du phosphate (Vyas et Gulatis BMC Microbiology methods, 2009 et Murphy et al., 1999). Enfin, il a été constaté que ces bactéries avaient aussi une activité enzymatique par la production d'acide phosphatase et de pyrophosphatase, responsables de la solubilisation des phosphates organiques et inorganiques (Tabatabai et Bremner, 1969).

Inoculation : Dans l'inoculation : la variété de maïs Sotubaka a montré une augmentation de la teneur en phosphore des grains de 25,11% en présence de PNT par rapport au témoin sans inoculation et 54,57% pour la biomasse. Ces résultats sont concordants avec ceux obtenus par Gaur (1990); Piex et al., (2000) sur l'orge.

V. Conclusion

Ce travail a montré que le PNT disponible localement peut être utilisé par les agriculteurs maliens pour produire du maïs et avoir un rendement en grain comparable à celui obtenu avec les engrais chimiques à coût élevé et importés comme le complexe céréale (NPK). L'inoculation avec des souches de *Bacillus* sélectionnées solubilisant le PNT peut améliorer l'absorption de phosphore par la plante de maïs. Il a été constaté que ces souches produisaient des substances qui favorisent la croissance des plantes et leur confère des caractéristiques PGPR ou des agents de contrôle de la croissance et de la production des plantes. Cela leur permettra d'être utilisés dans l'agriculture comme bio-inoculants, capables de promouvoir la croissance, la production et la protection des cultures en plus de leur capacité à dissoudre le PNT.

VI. Perspectives

Les souches de bactéries (*Bacillus subtilis*) sélectionnées doivent être testées sur les stations et en milieu paysan sur la base de combinaison de microorganismes + PNT, y compris les mycorhizes dans les différentes zones agro-climatiques du Mali. Les résultats satisfaisants de ces travaux conduiraient à une technique industrielle de développement de l'inoculum et de l'inoculation des cultures et du PNT au bénéfice d'une large utilisation du produit afin d'améliorer la fertilité et la production des sols agricoles dans le pays. Un programme de recherche sous-régional peut être entrepris et axé sur la sélection et l'identification de microorganismes indigènes efficaces (bactéries et champignons) afin de valoriser les gigements de phosphate en Afrique de l'Ouest. Ils ont plus de capacité de solubilisation des phosphates inorganiques pour une raison d'habitude. Il pourrait s'agir d'une étude régionale comprenant des chercheurs des Instituts et Universités de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest ayant des gigements de phosphates naturels comme le Mali, le Burkina Faso, le Niger, la Nigéria, le Togo et le Sénégal. Les résultats provenant de cette étude pourraient être une solution au problème de faible utilisation du phosphate naturel dans l'agriculture pour le bénéfice des producteurs et du secteur privé.

VII. Remerciements

Les auteurs remercient les institutions suivantes qui ont assisté techniquement et financièrement dans ce travail: l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali, l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), le Conseil de Recherche et de l'ingénierie des Sciences Naturelles de l'Université Laval de Québec, Canada, le Département d'agronomie de l'Université de Purdue, Indiana, États-Unis d'Amérique et la Fondation Borlaug aux USA.

VIII. Références

- Antoun H. Kloepper. J. 2001. Plant Growth Promoting Rhizobacterial (PGPR). Academic Press doi.10. 1006/rwgn. 1636. pp. 1- 4
- Arshad M. & Frankenberger W.T. Jr. 1993. Microbial production of plant growth regulators, In: F. Blaine, Metting, JR., (Eds).soil Microbial, Ecol.Marcel and Bekker, Inc., New York. pp. 307-347.
- Bachhawat A.K & Ghosh S. 1987. Iron transport in *Azospirillum brasilense*: Role of the siderophores spirilobactin. J. Gen Microbiol. 133:1753-1765.
- Bakker A. W. Schippers B. 1987. Microbial cyanide production in the rhizosphere in relation to potato yield reduction and *Pseudomonas* spp-mediated plant growth-stimulation. Soil Biol. Biochem. 19 (4): 451-457.
- Bojinova, D., Velkova, R., Grancharov, I. & Zhelev, S. 1997. The bioconversion of Tunisian phosphate using *Aspergillus Niger*. Nat. Cyc. Agroecosys., 47 : 227- 232.
- Budzikiewiez H. 1997. Sidérophores offlurescent *Pseudomonas*.Z. Naturforsch. Sect. C. 52 : 713-720.
- Duham J.S. Dudeja S.S. and Khurama A.L. 1998. Sidérophore production in relation to N₂ fixation and iron uptake in pigeonpea-rhizobium symbiosis. Folia Microbiol. 43 (43): 421-426.
- Gaur A.C. 1990. Phosphorus solubilizing microorganisms as biofertilizers. New Delhi, Omega Scientific Publ. pp. 176.
- Gerretson F.C. 1948. The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. Plant and Soil. 1: 51-81.
- Gray E. J. & Smith D. L. 2005. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. Soil Biol. Biochem. 37:395-412
- Halder. Ak . Mishra. AK. Bhattacharyya P. Chakrabarty P. K. 1990. Solubilization of rock phosphate by rhizobium. Indian J. Microbiol. Meth. 8. 30. 311- 314.
- He Z.L. Bian. W. & ZhU J. 2002. Screening and identification of microorganisms capable of utilizing of absorbed by goethic. Com. Soil Sci. Plant Anal., 33 : 647 – 663.
- John M. Bric, Rihard M. Bosock et Sara E. Silverstone . 1991. Rapid in Situ Assay for Acid production by bacteria Immobilized on a nitrocellulose Membrane. Applied and environmental Microbiology. p. 535-538
- Kloepper J. W. R. Rodriguez-Ubana G. W. Zehnder J. F. Murphy E. Sikora & C. Fernandez. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. Austral. Plant Pathol. 28:21-26.
- Knosp O. Von Tigerstrom M & Page, W.J. 1984. Siderophore-mediated uptake of iron in *Azotobacter vinelandii*. J. Bacteriol.159 (1): 342-347.
- Kucey R.M.N. Janzen H.H. & Leggett M.E. 1989. Microbially mediated increases in plant – available phosphorus. Adv. Agron., 42 : 199 – 228.
- Leggett M. E. Gleddie S. C. Holloway G. 2001. Phosphate solubilizing microorganisms and their use. In plant nutrition acquisition : New

- perspectives (Eds N. Ae, J. Arihara, K. Okada, and A. Srinivasan), pp.299-318, Springer-Verlag, Tokyo.
- Leinhos V & Vace K.O. 1994. Biosynthesis of auxins by phosphate solubilizing rhizobacteria from wheat and rye. *Microbial Res.* 149 : 31-35.
- Milagres A. M. F. Machuca A. Napoleao D. 1999. Detection of siderophore production from several fungi and bacteria by a modification of chrome azurol S (CAS) agar plate assay. *Journal of Microbiological Methods.* 37: 1-6.
- Peix A. R. Boyero A-A. Mateo P.F. Rodriguez Barrueco C. Martinez-Molinar E. Velazquez E. 2000. *Soil Biology & Biochemistry*, 33: 103-110 (2001).
- Rodriguez, H. and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotech. Adv.* 17, 319-339.
- Schwyn B. Neilands B. J. 1987. Universal Chemical Assay for the detection and determination of siderophores. *Analytical Biochemistry.* 160: 47-56.
- Speir TW, Ross DJ. 1978. Soil phosphatase and sulphatase. p. 197-250. In Burns RG (ed), *Soil Enzymes*,pp. 197-250. Academic Press, New York, NY, USA.
- Tabatabai MA, Dick WA. 1979. Distribution and stability of pyrophosphatase in soils. *SoilBiol. Biochem.*11:655-659.
- Tandon H. L. S. Cescas M. P. & Tyne E. H. 1968. An acid-free vanadate-molybdate reagent for the determination of total phosphorus in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 48-51.
- Valerie G. Hani A. Twedell R J. 2007. Effect of indole –acetic acid (IAA) on the development of symptoms caused by *Pythium ultimum* on tomato plants. *Euro J. Plant pathol* 119: 457-462.

Communication N°46: Détermination par une méthode colorimétrique de la teneur en acide cyanhydrique du fourrage de manioc

Jean Noel KEITA¹, Boubacar MARIKO², Sounkalo TRAORE², Konimba BENGALY² et Harouna MAIGA³

¹Université de Ségou, Institut Universitaire de Formation Professionnelle (IUFP), Département Sciences et Techniques, BP 24/Tél (223) 21 32 02 30, Mali

²Université de Ségou, Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale (FAMA), Mali

³Department of Agriculture and Natural Resources University of Minnesota, Crookston Campus 100 C UTOC 2900, University Ave Crookston, MN 56716 - USA

Résumé

Le manioc (*Manihot esculenta*) est une plante cyanogénétique à usages multiples qui est cultivée dans la zone semi-aride du Mali, particulièrement dans la région de Ségou. Il est habituellement cultivé pour le tubercule dont la récolte intervient le plus souvent en fin d'hivernage. Après la récolte du tubercule, la partie aérienne de la plante (la tige et les feuilles) est un sous-produit qui est sous-exploité, malgré sa bonne qualité nutritive. La valorisation de cette ressource fourragère dans l'alimentation du bétail est une alternative au déficit fourrager chronique auquel sont confrontés les animaux ruminants dans la région de Ségou. Toutefois, la présence de glucosides cyanogéniques qui libèrent par hydrolyse enzymatique ou acide, l'acide cyanhydrique (HCN) dont la concentration varie en fonction de la variété de manioc, peut limiter la promotion de ce fourrage dans l'alimentation des animaux. L'ensilage du fourrage permet de réduire la teneur en HCN à des niveaux de tolérance acceptables. La présente étude a pour objectif d'investiguer l'effet de l'ensilage sur la réduction de la teneur en HCN de la variété de manioc de Ségou à l'aide d'une méthode colorimétrique. Une technique, peu onéreuse qui a été mise au point en Australie, a été utilisée à cet effet. Nous avons ainsi, trouvé une teneur en HCN de 800 mg/Kg dans les jeunes feuilles apicales fraîches, contre un taux significativement bas, soit 20 mg/Kg par l'ensilage du même fourrage de manioc. Ces résultats, traduisent l'abaissement par l'ensilage en dose inoffensive des composés cyanés du fourrage de manioc.

Mots clés : abaissement, teneur, acide cyanhydrique, ensilage, feuilles, manioc.

Introduction

Le manioc, *Manihot esculenta* est une dicotylédone pérenne de la famille des Euphorbiacées. Ses racines tubéreuses et fasciculées sont riches en amidon et se conservent longtemps en bon état dans le sol. Les fleurs de manioc sont en grappe et avortent souvent: d'où la multiplication se fait par bouturage [1]. Les feuilles sont alternes, à multiples lobes et contiennent d'importantes quantités de protéine [2]. Les tubercules de manioc sont pauvres en matières nutritives, excepté les hydrates de carbone et certaines vitamines surtout la vitamine C. Environ 60% du manioc produit est destiné à la consommation humaine, et un tiers à l'alimentation animale. Le reste est transformé en produits secondaires comme l'amidon ou l'éthanol [2].

L'intérêt du manioc réside dans le fait qu'il s'accommode aux conditions climatiques difficiles et aux sols médiocres, offrant ainsi une large tolérance dans le choix de la période de récolte et permettant de rendre le fourrage disponible au moment des besoins, ce qui a comme corollaire le développement de plusieurs types de produits. Environ 10 tonnes de feuillage sec de manioc sont produites par hectare. Le bétail est très friand des feuilles de manioc, mais un excès de celles-ci entraîne une légère torpeur. Malgré ses avantages, le fourrage de manioc présente un inconvénient majeur qui limite son utilisation en alimentation animale : une toxicité liée à la présence des glucosides cyanogénétiques que sont la linamarine et la lotaustraline [3, 4 et 5]. Les feuilles de manioc sont très nutritives, elles ont une teneur de protéine élevée, allant de 16,6% à 39,9% soit 3 000 Kg de protéines [16]. Les maniocs doux en renferment très peu, mais les maniocs amers sont toxiques et ne peuvent être consommés sans danger qu'après action de la chaleur. Ces hétérosides cyanogénétiques libèrent l'acide cyanhydrique par hydrolyse enzymatique ou un acide.

Les feuilles de manioc fraîches renferment une teneur élevée (800 mg/Kg) en acide cyanhydrique, notre objectif a été d'évaluer l'effet de l'ensilage sur cette teneur. Dans l'optique de lever cette contrainte, un procédé de transformation du fourrage de manioc a été testé et a apporté une nette amélioration de la qualité toxicologique (20 mg/Kg) et nutritionnelle des petits ruminants. Au Mali, les expériences sur l'utilisation du fourrage de manioc dans l'alimentation des ruminants sont rares, d'où l'intérêt de ce projet pour la recherche et le développement.

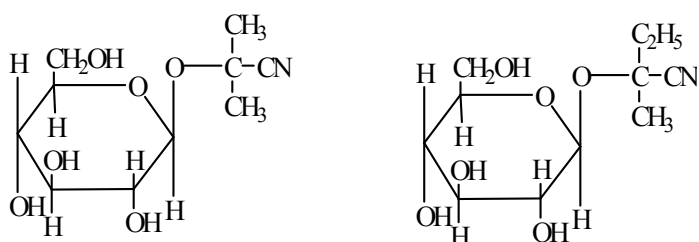
I. Les glucosides cyanogénétiques du manioc

1. L'acide cyanhydrique et la toxicité du manioc

Les tissus de manioc ont la propriété d'émettre, dans certaines conditions, de l'acide cyanhydrique (HCN), cette propriété, appelée cyanogénèse, est très fréquente dans le règne végétal, et a été recensée chez plus de 1000 espèces appartenant à 90 familles [6]. Le principe toxique essentiel qui existe en quantités variables dans toutes les parties de la plante de manioc est un composé chimique appelé linamarine. Ce composé coexiste avec son homologue méthylique appelé

lotaustraline [3, 4 et 5] dans le rapport 93/7, ce qui montre que la linamarine est de loin le composé cyanogénique le plus important. La linamarine et la lotaustraline, comme l'ensemble des glucosides cyanogéniques possèdent un goût amer. Il existe d'autres composés dont l'IAG (Isopropyl-β-D-Apiofuranosyl-(1-6)-β-D-Glucopyranoside) qui contribuent davantage à l'amertume du manioc [7].

La fonction de ces glucosides cyanogéniques dans la plante a fait l'objet de diverses hypothèses simples produits d'excrétion, rôle de protection de la plante, réserve de carbone et d'azote pour les biosynthèses organiques. On s'accorde aujourd'hui à penser que seul le rôle de protection pourrait être effectif. La libération d'acide cyanhydrique lors de la destruction des tissus de la plante pourrait conférer à celle-ci une résistance à l'attaque de prédateurs, de parasites ou de microorganismes, cependant, un tel rôle n'a pas été clairement démontré [8].



1.Linamarine

2.Lotaustraline

Figure 1 : Structures chimiques de la linamarine et de la lotaustraline

La linamarine est transformée en acide cyanhydrique lorsqu'il entre en contact avec la linamarase, une enzyme qui est libérée quand les cellules des racines de manioc se rompent. La linamarase est une enzyme endogène qui a son optimum d'activité à pH 5,5 - 6. Elle est détruite à 72°C [9]. La décomposition de la linamarine se déroule en deux étapes [10]:

- hydrolyse enzymatique des glucosides cyanogénique avec formation des cyanohydrines (acétone pour la linamarine, méthyl-éthyl acétone pour la lotaustraline).
- dissociation spontanée de la cyanohydrine. Cette dissociation peut cependant être accélérée par une enzyme, une hydroxynitrile1yase présente également dans le manioc.

L'acide cyanhydrique est un composé volatil. Il s'évapore rapidement dans l'air à des températures supérieures à 28°C et se dissout facilement dans l'eau. Il peut aisément être perdu durant le transport, l'entreposage et l'analyse des échantillons [11].

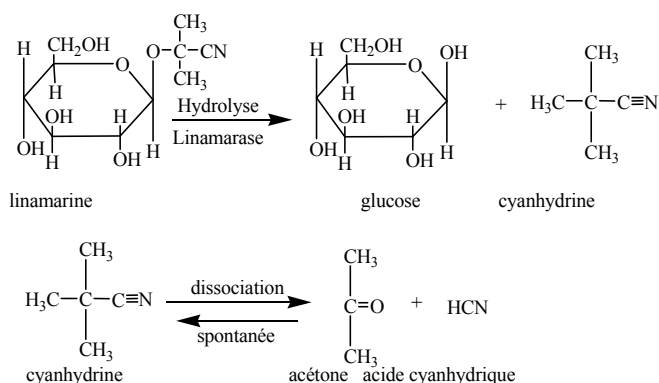


Figure 2 : Schéma de dégradation de la linamarine [10].

2. Répartition des glucosides cyanogéniques dans le manioc

La présence des glucosides cyanogéniques a été observée dans tous les clones du manioc, que les variétés soient réputées douces ou amères, et dans toutes les parties de la plante à l'exception des graines sèches des variétés douces [12]. Toutefois, un clone non cyanogène, autrefois observé, aurait été perdu pendant la seconde guerre mondiale. Si le facteur génétique joue un rôle capital sur les teneurs en glucosides cyanogéniques, celles-ci peuvent varier de façon notable avec les conditions de milieu: richesse du sol, apport en matière organique, potasse, azote, luminosité, conditions climatiques, âge de la plante. Des variétés inoffensives au Bénin qui se sont révélées toxiques sur les sols forestiers du Nigéria, ou inversement des types "amers" provenant de la Jamaïque, devenus sans danger au Costa-Rica [13].

II. Matériel et méthodes

1. Matériels et réactifs

Pour arriver aux résultats que nous présentons, nous avons utilisé les appareils et réactifs suivants: Tampon PH 8, Congélateur, Balance analytique, Bouteille plastique avec bouchon à vis, Papier picrate jaune, diagramme coloré en ppm indiquant la teneur en mg/Kg de HCN, papier linamarine, pipette 1 mL et ciseaux, mortier et pilon.

2. Récolte et conservation du fourrage de manioc

La première récolte du fourrage a eu lieu dans la deuxième quinzaine du mois d'août 2015 et la deuxième coupe a eu lieu en octobre. Les plantes ont été coupées à une hauteur d'environ 30 cm du sol (Figure 3) en fin de journée et stockées dans la parcelle jusqu'au lendemain matin. Le matériel a été manuellement haché à l'aide de coupe-coupe (Figure 4), puis ensilé dans des sacs en polyéthylène, en le mélangeant avec du son de riz suivant le ratio de 4 parties de fourrage pour 1 partie de son de riz (Figure 5). Une autre partie a été séchée à l'ombre après un pré fanage au soleil pendant 2-3 heures.



Figure 3 : Récolte du fourrage, août 2015



Figure 4 : Hachage manuel du fourrage



Figure 5 : Ensilage du fourrage haché dans des sacs en polyéthylène

3. Matériel végétal

Le fourrage (tiges plus feuilles) de manioc préalablement haché manuellement, a été en partie séché sous-abris et une autre partie ensilée. Le matériel a été ensilé dans des sacs en polyéthylène et conservé pendant 8 à 10 mois. Le matériel végétal est donc constitué de :

- échantillon 1 : jeunes feuilles fraîches de manioc ;
- échantillon 2 : feuilles basales de manioc ;
- échantillon 3 : feuilles ensilées de manioc ;
- échantillon 4 : blanc.

4. Mode opératoire

Pour déterminer quantitativement le taux de cyanure dans les feuilles de manioc, nous avons utilisé une méthode colorimétrique. Les feuilles de manioc contiennent des glucosides cyanogéniques et une enzyme qui hydrolyse ces

composés en acide cyanhydrique. L'acide cyanhydrique libéré est entraîné par la vapeur d'eau; cette hydrolyse enzymatique est une réaction rapide, d'où la nécessité de suivre les étapes d'analyses le plus rapidement selon principe suivant [14 ; 15].

- découper les feuilles en petits morceaux à l'aide de ciseaux puis les piler immédiatement dans un mortier ;
- peser immédiatement 100 mg de broyat à l'aide d'une balance analytique ;
- placer immédiatement un disque de papier à filtre rond imbibé d'une solution tampon à pH 8 et 100 mg de broyat dans une bouteille en plastique, puis 1 mL d'eau distillée ;
- ajouter immédiatement du papier picrate jaune attaché à une bande en plastique, sans toucher le liquide et fermer immédiatement la bouteille avec un bouchon (figure 5) ;
- préparer un autre échantillon comme ci-dessus, mais sans feuilles, pour servir de blanc ;
- garder les bouteilles dans une enceinte sous une température ambiante de 20-35°C pendant 16-24 heures.
- ouvrir les bouteilles et confronter la couleur du papier avec celle du diagramme coloré fourni.
- à partir du diagramme coloré (figure 4), lire la quantité totale de HCN en mg/Kg dans les feuilles et vérifier que le blanc correspond au zéro.
-

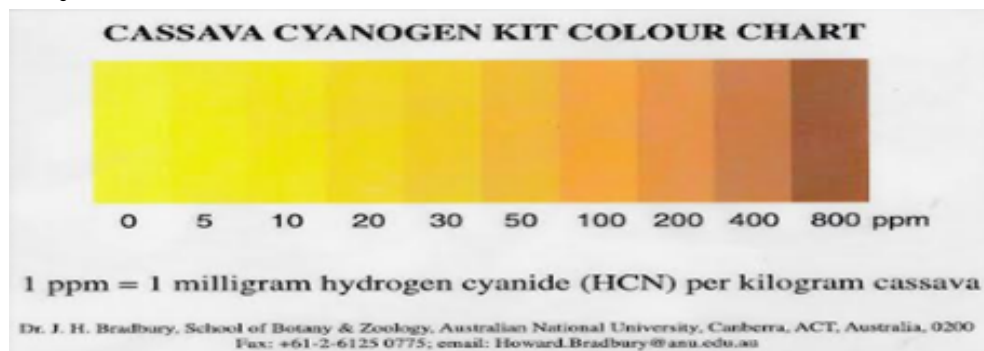


Figure 4 : Diagramme coloré de détermination de la teneur en mg/Kg de HCN.

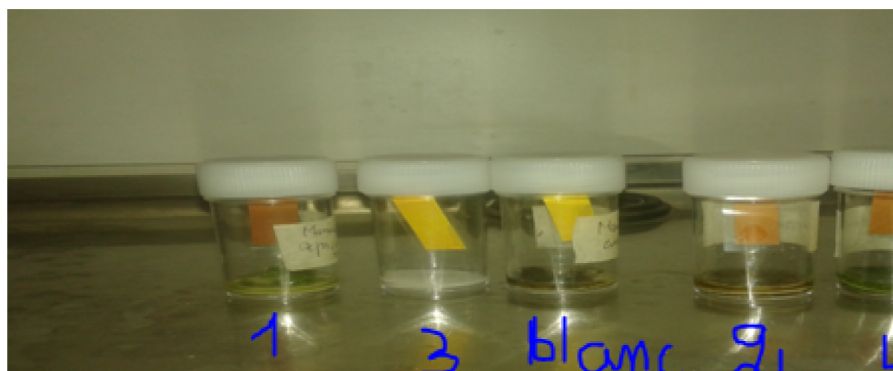
III. Résultats et discussions

Les résultats obtenus au cours de cette étude, confirment que l'ensilage a une influence sur la teneur en acide cyanhydrique du fourrage de manioc (tableau 1). Suivant les teneurs en acide cyanhydrique du fourrage, on peut proposer l'échelle suivante de toxicité [21].

Tableau 1 : teneur en mg/Kg de HCN de différents fourrages de manioc et toxicité relative.

Echantillons de manioc	HCN en mg/Kg	Indication sur la toxicité [17, 18, 21]
Jeunes feuilles fraîches	800	très forte (très toxique)
Feuilles basales fraîches	400	Forte (toxique)
Jeunes feuilles séchées	50	Faible (modérément toxique)
Jeunes feuilles ensilées	20	très faible (inoffensive)
Témoin	0	

La toxicité potentielle du cyanure et l'altération du goût résultant de la forte teneur en tanin limitent l'utilisation des feuilles de manioc. Pour surmonter ces problèmes, des chercheurs ont montré qu'en ensilant les feuilles de manioc, la teneur en cyanure était ramenée à un taux négligeable (inoffensif) [17, 18, 21], et l'ajout d'une petite quantité de son de riz ou de mil permettait d'obtenir un ensilage de bonne qualité. Des études ont suggéré que la concentration maximale de HCN dans les aliments du bétail est de 100 mg/Kg de matière sèche [19 ; 20], ce qui confirme que les feuilles de manioc avec le bon potentiel de protéines tannées, peuvent être intégrées dans les rations alimentaires de ruminants.



Conclusion

Au Mali, les fermiers sont confrontés à une offre insuffisante et aux coûts élevés des intrants alimentaires dans leur activité. Ce constat commande d'envisager des solutions alternatives, remplacer partiellement ou totalement les intrants alimentaires classiques, par d'autres sources disponibles et moins chers. Sur la base des résultats chimiques obtenus, le fourrage de manioc peut être incorporé dans l'alimentation animale sans risque et en grande partie en raison de sa haute disponibilité. Il convient de préciser que la mise à la disposition aux fermiers d'un kit pareil permettant la détermination simple de la teneur en HCN peut faciliter cette innovation au Mali.

Bibliographie

- Cooke, R. D., De La Cruz. E. (1982). An evaluation of enzymic and autolytic assays for cyanide in cassava (*Manihot esculenta* Grant). J. Sei. Food Agric., 33, 1001-1009.
- Barampama A.; 1992: Le manioc en Afrique de l'Est. Rôle et perspective dans le développement agricole. Editions Karthala et IUED. 287 p.
- Kerharo (J.), Bouquet (A.) - 1950 - Plantes médicinales et toxiques de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Volta. Vigot Ed.
- Nartey, F., (1978). Cassava cyanogenesis ultrastructure and seed germination. In Cassava copenhagen muksgaard. Eds.R.Denis, F.Walter New york.pp 234.
- Monique Larpent-Gourgand et Jean-Jacques Sanglier; 1992: Biotechnologies principes et methods. 425p.
- De Bruijn, G. H. (1971) A study of the cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta* Grant). Mededelingen Landhouwhogeschool. Wageningen. Nederland. 71-13. pp. 1-140.
- Diallo Y , Gueye M T, Sakho M (2), Darboux P G, u Kane A, Barthelemy J P Lognay G.2013 .Importance nutritionnelle du manioc et perspectives pour l'alimentation de base au Sénégal (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **17**(4), 634-643.
- Hruska, A. J. (1988) Cyanogenic glucosides as defense compounds - a review of the evidence. J. Chem. Ecol.. 14.2213-2217.
- Bourdoux, M., HANSON, A and ERMANS, A.M. Cassava toxicity : the role of linamarin ottawa Ont. IDRC, 1980.
- Conn, E. E. (1969). Cyanogenic glycosides. 1. Agric. Food Chem., 17.519-526
- Delange F.; ITEKE F.B. AND ERMANS A.M.; 1982: Nutritional factors involved in the goitrogenic action of Cassava. OTTAWA, out, IDRC. 100 p.
- Nartey. F. (1968) Studies on cassava *Manihot Utilissima pohl*-1. Cyanogenesis the biosynthesis of linamarin and lotaustralin in isolated seedlings. *Phytochemistry.* 7. 1307- 1312.
- Silvestre. P.. Arraudeau, M. (1983) Le manioc. Colection : Techniques Agricoles et Productions Tropicales, 1983, XXXII. ACCT. maisonneuve et Larose (Eds). 262 p
- Bradbury, M G Egan, S V and HBradbury, J.(1999). Picrate paper kits for determination of total cyanogens in cassava roots and all forms of cyanogens in cassava products. *Sci Food Agric* 79:593–601.
- Egan, S.V., Yeoh, H.H. and Bradbury, J.H. (1998) Simple picrate paper kit for determination of the cyanogenic potential of cassava flour. *J. Sci. Food Agric.* 76, 39-48.
- Khieu B, Chhay T, Ogle RB, Preston TR. Research on the use of cassava leaves for livestock feeding in Cambodia. In: Proceeding of the regional workshop on "The Use of Cassava Roots and Leaves for On- Farm Animal Feeding", Hue, Vietnam; 2005. p. 17e9.
- Kobawila S.C. et al., 2005. Reduction of the cyanide content during fermentation of cassava roots and leaves to produce bikedi and ntoba mbodi, two food products from Congo. *Afr. J. Biotechnol.*, 4(7), 689-696.

- Bolhius, G.G. (1954) The Toxicity of Cassava Roots. Netherlands Journal of Agricultural Science, 2, 176-185.
- Gómez, G. G. (1991). Use of cassava products in pigs feeding. Pigs News and Information 12:387-390.
- Kavana, P. Y., Mtunda, K., Abass, A. and Rweyendera, V. (2005). Promotion of cassava leaf silage utilization for smallholder dairy production in eastern coast of Tanzania. Livestock Research for Rural Development 17 (4): http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd_17/4/kava_17043.htm
- Hugues, P. la toxicité des sorghos fourragers et leur consommation en vert par le bétail . *FOURRAGES* n°. 27, 28 et 30. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2EO6LrDMY6UJ:www.afp-sso.fr/download.php%3Ftype%3D1%26id%3D283%26statut%3D0+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=ml>.

Communication N°47: Productivité de l'eau et effets comparés des engrais en culture de tomate de saison sèche (zone sahélienne du Mali)

Daba COULIBALY¹, Diadié DEMBELE², Métaga COULIBALY³ et Amadou DIOP³

¹. ENI-ABT BP: 242 Bamako;

².CRRRA/IER Niono;

³. Université de Ségou BP: 24 Ségou
dabaeniabt@gmail.com

Résumé

Dans les régions soudano-sahéliennes, le développement de l'agriculture doit désormais se faire en augmentant la contribution des systèmes irrigués. C'est pourquoi, dans ces régions le débat sur la problématique de l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation et de la productivité de l'eau est d'une importance particulière. L'amélioration de la productivité de l'eau agricole, en même temps que la bonne gestion de la fertilité des sols sont devenues des défis majeurs. Dans ce contexte, des travaux ont été conduits sur la micro irrigation et la fertilisation de la tomate à Ségou. L'objectif est d'évaluer, en production de tomate, l'efficacité de la productivité de l'eau et des fertilisants.

En 2014-2015, l'analyse statistique des rendements en tomate, avec SPSS 20, montre des différences significatives entre les traitements. Les meilleurs rendements sont obtenus avec les Traitement T6 et T5 et le plus faible rendement est enregistré avec le traitement T1. La meilleure productivité de l'eau est obtenue avec les Traitements T6 et T5 et la plus faible productivité avec le traitement T1

En 2014-2015 et 2015-2016, Le test de wilcoxon confirme une différence significative entre le témoin et les autres niveaux de traitements et par contre, qu'aucune différence significative n'a été observée entre les traitements T2 (90N-180P-180K) et T3 (123N-138P-180K) pour les deux modes d'apport d'eau et sur les deux campagnes. L'amélioration de rendement en culture de tomate au sahel, demande l'utilisation de fertilisants minéraux.

En perspective la recherche sur la tomate se poursuivra sur les évaluations de ses besoins en eau et en fertilisant, tout en continuant le transfert des résultats de recherche engrangés en station aux petits producteurs maraîchers de la ville de Ségou en appui à un projet de développement de modèle économique en cours d'élaboration.

Mots clés : Mali, Ségou, Sahel, arrosage manuel, irrigation goutte à goutte, Productivité de l'eau, culture de tomate, doses d'engrais, culture de tomate saison sèche

1. Introduction

L'augmentation croissante de la population mondiale, annoncée à 65% dans les 50 prochaines années (Wallace, J.S. (2000)); le contexte de variabilité et de changement, avec une agriculture en grande partie extensive en déficit de satisfaction de la demande en nourriture, fait déjà consommer 70% de l'eau douce planétaire par le seul secteur agricole (Bugbee and Salisbury, 1988). Des principales contraintes aux activités agricoles dont celles maraichères de contre saison en région sahélienne, sont notées la non maîtrise des besoins en eau et en fertilisants, les maladies et les attaques des cultures ((FAO, 2010 ; Coulibaly et al., 2015), la baisse de la capacité de production des terres, les pertes de rendements et de la qualité des récoltes (Rowhani et al., 2011), et ; le manque et/ou le faible accès à l'information ((FAO, 2010). Le besoin de développement des petites exploitations agricoles, demande de plus en plus aux chercheurs d'essayer ; de développer des techniques innovantes de gestion efficiente de l'eau agricole ; d'améliorer la fertilité des terres ; la protection des cultures ; l'intensification et la diversification agricole à haute valeur nutritive et commerciale, et ; l'innovation technologique (Sanchez & Leakey, 1997 ; DUGUE et al. Nov 2011 ; Traoré S. et al., non daté). Des cultures maraichères, la tomate est l'une des cultures les plus rependues au monde, produites en plein champ (Salunkhe et Kadam S.S., 1998), à cycle assez court, de haut rendement, de haute valeur commerciale, ainsi qu'une source importante de vitamines, tenant une place de choix dans l'économie de la plupart des pays africains en général et des pays sahéliens en particulier, marquée par une augmentation continue de sa superficie cultivée (FAO 2010 ; Varela et al., 2003), la tomate a de bonnes perspectives économiques (FAO, 2010). Des études sont ainsi engagées depuis 2008 (Coulibaly Août 2008 ; Coulibaly et al., 2009 ; Coulibaly Août 2010 ; Coulibaly 2011 ; Coulibaly et Diallo., 2012) et en station 2014 dans la ville de Ségou sur la « Gestion des eaux et des fertilisants de la tomate sous la technique du goutte à goutte et isotopique», d'évaluation de la productivité de l'eau et des effets des doses d'engrais minéraux ; les maladies et autres nuisibles de cette culture (Coulibaly et Diallo., 2015). La présente communication porte sur certains résultats obtenus.

2. Matériels et méthodes

2.1 Site de l'étude

Les études ont été conduites à Ségou, en zone sahélienne du Mali, de coordonnées : 13°24' N et 6°09'W. Le climat est caractérisé par 8 à 9 mois de saison sèche dominée par l'harmattan contre 3 à 4 mois de saison pluvieuse dominée par la mousson. Les activités maraichères dite de contre saison sont conduites en deux périodes :

- Périodes froide (octobre à février) ;
- Période chaude (mars à juin).

Le sol du site est profond, de texture limono-sableuse en surface et limoneuse fine à limono fine argileuse en profondeur (tableau 1). C'est un sol battant. Il est acide et pauvre en matière

Tableau 1 : Caractéristiques des sols (Coulibaly et Diallo., 2015)

Caractéristiques		Horizons (cm)			
		0- 20	20 – 40	70-70	70 - 110
Granulométrie	A%	11,82	14,24	16,74	20,72
	L%	54,19	65,88	65,64	62,09
	S%	34,00	19,89	17,63	17,18
	Classe Texturale	LS	LF	L	LFA
Matière organique	% C	0,25	0,26	0,25	0,18
	%MO	0,45	0,44	0,40	0,38
pH	pH eau	5,46	5,05	5,13	5,80
	pH Kcl	4,87	4,52	4,53	3,01
	ΔpH	0,59	0,53	0,60	2,81

2.2 Matériel végétal et technique

2.2.1 Matériel végétal

La tomate Rio Grande, *Lycopersicon Lycopersicum* (L.) Karsten Ex. Farw, de variété déterminée, a été choisie pour ces expérimentations 2014/2015 et 2015/2016. Cette variété, inscrite au catalogue européen produit des fruits de taille moyenne (Coulibaly et Diallo., 2015).

2.2.2 Matériel technique

L'arrosage manuel a été fait avec un arrosoir de 10 litres. L'irrigation a été faite à la goutte à goutte avec « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » à basse pression. Ce dispositif compte un réservoir en fût métallique de 200 litres, posé à l'horizontale à 0,6 m au-dessus du sol et un réseau de tuyau en polyéthylène noir, composé de l'amont à l'aval d'un filtre, d'une porte rampe de 14 m de long et 16,4 mm de diamètre, de 5 rampes de 10 m de long et 12,8 mm de diamètre chacune. Chaque rampe alimente 15 paires de goutteurs, soit un total de 30 goutteurs par rampe et 150 goutteurs pour les cinq rampes. Les goutteurs sont à circuit long de 0,6 m de long et 1 mm de diamètre. Le réseau fonctionne avec des débits en route et nul à l'extrémité. Malgré que l'outil « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » présente un dysfonctionnement hydraulique de non uniformité de débits des goutteurs, la faible taille de la superficie couverte, sa simplicité, son faible coût de fonctionnement, en font un matériel adapté aux conditions des petits producteurs sahéliens (Coulibaly D., Août 2008.; Coulibaly et al., 2009 ; Coulibaly, Août 2010.; Coulibaly, 2011 ; Coulibaly et Diallo., 2012 ; Coulibaly et Diallo., 2015).

3. Méthodes

3.1 Dispositifs expérimentaux et conduites des essais

Les essais en station ont porté sur deux campagnes maraîchères 2014/2015 (Coulibaly et al., 2015) et 2015/2016.

Le dispositif expérimental comprend deux modes d'apport d'eau sur 6 traitements, notés T1 à T6 en trois répétitions en 2014/2015 (Coulibaly et al., 2015) et quatre répétitions en 2015/2016.:

T1 (AM-SF); T2 (AM + F1); T3 (AM + F2); T4 (KIT-SF); T5 (KIT + F1); T6 (KIT + F2)

SF : sans fertilisation

F1 : fertilisation minérale, 90N- 180 P-180 K;

F2: fertilisation minérale, 123 N-138 P-180 K

Et les modes d'apport d'eau :

Mode KIT= Arrosage avec « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² ».

Mode AM = Arrosage manuel avec un arrosoir.

Pratiques culturales

Les plants ont été produits en pépinière. Le sol a reçu à chaque fois un traitement préventif avec du fongicide (Topsin-M). Le semis a été fait en ligne, dans des sillons ouverts ; les graines sont disposées à une profondeur d'environ 1cm, recouvertes avec une fine couche de sol. L'arrosage a été fait de façon manuelle (2 fois par jour).

Sur les parcelles expérimentales, la pratique culturale de préparation du sol avant le repiquage, a consisté au labour et à la pulvérisation manuelle, à l'épandage aux poquets de fertilisant de fond. Ce dernier est composé de 30 t.ha⁻¹ de fumier décomposé et de la totalité de phosphore et de potasse. Pour les 2 plans de fumure l'azote a été apporté en deux temps 50% à la levée et 50% à la fructification. Le repiquage, a été fait en 1^{ère} et 2^{ème} campagne, respectivement après 44 et 46 jours en pépinière, avec une densité de plantation de 15 000 plants/ha. Les travaux d'entretien ont porté sur les arrosages manuels avec des arrosoirs et l'irrigation goutte à goutte avec le Kit, le sarclo-binage. Les cultures ont été protégées en utilisant des pesticides (Tospin M, Malathion, Sumithion, etc.). Les observations ont porté sur les volumes d'eau apportés et la phénologie de la tomate et les rendements observés.

La tomate a été également observée en case lysimétrique (de surface 1.44m², de volume 1.152m³). C'est un lysimètre non pesée, remplis de sol remanié prélevé directement in situ, et placé au milieu des parcelles expérimentales.

3.2 Evaluation La productivité de l'eau

La productivité de l'eau a été calculée sur la production 2014-2015 suivant la formule.

La productivité de l'eau a été calculée sur la production 2014-2015 suivant la formule.

$$I_e = \frac{P}{U}$$

Où

I_e : Indice d'efficacité

P : Production végétale (rendement)

4. Résultats

Les rendements moyens (t.ha⁻¹) obtenus sont présentés aux tableaux 2 et 3:

Tableau 2 : Rendement de la tomate en t.ha⁻¹ (campagne 2014-2015).

2014-2015		
	Arrosage Kit	Arrosage Manuel
T1 (Témoin)	1,57	0,77
	1,74	0,79
	1,5	0,6
T2 (90N-180P-180K)	3,83	2,97
	5,09	3,1
	4,22	3,1
T3 (123N-138P-180K)	4,15	2,41
	5,07	3,05
	4,43	5,04

Tableau 3 : Rendement de la tomate en t.ha⁻¹ (campagne 2015-2016).

2015-2016		
	Arrosage Kit	Arrosage Manuel
T1 (Témoin)	1,17	0,65
	1,92	1,13
	1,13	1,25
T2 (90N-180P-180K)	1,78	0,90
	2,45	1,85
	3,59	2,54
T3 (123N-138P-180K)	3,02	3,35
	4,56	2,45
	3,27	1,22
T3 (123N-138P-180K)	2,95	2,61
	3,10	3,23
	4,44	2,10

4.1. Effets comparés des doses d'engrais

Les rendements observés en 2014-2015 et 2015-2016 ci-dessus fournis, ont été analysés avec le logiciel R version 2.14. Après avoir vérifié les hypothèses de normalité et d'homoscédasticité des variances (test de Shapiro-Wilk, Shapiro Francia et le test de Bartlett), une analyse de variance a été effectuée ainsi que des analyses post hoc (test de kruskal-Wallis et test de Wilcoxon Mann Whitney par paire) afin de comparer les traitements deux à deux. Un test de Student a été appliqué aux données des deux campagnes pour comparer l'hypothèse d'égalité des rendements moyens selon les méthodes d'arrosage. L'analyse de la variance a montré une différence significative des rendements moyens entre les traitements

appliqués et les méthodes d'arrosage mais aucun effet d'interaction n'a été détecté entre traitements et méthodes d'arrosage, avec des P-Value très inférieures au seuil 0,05 de student test. Le test de wilcoxon confirme ; une différence significative entre le témoin et les autres niveaux de traitements et par contre qu'aucune différence significative n'a été observée entre les traitements T2 (90N-180P-180K) et T3 (123N-138P-180K) pour les deux modes d'apport d'eau et sur les deux campagnes. L'amélioration de rendement en culture de tomate au sahel, demande l'utilisation de fertilisants minéraux.

4.2. Productivité de l'eau

Les valeurs moyennes de productivité de l'eau sont données au tableau 4. L'analyse de la variance avec SPSS 20 indique que la meilleure productivité de l'eau est obtenue avec les Traitements T6 et T5 et la plus faible productivité avec le traitement T1. Une comparaison entre arrosage manuel + fertilisation (T2 et T3) et KIT sans fertilisation (T4) montre un faible niveau de productivité de l'eau avec le dernier traitement.

Tableau 4: Variabilité de l'indice de productivité de l'eau (kg.m-3)

Traitement	Valeurs moyennes de l'indice de productivité de l'eau (le)	Ecart-type	Classes
T1	1,077	0,070	D
T2	4,520	0,165	B
T3	4,023	0,129	B
T4	3,303	0,116	C
T5	8,927	0,358	A
T6	9,340	0,128	A
Total	5,198	3,076	

5. Conclusion et Perspectives

La comparaison de l'arrosage manuel et de l'irrigation goutte à goutte avec le KIT a montré que le deuxième mode d'apport de l'eau permet une nette amélioration du rendement de la tomate et de la productivité de l'eau. Le test de wilcoxon confirme ; une différence significative entre le témoin et les autres niveaux de traitements et par contre qu'aucune différence significative n'a été observée entre les traitements T2 (90N-180P-180K) et T3 (123N-138P-180K) pour les deux modes d'apport d'eau et sur les deux campagnes. L'amélioration de rendement en culture de tomate au sahel, demande l'utilisation de fertilisants minéraux.

En perspective la recherche sur la tomate se poursuivra sur les évaluations de ses besoins en eau et en fertilisant, tout en appuyant un projet de développement d'un modèle économique de dissémination des résultats des activités de recherche

enrangés en station aux petits producteurs maraîchers de la ville de Ségou, en cours d'élaboration.

6. Remerciements

Ce travail a bénéficié de l'appui de l'AEA (Agence Internationale pour l'Energie Atomique), à travers le projet TC RAF/5071. Nous remercions l'équipe chargée de la gestion de ce projet au siège de l'AIEA à Vienne et au Mali, mais aussi pour avoir renouvelé leur confiance en reconduisant dans le nouveau programme national MLI5028 (MLI2016003), nous faisant ainsi avancer en grade

7. Références bibliographiques

Coulibaly, D. et Diallo. ?. (2015). Productivité de l'eau en culture de tomate de saison sèche en zone sahélienne du Mali. *Revue Malienne de Science et Technologie* N°17 Octobre 2015, Pages 264-271

Coulibaly, D. et Diallo, ?, (2012). Control of Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » hydraulic characteristics for micro irrigation in Mali. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*: ISSN: 2248-9622 www.ijera.com Vol. 2, Issue 6, November- December 2012, pp.1549-1553

Dugué, ??? et ????. L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest. Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H B. Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ?, Nov 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Cirad, 15 p., 2012, Colloques. <hal-00718387>

Coulibaly, D. (2011). Irrigation goutte à goutte avec « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » : adaptabilité et impact sur la production maraîchère en milieu paysan dans la zone sahélienne de San. Thèse de doctorat de l'Université de Bamako Mali, 96p.

Rowhani, P., D.B. Lobell, M. Linderman, and N. Ramankutty. (2011) Climate variability and crop production in Tanzania. *Agricultural and Forest Meteorology*, pp. 449–460.

FAO, 2010. Rapport de mission : Etude de base sur la Tomate en Algérie. Pr SNOUSSI SID-AHMED. Projet GTFS/REM/070/ITA. Web: www.ipm-neareast.com. 52p.

Coulibaly et al., 2009. Irrigation goutte a goutte en production paysanne de concombre dans un environnement pédoclimatique sahélien du mali (cercle de San). *Revue Malienne de Science et Technologie*. 11, 95-104

Coulibaly 2010. Communication éditée : Demande en eau d'irrigation des cultures maraichères dans l'environnement pédoclimatique sahélien de San.

MSAS 2010 www.msas.maliwatch.org/msas2010HYPERLINK "http://www.msas.maliwatch.org/msas2010/proceedings.html%20Pages%2028-31"/proceedings.html Pages 28-31.

Coulibaly 2008. Communication éditée : Impact de la micro irrigation goutte à goutte sur la production agricole des petits exploitants maraîchers et fruitiers en zone sahélienne : Cas de la zone de San. MSAS 2008 <http://www.msas.maliwatch.org/msas2008/proceedings.html> Pages 289 - 298.

Wallace 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture Ecosystems & Environment* 82, 105-119

Traoré et al., Date non identifiée. Amélioration de la gestion de la fertilité des sols et celle des cultures dans les zones sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest: une condition sine qua none pour l'augmentation de la productivité et de la durabilité des systèmes de culture à base de mil.

Salunkhe & Kadam., 1998. Handbook of vegetable science and technology, Production, composition and processing. Department of cellular biology and technology, University of Auckland, New Zealand. 203 pp

Bugbee and Salisbury 1988. Exploring the Limits of Crop Productivity: I. Photosynthetic Efficiency of Wheat in High Irradiance Environments. *Plant Physiol.* 88, 869-878.

Sanchez and Leaky 1996. Land Use Transformation in Africa: Three Determinants for Balancing Food Security with Natural Resources Utilization. Keynote address, Proceedings of European Society of Agronomy 4th congress, Velthoven, The Netherlands, July 7-11, 1996

Communication N°48: Caractérisation moléculaire **des souches locales de *Bacillus thuringiensis* (Bt) susceptibles de présenter des activités insecticides** contre *Orseolia oryzivora* du riz et *Helicoverpa armigera* du maïs au Mali

Rokiatou FANE¹, Diakaridia TRAORE¹, Adounigna KASSOGUE¹, Amadou Hamadoun DICKO¹, Oumar OUATTARA¹, Mamadou W BAGAYOKO¹, Amadou Hamadoun BABANA¹ ET Fernando H. VALICENTE²

Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, BPE. 3206 Bamako-Mali

¹ Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako

² Embrapa Milho e Sorgo (Brésil)

Adresse e-mail: rfane@laborem-biotech.com

Résumé

Le *Bacillus thuringiensis* est une bactérie entomopathogène capable de produire des toxines contre les insectes nuisibles des cultures. Cette étude a pour objectifs de caractériser à l'aide de la biologie moléculaire les souches locales de Bt portant les gènes cry1B, cry1C, cry1F et cry2 à activités insecticides, (*Orseolia oryzivora* et *Helicoverpa armigera*) en vue d'améliorer la production du riz et du maïs chez les producteurs à faible revenu. Les dégâts causés par ces ravageurs peuvent atteindre 60% de perte des récoltes. Au total 53 sur 77 souches de Bt ont été identifiées. Les souches de Bt portant les gènes de type cry1 et cry2 ont été identifiées par la technique de PCR en utilisant des amorces spécifiques. Les protéines produites par les gènes de types cry1 et cry2 ont été analysés par le SDS-PAGE. Le gène cry1 était plus fréquent avec 73% que le gène cry2 avec 27%. Parmi les souches de Bt traitées, 46 ont montré des protéines de masses moléculaires comprises entre 10 et 140 kDa. L'analyse des résultats obtenus a montré que 21% des souches possédaient des protéines de masses moléculaires de 70 et 130 kDa efficaces contre *Orseolia oryzivora* et *Helicoverpa armigera*. Cette étude constitue la première caractérisation des souches locales de Bt isolées au Mali.

Mots clés: *Bacillus thuringiensis*, gènes cry, *Orseolia oryzivora* et *Helicoverpa armigera* Mali.

I. Introduction

Face à la demande croissante en denrée alimentaire au Mali et dans la Sous-Région la production du riz et du maïs est appelée à augmenter. Cependant ces céréales sont fortement attaquées par les insectes ravageurs tels que *Orseolia oryzivora* et *Helicoverpa armigera*. (Hamadoun, 1996 ; Hamadoun et al. 1998). Les dégâts causés par ces insectes peuvent atteindre 60% de perte des récoltes (Hamadoun et al., 1996). Pour contrôler ces organismes nuisibles, les pesticides chimiques ont longtemps été employés et ont permis d'accroître considérablement la productivité des secteurs agricoles et forestier (Joung et Côté, 2000). En effet, leur application aveugle a favorisé l'émergence d'insectes résistants ou vecteurs des maladies humaines et provoqué la dégradation de l'environnement (Vu, 2009). Ces produits chimiques sont coûteux pour les producteurs à faibles revenus. Une alternative très prometteuse assurant une protection phytosanitaire performante est l'utilisation des microorganismes entomopathogènes. Les biopesticides à base de *Bt* comme agents de lutte biologique peuvent minimiser les problèmes causés par l'utilisation excessive de produits chimiques. Cette bactérie est capable de produire des cristaux protéiques actifs sur plusieurs larves d'insectes appartenant à différents ordres parmi lesquels les coléoptères, les lépidoptères et les diptères (Schnepf et al., 1998 ; Palma et al., 2014a).

Bt une des bactéries entomopathogènes la mieux caractérisées, porte des plasmides portant une variété de gènes codant pour des protéines présentant des caractéristiques insecticides intéressantes (Palma et al., 2014b)

L'efficacité des propriétés insecticides de *Bt* est due à la synthèse des cristaux protéiques codés par les gènes *Cry* (Fiuza et al., 2012). La réaction en chaîne polymérisé (PCR) est utilisée pour identifier les gènes *cry* spécifiques et caractériser les souches de *Bt* (Chak et al., 1994; Cerón et al., 1994, 1995). Elle peut également être utilisée pour prédire l'activité insecticide (Carozzi et al., 1991), déterminer la distribution écologique (Chak et al., 1994; Bravo et al., 1998), et identifier de nouveaux gènes (Chambers et al., 1991; Berón et al., 2005). Une caractérisation approfondie des souches de *Bt* peut donc être faite par d'autres moyens. La détermination de la composition des cristaux parasporaux sur gel polyacrylamide (SDS-PAGE) et la toxicité par les essais biologiques sont des compléments essentiels à l'identification des gènes (Porcar et Juarez-Pérez, 2003). En plus la caractérisation des protéines *Cry* et sa composition génotypique peuvent aider à comprendre son activité insecticide (Valicente et al., 2010). Les présentes investigations visent à caractériser les souches locales de *Bt* à activité insecticide contre les ravageurs du riz et du maïs à savoir la cécidomyie: *Orseolia oryzivora* et *Helicoverpa armigera*.

II. Matériel et méthodes

1. Souches de *Bacillus thuringiensis*

Les investigations ont porté sur 77 souches de *Bt* provenant de la collection des souches du Laborem- Biotech et de celle isolée au niveau de différentes localités du Mali par Kassogué *et al.* (2012, 2015).

2. Extraction d'ADN

L'extraction d'ADN bactérien a porté sur les souches pures cultivées sur le milieu Luria Bertani) enrichi de sels selon la méthode décrite par Valicente *et al.*, 2010. L'ADN a été extrait en utilisant la méthode décrite par Cerón *et al.*, 1994.

3. Amplification des gènes

L'amplification des gènes a été effectuée à l'aide du thermocycleur TECHNE TC-3000. Elle a été réalisée selon le programme décrit par Valicente *et al.* (2010) pour les gènes *cry1F*, *cry1B* et *cry1C* avec respectivement comme température d'hybridation 58°C, 48°C et 47°C. Le gène *cry2* a été amplifié selon le programme décrit par Fiuza *et al.*, (2012) avec une température d'hybridation de 55°C.

4. Analyse des protéines

Les souches de *Bt* ont été préalablement cultivées sur Luria Bertani agars selon (Valicente *et al.*, 2010) pendant 24 heures. Les protéines ont été extraites et analysées en utilisant le protocole d'Ammouneh *et al.* (2011). La séparation des fragments protéiques a été effectuée à l'aide d'un système (OmniPAGE 'WAVE' Electrophoresis Systems) utilisant 12% SDS-PAGE comme décrit par Laemmli (1970). Les masses des protéines ont été déterminées par comparaison avec un marker de poids moléculaire (Broad Range Protein Molecular Weight Markers).

III. Résultats

Au total 53 sur 77 souches de *Bt* ont été identifiées par la PCR. La présence des allèles B, C et F du gène *cry1* et du gène *cry2* étaient fonction de la présence de bande (fragment). Les gènes *cry1* et *cry2* ont été observés au sein des souches locales *Bt* à des fréquences différentes. La provenance des souches, le nombre des souches portant un des deux gènes recherchés ainsi que leurs fréquences sont indiqués dans le tableau 1.

En plus de l'identification des gènes par la PCR, les souches de *Bt* ont été caractérisées par SDS-PAGE. Les résultats indiquent que les souches testées synthétisent d'autres types de protéines que celles recherchées.

Tableau 1: Provenance, nombre des souches et fréquence des gènes *cry*.

Zones	Nombres de souches	Gènes <i>Cry</i>			
		<i>Cry1</i>			<i>Cry2</i>
		F	B	C	<i>cry2</i>
Samanko	3	3	2	1	1
CAA	3	3	3	0	1
Icrisat	6	2	2	3	2
Cinzana	7	7	2	2	1
Niono	2	0	1	0	0
Diré	5	5	1	2	1
Daoudabougou	8	8	0	0	8
Bozola	8	5	0	0	8
Château	4	0	2	4	0
Amader	2	0	2	2	0
Dily	5	0	5	5	4
Total des souches	53	33	20	19	26
Total des gènes			98		
Fréquence des genes dans le total des gènes analysés		0,34	0,20	0,19	0,27

Les gènes *cry* obtenus des souches locales de Bt était composé de 73% de gène *cry1* et de 27% de gène *cry2*. Ces fréquences sont illustrées par la figure 1

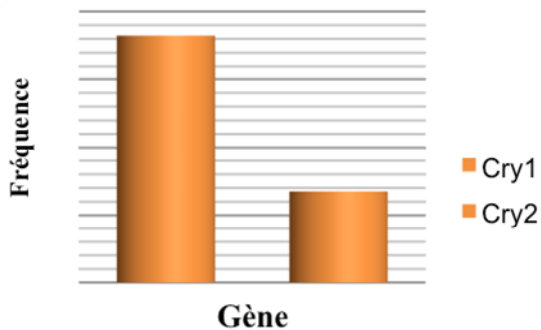


Figure 1 : Répartition des gènes *cry1* et *cry2*

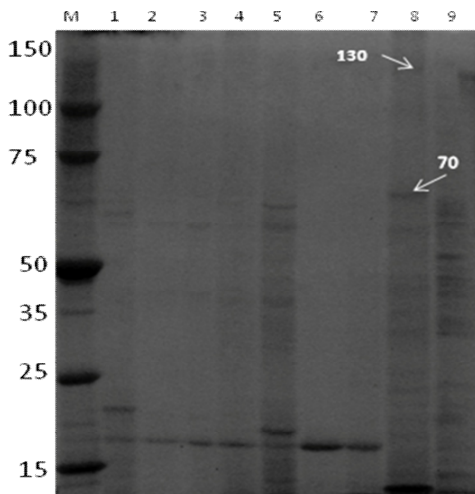


Figure 2: 12% SDS-PAGE du mixte spore-cristaux des souches de *Bt*. M : marker de poids moléculaire en KDa (Broad Range Protein Molecular Weight Marker). Colonnes 1 à 9 souches de *Bt* (D5, D8, D1G, B1G, B5, I₁, I₄⁺, I₄⁻, et B3).

IV. Discussions

Les gènes *cry* contenus dans les souches de *Bt* isolées des sols de différentes localités du Mali ont montré une grande diversité. Les résultats de la PCR des gènes *cry2* et *cry1* ciblés ont présenté de nouveaux profils non mentionnés chez Valicente *et al.*, (2010) et Fiuza *et al.*, (2012). Les résultats obtenus au cours de ces investigations ont montré des fragments de tailles 177, 284 et 300pb pour le gène *Cry1 F*. Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par Valicente *et al.*, (2000) qui ont également obtenu des fragments de 160pb en recherchant 177 pb. Le fragment (177pb) a été observé au niveau de trois souches avec une fréquence de 8% relativement faible dans les souches maliennes contre 92% pour la taille 284pb, très fréquente dans les souches analysées. Ce résultat indique la faible fréquence de la séquence du dit gène. Ce résultat est similaire au résultat obtenu par dos Santos *et al.* (2009) qui ont montré une faible fréquence de ce gène dans les souches isolées (une seule fois). De même, Wang *et al.* (2003) ont rarement obtenu le gène *cry1F* (0,3%) dans les souches de *Bt* isolés des sols en Chine. Bravo *et al.* (1998) ont obtenu une fréquence de 4,8% au Mexique. De même pour les gènes *cry1B* et *cry1C*, les résultats ont également montré des profils différents de l'attendu avec plusieurs fragments de tailles différentes. Ces résultats peuvent être comparés par ceux obtenus par Valicente *et al.* (2010) qui ont indiqué que des fragments non spécifiques ont été amplifiés pour toutes les amorces testées. Au niveau des souches testées par la PCR, quinze (15) profils de PCR différents ont été observés et associés à la présence de gènes *cry1 cry2* dans les souches de *Bt* analysées. Ce résultat similaire à celui obtenu par Valicente *et al.* (2010) qui ont observé dix-neuf (19) profils associés à la présence de gènes *cry1* dans les

souches de Bt analysées. La majorité des isolats évalués par Hongyu *et al.* (2000) ont présenté différentes combinaisons de gènes. , Analysant uniquement les combinaisons de gène *cry1*, 18 profils ont été trouvés. Les gènes ciblés sont distribués dans les souches de la plupart des zones explorées.

La fréquence de gène de type *cry1* était élevée avec 73% que celle du gène *cry2* avec 27%. Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus par Wang *et al.* (2003) qui ont obtenu 76,5% pour les types de gène *cry1* et 70% pour le gène *cry2*. Tous les allèles ciblés du gène *cry1* ont été observés à des fréquences différentes respectivement, 0,34 pour *cry1F*, 0,19 pour *cry1B* et 0,20 pour le *cry1C* et 27% pour le gène *cry2*. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par Wang *et al.* (2003), qui ont obtenu 43,9% pour *cry1C*, 12,9% pour *cry1B* et 0,3% pour *cry1F*. La présente étude a montré que la plupart des souches de Bt contiennent plus qu'un type de gène *cry*. Les différents gènes *cry* amplifiés ont présenté des profils génétiquement différents, qui indiqueraient de nouveaux gènes parmi les souches Bt isolées au Mali. Ces résultats concordent avec les résultats obtenus par Cerón *et al.* (1995), qui ont montré que les gènes produisant des produits de PCR ayant des tailles différentes représentent probablement des souches qui abritent des gènes *cry* potentiellement nouveaux. Parmi les souches amplifiées, certaines d'entre elles n'ont pas montré de résultats par rapport aux amorces spécifiques utilisées. Ce résultat est similaire à ce obtenu par Carozzi *et al.* (1991) et ce qui indique que la prédiction de l'activité insecticide peut se faire sur la base des profils de PCR après électrophorèse. Les mêmes auteurs ont montré que l'absence de produit de réaction peut être indicatif de nouvelles souches.

L'analyse des souches locales de Bt par le SDS-PAGE a permis l'observation de leur composition protéique avec un nombre de fragment variant entre 1 à 5 bandes relatif aux profils de différents gènes obtenus dans les échantillons. Pinheiro, 2013 a montré que la plupart des souches de Bt sont capables de produire plus d'un type de cristal. Selon Gonzalez et Carlton, 1984; et Lereclus *et al.*, 1989 les cristaux peuvent être formés par différentes protéines *Cry* et / ou *Cyt*, comme cela se produit par exemple chez Bt *subsp. Israël*, qui possède 5 gènes codant pour des protéines *Cry* et un autre gène codant pour une cytolysine, tous situés sur le même plasmide 72MDa. Les extraits analysés par le SDS-PAGE étaient composés de spores et de cristaux. La masse moléculaire des protéines obtenues était comprise entre 10 et 140 kDa. Les tailles recherchées des protéines étaient 130 kDa pour le gène *Cry1* et 70 kDa pour le gène *cry2*. Ces deux poids moléculaires ont été retrouvés environ au niveau de 21% des souches analysées par SDS-PAGE. Parmi ces souches portant ces deux tailles, certaines n'ont présenté qu'un seul fragment, certaines en association avec d'autres fragments protéiques. Ces résultats peuvent être comparés avec ceux obtenus par Ammounh *et al.* (2011) qui ont trouvé des tailles environ 130 et 65 kDa dans les souches locales de Bt de Syrie. Ces mêmes auteurs ont soutenu l'idée d'expression des gènes *cry1* et *cry2* dans tous leurs isolats. De même dos Santos *et al.*, 2009 ont découvert la présence de deux principaux polypeptides d'environ 130 et 65 kDa des protéines obtenu des mélanges spores-cristaux par SDS-PAGE. Bravo *et al.*, (1998) et Crickmore *et al.*, (1998) indiquent que les protéines

connues les plus toxiques sur les Lépidoptères sont codées par les gènes *cry1*, *cry2*, et *cry9*. En dehors de ces deux tailles, 130 et 70 kDa, d'autres masses moléculaires de protéines ont été observées au sein de plusieurs souches locales maliennes qui indiqueraient la présence d'autres gènes *cry*.

A noter que Gao *et al.* (2008) ont observé des cristaux parasporaux dans 342 isolats composés de plus d'une protéine ayant une masse moléculaire comprise entre 28-150 kDa, et le plus souvent de 65-140 kDa et sept (07) isolats ont produit une seule protéine cristalline de 50 kDa. Dos Santos *et al.* (2009) ont découvert la présence de deux principaux polypeptides d'environ 130 et 65 kDa des protéines obtenu des mélanges spores-cristaux par SDS-PAGE. Les masses moléculaires 130 et 65 kDa sont typiques des protéines cristallines de classes *Cry1* et *Cry2* sont actives contre lépidoptères (dos Santos *et al.*, 2009; Schnepf *et al.*, 1998). Parmi les souches locales de *Bt* du Mali, certaines n'ont pas pu être amplifiées par la PCR. En fonction de leur profil protéique sur le gel polyacrylamide, ces souches ont été considérées comme des *Bt*. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Mendoza *et al.* (2012) qui ont montré que parmi les 28 isolats de *Bt* certains n'ont pas pu amplifier les oligonucléotides testés, ils ont néanmoins été classés comme *Bt* sur la base de leurs profils de protéines et la production du cristal. Les profils protéiques de deux isolats Bt117-4 et Bt3146-4 analysés par le SDS-PAGE ont montré que les échantillons solubilisés sont composés de fragments de protéines différentes qui peut être en rapport avec les différents profils génétiques obtenus à partir de ces deux échantillons analysés (Fiuza *et al.*, 2012). Les résultats obtenus par ces derniers sont différents de ceux obtenus par la présente investigation, car ils ont montré que les protéines *Cry9* ont environ 130 kDa et les protéines *Cry2* sont connues pour avoir un poids moléculaire inférieur à 90 kDa.

Conclusion

Cette étude a montré que la plupart des souches locales portent le gène *cry1* avec les allèles (B, F et C) et le gène *cry2*. Parmi ces souches analysées, certaines portent à la fois les gènes *cry1* et *cry2*. L'observation de nouveaux fragments autres que ceux recherchés après la PCR, pourrait être la présence de nouveaux gènes dans les souches maliennes. D'autre part, la caractérisation moléculaire par SDS-PAGE, a permis de démontrer que la plupart des souches analysées, synthétisent simultanément les protéines codées par les gènes *cry1* et *cry2* de masse moléculaire environ 70 et 130 kDa. Elles contiennent également d'autres protéines codant pour d'autres gènes *cry*.

Remerciement

Nous remercions le Département de Biologie, de la Faculté des Sciences et Techniques et le Rectorat de l'Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako pour leur soutien administratif m'autorisant à effectuer la thèse.

Les bailleurs de fonds à travers MarketPlace au Brésil et le Centre National de Recherche Agricole pour leurs soutiens financiers.

IV. Références

- Ammounh. H, Harba. M, Idris. E and Makee. H. (2011): Isolation and characterization of native *Bacillus thuringiensis* isolates from Syrian soil and testing of their insecticidal activities against some insect pests. *Turk J Agric For* (35) 421-431
- Ben-Dov, E., Zaritsky, A., Dahan, E., Barak, Z., Sinai, R., Manasherob, R., Khamraev, A., Troitskaya, E., Dubitsky, A., Berezina, N. and Margalith, Y. (1997) Extended screening by PCR for seven crygroup genes from field-collected strains of *Bacillus thuringiensis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, 4883-4890.
- Berón, C.M. and Salerno, G.L. (2005). Characterization of *Bacillus thuringiensis* isolates from Argentina that are potentially useful in insect pest control. *Biocontrol* 51, 779–794.
- Bravo, A., Sarabia, S., Lopez, L., Ontivieros, H., Abarca, C., Ortiz, A., Lina, L., Villalobos, F.J., Peña, G., Nuñez-Valdez, M.-E., Soberón, M., Quintero, R. (1998). Characterization of cry genes in a Mexican *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology* 64, 4965–4972.
- Carozzi N.B., Kramer V.C., Warren G.W., Evola S., and Kozil M.G. (1991) Prediction of insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* strains by polymerase chain reaction product profiles. *Appl. Environ. Microbiol.*, 57: 3057-3061.
- Cerón, J., Covarrubias, L., Quintero, R., Ortiz, A., Ortiz, M., Aranda, E., Lina, L. and Bravo, A. (1994). PCR analysis of the cryI insecticidal crystal family genes from *Bacillus thuringiensis*. *Applied and Environmental Microbiology* 60, 353–356.
- Cerón, J., Ortiz, A., Quintero, R., Güereca, L. and Bravo, A. (1995). Specific PCR primers to identify cryI and cryIII genes within a *Bacillus thuringiensis* strain collection. *Applied and Environmental Microbiology* 61, 3826–3831.
- Chak, K.F., Chao, D.G., Tseng, M.Y., Kao, S.S., Tuan, S.J., and Feng, T.Y., (1994): Determination and distribution of cry-type genes of *Bacillus thuringiensis* isolates from Taiwan. *Applied and Environmental Microbiology* 60, 2415–2420.
- Chambers, J.A., Jelen, A., Gilbert, M.P., Jany, C.S., Johnson, T.B. and Gawron-Burke, C. (1991). Isolation and characterization of a novel insecticidal crystal protein gene from *Bacillus thuringiensis* subsp. aizawai. *Journal of Bacteriology* 173, 3966– 3976.
- Crickmore, N., Zeigler, DR., Feitelson, J., Schnepf, E., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J. and Dean, DH. (1998). Revision of the literature for the *Bacillus thuringiensis* pesticide crystal proteins. *Microbiology Molecular and Biology Review*, vol. 62, p. 807-813. PMID:9729610. PMCID:98935.
- Dos Santos, K.B., Neves, P., Meneguim, A.M., dos Santos, R.B., dos Santos, W.J., Boas, G.V., Dumas, V., Martins, E., Praça, I.B., Queiroz, P., Berry, C. and Monnerat, R. (2009). Selection and characterization of the *Bacillus thuringiensis* strains toxic to *Spodoptera eridania* (Cramer), *Spodoptera cosmioides* (Walker) and *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control* 50, 157–163.

- Fiuza, LM, Schünemann, R, Pinto, LMN and Zanettini, MHB. (2012): Two new Brazilian isolates of *Bacillus thuringiensis* toxic to *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae), *Braz. J. Biol.*, vol. 72, no. 2, p. 363-369.
- Hamadoun A., Traoré M. and Traoré B. (1998). Les problèmes phytosanitaires du riz de bas-fond au Mali-sud. In Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali. Bilan et perspectives, intérêt pour la zone de savane ouest africaine. Actes du séminaire, 21-25 octobre 1996, Sikasso, Mali.
- Hamadoun A. (1996)- Bioécologie des insectes foreurs de tige du riz à l'office du riz. Sahel IPM, n°10. INSA.
- Hongyu, Z., Ziniu, Y. and Wangxi, D. (2000). Composition and ecological distribution of Cry proteins and their genotypes of *Bacillus thuringiensis* isolates from warehouses in China. *Journal of Invertebrate Pathology* 76, 191–197.
- Gao, M., Li, R., Dai, S., Wu, Y. and Yi, D., (2008). Diversity of *Bacillus thuringiensis* strains from soil in China and their pesticidal activities. *Biological Control* 44, 380–388.
- Gonzalez, J. M. and Carlton, B. C. (1984). A large transmissible plasmid is required for crystal toxin production in *Bacillus thuringiensis* variety *israelensis*. *Plasmid*, New York, v. 11, n. 1, p. 28-38.
- Kassogué, A. (2012). Isolement et Caractérisation de Souches de *Bacillus thuringiensis* dans les Sols des Fosses de Drainage à Bozola et des Jardins de Laitue à Daoudabougou. Mémoire de DEA, 40 pp.
- Kassogué, A ; Maïga, K ; Traoré, D ; Dicko, A.H ; Fané, R ; Guissou, T ; Faradji1, F.A ; Valicente, F.H ; Abdoulaye Hamadoun, A.H and Babana, A.H. (2015): Isolation and characterization of *Bacillus thuringiensis* (Ernst Berliner) strains indigenous to agricultural soils of Mali. *African Journal of Agricultural Research*, vol.10 (28), pp. 2748-2755.
- Laemmli, U. K. (1970): Cleavage of structural proteins during assembly of head of bacteriophage-T4. *Nature*, v. 227, n. 5259, p. 680-685.
- Lereclus, D. Arantr, O. Chaufaux, J. and Lecade M.-M. (1989). Transformation and expression of a cloned δ -endotoxin gene in *Bacillus thuringiensis*. *FEMS Microbiol Lett*, v. 60, p. 211-218, 1989.
- Mendoza, G., Portillo, A., Arias, E., Ribas, R.M and Olmos, J. (2012). New combinations of *cry* genes from *Bacillus thuringiensis* strains isolated from northwestern Mexico. *International Microbiology*, 15:209-216.
- Palma, L., Muñoz, D., Berry, C., Murillo, J., Ruiz de Escudero, I. and Caballero, P. (2014a). Molecular and Insecticidal Characterization of a Novel Cry-Related Protein from *Bacillus Thuringiensis* Toxic against *Myzus persicae*. *Toxins*, 6: 3144–3156.
- Palma L, Muñoz D, Murillo J, Caballero P. (2014b). Draft genome sequence of *Bacillus thuringiensis* serovar *tolworthi* strain Na205-3, an isolate toxic for *Helicoverpa armigera*. *Genome Announc.* 2(2):e00187-14. doi:10.1128/genomeA.00187-14.
- Pinheiro, D.H. (2013). Interação de proteínas Cry1A com as vesículas da borda escovada da membrana apical (BBMVs) do intestino médio de *Spodoptera frugiperda* e *Diatraea saccharalis* e avaliação do tempo de cultivo sobre a produção de β -exotoxina em isolados de *Bacillus thuringiensis*. *LAVRAS – MG*, 126. p

- Porcar M and Juarez-Perez V. (2003) PCR-based identification of *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal genes. *FEMS Microbiol Rev* 26: 419-432.
- Schnepf, E., Crickmore, N., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J.R., Feitelson, J., et al. (1998) *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiol Mol Biol Rev* 62:705–806.
- Valicente, F. H., Barreto, M. R., Vasconcelos, M. J. V., Figueiredo, J. E. F., and Paiva, E. (2000). Identificação através de PCR dos genes *cryI* de cepas de *Bacillus thuringiensis* Berliner eficientes contra a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(11), 147-153. <http://dx.doi.org/10.1590/S0301-80592000000100018>
- Valicente F.H., Edgard A.T.P., Maria J.V.V., Newton P.C., Andréia A.C., Cláudia T.G. and Ubiraci G.L. (2010). Molecular characterization and distribution of *Bacillus thuringiensis cry1* genes from Brazilian strains effective against the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biological Control* 53:360–366.
- Vu, K.D. (2009). Développement de stratégies pour la production d'un biopesticide à base de *bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* HD-1 avec une forte activité insecticide en utilisant les eaux usées d'industrie d'amidon comme matière première. *Thèse de Doctorat ès sciences* (Ph.D). 362p.
- Wang, J.H., Boets, A., Van Rie, J. and Ren, G.X. (2003). Characterization of cry1, cry2 and cry9 genes in *Bacillus thuringiensis* isolates from China. *J. Invertebr. Pathol.* 82, 63–71

Conclusion

L'engagement pris par l'Université de Ségou par rapport à son objectif stratégique qui est celui du développement de la recherche et de la formation, s'est concrétisé à travers l'organisation de cet événement scientifique international, en collaboration avec ses partenaires. Les sujets abordés dans les différentes sessions constituent, sans aucun doute, des stratégies de renforcement de la résilience des populations à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. En effet, l'ensemble des communications à ce Colloque ont permis de mettre en exergue la place des stratégies plus performantes de production, respectueuses de l'environnement. Aussi, l'importance des savoirs locaux et d'un système de communication fiable, favorables à la transformation accélérée de l'agriculture pour le bien-être des populations, est clairement ressortie. En perspective, le processus organisationnel d'un tel événement scientifique devra se fonder sur les programmes de recherche et de formation des différentes structures de l'Université.