



Renforcement structurel de la capacité
de gestion des ressources en eau
pour l'agriculture dans le bassin du Kou

RAPPORT TECHNIQUE No 1 (2005 – 2006)

RAPPORT TECHNIQUE

No 1 (2005 – 2006)

Publié Février 2007.

Editeur responsable : J. Wellens* (J.Wellens@apefe.org)

En concertation avec : M. Diallo, D. Dakouré & N.F. Compaoré (AEDE) ; H. Yacouba et H. Karambiri (2iE) ; D. Ye (DRAHRH-HB) ; F. Deprez (APEFE) ; B. Tychon & F. Traoré (ULg) ; J. Derouane (WBI).

Réalisé sur financement de la DGARNE



DIRECTION REGIONALE DE L'AGRICULTURE, DE
L'HYDRAULIQUE ET DES RESSOURCES HALIEUTIQUES
DES HAUTS-BASSINS



ASSOCIATION EAU DEVELOPPEMENT ET
ENVIRONNEMENT



WALLONIE BRUXELLES INTERNATIONAL



UNIVERSITE DE LIEGE
DEPARTEMENT SCIENCES ET
GESTION DE L'ENVIRONNEMENT



ASSOCIATION POUR LA PROMOTION
DE L'ÉDUCATION ET
DE LA FORMATION À L'ÉTRANGER



SERVICE PUBLIC DE WALLONIE



DIRECTION GÉNÉRALE DE LA
COOPÉRATION AU DÉVELOPPEMENT



DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE
AGRICULTURE, RESSOURCES NATURELLES
ET ENVIRONNEMENT

Table des matières

Tables des matières	i
Liste des cartes, figures & tableaux	iv
Liste des photos	viii
Abréviations	ix

Avant Propos

1 Activités bisannuelles	3
1.1 Résumé des objectifs des activités	3
1.2 Résumé des activités réalisées	3
1.2.1 Mise en place du projet	3
1.2.2 Logiciels de modélisation appropriés	4
1.2.3 Collecte des données	4
1.2.4 Diagnostic des pratiques <i>ex ante</i> d'hydraulique agricole	5
1.2.5 Appropriation des outils par les acteurs concernés	6
1.2.6 Cahier de recherche du doctorant	6
1.2.7 Mise en place de l'Observatoire de l'Eau.	6
1.2.8 Présentations et publications	7
1.3 Résumé et justification des activités non réalisés	8
1.4 Taux des réalisations des tâches	9

Résultats de recherche

2 Analyse statistique de la saison des pluies	13
2.1 Analyse comparative des isohyètes	13
2.2 Les paramètres climatiques de l'étude	14
2.3 Etude de tendance d'assèchement	16
2.3.1 Evolution de la pluviométrie	16
2.3.2 Evolution de nombre de jours de pluie et leurs intensités	17
2.3.3 Indices de sécheresse	18
2.3.3.1 Indice de pluviométrie	18
2.3.3.2 Indice de pluviosité	19
2.4 Etude fréquentielle de la variabilité saisonnière	20
2.4.1 Probabilité d'une quantité pluviométrique décadaire	20
2.4.2 Séquence de sécheresse au cours des mois pluvieux	21
2.5 Début, fin et durée de la saison des pluies	22
2.6 Efficacité hydrique des saisons de pluie	24
2.7 Conclusion	26
3 Potentialités d'irrigation du bassin du Kou	31
3.1 Méthodologie : évaluation des terres	31

3.1.1 Aptitude physique de la terre	32
3.1.1.1 Choix des variables	32
3.1.1.2 Hiérarchisation des variables	32
3.1.1.3 Coefficient de classification	32
3.1.2 Aptitude économique de la terre	33
3.1.3 Disponibilité des terres	33
3.1.4 Synthèse des variables : la carte de potentialité agricole	33
3.2 Elaboration de la carte de potentialité agricole	33
3.2.1 Sélection des critères pour l'évaluation	34
3.2.1.1 Pente	34
3.2.1.2 Réserve utile effective du sol	35
3.2.1.3 Aptitude physique des terres	37
3.2.1.4 Localisation des terres disponibles pour l'agriculture	39
3.3 Evaluation de la ressource en eau pour l'irrigation	41
3.3.1 Les eaux disponibles	41
3.3.2 Les besoins en eau	42
3.3.3 Estimation des superficies irrigables	42
3.3.4 Limites et fiabilités des résultats	43
3.4 Conclusion	44
4 Diagnostic des pratiques hydro-agricoles de la Vallée du Kou	47
4.1 Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou	47
4.1.1 La Vallée du Kou dans un SIG	48
4.1.2 Pédologie	49
4.1.3 Occupation des parcelles 2006	50
4.1.4 Besoins en eau	51
4.1.5 Calendriers cultureux	51
4.1.6 Tours d'eau	52
4.1.7 Conclusions	53
4.2 Indicateurs de performance	54
4.2.1 Adéquation : livraison du volume requis	54
4.2.2 Efficience : maintien des ressources en eau	54
4.2.3 Fiabilité : livraison uniforme dans le temps	55
4.2.4 Equité : livraison des doses d'eau raisonnables	55
4.3 Diagnostic des efficacités en irrigation	56
4.3.1 Méthodes	56
4.3.2 Résultats	56
4.3.3 Conclusions	58
5 Modélisation 'pluie-débit' à l'aide de HySim	61
5.1 Introduction	61
5.2 Principe de fonctionnement du modèle	61
5.2.1 Bases théoriques du modèle	62
5.2.1.1 Réservoir d'interception	62
5.2.1.2 Stockage dans les dépressions	62
5.2.1.3 Horizon supérieur du sol	63
5.2.1.4 Horizon inférieur du sol	63
5.2.1.5 Nappe souterraine intermédiaire	63
5.2.1.6 Nappe profonde	63
5.2.1.7 Chenaux mineurs	63

5.2.2 Les variables d'entrée et de sortie du modèle	63
5.2.3 Les paramètres du modèle	64
5.2.3.1 Echelle spatiale	64
5.2.3.2 Echelle de temps	64
5.2.3.3 Les paramètres hydrauliques	65
5.2.3.4 Les paramètres hydrologiques de base	65
5.2.3.5 Les paramètres hydrologiques avancés	67
5.2.3.6 Optimisation des paramètres du modèle	67
5.3 Fonction critère de calage et de validation	68
5.4 Calage et validation	68
5.4.1 Paramétrage	68
5.4.2 Analyse des résultats du calage	69
5.4.3 Analyse des résultats de la validation	71
5.5 Conclusion	72
6 Conclusions	77

Notes & Publications

Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'irrigation dans le Bassin du Kou	81
Promouvoir des approches innovantes de recherche-développement en matière d'eau : l'expérience du projet Gestion de l'Eau (GEeau) dans le bassin du Kou au Burkina Faso.	91

Missions

Mission de M. Tychon - Avril 2005	105
Mission de M. Wellens – Juin 2006	109
Mission de M. Tychon - Juillet 2006	117
Mission de M. Tychon – Décembre 2006	121

Références bibliographiques

125

Cartes, Figures & Tableaux

Carte 2.1	Courbes isohyètes 1931-1960	14
Carte 2.2	Courbes isohyètes 1951-1980	14
Carte 2.3	Courbes isohyètes 1961-1990	14
Carte 2.4	Courbes isohyètes 1971-2000	14
Carte 2.5	Bassin du Kou avec polygones de Thiessen, pour les stations de longue série de données	15
Carte 2.6	Bassin du Kou avec polygones de Thiessen, pour les stations actives	15
Carte 3.1	Carte d'aptitude des terres du bassin du Kou pour le variable 'pente'	35
Carte 3.2	Carte d'aptitude des terres du bassin du Kou pour le variable 'réserve utile effective'	37
Carte 3.3	Carte d'aptitude physique des terres	38
Carte 3.4	Occupation de terres du bassin du Kou	39
Carte 3.5	Carte de disponibilité des terres du bassin du Kou	39
Carte 4.1	Bleu des parcelles de la Vallée du Kou	48
Carte 4.2	Blue des canaux d'irrigation de la Vallée du Kou	48
Carte 4.3	Prise de vue aérienne de la Vallée du Kou	48
Carte 4.4	Vallée du Kou : extrait du SIG ortho-photo de la Vallée du Kou avec ses parcelles et canaux numérisé	48
Carte 4.5	Carte de sols des parcelles de la Vallée du Kou	49
Carte 4.6	Occupation des parcelles en contre-saison 2006	50
Carte 4.7-4.17	Programme du tour d'eau. Les cases grises reçoivent l'eau	52
Figure 2.1	Evolution de la pluviométrie de la station de Bobo-Dioulasso	16
Figure 2.2	Evolution de la pluviométrie de la station de Farako-Ba	16
Figure 2.3	Evolution de la pluviométrie de la station de Nasso	16
Figure 2.4	Evolution de la pluviométrie de la station de la Vallée du Kou	16
Figure 2.5	Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de Bobo-Dioulasso	17
Figure 2.6	Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de Farako-Ba	17
Figure 2.7	Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de Nasso	17
Figure 2.8	Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de la Vallée du Kou	17
Figure 2.9	Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Bobo-Dioulasso	17
Figure 2.10	Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Farako-Ba	17
Figure 2.11	Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Nasso	18
Figure 2.12	Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Vallée du Kou	18

Figure 2.13	Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de Bobo-Dioulasso	19
Figure 2.14	Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de Farako-Ba	19
Figure 2.15	Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de Nasso	19
Figure 2.16	Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de la Vallée du Kou	19
Figure 2.17	Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de Bobo-Dioulasso	20
Figure 2.18	Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de Farako-Ba	20
Figure 2.19	Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de Nasso	20
Figure 2.20	Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de la Vallée du Kou	20
Figure 2.21	Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à Bobo-Dioulasso	21
Figure 2.22	Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à Farako-Ba	21
Figure 2.23	Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à Nasso	21
Figure 2.24	Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à la Vallée du Kou	21
Figure 2.25	Probabilité de période sèche au mois d'Avril	21
Figure 2.26	Probabilité de période sèche au mois de Mai	21
Figure 2.27	Probabilité de période sèche au mois de Juin	22
Figure 2.28	Probabilité de période sèche au mois de Juillet	22
Figure 2.29	Probabilité de période sèche au mois d'Août	22
Figure 2.30	Probabilité de période sèche au mois de Septembre-Octobre	22
Figure 2.31	Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Bobo-Dioulasso	23
Figure 2.32	Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Farako-Ba	23
Figure 2.33	Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Nasso	24
Figure 2.34	Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Vallée du Kou	24
Figure 2.35	Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de Bobo-Dioulasso	24
Figure 2.36	Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de Farako-Ba	24
Figure 2.37	Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de Nasso	24
Figure 2.38	Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de la Vallée du Kou	24
Figure 2.39	Pluviométrie annuelle vs. Rendement. Coton	25
Figure 2.40	Pluviométrie annuelle vs. Rendement. Maïs	25
Figure 2.41	Pluviométrie annuelle vs. Rendement. Mil	25
Figure 2.42	Pluviométrie annuelle vs. Rendement. Sorgho	25
Figure 2.43	Jours de pluie vs. Rendement. Coton	25
Figure 2.44	Jours de pluie vs. Rendement. Maïs	25
Figure 2.45	Jours de pluie vs. Rendement. Mil	25
Figure 2.46	Jours de pluie vs. Rendement. Sorgho	25
Figure 2.47	Début des pluies vs. Rendement. Coton	26

Figure 2.48	Début des pluies vs. Rendement. Mais	26
Figure 2.49	Début des pluies vs. Rendement. Mil	26
Figure 2.50	Début des pluies vs. Rendement. Sorgho	26
Figure 4.1	Adéquation des apports en eau	57
Figure 4.2	Effizienz des apports en eau	57
Figure 4.3	Fiabilité des apports en eau	57
Figure 4.4	Equité des apports en eau	57
Figure 5.1	Schéma de fonctionnement du modèle	62
Figure 5.2	Comparaison des débits simulés et observés : 1997	70
Figure 5.3	Comparaison des débits simulés et observés : 1997	70
Figure 5.4	Comparaison des débits simulés et observés : 1998	70
Figure 5.5	Comparaison des débits simulés et observés : 1998	70
Figure 5.6	Comparaison des débits simulés et observés : 1999	70
Figure 5.7	Comparaison des débits simulés et observés : 1999	70
Figure 5.8	Comparaison des débits simulés et observés : 2000	71
Figure 5.9	Comparaison des débits simulés et observés : 2000	71
Figure 5.10	Comparaison des débits simulés et observés : 2001	72
Figure 5.11	Comparaison des débits simulés et observés : 2001	72
Figure 5.12	Comparaison des débits simulés et observés : 2002	72
Figure 5.13	Comparaison des débits simulés et observés : 2002	72
Tableau 2.1	Stations de mesure de la base de données	14
Tableau 2.2	Corrélation entre les précipitations annuelles des stations voisines Employant la méthode de rangement de Kendall	15
Tableau 2.3	Evolution de la pluviométrie par station	16
Tableau 2.4	Occurrences des différentes intensités de pluie pour des années sèches, normales et humide	18
Tableau 2.5	Dates moyennes de fin et début des pluies, et longueur moyenne de la saison culturale	23
Tableau 3.1	Classes d'aptitudes pour la variable 'pente'	34
Tableau 3.2	Caractéristiques physiques et aptitude	36
Tableau 3.3	Coefficient de classification et niveau d'aptitude physique des terres	38
Tableau 3.4	Superficies des disponibilités des terres irrigables	40
Tableau 3.5	Débits moyens en contre-saison et leurs débits sanitaires	41
Tableau 3.6	Superficie irrigable entre Nasso et la Confluence, tenant compte d'une occupation complètement rizicole à la Vallée du Kou	43
Tableau 3.7	Superficie irrigable entre Nasso et la Confluence, tenant compte d'une occupation mixte à la Vallée du Kou	43
Tableau 3.8	Superficie irrigable entre Nasso et la Confluence, tenant compte d'une occupation complètement maïsicole à la Vallée du Kou	43
Tableau 4.1	Répartition des types de sols sur les différents blocs de la Vallée du Kou, ainsi que leur aptitude pour la riziculture	50
Tableau 4.2	Tableau croisé de l'occupation des parcelles par grande classe de sol pour les différents blocs de la Vallée du Kou	51
Tableau 4.3	Besoins en eau des cultures principales pour la période de janvier – mai	51
Tableau 4.4	Dates de repiquage du riz et de semis du maïs sur les blocs suivis	52
Tableau 4.5	Effizienz de transport	56

Tableau 4.6	Indicateurs de performance pour l'ensemble du périmètre irrigué	57
Tableau 5.1	Paramètres hydrauliques	65
Tableau 5.2	Valeurs de paramètres de bases issues du calage	69
Tableau 5.3	Critère de Nash et erreur relative sur les volumes écoulés en calage	71
Tableau 5.4	Critère de Nash et erreur relative sur les volumes écoulés en validation	71

Liste des photos

- 1 g Chef du village de Diaradougou avec fils
- m Teste d'infiltration à double anneaux (Vallée du Kou)
- d Canal d'irrigation primaire (déviation du Kou, Diaradougou)
- 11 g Station météorologie de l'INERA – antenne de Bama
- m Périmètre maraichère de la Vallée du Kou
- d Nettoyage des calebas
- 29 g Réservoir d'eau : 'boulli' (route de Bobo-Dioulasso - Ouagadougou)
- m Riz pluvial (bas-fonds de Diaradougou)
- d Maison en banco avec petit jardin (Tien)
- 45 g Canal d'amenée à la prise d'eau de Diaradougou
- m Canal secondaire avec enfants (Vallée du Kou)
- d Pierres en banco venant des parcelles (Vallée du Kou)
- 59 g Installation des échelles hydrométriques à la Vallée du Kou
- m Bureau du projet à la DPAHRH du Houet
- d Installation d'une station hydrométrique à Koumi
- 79 g Marché des poissons (Bama)
- m Données pluviométrique (antenne INERA à Bama)
- d Agriculteur avec radio
- 103 g Arc d'accueil à Bobo-Dioulasso
- m Sorti conjointe avec le projet 'Eaux Souterraines'
- d Pont de la Guinguette (Dinderesso)

Abréviations

AEDE	Association Eau, Développement et Environnement
APEFE	Association pour la Promotion de l'Education et de la Formation à l'Etranger
AvSWAT	ArcView Soil and Water Assessment Tool
BDOT	Base de Données des Occupations des Terres
CGRI	Commissariat Général aux Relations Internationales (de la Communauté française de Belgique)
DEA	Diplôme d'Etudes Approfondies
DESS	Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées
DPAHRH	Direction Provinciale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
DRAHRH-HB	Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins
DRI	Division des Relations Internationales (Direction générale des Relations Extérieures de la Région wallonne de la Belgique)
EIER	Ecole inter-états d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
ETSHER	Ecole inter-états des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural-
FAO	Food and Agriculture Organization
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System
HySim	Hydrological Simulation Model
IGB	Institut Géographique du Burkina
INERA	Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agricole
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
OASIS	Optimising Access to Spot Infrastructure for Science
ONEA	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PVA	Prise de vue aérienne
RESO	Ressources en Eau dans le Sud-Ouest
RW	Région Wallonne
SIG	Système d'Information Géographique
SIMIS	Scheme Irrigation Management Information System
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
TDR	Time Domain Reflectometry
ULg	Université de Liège
VLIR	Vlaamse Inter-universitaire Raad
WMS	Watershed Modeling Software



– Activités bisannuelles –

1

Activités bisannuelles

1.1 Résumé des objectifs des activités

Comme prévu dans les Schémas Annuels de Planification 2005 et 2006, élaborés pour l'APEFE et ratifiés par le comité technique de suivi et le comité de pilotage, les activités à entreprendre au cours des deux premières années du projet étaient :

- 1) Mise en place du projet, son équipe et ses équipements ;
- 2) Identification et paramétrage des logiciels de modélisation appropriés ;
- 3) Identification et collecte des données nécessaires à la modélisation ;
- 4) Réaliser un diagnostic de l'efficacité des pratiques ex ante d'hydraulique agricole ;
- 5) Appropriation des outils développés par les acteurs concernés ;
- 6) Recrutement d'un doctorant et élaboration de son cahier de recherche ;
- 7) Appui à la mise en place de l'Observatoire de l'Eau.

1.2 Résumé des activités réalisées

1.2.1 Mise en place du projet

L'intervention a démarré le 15 janvier 2005 avec l'arrivée du coopérant J. Wellens au sein de la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins. Pour un bon déroulement du projet une structure interne des ressources humaines a été élaborée. L'AEDE, étant maître d'œuvre du projet, a mis à disposition 3 experts nationaux : M. Diallo, chef de projet, D. Dakouré, conseiller scientifique et N.F. Compaoré, conseiller informatique.

Sélectionné en novembre 2005 et embauché en septembre 2006, F. Traoré a renforcé l'équipe du projet. Il profite d'une bourse de cotutelle pour un doctorat pris en charge par le CGRI et s'occupe de l'optimisation de l'utilisation des ressources en eau du Bassin du Kou pour des usages agricoles.

Très vite après l'installation du coopérant, l'APEFE a fourni un véhicule tout terrain, du matériel informatique et des consommables de bureau. Le budget DRI a permis l'acquisition des tensiomètres, des gypsum blocks et des sondes TDR pour le suivi de l'humidité de sol, un moulinet pour les mesures de débits, une image satellite SPOT à haute résolution et un logiciel de traitement d'images (eCognition).

Plusieurs missions des opérateurs wallons, J. Derouane, responsable DRI du projet, B. Tychon, responsable du projet pour l'ULg et M. Salmon, expert en télédétection (ULg), ont

aidé le projet dans sa mise en place, le renforcement de son équipe et la formulation de ses cahiers de recherche.

Du 19 mai au 12 juin 2006, Joost Wellens a effectué une mission de formation et de travail à l'ULg, site Arlon, afin de mettre à jour sa maîtrise des logiciels de simulation et de télédétection, ainsi que ses connaissances des œuvres et articles académiques dans les domaines du projet. La mission avait aussi permis de prendre connaissance de manière précise des activités de laboratoire de M. Tychon.

1.2.2 Logiciels de modélisation appropriés

Des outils d'évaluation et de planification adaptés à la gestion en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou ont été acquis.

Une collaboration avec la FAO a permis la mise à disposition du logiciel SIMIS portant sur la gestion des périmètres d'irrigation. Le projet est en train d'évaluer et d'améliorer ce logiciel, qui sera le premier que les partenaires locaux s'approprieront.

Le modèle BUDGET permet le suivi de l'état hydrique des cultures en conditions pluviales ou en irriguées et propose une prévision des rendements basé sur la relation développée pour la FAO par *Doorenbos et al.*. Cet outil convient pour la gestion à la parcelle et ne nécessite pas trop de paramètres ou données d'entrée. Des analyses de sensibilité, faites antérieurement par l'équipe du projet (sous un financement VLIR), ont démontré la solidité du modèle.

Plusieurs modèles ont été identifiés et sélectionnés pour l'élaboration du bilan hydrique du bassin du Kou : HYSIM, HEC-HMS, WMS et AvSWAT. La validation du choix des modèles hydrologiques est faite à partir des résultats des études des stagiaires et étudiants. L'étude de comparaison est encore en route et prendra fin en juin 2007. Un premier modèle, HYSIM, a fait déjà l'objet d'une étude avec l'EIER.

Les logiciels ArcGIS 8.2 (SIG) et RSI ENVI (Télédétection & Traitement des images photo-aériennes et satellites) sont considérés comme indispensables pour la gestion intégrée des ressources en eau. Jusqu'au présent le projet disposait des kits d'évaluation de ces logiciels, permettant de les maîtriser et juger leurs validités pour les objectifs du projet. Suite à une demande du comité technique de suivi, l'APEFE les a commandés récemment pour l'intervention.

1.2.3 Collecte des données

Un inventaire des documents des projets précédents a été menée au niveau de la salle de documentation de la DRAHRH-HB afin de compléter les connaissances sur la zone du projet, d'éviter de refaire certaines études et de compléter la bibliothèque et la base de données du projet.

La base de données hydrométriques HYDROM de la DRAHRH-HB a été copiée et a subi un grand nettoyage (stockage et nomenclature désordonnés). La base de données est de nouveau opérationnelle et exploitable dans HydrAccess (produit de l'IRD). Une analyse approfondie a

démontré la très mauvaise qualité de données hydrométriques. Sur une période de 20 à 30 ans de données, seulement 5 années étaient utilisables pour la modélisation du bilan hydrique.

Le réseau hydrométrique a été remis en état et agrandi. En complétant les stations existantes de Badara et de la Confluence Niamé-Baoulé, quatre nouvelles stations ont été installées à Koumi, à la Guinguette, à Nasso et à Diaradougou. Des agents ont été recrutés pour noter les hauteurs d'eau à un pas de temps journalier. Des mesures à l'aide d'un moulinet pour l'élaboration de leurs courbes d'étalonnage sont en cours.

Sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou, un inventaire des canaux, des parcelles et leurs occupations a été fait. Le SIG du périmètre a été mis à jour en même temps. Afin de garantir un meilleur suivi de la consommation en eau et les efficacités en irrigation, des échelles limnimétriques ont été installées à la tête de chaque canal secondaire. Les hauteurs d'eau dans ces canaux sont notées chaque jour.

Des prises de vue aériennes de l'IGB, à moyenne résolution (pour des PVA) ont été fournies par le projet BKF 007 'Projet d'aménagement participatif des forêts classées de Dinderesso et du Kou'. Ces photos, couvrant presque tout le bassin du Kou, ont été scannées et orthorectifiées.

A partir d'un petit avion, des prises de vue aérienne supplémentaires ont été faites pour la zone 'Guinguette-Nasso-Diaradougou-Bama-Confluence. Les résultats sont très satisfaisants : très bonne visibilité, pas de nuages et une résolution de 0.5 m. Les photos ont été mosaïquées dans des lots par région agricole, les balances de couleurs ont été uniformisées. Leur orthorectification à l'aide des PVA de l'IGB est en cours. Ces mosaïques permettront d'élaborer une carte détaillée d'occupation des sols.

Au niveau des données SIG, toute une série de cartes avec des projections conformes est disponible : cartes des villages, provinces et départements, cartes des cours d'eau pérennes et non pérennes, carte des sources, cartes des stations hydrométriques et pluviométriques, carte de sol, carte d'occupation des terres, carte du modèle numérique de terrain et carte géoréférencée du périmètre irrigué de la Vallée du Kou.

1.2.4 Diagnostic des pratiques *ex ante* d'hydraulique agricole

Toute une campagne de mesures de débits, d'inventaire de l'occupation des parcelles et de calculs des besoins en eau a été effectuée sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou. Utilisant des indicateurs de performance de *Molden et Gates*, un diagnostic de l'efficacité des pratiques *ex ante* d'hydraulique agricole a été élaboré.

L'approche des quatre indicateurs de performance de *Molden et Gates* a permis de faire une vaste analyse de la gestion en eau sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou. Les problèmes du périmètre, connus depuis longue date, ont pu être démontrés et quantifiés : l'adéquation montre la présence de suffisamment d'eau, les basses efficacités de la sur-irrigation partout sur le périmètre, et la fiabilité et l'équité, l'absence de tout respect pour le programme d'irrigation.

Pour cause d'arrivée tardive de budget Région Wallonne, le projet a à peine pu faire son diagnostic sur l'efficacité *ex ante* des pratiques d'hydraulique agricole dans les zones agricoles 'informelles' (càd exploitées par des personnes indépendantes). Une vaste de

campagne de suivi à l'aide des tensiomètres, sondes TDR et gypsum blocks est prévue pour début 2007.

1.2.5 Appropriation des outils par les acteurs concernés

Les acteurs concernés constituent les décideurs locaux : les ingénieurs et techniciens de la DRAHRH et l'AEDE. Les bénéficiaires sont la population agricole.

L'utilisation des outils de gestion par des tiers doit d'abord être précédée par une longue période de paramétrage et de validation des outils en question, actuellement en cours. Vu la complexité du paramétrage des modèles de gestion, une cellule de réflexion a été mise en place, composée de membres de l'AEDE (maître d'œuvre du projet) et du coopérant. Dans un premier temps, seule cette cellule s'est appropriée les outils développés.

Le développement et l'appropriation des outils de gestion par l'utilisation des SIG et des outils de traitement d'images aériennes et satellites requièrent certaines compétences pas toujours disponibles au niveau de la Direction Régionale. L'organisation de formations est très fortement souhaitée car la maîtrise de logiciels en SIG et télédétection est indispensable pour pouvoir s'approprier les outils en train d'être développés et d'ainsi garantir la pérennisation du projet.

1.2.6 Cahier de recherche du doctorant

Etant donné la non-équivalence entre diplômes universitaires européens et non-européens, chaque candidat doctorant étranger doit passer un DEA afin de garantir une mise à niveau de ses compétences académiques. Il en va de même pour Farid Traoré qui a été sélectionné pour cette étude.

A cette fin, l'année de DEA sert à mettre en place la problématique de thèse et à en aborder une première partie. Il a été décidé d'élaborer un bilan hydrique du bassin du Kou. Cette étude servira comme base de sa recherche, ainsi que pour la recherche de M. Wellens et l'ensemble des activités du projet. Comme l'état des ressources en eau du bassin du Kou est encore peu connu, une telle étude est indispensable avant d'aboutir à toute autre recherche sur la gestion de la ressource eau dans la région.

Un cahier de recherche, portant sur ce sujet, a été élaboré par M. Traore, évalué et accepté par le comité de suivi technique du projet.

1.2.7 Mise en place de l'Observatoire de l'Eau.

De par ses activités sur le terrain, ses collaborations et échanges avec d'autres programmes de développement dans la région (l'INERA et le groupement EIER-ETSHER), l'intervention est officiellement reconnue comme un organe décentralisé de capitalisation des études et des compétences en gestion en eau au sein de la DRAHRH-HB.

L'AEDE a mis en place un protocole de collaboration avec l'ULg (RW) et élaboré les termes de référence de l'Observatoire de l'Eau.

1.2.8 Présentations et publications

Le comité technique de suivi dispose en permanence d'une vision actualisée sur la connaissance, la gestion et la protection des ressources en eau. Aussi le projet a-t-il été invité à plusieurs reprises à partager ses expériences et connaissances à l'occasion de séminaires, colloques, ... Parmi les plus importants citons :

- Atelier d'instruction de l'intervention « Appui Structurel à la DRAHRH-HB pour la protection des ressources en eaux souterraines dans la région de Bobo-Dioulasso », organisé par l'APEFE (14-17 novembre 2005) ;
- Communication à la première édition du Salon Africain de l'Irrigation et du Drainage à Ouagadougou (06-10 décembre 2005) ;
- Animation d'un atelier sur la gestion intégrée des ressources en eau, au siège de la coopérative des exploitants du périmètre irrigué de la Vallée du Kou, au profit des stagiaires du DESS « Eau pour l'agriculture et l'approvisionnement des communautés » du groupe EIER-ETSHER (22 février 2006) ;
- Animation d'une session de travail du « Programme de formation Internationale en Gestion Intégrée des Ressources en Eau » portant sur le cas du Bassin du Kou, organisé par l'Agence Suédoise de coopération internationale au développement (27 février 2006) ;
- Atelier de planification du « Projet d'Appui à la Gestion participative des Ressources naturelles dans la Région des Hauts-Bassins », organisé par Lux Development (20-21 mars 2006) ;
- Réunion de consultation sur la « Situation générale d'information et de connaissance sur l'eau au Burkina Faso », organisé par la Facilité Africaine de l'Eau sous l'égide du Secrétariat général du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (29 mars 2006) ;
- Communication dans le cadre de la tenue de la session régionale de LEAD Afrique Francophone portant sur la « Problématique de la gestion des bassins d'eau : le cas du Kou. Constitution, évolution, menaces, perspectives » (11 avril 2006).

Des études de recherche pratique sur la gestion en eau, faites par des étudiants encadrés par le projet, montrent que le projet renforce les capacités de gestion des ressources en eau dans l'agriculture :

- 'Evaluation des efficacités d'irrigation et contribution au diagnostic sur les pratiques d'irrigation actuelles sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou' par Hamidou Ko. Mémoire de fin d'étude commandité par le projet auprès de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.
- 'Etudes des pertes d'eau par évapotranspiration des groupes de cultures et des formations forestières en contre-saison dans le bassin versant du Kou' par Alain Bazongo. Mémoire de fin d'étude commandité par le projet auprès de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.
- 'Etude des conflits autour de la ressource eau dans la région de Diarradougou et Bama' par Fatoumata Sontie. Mémoire de fin d'étude commandité par le projet auprès de l'Ecole Inter-Etats en Equipement Rural de Ouagadougou.

- ‘Bilan en eau et étude comparative des écoulements du bassin versant du Kou’ par Idrissa Cherif
Mémoire de fin d’étude commandité par le projet auprès de l’Ecole Inter-Etats en Equipement Rural de Ouagadougou.
- ‘Analyse statistique de la saison des pluies et identification d’indicateurs d’efficacité hydrique dans le bassin du Kou’ par Morou Moussa
Mémoire de fin d’étude commandité par le projet auprès de l’Ecole Inter-Etats en Equipement Rural de Ouagadougou.

1.3 Résumé et justification des activités non réalisées

Le projet bénéficie d’un financement mixte APEFE-DRI/CGRI. La tenue tardive de la Commission Mixte Communauté Wallonie/Bruxelles-Burkina Faso (15-16 juillet 2005) a retardé la mise à disposition du budget de la Région wallonne qui n’a été transféré qu’au mois d’avril 2006, soit 15 mois après le début de la période du Programme de travail.

L’appui de l’APEFE a toutefois permis le démarrage du projet par l’acquisition de la logistique et la mise en place du coopérant.

Ce retard dans le déblocage des fonds de la RW a retardé l’exécution de plusieurs activités non prises en charge par l’APEFE :

- la subvention du maître d’œuvre ;
- l’achat des matériels de terrain pour le suivi des activités agricoles et hydrauliques (les commandes auprès des fournisseurs n’ont pu être lancées qu’en avril 2006) ;
- la mise en place d’un étudiant doctorant, bénéficiaire d’une bourse du CGRI ;

Les campagnes de mesures sont focalisées sur la saison sèche, de décembre jusqu’au juin. Les hivernages sont suffisamment arrosés et ne demandent pas d’interventions spécifiques. En saison sèche par contre, le bassin du Kou devient le théâtre de différentes formes de conflits liés à toute une série de problèmes de gestion en eau.

Malgré ce retard, seul le diagnostic sur l’efficacité *ex ante* des pratiques d’hydraulique agricole dans les zones agricoles ‘informelles’ n’a pas pu être effectué par défaut du matériel de terrain. Cette étude sera rattrapée début 2007.

Il s’est avéré que l’atteinte des objectifs et leurs emplois de temps stipulé dans le Schéma Global étaient trop ambitieux : la mise en place de trois outils de simulation pour la première année. Ces trois objectifs ont été mieux étalés dans les Schéma Annuel de Planification des 3 premières années de l’intervention. Le comité de pilotage a accepté ces modifications à l’unanimité.

1.4 Taux de réalisation des tâches¹

Objectif Spécifique : 33 %
Renforcer les connaissances, la gestion, la valorisation et la protection des ressources en eau pour l'agriculture dans la région des Hauts-Bassins

Le renforcement et valorisation des connaissances en gestion en eau préoccupera l'intervention durant toute sa période et ne peut qu'être complet qu'à sa fin. Néanmoins la mise en place du projet et ses premières activités montrent des résultats significatifs.

Résultat 1 : 50 %
Des outils relatifs à l'évaluation, la planification et la protection des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou sont développés

- Des outils d'évaluation et de planification apte à la gestion en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou ont été acquis (100 %)
- Un système de suivi des ressources en eau et des pratiques hydro-agricoles a été installé sur le terrain, mais reste à compléter avec du matériel récemment fourni par la DRI (75 %)
- Les activités de mesures sur le terrain afin de paramétrer les outils de suivi et de gestion, étalées sur une période de 4 ans, sont en cours (25 %)
- L'utilisation des outils de gestion par des tiers se précédé forcément par une longue période de paramétrage et validation des outils en question, actuellement en cours (0 %)

Résultat 2 : 40 %
Les acteurs concernés se sont appropriés les outils développés

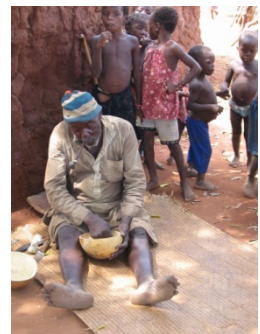
Vu la complexité du paramétrage des modèles de gestion une cellule de réflexion a été mise en place, équipée par 2 membres de l'AEDE (maître d'œuvre du projet) et du coopérant. Dans un premier temps, seule cette cellule s'est appropriée les outils développés.

Résultat 3 : 33 %
Les pratiques d'hydraulique agricole dans le bassin du Kou sont améliorées.

Seul le diagnostic de l'efficacité des pratiques ex ante d'hydraulique agricole pour la Vallée du Kou a pu être réalisé. Le diagnostic pour des parcelles hors périmètre n'a pas été fait à cause de l'absence du matériel de mesure.

Résultat 4 : 33 %
Un organe de capitalisation des études, des expériences et des compétences sur les ressources en eau est mis en place pour la région des Hauts Bassins

¹ Estimé pour une durée de projet de 4 ans.



- La saison des pluies -

2

Analyse statistique de la saison des pluies

Les secteurs de l'agriculture et des ressources naturelles assurent la majeure partie des revenus de la population, des emplois et des besoins de consommation en Afrique de l'Ouest. Au Burkina Faso en particulier, ces secteurs restent considérés comme le moteur le plus puissant du développement économique. Cependant cette agriculture est une agriculture de subsistance essentiellement pluviale avec de faible niveau de mécanisation et d'irrigation et sans utilisation d'engrais dont le coût est exorbitant pour les paysans.

La pression démographique que connaît cette région, créant ainsi une inadéquation entre les besoins et les ressources, nécessite une augmentation de la production agricole qui devra passer par l'amélioration de la productivité. Ainsi l'intensification de la production agricole s'avère très importante. Cela suppose dans une agriculture essentiellement pluviale, la connaissance d'un certain nombre de paramètres de production. Parmi ceux-ci, les facteurs climatiques, pratiquement difficiles à maîtriser par l'homme, constituent généralement la principale contrainte.

Ce chapitre vise à : i) analyser la tendance pluviométrique sur le bassin versant ; et ii) identifier et quantifier la variabilité spatio-temporelle et l'imprévisibilité pluviales de la saison à partir de la seule analyse de la pluviométrie.

De nombreuses études se sont penchées sur la question de la variabilité climatique et des ruptures dans les séries chronologiques des variables climatiques en Afrique tropicale (Sircoulon, 1976 ; Albergel, 1987 ; Carbonnel *et al.*, 1992 ; Paturel *et al.*, 1996 ; Mahé *et al.*, 2001 ; Ouédraogo, 2001 ; Kourponou, 2001 et Sighomnou, 2004). Les résultats de ces études soulignent :

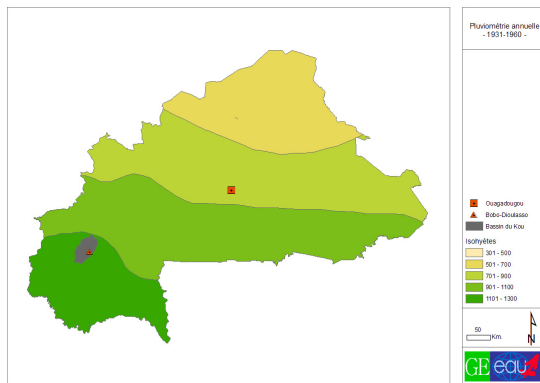
- un déplacement nord-sud des isohyètes ;
- l'existence d'une rupture dans les séries chronologiques des paramètres climatiques autour des années 1970 et 1980 ;
- une variation inter-annuelle et annuelle très forte de la pluviométrie avec des écarts à la normale importants ;
- une forte variation des caractéristiques de la saison (début, fin, longueur de la saison).

Dans le cadre de cette étude, il s'agissait de reprendre ces études en les restreignant au bassin versant du Kou.

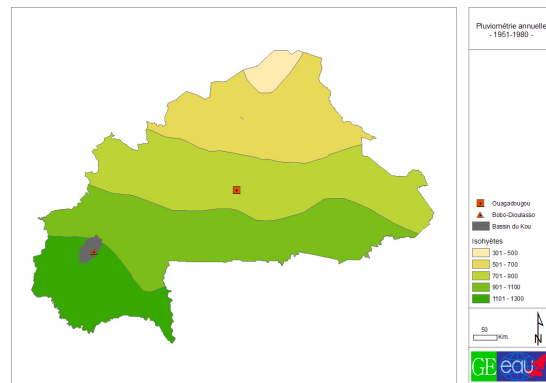
2.1 Analyse comparative des isohyètes

La comparaison de la position des isohyètes anciennes et actuelles permet de mettre en évidence d'une part la variabilité spatiale de la pluviométrie et d'autre part l'assèchement du climat. Des cartes de la météorologie nationale du Burkina ont été mises à la disposition du projet. Quatre normales des périodes de trente ans ont permis leur établissement : 1931-1960,

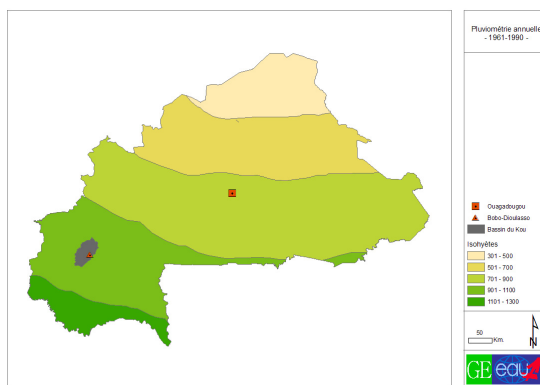
1951-1980, 1961-1990 et 1971-2000. Le bassin versant du Kou a été situé dans les différentes cartes afin de suivre l'évolution de variabilité spatiale de la pluviométrie.



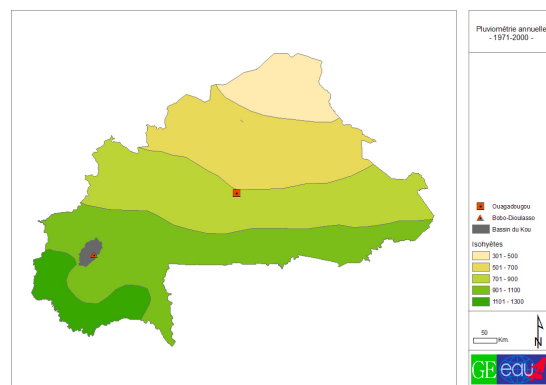
Carte 2.1 – Courbes isohyètes 1931-1960.



Carte 2.2 – Courbes isohyètes 1951-1980.



Carte 2.3 – Courbes isohyètes 1961-1990.



Carte 2.4 – Courbes isohyètes 1971-2000.

Le glissement vers le Sud traduit un déficit pluviométrique par rapport aux années antérieures. Il bouscule ainsi l'organisation zonale des climats habituellement admise. Quant à la Carte 2.4, elle présente une évolution de l'isohyète 1100 mm vers le nord, conséquence d'une pluviométrie relativement bonne au cours des années nonante.

2.2 Les paramètres climatiques de l'étude

Au fur et à mesure, le projet a constitué une base de données contenant en fichiers numériques les séries chronologiques de pluviométrie pour les différentes stations couvrant la zone d'étude. Le Tableau 2.1 présente les stations, les données disponibles et les sources.

Tableau 2.1 Stations de mesure de la base de données.

	Début	Fin	Lacunes	Longueur de la série	Sources
Bobo-Dioulasso	1959	2005	-	47	Aéroport
Farako-Ba	1960	2005	1987, 1988, 1992	43	INERA
Nasso	1960	1996	1984, 1990, 1991, 1995	33	Pt. Séminaire
Vallée du Kou	1986	2005	1988, 1992	18	INERA
Badema	2003	2005	-	3	DPA-Houet
Karankasso-Sambla	2003	2005	-	3	DPA-Houet
Satiri	2003	2005	-	3	DPA-Houet
Toussiana	2003	2005	-	3	DPA-Houet

2.3 Etude de tendance à l'assèchement

2.3.1 Evolution de la pluviométrie

D'une manière générale la pluviométrie a diminué sur l'ensemble du bassin du Kou. Cette diminution s'observe à partir de l'année 1970 jusqu'à nos jours. Les valeurs des moyennes de la pluviométrie annuelle mettent en relief cette évolution à la baisse pouvant aller jusqu'à 15% entre les périodes avant et après 1970 (Tableau 2.3).

Tableau 2.3– Evolution de la pluviométrie par station.

	moyenne avant 1970 [mm]	écart-type [mm]	moyenne après 1970 [mm]	écart-type [mm]	moyenne de la chronique [mm]	écart-type [mm]	écart de baisse [%]
Bobo-Dioulasso	1.160,2	187,2	985,9	141,2	1.030,4	170,3	15,0
Farako-Ba	1.148,5	142,1	996,0	154,1	1.035,0	163,9	13,3
Nasso	1.118,6	153,6	989,2	141,8	1.032,4	156,2	11,5
Vallée du Kou	-	-	885,7	150,0	885,7	150,0	

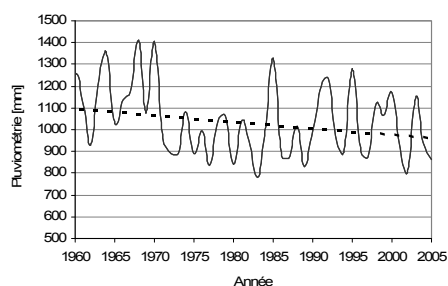


Figure 2.1 – Evolution de la pluviométrie de la station de Bobo-Dioulasso.

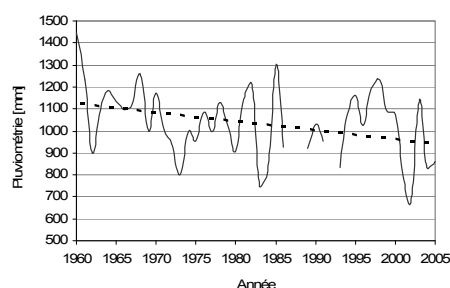


Figure 2.2 – Evolution de la pluviométrie de la station de Farako-Ba.

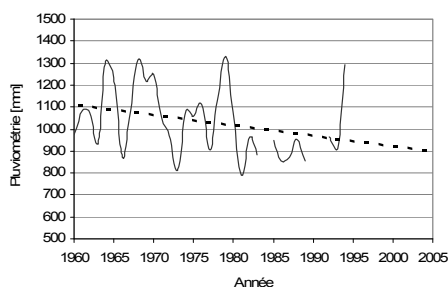


Figure 2.3 – Evolution de la pluviométrie de la station de Nasso.

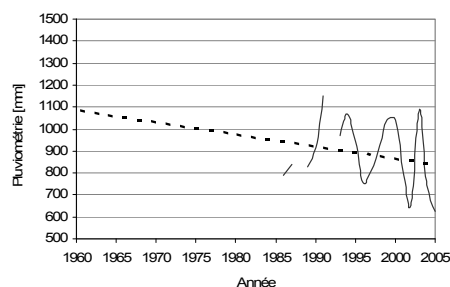


Figure 2.4 – Evolution de la pluviométrie de la station de la Vallée du Kou.

On constate cependant une très grande variabilité au cours des dernières décennies avec des pics autour des années 1980. Ainsi une légère évolution à la hausse pendant la décennie 1990, tout en restant inférieur à la moyenne d'avant la décennie 1970 (Figures 2.1-2.4).

2.3.2 Evolution de nombre de jours de pluie et leurs intensités

Le nombre annuel de jours de pluie a le même schéma d'évolution que celui de la pluviométrie. Cela laisse prévoir une corrélation entre ces deux paramètres. Une évolution à la baisse apparaît, allant de 80 et 100 jours avant la décennie de 1970 pour toutes les stations du bassin versant à une valeur maintenant en dessous de 80 jours sur le bassin (Figures 2.5-2.8).

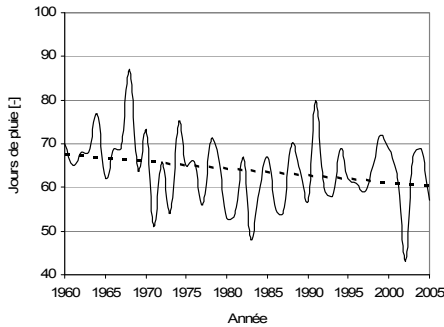


Figure 2.5 – Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de Bobo-Dioulasso.

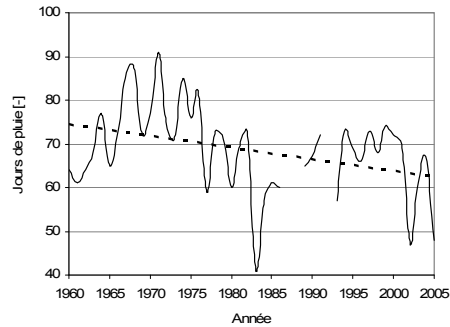


Figure 2.6 – Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de Farako-Ba.

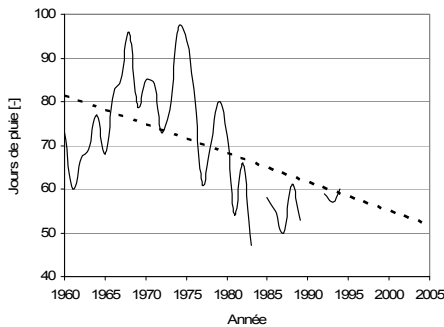


Figure 2.7 – Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de Nasso.

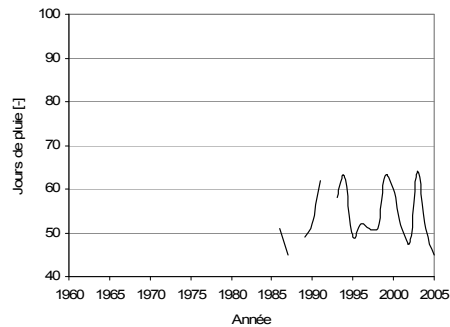


Figure 2.8 – Evolution du nombre annuel de jours de pluies pour la station de la Vallée du Kou.

La relation entre la pluviométrie et le nombre annuel de jours de pluies est montrée par les Figures 2.9-2.12. On note une corrélation relativement bonne entre la précipitation annuelle et le nombre de jours de pluie. Plus une année comporte de journées de pluies, plus la pluviométrie totale est importante.

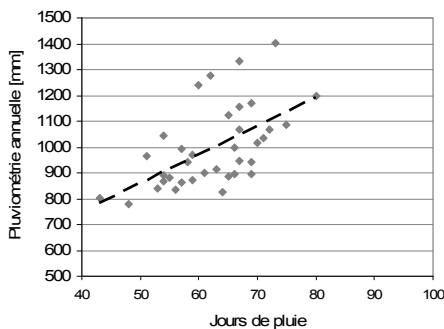


Figure 2.9 – Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Bobo-Dioulasso.

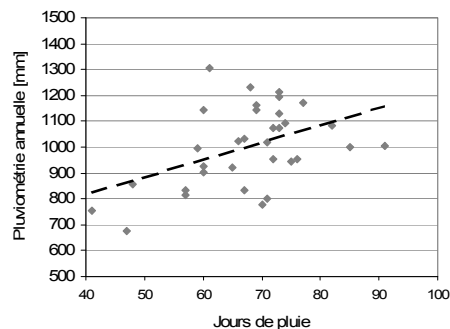


Figure 2.10 – Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Farako-Ba.

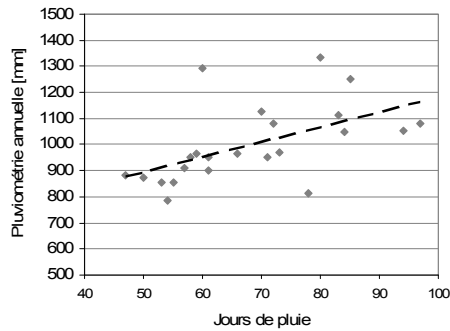


Figure 2.11 – Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Nasso.

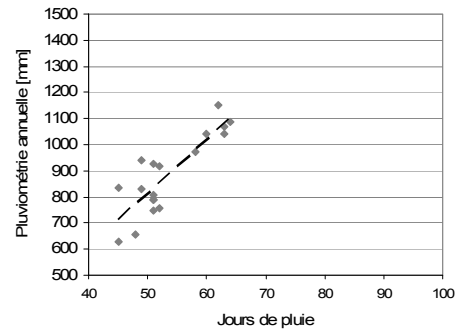


Figure 2.12 – Relation entre la pluviométrie et les jours de pluie pour la station de Vallée du Kou.

Au même moment, les intensités des pluies ont été inventoriées pour une année sèche, normale et humide. On constate une augmentation nette dans l'occurrence des grosses pluies (plus de 50 mm de pluie par jour) pour le cas des années humides. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.4.

Tableau 2.4– Occurrences des différentes intensités de pluie pour des années sèches, normales et humide. Pour les stations de Bobo-Dioulasso, Farako-Ba et Nasso.

Hauteur de pluie [mm]	Bobo-Dioulasso Occurrence [%]			Farako-Ba Occurrence [%]			Nasso Occurrence [%]		
	Sèche	Norm.	Hum.	Sèche	Norm.	Hum.	Sèche	Norm.	Hum.
=0	77,01	75,08	73,76	79,71	77,33	77,73	82,01	78,69	77,09
0 - 10	14,41	14,89	14,30	11,56	12,54	10,95	9,92	11,38	11,61
11 - 20	4,17	4,63	5,88	4,41	4,47	5,07	3,77	4,77	5,28
21 - 30	2,42	2,74	2,84	2,35	2,41	2,92	1,90	2,47	2,54
31 - 40	1,14	1,39	1,23	1,08	1,68	1,41	1,21	1,22	1,64
41 - 50	0,54	0,55	0,89	0,50	0,73	0,82	0,52	0,73	0,67
51 - 60	0,15	0,37	0,41	0,15	0,44	0,46	0,31	0,27	0,47
61 - 70	0,12	0,15	0,31	0,14	0,22	0,46	0,19	0,34	0,31
71 - 80	0,03	0,07	0,17	0,05	0,09	0,05	0,13	0,03	0,16
81 - 90	0,01	0,10	0,10	0,02	0,07	0,09	0,02	0,06	0,00
91 - 100	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,05	0,02	0,00	0,12
> 100	0,00	0,00	0,10	0,01	0,02	0,00	0,02	0,03	0,12

2.3.3 Indices de sécheresse

La sécheresse est souvent caractérisée par le calcul de quelques indices parmi lesquels l'indice de pluviométrie et celui de pluviosité. Le premier renseigne sur la succession d'années déficitaires ou excédentaires au cours d'une période d'observation donnée, le second permet de dégager les grandes tendances en supprimant les faibles fluctuations internes.

2.3.3.1 Indice de pluviométrie

Cet indice permet de distinguer les années humides des années sèches. Il donne l'écart par rapport à la moyenne d'une série pluviométrique. De nombreuses études sur les fluctuations pluviométriques sont basées sur des indices pluviométriques comme celui utilisé par Nicholson (1978) et Lamb (1983) :

$$I_{pi} = \frac{P_i - P_m}{S}$$

Avec : S : l'écart type de la série ;
 P_i : pluviométrie de l'année i ;
 P_m : pluviométrie moyenne de la série.

A travers cet indice, on observe l'évolution générale de la pluviométrie qui est caractérisée par une succession d'années sèches et humides avec une prédominance nette d'année déficitaires. Il faut noter que cette alternance d'années humides et sèches est accentuée à partir des années 70.

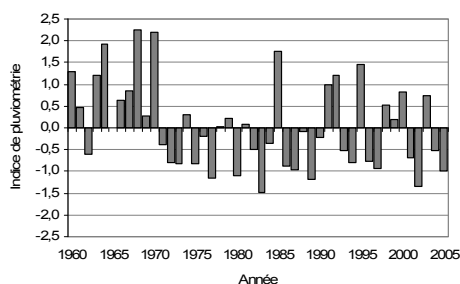


Figure 2.13 - Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de Bobo-Dioulasso.

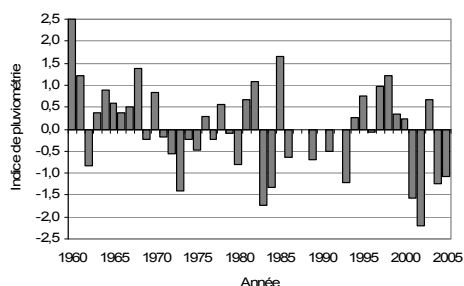


Figure 2.14 - Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de Farako-Ba.

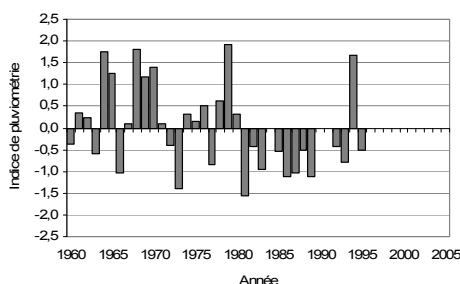


Figure 2.15 - Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de Nasso.

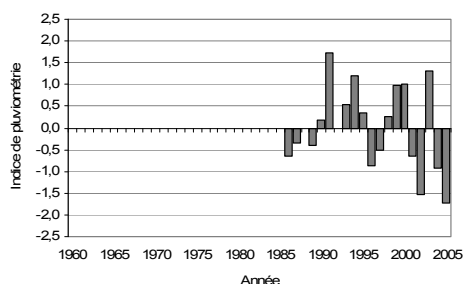


Figure 2.16 - Evolution de l'indice de pluviométrie pour la station de la Vallée du Kou.

2.3.3.1 Indice de pluviosité

L'indice de pluviosité est donné par le rapport de la hauteur de précipitation annuelle à la hauteur moyenne de précipitations :

$$I_p = \frac{P_i}{P_m}$$

Une valeur de ce rapport supérieur à 1 caractérise les années humides, par contre si ce rapport est inférieur à 1 les années sont qualifiées de sèches. Pour avoir une vision globale de l'évolution de la pluviométrie, on utilise le cumul de l'écart proportionnel à la moyenne. Cet écart est donné par :

$$I_c = I_p - 1$$

Cet indice a l'avantage de dégager les grandes tendances en supprimant les faibles fluctuations. Les figures 2.17-2.20 montrent à travers l'indice cumulé une diminution générale de la pluviométrie. Cette tendance à la baisse est amorcée autour de l'année 1970. On remarque une légère augmentation au cours de la décennie 1990.

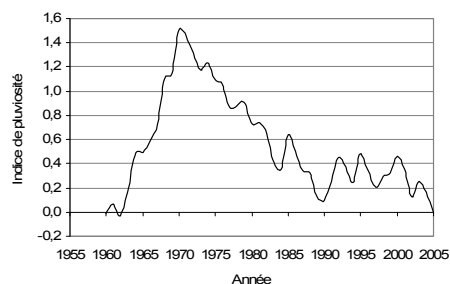


Figure 2.17 - Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de Bobo-Dioulasso.

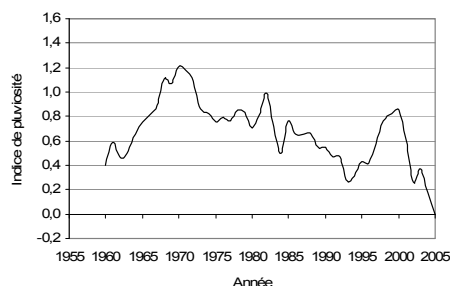


Figure 2.18 - Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de Farako-Ba.

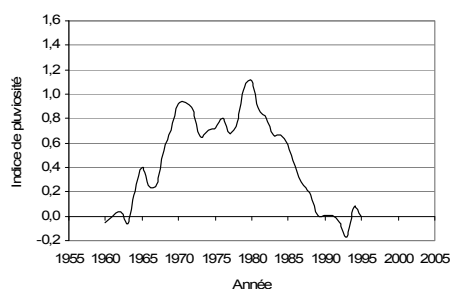


Figure 2.19 - Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de Nasso.

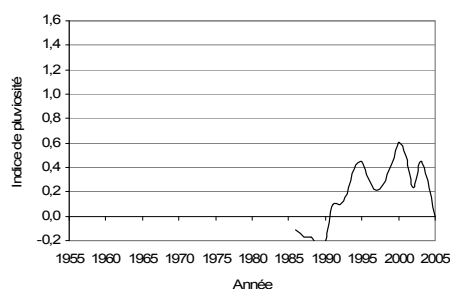


Figure 2.20 - Evolution de l'indice de pluviosité pour la station de la Vallée du Kou.

2.4 Etude fréquentielle de la variabilité saisonnière

La connaissance des aléas de pluviosité est très importante car elle permet d'user au mieux des variétés et des techniques selon un calendrier où les opérations qui vont de la préparation du sol à la récolte seront ajustées aux conditions statistiquement prévisibles et aux conditions réelles. La prévision statistique fondée sur l'analyse fréquentielle des pluies permet de fixer, à la fréquence désirable, la date optimale du semis et, en conséquence, l'époque de préparation du sol.

2.4.1 Probabilité d'une quantité pluviométrique décadaire

Wellens *et al.* (2003) avaient déjà démontré l'homogénéité des données pluviométriques pour l'ensemble des stations à l'aide de Rainbow (Raes, 1996).

L'intégralité des séries de pluviométrie décadaire a servi à déterminer les probabilités de dépassement de certains quantiles dans une décade donnée. Les quantiles utilisés sont : 10 mm, 30 mm, 50 mm et 80 mm. Le seuil minimal de 10 mm est choisi du fait que c'est une quantité minimale pour la survie des jeunes cultures (Moussa, 2006).

A travers les figures 2.21-2.20, on remarque que le début de la saison des pluies (avril-mai) est marqué par une faible probabilité d'avoir des pluviométries décadaires de plus de 30 mm. La probabilité d'avoir 10 mm de pluie décadaire est supérieure à 60% du début mai jusqu'en septembre. Pour le quantile 80 mm, la probabilité ne dépasse guère les 60%.

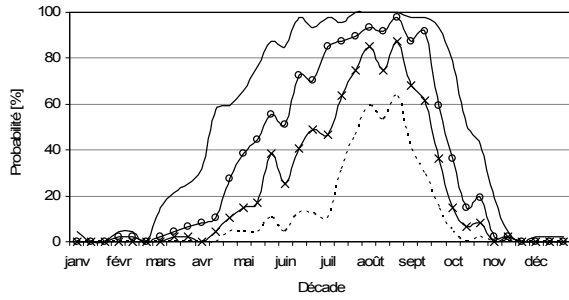


Figure 2.21 - Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à Bobo-Dioulasso.

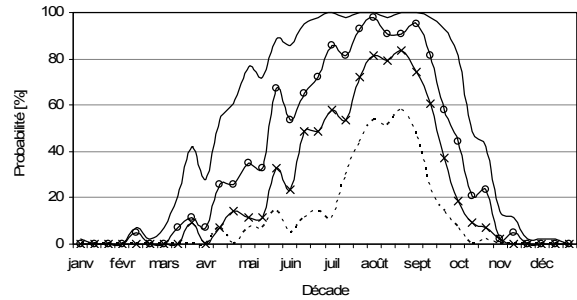


Figure 2.22 - Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à Farako-Ba.

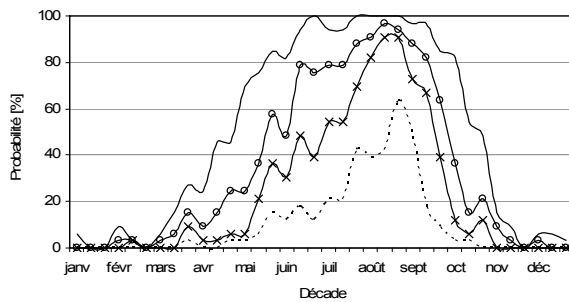


Figure 2.23 - Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à Nasso.

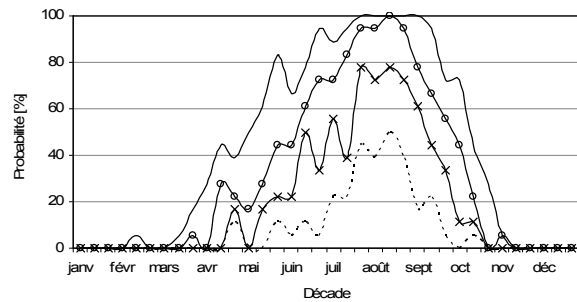


Figure 2.24 - Probabilités d'avoir plus de 10, 30, 50 et 80 mm de pluie par décade à La Vallée du Kou.

(__ : > 10mm ; -o- : > 30mm ; -x- : > 50 ; -- : > 80mm)

2.4.2 Séquence de sécheresse au cours des mois pluvieux

Il s'agit de donner la probabilité d'apparition des périodes de sécheresse de 3, 6, 9, 12 et 15 jours successifs pour la saison des cultures. Deux décades consécutives avec un stress hydrique peuvent sévèrement endommager la croissance des plantes. Dans l'analyse, la période de sécheresse appartient à un mois donné si la plus grande partie tombe dans ce mois. Par exemple s'il se trouve que pour une période de sécheresse de 9 jours le mois de mai a 6 jours et 3 jours pour le mois de juin, alors cette période est attribuée au mois de mai.

Il ressort des figures 2.25-2.30 que la probabilité d'occurrence des périodes de 3 jours de sécheresse est élevée pour tous les mois. Cependant une sécheresse de 3 jours n'est pas nocive pour les cultures. Durant le mois d'avril plus de 2 années sur 5 sont caractérisées par une sécheresse de 15 jours et 9 jours pour le mois de mai. En juillet et août les probabilités d'apparition de sécheresse de 9, 12 et 15 jours sont faibles.

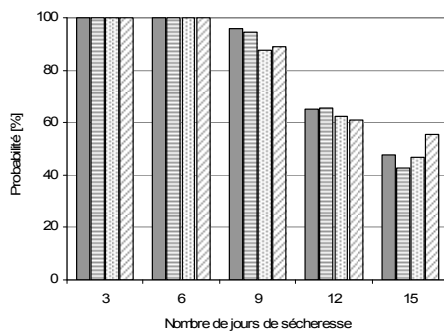


Figure 2.25 - Probabilité de période sèche au mois d'Avril.

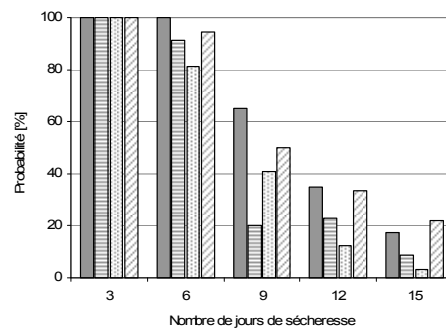


Figure 2.26 - Probabilité de période sèche au mois de Mai.

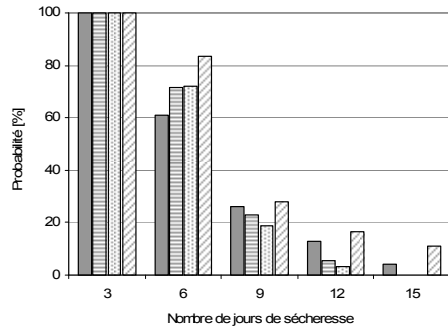


Figure 2.27 - Probabilité de période sèche au mois de Juin.

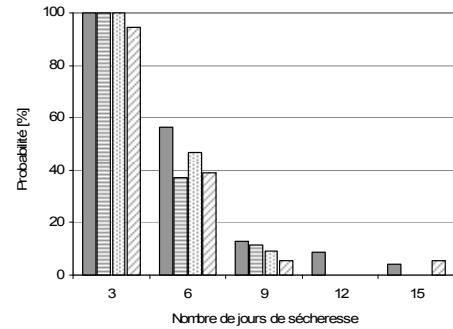


Figure 2.28 - Probabilité de période sèche au mois de Juillet.

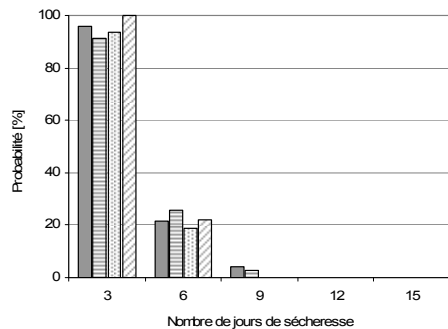


Figure 2.29 - Probabilité de période sèche au mois d' Août.

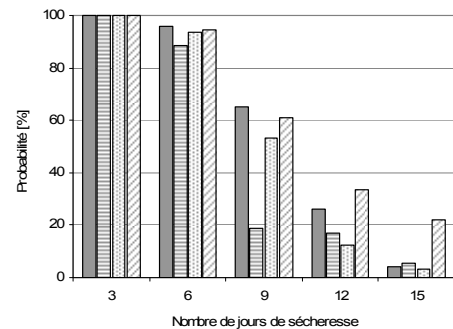


Figure 2.30 - Probabilité de période sèche au mois de Septembre-October.

(Motif plein : Nasso ; motif horizontal : Bobo-Dioulasso ; motif pointé : Farako-Ba ; motif diagonal : Vallée du Kou)

2.5 Début, Fin et Durée de la saison des pluies²

Le besoin de la connaissance du début et de la fin de l'hivernage est évident. Sous les tropiques, toutes les activités de la saison des cultures sont dictées par le début, la distribution et la fin des pluies. La plupart des cultures sont sensibles aux conditions atmosphériques pendant la croissance et la maturation. Si les sols sont trop secs ou trop humides les traitements des champs sont normalement inefficaces voire nocifs. En plus, une cessation tardive de l'hivernage peut causer un retard de la récolte.

La question est de savoir à quel moment peut-on affirmer que les pluies sont réellement installées pour l'agriculture ainsi que leur arrêt.

Différents critères ont déjà été employés dans la littérature. Wellens *et al.* (2004) ont déjà évalué avec succès des critères simples à une seule variable, notamment la hauteur de pluie journalière. On se contente ici de résumer les critères retenus du début et de la fin de l'hivernage, ainsi que leurs résultats.

Sivakumar (1988) définit comme le début de l'hivernage le moment où la pluie journalière cumulée sur 7 jours est égale ou supérieure à 20 mm et qu'il n'y a pas de sécheresse de 7

² Complément sur l'analyse de la saison de culture de Wellens et al. (2004).

jours ou plus les 30 jours suivants. Une journée est considérée sèche quand il y a moins de 1,9 mm de pluie.

La cessation de l'hivernage est pour Stern *et al.* (1982) la date du début d'une période de sécheresse de 15 jours ou plus, après une date fixée. Des enquêtes menées auprès des agriculteurs ont amené à considérer mi-septembre comme date de cessation précoce.

La durée de la saison culturale est donnée par la différence entre dates de début et de fin des pluies. Le Tableau 2.5 présente les résultats sur les débuts, les fins et les longueurs moyennes de la saison culturale. On remarque à travers ce tableau que le début des pluies est caractérisé par une grande variabilité avec des écart-types qui vont jusqu'à 30 jours. Les écart-types pour les dates de la fin de l'hivernage sont beaucoup plus faibles.

Tableau 2.5- Dates moyennes de fin et début des pluies, et longueur moyenne de la saison culturale.

	Début	Ecart-type [jours]	Fin	Ecart-type [jours]	Longueur [jours]	Ecart-type [jours]
Bobo-Dioulasso	21-mai	22,6	4-nov.	13,5	168	25,9
Farako-Ba	17-mai	23,3	5-nov.	13,3	172	30,3
Nasso	31-mai	27,7	5-nov.	11,0	158	30,4
Vallée du Kou	3-juin	17,5	30-oct.	9,1	149	18,5

Pour toutes les stations examinées, il y a une corrélation significative entre la date de début des pluies et la longueur de la saison culturale. Ce fait est bien illustré par les figures 2.31-2.34, qui montrent une parfaite relation entre la date de début des pluies et la longueur de la saison culturale.

Plus étonnant est l'impossibilité d'établir une corrélation significative entre le début de l'hivernage et la pluviométrie annuelle. Seulement pour le cas de Bobo-Dioulasso, un début tardif des pluies implique une diminution de la pluviométrie annuelle, le cas de Faroka-Ba est plutôt neutre et inversé quant à la Vallée de Kou et Nasso (Figures 2.35-2.38).

Stern *et al.* (1982) ont montré qu'il n'y a pas de relation entre le début et la cessation de l'hivernage.

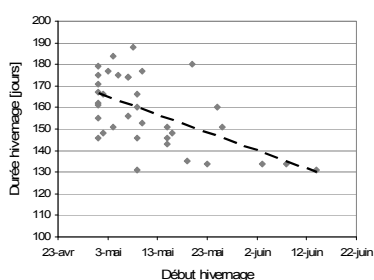


Figure 2.31 - Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Bobo-Dioulasso.

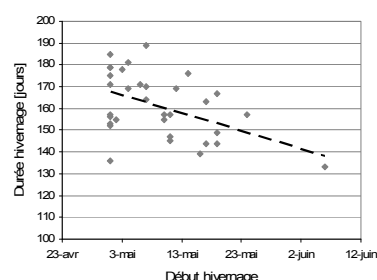


Figure 2.32 - Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Farako-Ba.

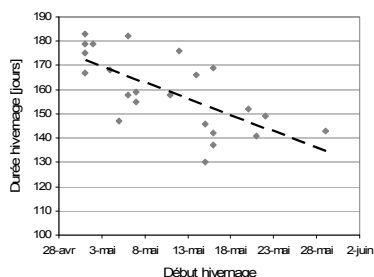


Figure 2.33 - Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Nasso.

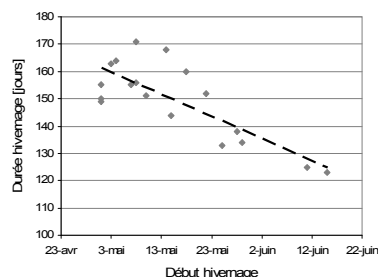


Figure 2.34 - Relation entre début des pluies et durée de la saison. Cas de Vallée du Kou.

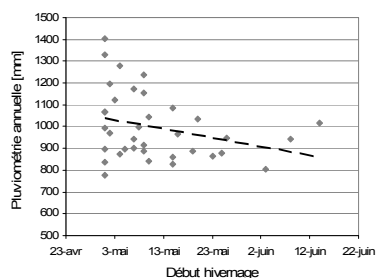


Figure 2.35 – Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de Bobo-Dioulasso.

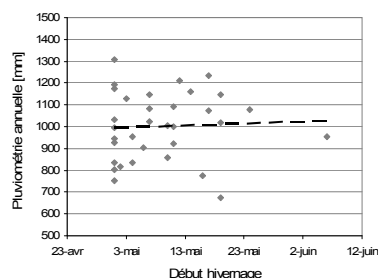


Figure 2.36 – Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de Farako-Ba.

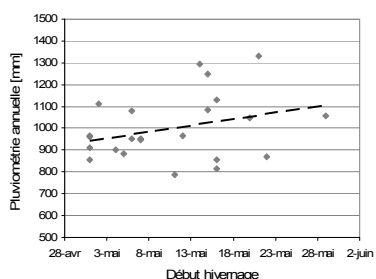


Figure 2.37 – Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de Nasso.

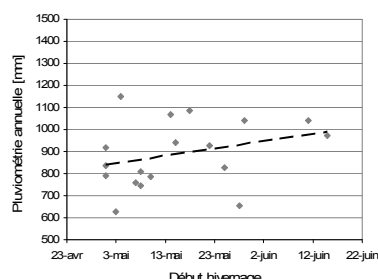


Figure 2.38 – Relation entre début des pluies et pluviométrie annuelle. Cas de la Vallée du Kou.

2.6 Efficacité hydrique des saisons de pluie

L'efficacité hydrique des saisons des pluies est une notion controversée et relative, car elle dépend de celui qui parle. Pour l'agronome on parle d'efficacité hydrique lorsque la pluviométrie permet une bonne humectation de la zone racinaire des cultures et favorise ainsi un bon développement des cultures. Pour traiter cette question d'efficacité hydrique on dispose seulement des données de pluviométrie et des données de production agricole de certaines cultures (source : Direction Générale des Prévision et des Statistiques Agricoles du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques).

Seulement les résultats pour Bobo-Dioulasso sont présentés ici, les mêmes tendances ont été observées pour les cas de Farako-Ba et de la Vallée du Kou. Au niveau des cultures, les cas de coton, maïs, mil et sorgho ont été étudiés. Les figures 2.39-2.42 démontrent la corrélation positive entre pluviométrie annuelle et rendement, en plus ceux du coton et du maïs semblent plus sensibles à une augmentation de pluviométrie annuelle.

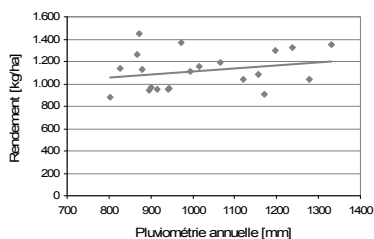


Figure 2.39 - Pluviométrie annuelle vs. Rendement.
Coton.

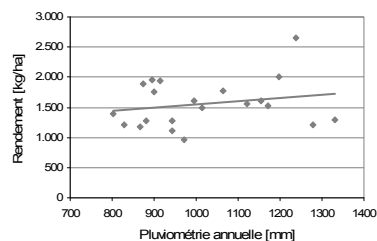


Figure 2.40 - Pluviométrie annuelle vs. Rendement.
Maïs.

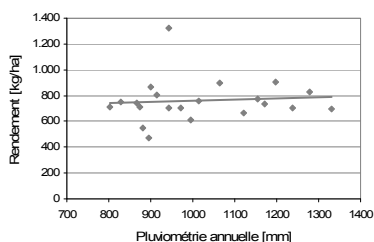


Figure 2.41 - Pluviométrie annuelle vs. Rendement.
Mil.

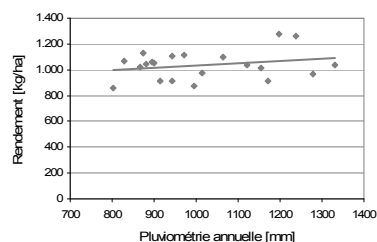


Figure 2.42 - Pluviométrie annuelle vs. Rendement.
Sorgho.

En même temps, la corrélation jours de pluie et rendement a été montrée (Figures 2.43-2.46). La plupart des cultures réagissent mieux sur un accoïsement de jours de pluie que sur une augmentation de la pluviométrie annuelle. Ceci serait probablement dû à une meilleure répartition des doses de pluies pendant la campagne agricole.

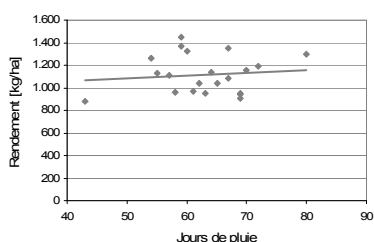


Figure 2.43 - Jours de pluie vs. Rendement.
Coton.

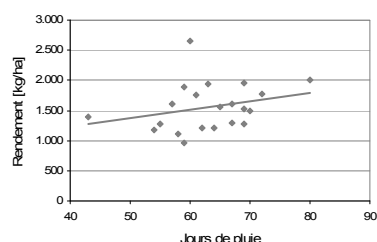


Figure 2.44 - Jours de pluie vs. Rendement.
Maïs.

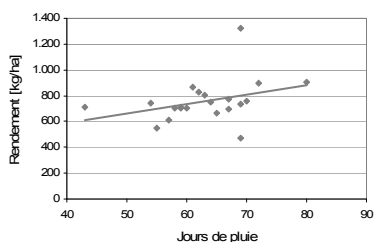


Figure 2.45 - Jours de pluie vs. Rendement.
Mil.

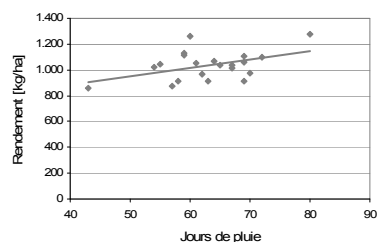


Figure 2.46 - Jours de pluie vs. Rendement.
Sorgho.

La date de début de l'installation des pluies a aussi une influence sur les rendements, comme le montre les figures 2.47-2.50. Un hivernage tardif implique une diminution des rendements.

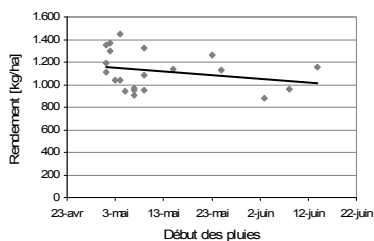


Figure 2.47 - Début des pluies vs. Rendement.
Coton

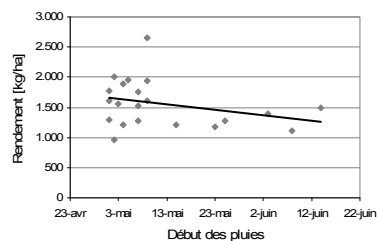


Figure 2.48 – Début des pluies vs. Rendement.
Mais

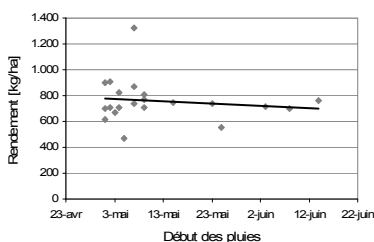


Figure 2.49 - Début des pluies vs. Rendement.
Mil

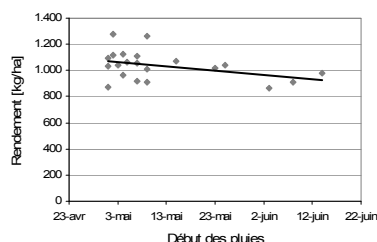


Figure 2.50 - Début des pluies vs. Rendement.
Sorgho

2.7 Conclusion

Les résultats des différents tests statistiques sur les séries chronologiques des différents paramètres climatiques font ressortir que le bassin du Kou a été affecté par un changement climatique aux alentours des années 1970 et 1980.

Ce changement est caractérisé par :

- une variation inter-annuelle et annuelle très forte de la pluviométrie ;
- un raccourcissement de la saison de pluies avec un nombre annuel moyen de jours de pluies tendant à la baisse ;
- une augmentation de l'évapotranspiration.

Une année humide se caractérise plutôt par une augmentation de l'intensité des pluies que par le nombre de jours de pluies.

L'étude a également permis de ressortir les dates moyennes de début et de fin de la saison de pluies. Le début de la saison est très variable, la fin des pluies est marquée par une variabilité beaucoup moindre par rapport au début. Elle a mis en évidence les relations entre les débuts d'installation de l'hivernage et la durée de la saison culturale. Il s'est avéré impossible d'établir une corrélation entre la date du début de l'hivernage et la pluviométrie annuelle.

L'analyse de la durée de la saison culturale et les différentes fréquences des scénarios de sécheresse, constitue un outil précieux pour l'encadrement du monde rural.

L'étude de l'efficacité hydrique a montré une relation entre la pluviométrie annuelle moyenne et la production agricole. Mais cette conclusion ne peut pas être généralisée car l'efficacité d'une lame d'eau dépend non seulement des conditions climatiques régionales mais aussi des exigences propres de l'espèce cultivée, des caractéristiques hydriques des sols et de leur fertilité.

La grande discordance entre les différentes stations pluviométriques rend, à un premier temps, une généralisation des tendances observées hasardeuse. Cette discordance sera probablement plus faible si on étudie les pluies sur une année. Une étude complémentaire sur la corrélation inter-stationnaire des séries de pluviométrie journalière est prévue pour 2007 en collaboration avec l'EIER-ETSHER.

Le manque d'une technique d'interpolation adéquate pour la répartition spatiale aléatoire des pluies compliquera sérieusement l'élaboration des bilans hydriques et toute autre étude hydraulique et/ou hydrologique portant sur l'ensemble du bassin du Kou.



– Potentialité d'irrigation –

3

Potentialités d'irrigation du bassin du Kou

Le Burkina Faso possède une économie qui repose principalement sur l'exploitation agricole. De fait, 90 % de la population active est impliquée dans le secteur primaire (Wellens *et al.*, 2005), que ce soit comme activité principale ou complémentaire. Dans ce contexte, l'agriculture irriguée s'est présentée comme une solution pour l'intensification de la production. Contrairement à l'agriculture pluviale largement majoritaire dans le pays, elle est peu sensible aux aléas climatiques. Elle permet d'assurer une stabilité de la production et d'introduire une ou plusieurs récoltes pendant la période sèche. L'irrigation gravitaire est la méthode la plus répandue.

Depuis quelques décennies, le paysage régional connaît d'importantes mutations liées aux défrichements des terres pour l'agriculture. Sous cette pression agricole les terres disponibles et la ressource hydraulique tendent inévitablement à se réduire.

Afin d'établir un diagnostic de l'état des terres du bassin du Kou, il a été tenté de définir la qualité ainsi que la quantité des terres restant à la disposition des agriculteurs pour étendre leurs superficies irriguées. La synthèse de cette information est représentée sous forme d'une carte de potentialité agricole.

3.1 Méthodologie : évaluation des terres

Une méthodologie d'évaluation des terres adaptée au contexte, et aux restrictions matérielles, c'est à dire en éliminant les étapes trop coûteuses, a été élaborée (FAO, 1989).

Il est intéressant et plus rigoureux de connaître l'aptitude des terres pour des systèmes agricoles très précis. Cependant, dans cette étude, l'aptitude générale des terres pour un système agricole à irrigation gravitaire, tous types de cultures confondues, a été évaluée.

L'aptitude finale d'une terre pour un système agricole donné dépend de trois facteurs. Tout d'abord de l'*aptitude physique* qui indique si les caractéristiques physiques des terres sont adaptées ou non à une telle utilisation. Ensuite, l'*aptitude économique* permet de distinguer les terres dont le coût d'aménagement et d'implantation des infrastructures indispensables au bon fonctionnement du système agricole est le moins élevé. Enfin, la *disponibilité* des terres met en évidence les terres dont l'occupation actuelle peut être éventuellement remplacée par le système agricole évalué.

3.1.1 Aptitude physique de la terre

3.1.1.1 Choix des variables

L'aptitude physique des terres est évaluée à partir de certaines de leurs caractéristiques physiques, chimiques ou topographiques. Ces variables sont utilisées comme des indicateurs de l'aptitude des terres. Grâce à une combinaison des facteurs par système de pondération, il est possible de choisir de manière raisonnée ces variables. Les variables connues sont classées par ordre d'importance. Les plus importantes auront une influence plus grande dans l'évaluation de l'aptitude des terres. Ceux d'importance moyenne permettent de nuancer l'analyse. En revanche, celles ne présentant qu'un intérêt minime sont écartées de l'analyse, afin de ne pas obtenir des résultats trop complexes et donc difficilement exploitables.

Plus le nombre de variables prises en compte dans l'évaluation de l'aptitude physique des terres est élevé, plus précis seront les résultats. Cependant, une analyse exhaustive de l'ensemble des caractéristiques de la terre serait une perte de temps, et empêcherait de dégager de manière claire les terres aptes et inaptes. Il va de soi que le choix de la nature et du nombre de facteurs pris en compte dans l'évaluation de l'aptitude des terres n'est pas neutre et influencera les résultats finaux.

Les caractéristiques des terres pouvant être choisies comme critères pour l'évaluation de l'aptitude physique peuvent être regroupés de la manière suivante :

- *Les caractéristiques physiques du sol* : Cette classe comprend des variables telles que la profondeur du sol, la teneur en matière organique, la structure et porosité du sol et la granulométrie.
- *La relation sol-eau* : Les variables de cette catégorie sont par exemple le taux d'infiltration, la perméabilité et la réserve utile.
- *La topographie* : Les variables relatives à la topographie sont la pente et le microrelief.

3.1.1.2 Hiérarchisation des variables

Les variables sélectionnées, ainsi que leur ordre d'importance sont à déterminer en fonction des caractéristiques de la zone d'étude et celles du système agricole sélectionné. Les facteurs auxquels on accorde le plus d'importance sont ceux qui limitent le plus sévèrement les rendements de la production agricole. Sont écartées les variables peu ou pas limitantes, ainsi que celles dont la mesure fait défaut par manque de moyens techniques et financiers ou de sources statistiques (comme par exemple, le pouvoir d'investissement des agriculteurs constituant un variable peu important dans ce contexte).

3.1.1.3 Coefficient de classification

Avant de déterminer l'aptitude physique globale d'une terre pour un système agricole donné, il est nécessaire d'évaluer l'aptitude des terres pour chacune de ses variables. Leur synthèse fournit le niveau général d'aptitude physique de la terre.

Chaque variable physique doit être subdivisée en classes auxquelles on fait correspondre un coefficient de classification, c'est à dire un niveau d'aptitude. Le nombre de classes se situe généralement entre 4 et 6. Les seuils de démarcation de ces classes sont appelés limites critiques. Elles sont déterminées pour chaque variable, indépendamment des autres.

Les coefficients de classement sont des chiffres allant de 1 à 'n', suivant le nombre de classes d'aptitude que l'on souhaite créer. Le chiffre 1 correspond, au niveau d'aptitude le plus élevé. Généralement lorsque le coefficient augmente l'aptitude baisse jusqu'à la dernière classe représentant l'inaptitude totale.

3.1.2 Aptitude économique de la terre

Une analyse économique permet de repérer les terres aptes à l'irrigation dans les conditions d'aménagement actuelles et celles qui sont potentiellement aptes une fois apportées les améliorations nécessaires.

Les aspects économiques ne sont pas traités dans cette étude pour deux raisons. D'une part, l'absence d'experts en économie empêche de traiter de manière sérieuse et approfondie cette question. Par ailleurs l'aptitude économique d'une terre, c'est à dire l'aptitude d'une terre à être améliorée par des aménagements agricoles (ou intrants), a peu d'importance dans un contexte où les agriculteurs disposent de peu de moyens pour financer des aménagements.

3.1.3 Disponibilité des terres

La disponibilité des terres est également un facteur important dans la détermination de l'aptitude globale d'une terre pour un système agricole donné. Elle ne fournit pas un niveau d'aptitude, mais informe si l'installation du système agricole en question sur une terre est possible ou non, en fonction de l'occupation du sol. En effet, certains modes d'occupation du sol sont difficilement remplaçables : zones urbaines, forêts classées, forêts galeries, ...

3.1.4 Synthèse des variables : la carte de potentialité agricole

Pour connaître l'aptitude globale d'une terre à un système agricole donné, les facteurs doivent être combinés en tenant compte de leur importance relative. Les terres possédant pour l'un des facteurs étudiés une inaptitude sont automatiquement considérées comme globalement inapte.

La représentation cartographique de l'aptitude globale des terres à un système de culture donné se fait par un procédé de superposition de couches d'information spatiale, à l'aide d'un SIG. Ces couches d'informations correspondent aux niveaux d'aptitudes des unités de terre pour chaque variable sélectionnée.

3.2 Elaboration de la carte de potentialité agricole

Les espèces cultivées dans la vallée du Kou sont nombreuses. On y trouve outre le riz (périmètre irrigué principalement), du maïs, du sorgho, des cultures maraîchères et horticoles

telles que le chou, l'aubergine africaine, le bananier ou le papayer, et des cultures commerciales telles que le coton.

Afin de ne pas avoir à évaluer l'aptitude des terres pour chaque type de culture, les limites critiques des facteurs sélectionnés sont définies sur la base des besoins des plantes les plus exigeantes et occupant une place importante dans l'agriculture régionale, comme le riz et le maïs. La carte de potentialité agricole indique finalement l'aptitude globale des terres, toutes cultures confondues.

3.2.1 Sélection des critères pour l'évaluation

Après considération de la pertinence des facteurs physiques, et de la disponibilité des données, trois variables pouvant servir de critères pour évaluer l'aptitude physique des terres du bassin du Kou ont été sélectionnées : la pente, la profondeur du sol et la réserve utile du sol, unies dans une seule variable de la réserve utile effective du sol.

3.2.1.1 Pente

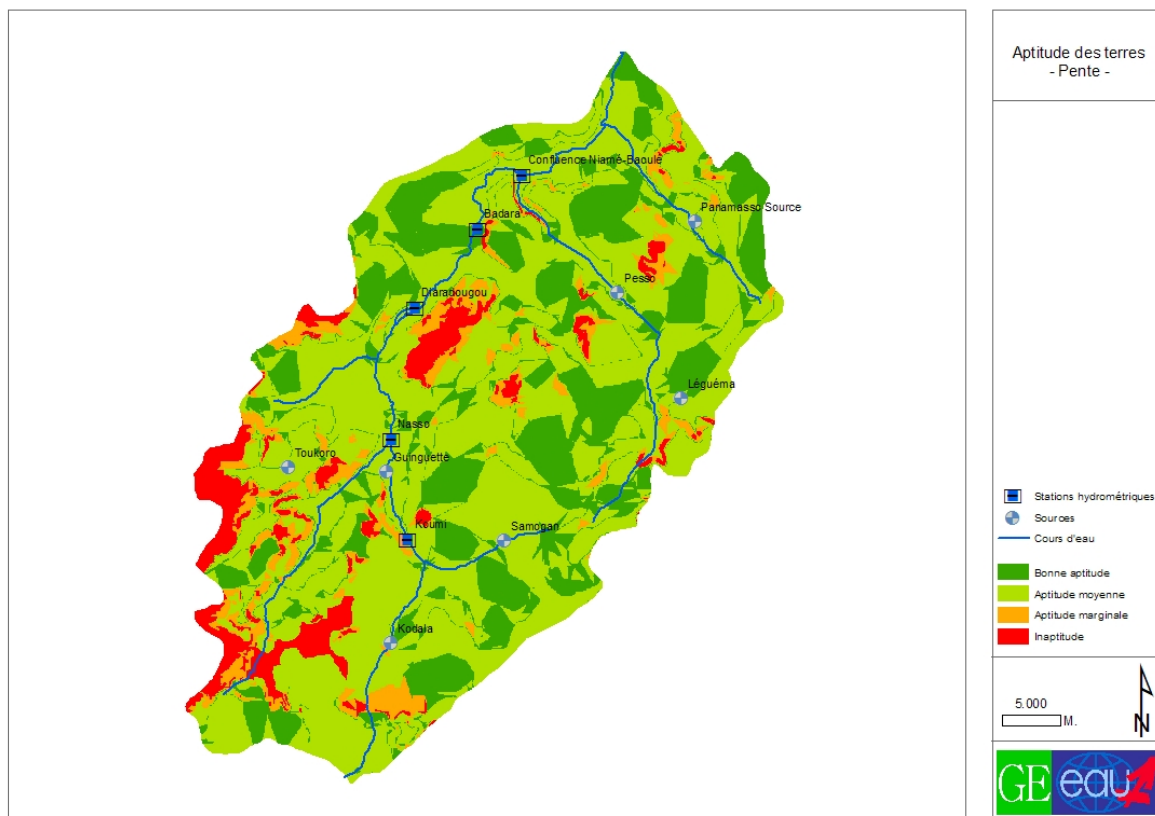
La pente influe sur les apports en eau et les pertes par écoulement latéral d'un terrain donné. C'est un facteur particulièrement important dans l'évaluation d'un système d'irrigation gravitaire puisque la bonne répartition de l'eau sur les parcelles dépend de la topographie. Pour d'autres systèmes d'irrigation, le facteur pente est moins limitant et perd de son importance dans l'évaluation des terres.

Des pentes considérées idéales pour l'irrigation par gravité se situent entre 0,1 et 2%. Cependant les pentes de 0 à 0,5% peuvent produire un engorgement et une accumulation d'eau dangereuse pour les cultures, lorsque le sol est peu perméable et que les pluies fortes sont fréquentes, en particulier sous un climat chaud. Par ailleurs, sur des pentes allant de 2% à 7%, le rendement des cultures diminue progressivement du fait de la pénétration plus difficile de l'eau (Tableau 3.1) (FAO, 1990).

Tableau 3.1 – Classes d'aptitudes pour la variable 'pente'.

Limites critiques	Coefficient de classement	Niveau d'aptitude
0,5 à 2,0 %	1	bonne aptitude
0,0 à 0,5 %	2	aptitude moyenne (anaérobie)
2,0 à 4,5%	3	aptitude moyenne
4,5 à 7,0 %	4	aptitude marginale
> 7,0 %	5	inaptitude

Cette analyse doit être complétée par l'étude du relief. En effet, il est nécessaire de distinguer les faibles pentes situées sur un plateau ou une butte de celles situées en fond de vallée. Les plateaux et les buttes sont en effet souvent difficiles à mettre en valeur contrairement aux zones basses. Ainsi, les sommets de buttes et de plateau, entourés de pentes abruptes ont été introduits aux cotés des pentes supérieures à 7%, dans la classe des terres inaptes.



Carte 3.1 – Carte d’aptitude des terres du bassin du Kou pour le variable ‘pente’

La Carte 3.1 indique le niveau d’aptitude des terres pour l’irrigation gravitaire, en ce qui concerne le facteur topographique. La grande majorité des terres du bassin versant ont une bonne ou moyenne aptitude. Les terres les plus aptes sont les terres basses, près des cours d’eau, tandis que les terres inaptes sont situées sur les reliefs.

3.2.1.2 Réserve utile effective du sol

La profondeur (P) d’un sol correspond à l’épaisseur disponible au développement vertical des racines des plantes. Elle est l’une des composantes qui détermine la capacité de stockage en eau du sol.

La réserve utile (RU) exprime le volume d’eau du sol utilisable par les plantes dans un mètre de sol. Elle s’exprime en ‘mm’ d’eau par mètre de sol. Elle est définie comme la différence entre le volume total d’eau qu’un sol peut stocker dans les pores fins après drainage (ou capacité au champ) et le volume d’eau fortement retenu dans les capillaires et non utilisables par les plantes (ou humidité au point de flétrissement).

La réserve utile effective (Reff) du sol est le produit de la profondeur du sol et la réserve utile du sol. Malgré des apports en eau abondants, un sol possédant une faible réserve effective offrira des conditions défavorables à l’agriculture. Les sols profonds et ayant une réserve utile importante sont donc, pourvu qu’ils reçoivent un apport d’eau suffisant, les sols les plus fertiles.

A partir de la base de données des profils de sol (Wellens *et al.*, 2004 b), la réserve utile effective a pu être calculée pour chaque type de sol.

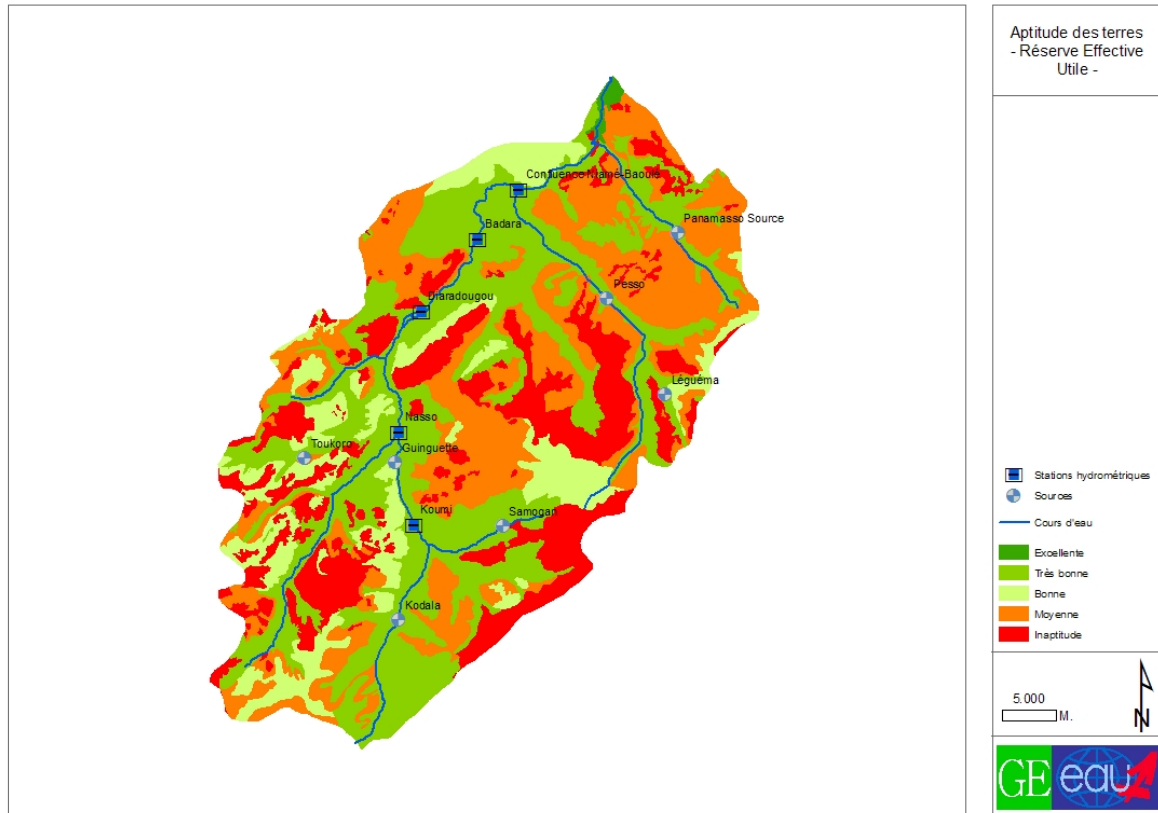
Tableau 3.2 – Caractéristiques physiques et aptitude

Type de sol		P [cm]	RU [mm/m]	Reff [mm]	Classement	Aptitude
PEAA	Sol peu évolué d'apport fluvial hydromorphe	120	200	240	1	Excellente
FLIP	Sol ferrugineux tropical lessivé induré profond	120	150	180	2	Très bonne
FLM	Sol ferrugineux tropical lessivé modal	120	150	180	2	Très bonne
HPGS	Sol hydromorphe peu humifère à pseudogley de surface	120	150	180	2	Très bonne
FLTC	Sol ferrugineux tropical lessivé à tâche et concrétion	120	150	180	2	Très bonne
FRM	Sol ferralitique faiblement désaturé remanié modal	120	125	150	3	Bonne
FLC	Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions	120	125	150	3	Bonne
FTH	Sol ferralitique typique hydromorphe	120	125	150	3	Bonne
FRI	Sol ferralitique faiblement désaturé remanié induré	100	125	125	4	Moyenne
FTM	Sol ferralitique faiblement désaturé typique modal	120	100	120	4	Moyenne
FLIMP	Sol ferrugineux tropical lessivé induré moyennement profond	80	150	120	4	Moyenne
FLIPP	Sol ferrugineux tropical lessivé induré peu profond	40	200	80	3	Bonne pour la riziculture
PEEL	Sol peu évolué d'érosion lithique	20	125	25	5	Inaptitude
FLIS	Sol ferrugineux tropical lessivé induré superficiel	10	100	10	5	Inaptitude
LITH	Sols minéraux bruts d'érosion	-	-	-	5	Inaptitude

On considère que pour beaucoup de cultures irriguées, les sols d'une profondeur supérieure à 90cm suffisent pour donner de bons rendements agricoles (FAO, 1989). De même, la majorité des plantes obtiennent de bons rendements avec une réserve en eau efficace supérieure à 100 mm.

Sur les 15 types de sols présents dans le Bassin versant du Kou, seulement 3 sont inaptes. À part le sol FLIPP, tous les autres sols aptes ont une profondeur d'au moins 1 mètre et une réserve effective supérieure ou égale à 120 mm. Ils sont donc, sur ce plan, favorable à l'agriculture.

Bien qu'il possède une réserve effective qui semble faible (80 mm), un coefficient de classement '3' a été attribué au sol FLIPP à cause de ses caractéristiques favorables à la riziculture. Le riz est une plante qui demande beaucoup d'eau mais le développement de ses racines n'exige pas un sol très profond. Une réserve utile de 200 mm/m remplit la première condition tandis qu'une profondeur de 40 cm limite peu la croissance du riz.



Carte 3.2 – Carte d’aptitude des terres du bassin du Kou pour le variable ‘réserve utile effective’

Les terres qui possèdent une réserve effective très élevée, suivent le tracé du réseau hydrographique. Si on compare cette carte au modèle numérique de terrain, on s’aperçoit que les zones inaptées correspondent généralement à des zones supérieures à 400m d’altitude, tandis que les terres d’aptitudes moyennes et bonnes se trouvent à des altitudes plus variées.

Si seulement 3 types de sols sur 15 sont considérés inaptés, ces sols sont très présents dans la vallée.

3.2.1.3 Aptitude physique des terres

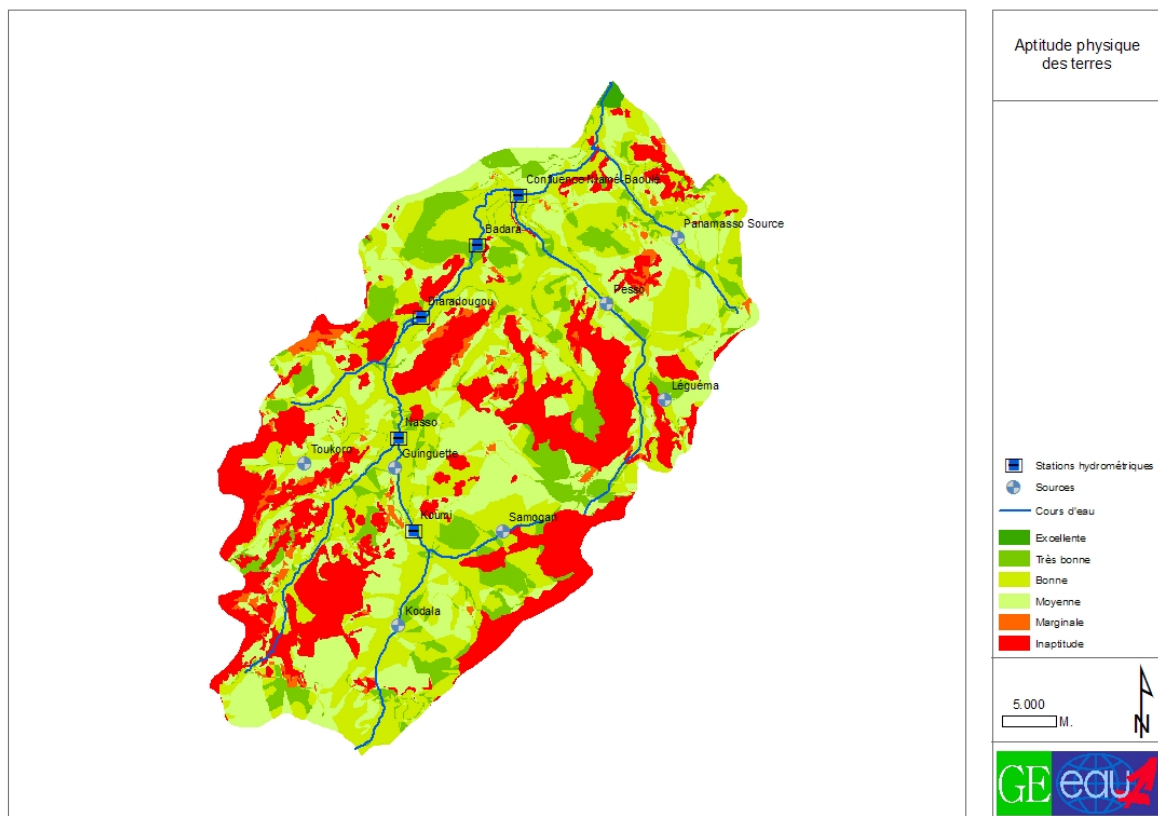
Afin de connaître le niveau d’aptitude physique général des terres de la vallée, il est nécessaire de croiser le niveau d’aptitude pour la pente et la réserve utile effective. Dans cette analyse, le facteur pente prédomine sur le facteur réserve utile effective. Elle donne lieu à la création de 6 classes d’aptitude physique globale (Tableau 3.3).

Le niveau d’aptitudes physiques des terres n’est pas immuable. En effets, les propriétés des terres peuvent être améliorées par des aménagements et une bonne gestion de ces terres. Les terres d’aptitude moyenne peuvent par exemple augmenter facilement leur valeur agricole par une bonne gestion de l’irrigation, du drainage ou des aménagements de nivellement du terrain.

Tableau 3.3 - Coefficient de classification et niveau d'aptitude physique des terres

Pente	Reff	Classe	Aptitude	Pente	Reff	Classe	Aptitude
1	1	1	Excellente	3	3	5	Marginale
1	2	2	Très bonne	3	4	5	Marginale
1	3	2	Très bonne	1	5	6	Inaptitude
2	1	3	Bonne	2	5	6	Inaptitude
1	4	3	Bonne	3	5	6	Inaptitude
3	1	3	Bonne	4	1	6	Inaptitude
2	2	3	Bonne	4	2	6	Inaptitude
2	3	4	Moyenne	4	3	6	Inaptitude
2	4	4	Moyenne	4	4	6	Inaptitude
3	2	4	Marginale	4	5	6	Inaptitude

Les 'terres aptes' sont les terres dont l'aptitude physique à l'agriculture à irrigation gravitaire est au moins d'un niveau marginal. A l'inverse, les terres inaptes sont celles dont les caractéristiques physiques (la pente et/ou la réserve utile effective) sont trop mauvaises pour y pratiquer ce type d'agriculture (Carte 3.3).



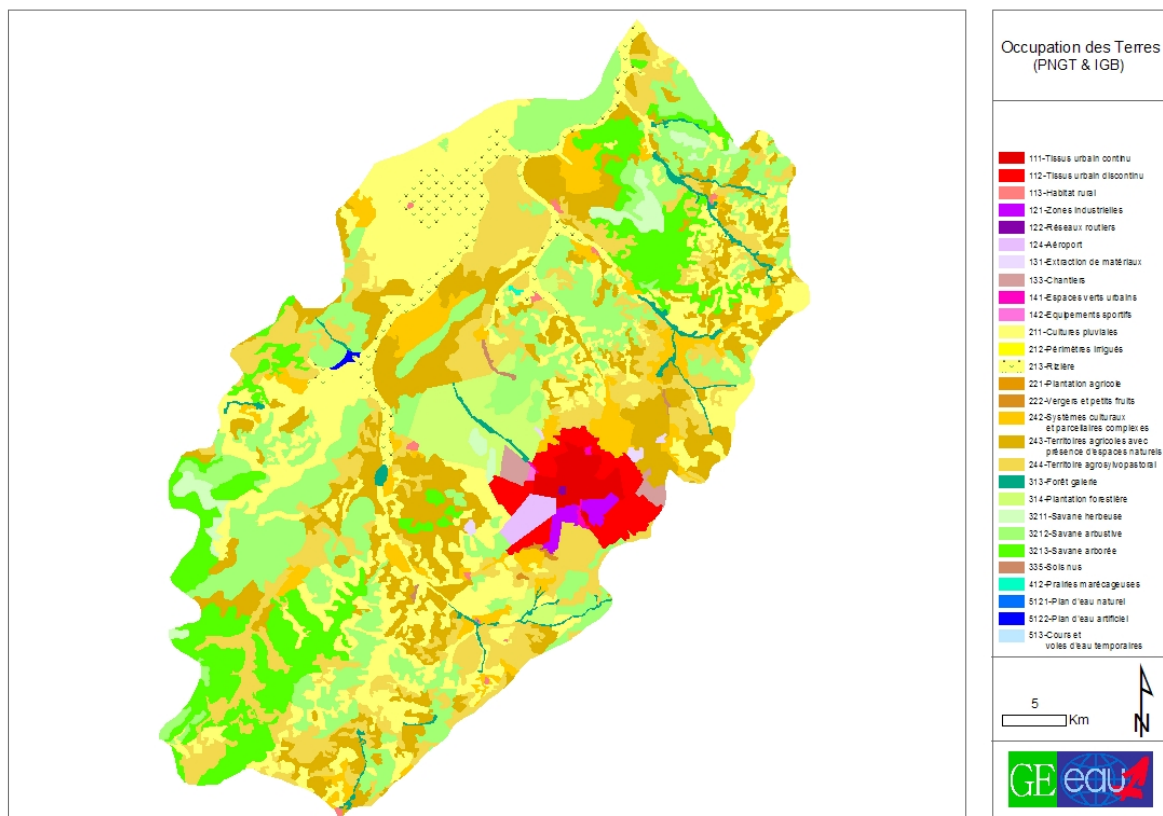
Carte 3.3 – Carte d'aptitude physique des terres

Globalement, l'aptitude physique des terres du bassin du Kou est bonne. Bien que les terres d'excellente aptitude ne représentent que 0,2%, les terres de très bonne aptitude ont une superficie non négligeable (11,7%), et les terres d'aptitude moyenne et bonne sont les plus étendues puisqu'elles représentent 61,8% de la superficie totale du bassin versant. Cependant, les terres inaptes et marginalement aptes ne sont pas absentes puisqu'elles représentent plus d'un quart de la superficie du bassin versant.

Au vu de l'aptitude physique des terres, le bassin versant semble avoir de bonnes potentialités agricoles. Mais ces terres physiquement aptes sont-elles réellement exploitables par l'agriculture irriguée ?

3.2.1.4 Localisation des terres disponibles pour l'agriculture

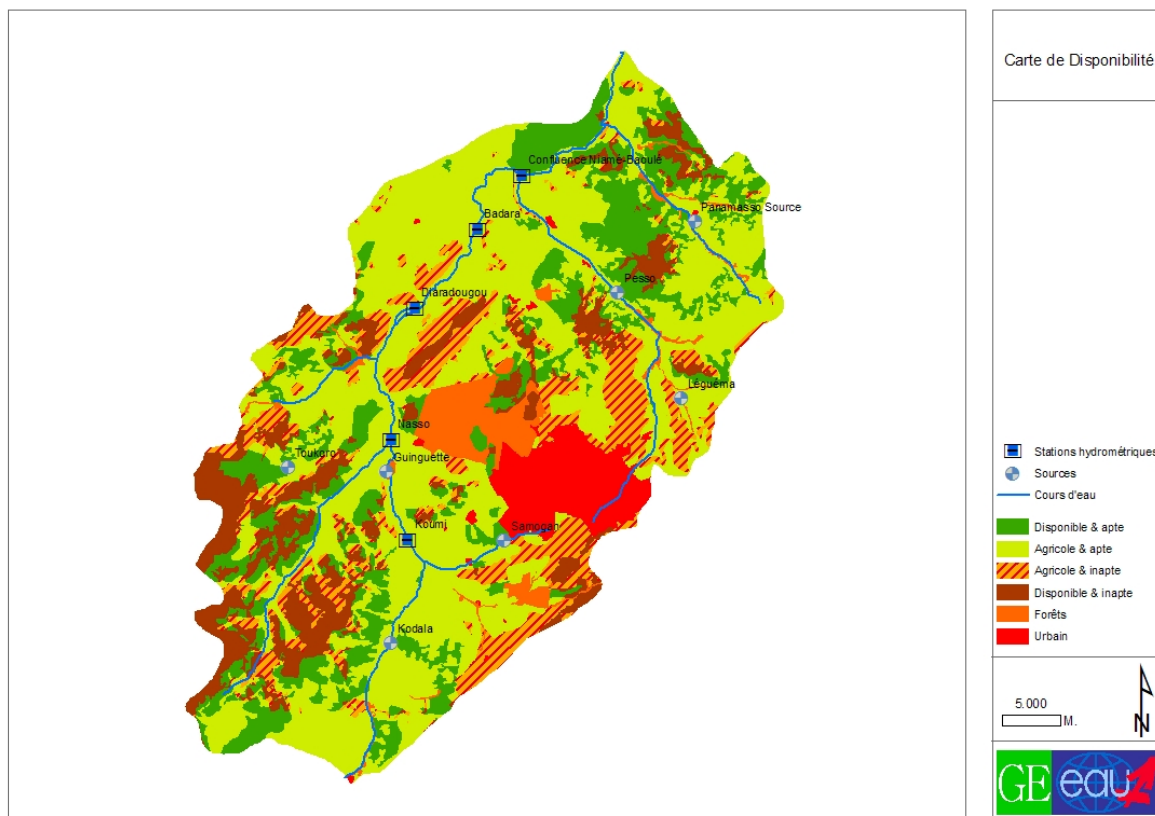
Malgré la bonne aptitude physique de certaines terres pour l'agriculture irriguée, certains modes d'occupation du sol rendent difficile, voire impossible, une mise en culture car le coût économique ou environnemental du changement serait trop élevé. Il s'agit donc de distinguer les zones non disponibles à la mise en culture, les zones déjà cultivées et les zones libres, pouvant servir à une extension des superficies agricoles.



Carte 3.4 – Occupation de terres du bassin du Kou (source : BDOT, 2002)

A partir de la carte d'occupation de terres du bassin du Kou (BDOT de 2002), des disponibilités des terres pour l'agriculture irriguée ont été définies. Les types d'occupation du sol sont regroupés de la manière suivante :

- les espaces non disponibles : zone urbaine et forêts ;
- les espaces déjà cultivés (sur des terres aptes & inaptes) ;
- les espaces disponibles : zones très peu anthropisées (savanes, prairies ; sur des terres aptes & inaptes).



Carte 3.5 – Carte de disponibilité des terres du bassin du Kou

L'agriculture dans le bassin versant occupe déjà 61 % (110 000 Ha), dont 13 % (23 046 ha) sur des terres inaptes et 48 % (87 191 ha) sur des terres aptes. Les zones aptes peuvent encore servir de terrain de développement de l'irrigation lorsqu'il s'agit de l'agriculture pluviale.

Tableau 3.4 – Superficies des disponibilités

Disponibilité	Superficies	
	[ha]	[%]
Zone agricole & apte	87 191	48
Zone agricole & inapte	23 046	13
Zone disponible & apte	32 867	18
Zone disponible, mais inapte	21 096	12
Zone urbaine	8 001	4
Forêts	9 379	5

Les terres conditionnellement irrigables (terres disponibles et aptes) occupent 18 % (32 867 ha). Les possibilités de développement de l'irrigation dans le bassin du Kou sont importantes surtout si l'on considère que certaines terres accueillant actuellement des cultures pluviales pourraient être irriguées. Cependant, la mise en culture irriguée de nouvelles terres ne dépend pas seulement de la disponibilité de terres de bonne qualité, mais aussi des apports en eau pour les plantes. Les terres conditionnellement irrigables deviennent irrigables lorsque la réserve d'eau disponible en période sèche peut assurer l'irrigation d'une telle superficie de terres qui s'ajoute aux superficies agricoles irriguées déjà existantes. La suite tentera d'estimer cette superficie irrigable.

3.3 Evaluation de la ressource en eau pour l'irrigation

Pendant l'hivernage, les apports en eau des cultures proviennent principalement des précipitations. Ils sont parfois complétés par une irrigation d'appoint, grâce au pompage pratiqué dans le Kou, le canal d'amenée ou les puisards. En revanche, entre octobre et mai, les cultures sont généralement irriguées. L'eau utilisée pour l'irrigation est alors prélevée dans les cours d'eau ainsi que dans la nappe phréatique au niveau des puisards.

Dans l'impossibilité d'estimer de manière fiable le volume disponible offert par la nappe souterraine en contre saison, uniquement les superficies irrigables à partir du débit des cours d'eau pendant cette période peuvent être évaluées. Ceci constitue une limite majeure à l'étude. Les travaux actuels entamés par le projet 'Eaux Souterraines' (DRI/APEFE) sur les réserves en eau souterraine de la zone d'étude devraient permettre de prendre en considération l'apport en eau souterraine pour l'agriculture.

3.3.1 Les eaux disponibles

Afin d'avoir une idée du volume d'eau fourni par la rivière Kou, la moyenne des débits historiques disponibles (1961-1997) en contre saison de la station hydrométrique de Nasso Aval a été calculée (4,22 m³/s). La station est située juste en aval de la Guinguette et ses mesures ne sont pas affectées par les prélèvements d'eau pour l'irrigation.

Un résumé des moyennes des débits historiques des stations hydrométriques du bassin du Kou est donné dans le Tableau 3.5.

Les débits des sources de Toukoro (0,50 m³/s) et Pesso (0,55 m³/s) ont été estimés durant l'inventaire des ressources en eau de RESO (SahelConsult/F.E.T., 1997). Depuis ces valeurs n'ont pas été mises à jour.

Tableau 3.5 – Débits moyens en contre-saison et leurs débits sanitaires.

	Débits	Débits sanitaire			Débits
	déc-mai	Excellent (pristine) 60%	Modéré (satisfaction) 30%	Pauvre (limite) 10%	juin-nov
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Koumi	0,12	0,07	0,04	0,01	0,18
Guinguette	1,70	1,02	0,51	0,17	1,70
Nasso Milieu	3,31	1,98	0,99	0,33	3,71
Nasso Aval	4,22	2,53	1,27	0,42	4,35
Diaradougou	1,56	0,94	0,47	0,16	1,61
Badara	1,45	0,87	0,44	0,15	2,67
Confluence	1,51	0,90	0,45	0,15	3,70

Ces volumes d'eau ne sont pas totalement disponibles pour l'irrigation, ils sont limités par le débit sanitaire. Le débit sanitaire indique le débit minimum à respecter pour préserver l'équilibre écologique du milieu aquatique. Un débit correspondant au moins à 60% du débit initial, c'est-à-dire le débit sans prélèvement anthropique, d'un cours d'eau permet de conserver un habitat vierge. Entre 30% et 60% du débit initial, l'habitat est d'une qualité moyenne alors qu'entre 10 % et 30%, l'habitat devient pauvre. Lorsque le débit sanitaire

devient inférieur à 10% du débit initial, le cours d'eau subit une dégradation écologique irréversible (Dyson *et al.*, 2003).

Les débits sanitaires pour différents scénarios d'exploitations sont donnés dans le Tableau 3.5. Le débit sanitaire vierge pour Nasso Aval est 2,53 m³/s, le débit sanitaire modéré est 1,27 m³/s. A à peine 20 km de cette station, on mesure un débit de 1,56 m³/s sur l'échelle à Diaradougou. On constate que les activités agricoles dans le bassin du Kou exploitent la rivière modérément, indiquant une activité hydro-agricole assez forte. Aucune autre source de prélèvement en dehors de l'eau pour l'agriculture irriguée est présente.

3.3.2 Les besoins en eau

Les besoins nets en eau des principales cultures pendant la période sèche ont été calculés à l'aide de CropWat et sont de l'ordre de 500 mm, soit 5.000 m³/ha pour une campagne agricole.

L'efficacité du système d'irrigation est calculée à partir de différents facteurs tels que la taille des exploitations, le type de sol, les données climatiques et la méthode d'irrigation. Pour des régions ayant des caractéristiques similaires à celle de la vallée du Kou, l'efficacité du système d'irrigation gravitaire a été estimée à 40% (Bos *et al.*, 1990). On en déduit les besoins bruts en eau d'irrigation à 12.500 m³/ha pour une campagne agricole de contre saison.

Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou est prioritaire pour l'approvisionnement en eau. Le volume d'eau disponible sera donc estimé après prélèvement en eau du périmètre. Il est possible d'établir trois scénarios différents en fonction de l'occupation des parcelles du périmètre, tenant compte d'une efficacité de 60 % pour l'ensemble du périmètre :

- occupation mixte du riz et du maïs (comme le cas pour 2006) : la consommation totale du périmètre irrigué durant la campagne sèche a été de 2,04 m³/s, pour une superficie totale d'environ 1.200 ha.
- occupation exclusivement rizicole, avec une consommation de 2,64 m³/s.
- occupation exclusivement maïsicole, avec une consommation de 0,96 m³/s.

Les besoins en eau des cultures ont été calculés pour une campagne agricole de 120 jours.

3.3.3 Estimation des superficies irrigables

Pour les trois débits sanitaires et les trois scénarios d'occupation des parcelles, des superficies irrigables entre Nasso et la Confluence sont calculées dans les Tableaux 3.6, 3.7 et 3.8. L'impact des scénarios d'occupation des parcelles sur les superficies irrigables est énorme ; de 257 ha si le périmètre est complètement rizicole à 759 ha pour une occupation mixte des parcelles.

Les superficies varient selon l'occupation culturelle du périmètre et le débit sanitaire fixé. Il serait difficile, voire impossible de pouvoir respecter un débit sanitaire de 60% car alors, l'approvisionnement en eau du périmètre en cas de mixité des cultures comme en 2006 ou en cas d'occupation par la riziculture, serait largement déficitaire. Un périmètre entièrement rizicole semble peu approprié aux besoins et attentes des agriculteurs de la région.

Tableau 3.6 – Superficie irrigable entre Nasso et la Confluence, tenant compte d'une occupation complètement rizicole à la Vallée du Kou

Nasso Aval [m ³ /s]	Débits Sanitaires		Débits Disponibles		Besoins Vallée du Kou [m ³ /s]	Débits Restants [m ³ /s]	Superficie Irrigable [ha]
	[%]	[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]			
4,22	60	2,53	40	1,69	2,64	0,00	
	30	1,27	70	2,95		0,31	257
	10	0,42	90	3,80		1,15	957

Tableau 3.7 – Superficie irrigable entre Nasso et la Confluence, tenant compte d'une occupation mixte à la Vallée du Kou

Nasso Aval [m ³ /s]	Débits Sanitaires		Débits Disponibles		Besoins Vallée du Kou [m ³ /s]	Débits Restants [m ³ /s]	Superficie Irrigable [ha]
	[%]	[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]			
4,22	60	2,53	40	1,69	2,04	0,00	
	30	1,27	70	2,95		0,92	759
	10	0,42	90	3,80		1,76	1459

Tableau 3.8 – Superficie irrigable entre Nasso et la Confluence, tenant compte d'une occupation complètement maïsicole à la Vallée du Kou

Nasso Aval [m ³ /s]	Débits Sanitaires		Débits Disponibles		Besoins Vallée du Kou [m ³ /s]	Débits Restants [m ³ /s]	Superficie Irrigable [ha]
	[%]	[m ³ /s]	[%]	[m ³ /s]			
4,22	60	2,53	40	1,69	0,96	0,73	605
	30	1,27	70	2,95		2,00	1655
	10	0,42	90	3,80		2,84	2355

En dehors du périmètre irrigué, les superficies irrigables et exploitées en contre-saison sont difficiles à estimer sur le terrain. Les parcelles sont dispersées tout le long du cours d'eau, du canal d'amenée et des sources. Une carte d'occupation détaillée de l'occupation du sol est en train d'être élaborée à partir des prises de vue aérienne, permettant de pouvoir estimer le taux de mise en valeur des parcelles en contre-saison.

3.3.3 Limites et fiabilités des résultats

Les chiffres donnés par les tableaux ci-dessus sont à nuancer. Ils donnent les superficies irrigables à partir des cours d'eau, mais aucune étude n'a porté sur les eaux souterraines. Or, de nombreux champs sont irrigués grâce à l'eau de la nappe phréatique prélevée à l'aide de motopompes dans des puisards creusés par les agriculteurs. Une étude approfondie de la ressource en eau souterraine disponible pour l'irrigation est indispensable afin de connaître la capacité totale d'irrigation du bassin du Kou.

Par ailleurs, la faible qualité des mesures hydrologiques due à un matériel défectueux (déplacement ou déformation des échelles limnimétriques) et à la fréquence insuffisante ou irrégulières des mesures peut fausser les résultats.

3.4 Conclusion

La vallée du Kou possède des terres aptes à l'irrigation gravitaire. La topographie est relativement régulière et présente peu d'accidents du relief. De même, les sols sont d'une qualité relativement bonne. Leur réserve utile et leur profondeur leur permettent de stocker une quantité d'eau suffisante pour y cultiver des cultures exigeantes en eau.

Bien que la vallée du Kou fasse partie de la région la plus pluvieuse du Burkina Faso, la réserve en eau ne semble pas suffisante pour combler les besoins en eau d'irrigation pendant la période sèche. Les aléas climatiques à l'origine d'années sèches de plus en plus fréquentes rendent plus difficile l'accès à une ressource en eau moins abondante. Mais des pratiques telle que la sur-irrigation ou le non-respect des tours d'eau génèrent un gaspillage de la ressource, ce qui limite la superficie irrigable.

L'intensification de l'exploitation de la nappe phréatique pour l'irrigation par diffusion des puisards peut être une solution pour augmenter l'accès à la ressource, en particulier pour les parcelles situées loin des cours d'eau. Une étude plus approfondie de la localisation et l'épaisseur de la nappe phréatique, afin de localiser de manière raisonnée et non plus au hasard les puisards en fonction de celle-ci, serait une avancée importante.

Le grand enjeu pour le développement de l'irrigation se situe dans la gestion de la ressource en eau. La sensibilisation des agriculteurs sur les bonnes pratiques de l'irrigation permettrait de limiter les pertes lors de l'application de l'eau sur les parcelles et de réduire les inégalités d'accès à la ressource qui existent entre les utilisateurs situés en amont et en aval du cours d'eau.

Par ailleurs, si les superficies disponibles pour l'agriculture représentent une superficie non négligeable au sein du bassin versant, elles tendent à diminuer rapidement du fait d'une colonisation agricole qui se poursuit dans la région. L'extension des terres cultivées sera bientôt limitée par le manque de terres arables disponibles dans la région.



– Diagnostic hydro-agricole de la Vallée du Kou –

4

Diagnostic des pratiques hydro-agricoles de la Vallée du Kou

La vallée du Kou a été depuis le milieu des années 70, le lieu d'un développement rapide de l'irrigation. Reconnue comme une excellente plaine à vocation agricole notamment pour la riziculture, en raison de ses importantes potentialités hydrauliques et de ses terres propices, le périmètre irrigué de la vallée du Kou revêt une importance majeure dans les économies des communautés rurales et urbaines situées à proximité. D'une superficie totale aménagée de 1.260 ha, l'aménagement dudit périmètre à vocation rizicole a été réalisé de 1969 à 1970 et a coûté plus de deux milliards de francs CFA (Lahcen, 2000).

Malheureusement, ce périmètre est aujourd'hui peu performant à cause de la réduction progressive des surfaces emblavées au fil des années et de la faible productivité. De 7 t/ha environ de paddy par campagne pendant les premières années après l'aménagement, les rendements sont passés à 4 t/ha dans les dernières années (Ouédraogo, 1993; Lahcen, 2000 ; Dicko, 2004). Actuellement, en station d'essai, les rendements atteignent 7 à 8 t/ha. Cela montre donc clairement les possibilités d'accroître les rendements sur les périmètres irrigués (Illy, 1997). L'une des causes principales de cette contre performance est la mauvaise gestion l'eau.

La question de la gestion de l'eau d'irrigation devient alors primordiale. C'est dans ce sens qu'il a été jugé nécessaire d'entreprendre une stratégie d'amélioration de la gestion de l'eau d'irrigation du périmètre et de procéder au préalable à un diagnostic du système d'irrigation de ce périmètre. L'objectif est d'apporter des solutions pour améliorer les performances de l'infrastructure et des ouvrages dégradés, de pallier les problèmes d'opération en matière d'irrigation et les pertes d'eau qui s'y produisent et enfin, de renforcer le service d'eau de qualité aux usagers.

4.1 Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou

Le périmètre de la Vallée du Kou aussi appelé « Vallée du Kou » a déjà fait l'objet de plusieurs études qui concernaient sa mise en place (Sanou, 1990 ; Wellens *et al.*, 2003), ses caractéristiques d'aménagement (IWACO/BURGEAP, 1998 ; Lachen, 2000), les calculs des besoins en eau et des analyses globales sur les efficacités en irrigation (Wellens *et al.*, 2004 a & b). Il s'est avéré peu utile de les répéter ici. Dans ce projet sont traitées uniquement des nouvelles analyses et des informations considérées comme importantes pour le diagnostic des performances en irrigation.

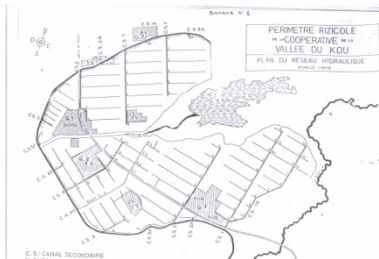
4.1.1 La Vallée du Kou dans un SIG

A partir des anciens 'blues' des parcelles et canaux de la Vallée du Kou, datant de la mission néerlandaise (1988), et une prise de vue aérienne orthorectifiée de l'IGB (mars 2003), les parcelles et les canaux ont pu être digitalisés dans un SIG. Les dénominations des parcelles et canaux ont été mises à jour et vérifiées sur le terrain.

Des données sur le type de sol, sa profondeur, l'occupation des parcelles et les besoins en eau des cultures de chaque parcelle ont été stockées dans une base de données liée à un SIG.



Carte 4.1 - Bleu des parcelles de la Vallée du Kou (source : projet Vallée du Kou)



Carte 4.2 - Blue des canaux d'irrigation de la Vallée du Kou (source : projet Vallée du Kou)



Carte 4.3 - Prise de vue aérienne de la Vallée du Kou (source : IGB)



Carte 4.4 - Vallée du Kou : extrait du SIG ortho-photo de la Vallée du Kou avec ses parcelles et canaux numérisés.

4.1.2 Pédologie

La texture des sols du périmètre irrigué de la Vallée du Kou et leurs profondeurs ont été déterminées par des analyses granulométriques d'échantillons du sol prélevés dans l'ensemble des parcelles exploitées. Ainsi, les groupes de sols observés sont consignés : argileux, limoneux, argilo-limoneux, sablo-argilo-limoneux, sablo-argileux et sablo-limoneux (source : carte pédologique du projet Vallée du Kou, 1986).

La répartition des types de sol sur l'ensemble du périmètre est très hétérogène. Leur répartition pour les différents blocs est consignée dans le Tableau 4.1. Une subdivision a été faite pour des sols aptes et inaptes à la riziculture. Le riz irrigué exige des sols lourds ayant une bonne capacité de rétention d'eau, comme des sols argileux et argilo-limoneux. Des sols à texture moyenne et légère ne conviennent pas à la riziculture. L'infiltration sur des sols sableux est trop forte, rendant pratiquement impossible le maintien d'une lame d'eau.



Carte 4.5 - Carte de sols des parcelles de la Vallée du Kou.

Notons que pour 39 % des parcelles les sols sont inaptes à la riziculture. Les blocs 3 et 8 sont les plus aptes avec leur recouvrement de sols lourds dépassant les 70 %. Mais à cause des pénuries d'eau, le bloc 8 est à peine mis en valeur en contre-saison (voir ci-dessous). Le bloc 1 par contre n'est pas du tout apte à la riziculture, 77 % de ses sols ayant une texture moyenne à légère.

Tableau 4.1 - Répartition des types de sols sur les différents blocs de la Vallée du Kou, ainsi que leur aptitude pour la riziculture (lourds = aptes, moyens & légers = inaptes).

		Aptitude	1	2	3	4	5	6	7	8	VdK [%]
			[%]								
argileux	lourds		0	1	41	23	3	6	8	17	11
limoneux			19	56	11	13	41	14	7	25	28
argilo limoneux			4	3	22	26	22	40	49	30	22
sous-total			23	60	74	62	66	60	64	72	61
sablo argileux limoneux	moyens & légers		67	30	23	32	33	33	31	13	32
sablo argileux			3	0	2	3	0	6	4	13	3
sablo limoneux			7	10	1	3	1	1	1	2	4
sous-total			77	40	26	38	34	40	36	28	39

4.1.3 Occupation des parcelles 2006

Pour la campagne de contre-saison 2006 un inventaire exhaustif de l'occupation des parcelles a été élaboré. Les résultats sont affichés sur la Carte 4.6 et le Tableau 4.2.



Carte 4.6 - Occupation des parcelles en contre-saison 2006

Malgré la très bonne aptitude du bloc 8 pour la riziculture, les parcelles n'ont pas été exploitées à cause d'un manque chronique d'eau. Pour les mêmes raisons 26 % des parcelles du bloc 7 n'ont pas pu être mises en valeur. Les jachères du bloc 1 sont les parcelles expérimentales de l'INERA.

Le Tableau 4.2 montre les résultats d'une analyse croisée sur les types de sol et leurs occupations pour les différents blocs. Dans le bloc 1 relativement beaucoup de parcelles inaptées au riz ont été occupées par ladite culture (27 %). Pour l'ensemble du périmètre, 29 % des parcelles n'ont pas été adéquatement occupées : i.e. de la riziculture sur des sols de texture moyenne et légère.

Tableau 4.2 - Tableau croisé de l'occupation des parcelles par grande classe de sol pour les différents blocs de la Vallée du Kou (contre-saison 2006)

Sols	Occup.	1	2	3	4	5	6	7	8	VdK [%]
Lourds	riz	9	59	68	62	46	53	29	0	45
	mais	8	1	6	0	11	4	2	4	3
	vide	6	0	0	0	8	3	33	69	12
Moyens & Léger	riz	27	40	20	38	31	28	23	0	29
	mais	34	0	6	0	4	10	1	1	5
	vide	16	0	0	0	0	2	12	26	6

4.1.4 Besoins en eau

Plusieurs variétés de riz sont rencontrées sur le périmètre, mais leurs caractéristiques sont peu connues. Les besoins en eau ont alors été calculés à partir des valeurs d'évapotranspiration obtenue à l'antenne de l'INERA à Bama et des coefficients de culture (Kc) obtenu pour la région de Mogtédo (Dembélé, 1995). Les caractéristiques pour les autres cultures ont été prises de la littérature internationale (Allen *et al.*, 1998).

Les calculs des besoins en eau du riz et d'autres cultures ont déjà fait objet de plusieurs autres études faits par le projet (Wellens *et al.*, 2004 a & b), uniquement les résultats sont mentionnés dans ce rapport. Dans la base de données, les besoins en eau journaliers sont connus pour toutes les parcelles.

Tableau 4.3 - Besoins en eau des cultures principales pour la période de janvier – mai.

Culture	Sol	Besoins en eau [mm]	Culture	Besoins en eau [mm]
Riz	argileux	776	Maïs	498
	limoneux	879	Patate	534
	argilo limoneux	981	Oignon	564
	sablo argileux limoneux	1.083	Aubergine	561
	sablo argileux	1.216	Banane	862
	sablo limoneux	1.349		

4.1.5 Calendriers culturaux

Une enquête effectuée auprès de tous les agriculteurs a permis d'inventorier les dates de repiquage du riz et de semis du maïs sur les parcelles suivies (Tableau 4.4). Au regard des données du Tableau 4.4, les dates d'installations du riz et du maïs sur les quatre blocs sont très étalées dans le temps.

Tableau 4.4 - Dates de repiquage du riz et de semis du maïs sur les blocs suivis [% par bloc]

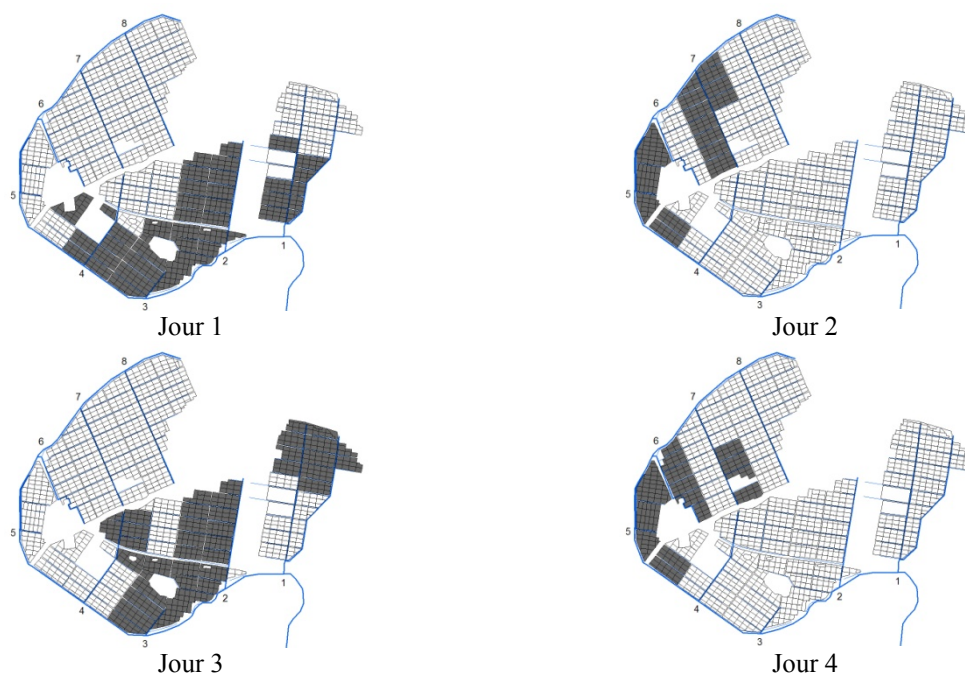
	Repiquage riz						Semance maïs						
	Janvier			Février			Janvier			Février			Mars
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-28	1-10
Bloc 1				18	61	21			3	34	52	11	
Bloc 2			17	56	24	3	20	67	13				
Bloc 4			16	47	35	2	50			50			
Bloc 7			11	38	43	8			15	10	6	41	28
VdK			11	40	41	8	18	16	8	24	15	13	6

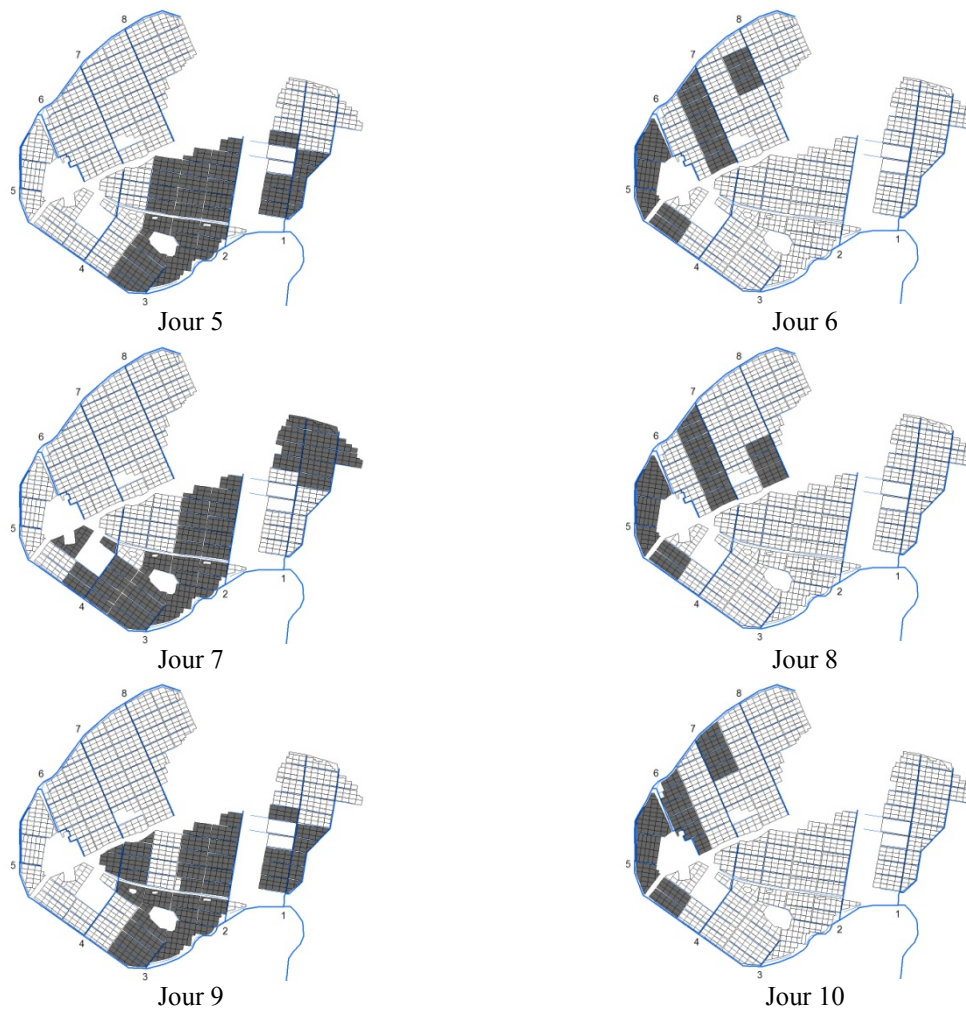
4.1.6 Tours d'eau

Le réseau d'irrigation a été conçu pour fonctionner selon le principe du tour d'eau 24 heures sur 24. A partir des années 1992, où le niveau d'eau a commencé à descendre au niveau de l'entrée du périmètre surtout en saison sèche, un tour d'eau a été instauré (Dicko, 2004). Le périmètre a alors été divisé en deux grands secteurs se partageant l'eau à tour de rôle pour leurs besoins en eau d'irrigation.

L'établissement du programme des tours d'eau fait l'objet d'une concertation entre l'aiguadier et les responsables des coopératives. Le rôle de l'aiguadier est essentiellement voué à l'ouverture et à la fermeture des vannes des secondaires. Un responsable est nommé dans chaque tertiaire dont le rôle est de gérer l'eau envoyée par le secondaire.

Les Cartes 4.7-4.17 donnent une idée de la complexité et manque de transparence du programme d'irrigation du périmètre. Les tours d'eau ont été suivis pendant 10 jours, le cycle reprend après ces 10 jours.





Figures 4.1 - 4.10 - Programme du tour d'eau. Les cases grises reçoivent l'eau.

4.1.7 Conclusions

La base de données couplée à un SIG a pu démontrer certaines discordances dans les occupations des parcelles. Des parcelles occupées par le riz et pourtant inaptées à la riziculture à cause de leur texture légère augmentent la consommation en eau sur le périmètre. En même temps beaucoup de parcelles, ayant des sols lourds avec une très bonne capacité de rétention d'eau, n'ont pas pu être mises en valeur à cause des pénuries d'eau. Avec une occupation des parcelles plus raisonnée beaucoup d'eau peut être économisée.

La base de données et le SIG de la Vallée du Kou seront mis à la disposition de l'agent de l'AEDE à la Vallée du Kou, une formation supplémentaire en SIG est prévue pour juillet 2007. La base de données est facile à manipuler, des mises à jour sont prévues au fur et à mesure. Elle sera aussi couplée à la base de données des débits journaliers à l'entrée des secondaires.

4.2 Indicateurs de performance

Tout système d'irrigation engendre inévitablement des pertes d'eau. L'efficacité d'irrigation est l'un des indicateurs importants de performance des systèmes d'irrigation. La plupart du temps, uniquement le volume d'eau dont ont besoin les parcelles et le volume d'eau reçu sont comparés. Rarement leurs variations dans le temps et l'espace sont prises en compte. Molden et Gates (1990) proposent un ensemble d'indicateurs plus complet : adéquation (P_A), efficacité d'application (P_F), fiabilité (P_D) et équité (P_E).

4.2.1 Adéquation : livraison du volume requis

Une préoccupation fondamentale des systèmes d'irrigation est de livrer un montant d'eau adéquat afin que les besoins en eau des cultures soient satisfaits. Le volume d'eau requis est fonction de la superficie irriguée, des besoins en eau des cultures, des pertes en application et des pratiques agricoles, comme l'eau pour la préparation des terrains. L'adéquation de livraison est dépendant de l'adduction en eau, de l'organisation du programme d'irrigation, de la capacité des structures hydrauliques et de leur entretien.

L'objectif de l'adéquation est le souhait de livrer le volume d'eau requis à la zone sous irrigation. L'indicateur de l'adéquation pour une certaine zone R et pour la durée d'une campagne de suivi T est proposé comme suite :

$$P_A = \frac{1}{T} \sum_T \left(\frac{1}{R} \sum_R p_A \right) \quad \text{avec } p_A = \frac{Q_D}{Q_R}, \text{ sous condition que } Q_D \leq Q_R ; \text{ sinon } p_A = 1$$

L'adéquation est la moyenne spatiale et temporelle du rapport entre le volume livré (Q_D) et le volume requis (Q_R). Si le montant d'eau livré excède le montant requis, l'adéquation est considérée comme complètement adéquate et P_A approche l'unité.

4.2.2 Efficacité : maintien des ressources en eau

La conservation de la ressource en eau est un facteur très important dans les systèmes de livraison de l'eau. De l'eau gagnée ou conservée peut impliquer un volume d'eau disponible ultérieurement ou la possibilité d'irriguer une plus grande zone. Un système d'amenée d'eau qui remet un volume d'eau plus grand que nécessaire ne conserve pas la ressource en eau. Les efficacités en transport, indiquant les montants d'eau perdus par des fuites dans le système d'amenée, ne sont pas incluses dans cet indicateur d'efficacité.

L'objectif de l'efficacité est le désir de conserver de l'eau en égalant l'eau livrée avec l'eau requise par la culture. Le critère pour cet indicateur d'efficacité est exprimé comme la moyenne spatiale et temporelle du rapport entre le volume requis (Q_R) et le volume livré (Q_D).

$$P_F = \frac{1}{T} \sum_T \left(\frac{1}{R} \sum_R p_F \right) \quad \text{avec } p_F = \frac{Q_R}{Q_D}, \text{ sous condition que } Q_R \leq Q_D ; \text{ sinon } p_F = 1$$

Quand l'efficacité avoisine l'unité, la livraison du volume d'eau est sans perte au niveau de la parcelle et est considérée comme efficace. Par contre, si le programme d'irrigation est jugé efficace à l'aide de cet indicateur, on n'a aucune information sur une éventuelle sous-livraison. Un apport en eau insuffisant par rapport au besoin en eau de la culture est alors aussi tenu comme efficace. Il est indispensable alors d'examiner Adéquation et Efficacité en même temps.

4.2.3 Fiabilité : livraison uniforme dans le temps

La fiabilité ou la dépendance est définie comme l'uniformité temporelle du rapport entre l'eau requise et l'eau livrée. La fiabilité d'un système d'amenée d'eau est importante dans la planification des irrigations. Un système qui livre fiablement un volume d'eau insuffisant peut être plus souhaitable qu'un système qui fournit l'eau de manière imprévisible. Un agriculteur dans une situation de livraison en eau fiable mais non-satisfaisant peut toujours mettre en valeur moins de terres ou cultiver des cultures moins exigeantes en eau.

L'indicateur pour la fiabilité d'un système d'adduction en eau est la variabilité temporelle du rapport entre le volume livré (Q_D) et le volume requis (Q_R). Il permet de juger si un volume d'eau adéquat est bien arrivé à la bonne parcelle au bon moment.

$$P_D = \frac{1}{R} \sum_R CV_T(p_A) \quad \text{avec } p_A = \frac{Q_D}{Q_R}, \text{ sous condition que } Q_D \leq Q_R ; \text{ sinon } p_A = 1$$

CV_T est le coefficient de variation temporelle, il mesure la dispersion relative correspondant au rapport de l'écart-type à la moyenne. Le coefficient de variation est un bon outil statistique pour comparer la variation d'un ensemble de données par rapport à une autre série de données.

Quand la valeur de P_D approche zéro, la livraison relative de l'eau devient de plus en plus uniforme dans le temps indiquant une bonne fiabilité en apport d'eau.

4.2.4 Equité : livraison des doses d'eau raisonnables

L'équité est définie comme des livraisons de doses d'eau raisonnables dans l'ensemble du système d'amenée d'eau. Une dose d'eau raisonnable représente le droit sur un certain volume d'eau attribué et est une portion fixe de l'apport en eau.

C'est l'uniformité spatiale du rapport entre le volume livré (Q_D) et le volume requis (Q_R). Il évalue la variabilité des apports en eau d'un point à un autre dans le système.

$$P_E = \frac{1}{T} \sum_T CV_R(p_A) \quad \text{avec } p_A = \frac{Q_D}{Q_R}, \text{ sous condition que } Q_D \leq Q_R ; \text{ sinon } p_A = 1$$

CV_T est le coefficient de variation spatiale du rapport du volume livré (Q_D) et du volume requis (Q_R) dans la région (R). Plus la valeur P_E avoisine zéro, meilleure est l'équité en apport d'eau.

4.3 Diagnostic des efficacités en irrigation

4.3.1 Méthodes

Pour cette étude, la période (T) couvrait quatre mois de la saison sèche (janvier - avril), soit la période principale des activités agricoles en contre-saison.

La région (R) consistait la superficie des quatre blocs étudiés, totalisant la moitié de la superficie du périmètre irrigué de la Vallée du Kou. Les quatre blocs ont été choisis à cause de leurs positions par rapport à l'entrée du périmètre : deux blocs au début (blocs 1 & 2), un bloc au milieu (bloc 4) et un bloc vers la fin du canal principal (bloc 7). Le bloc 5 n'a pas pu être évalué à cause de son aménagement. Le bloc 8 a à peine mis des parcelles en valeur, 95% des parcelles sont abandonnées à cause des manques d'eau.

Des mesures des débits à l'aide d'un flotteur³ ont été effectuées à l'entrée de chacun des quatre blocs et à la prise de chaque canal tertiaire afin de déterminer les volumes d'eau reçus à l'entrée des canaux. Cette approche 'tertiaire' est justifiable comme l'étude visait à évaluer les pratiques de gestion en eau des coopératives. A l'entrée de chaque tertiaire le contrôle et la gestion en eau sont cédés aux agriculteurs occupant les parcelles le long des tertiaires (*Bos et Nugteren, 1990*).

Pour la plupart des blocs les efficacités de transport étaient très satisfaisantes (Tableau 4.5). Des pertes par fuites et par percolations profondes sont négligeables à cause de l'assez bon état des canaux revêtus. N'empêche pas que tous les canaux sont fortement ensablés et herbés.

Tableau 4.5 - Efficacité de transport

Bloc 1	Bloc 2	Bloc 4	Bloc 7
95,0	95,5	94,4	84,8

A partir des cartes d'occupation de parcelles, des calendriers culturels et des types de sol des parcelles, les besoins en eau journaliers pour chaque parcelle ont été calculés à l'aide de CropWat (FAO). Les résultats ont été regroupés par tertiaire.

4.3.2 Résultats

Les résultats montrent (Tableau 4.6) que pour l'ensemble du périmètre irrigué l'adéquation est plutôt bonne (0,92). Les volumes d'eau apportés pour l'irrigation peuvent satisfaire aux besoins en eau des cultures. 18 % des parcelles sont restées non occupées et par conséquent n'ont pas été incluses dans l'évaluation. Seulement 74 % des parcelles ont été destinées à la riziculture.

³ La valeur de 0,66 a été retenue comme coefficient de correction de la vitesse de l'eau, selon les valeurs standards données par USDI/BR (2001).

Tableau 4.6- Indicateurs de performance pour l'ensemble du périmètre irrigué

P_A	P_F	P_D	P_E
0,92	0,67	0,17	0,19
bon	faible	moyen	moyen

L'efficacité d'application par contre est considérée faible (0,67)⁴. Les pertes d'eau lors d'application à la parcelle sont grandes. Les pertes par percolation profonde sur des sols inaptes à la riziculture n'ont pas été prises en compte, ces montants en eau ont déjà été considérés dans les calculs des besoins en eau du riz.

L'équité (0,17) et la fiabilité (0,19) sont moyennes. L'eau pour l'irrigation n'est pas apportée également sur les différentes parcelles, ni dans le temps ni dans l'espace. On peut citer comme causes : absence ou non respect des calendriers d'irrigation, ouvrages de régulations défectueux, présence d'un seul aiguadier,...

Afin de pouvoir vérifier certaines des conclusions ci-dessous, les adéquations et les efficacités pour les différents blocs et pour les différents moments de mesures sont tabulées en annexes.

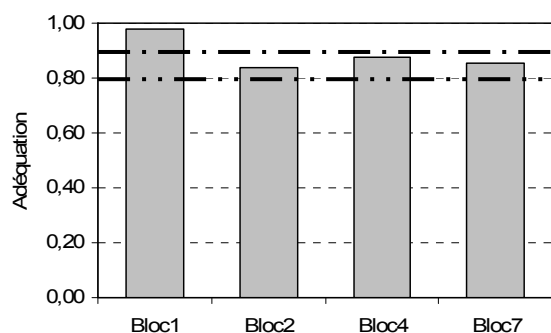


Figure 4.1 – Adéquation des apports en eau.
Au-dessus '...' = bonne adéquation, au-dessous '...' = faible, entre les deux = moyenne.

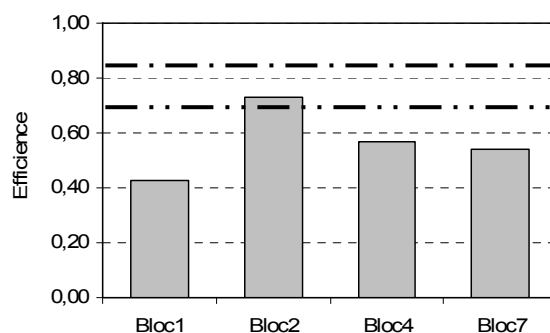


Figure 4.2 – Efficacité des apports en eau.
Au-dessus '...' = bonne efficacité, au-dessous '...' = faible, entre les deux = moyenne.

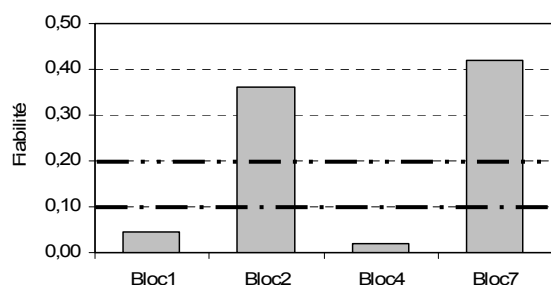


Figure 4.3 – Fiabilité des apports en eau.
Au-dessous '...' = bonne fiabilité, au-dessus '...' = faible, entre les deux = moyenne.

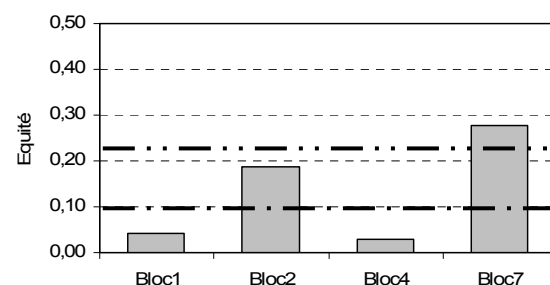


Figure 4.4 – Equité des apports en eau.
Au-dessus '...' = bonne équité, au-dessus '...' = faible, entre les deux = moyenne.

On constate une bonne adéquation pour le bloc 1. Ce qui semble assez normal, ce bloc profite d'une abondance en eau grâce à son emplacement. Quant aux efficacités ce bloc est le plus faible du périmètre irrigué. L'enquête sur les calendriers culturels montre que les activités agricoles démarrent plus tard dans ce bloc, néanmoins que les canaux sont déjà remplis à partir de début janvier pour alimenter quelques parcelles. La sur-irrigation est forte pendant toute la campagne et affecte surtout les tertiaires en amont. La fiabilité et l'équité s'affichent

⁴ Wellens et al. ont démontré une efficacité globale de 53% en 2004. Mais le canal d'amenée était inclus dans cette analyse.

très bonnes à cause de cette abondance en eau durant toute la campagne agricole : il y a trop d'eau partout et tout le temps.

Le Bloc 2 a la meilleure efficacité des quatre blocs suivis. Les indicateurs de performance de l'adéquation et de l'efficacité sont moyens. L'apport en eau n'est pas adéquat pour les derniers tertiaires et au début de la campagne. Le Bloc 2 est très riche en riz et demande beaucoup d'eau pour l'imbibition des parcelles au début de la saison. Pour la même période, trop d'eau est gaspillé par le bloc 1, qui n'a pas encore préparé ses rizières à ce moment. Sa fiabilité est faible. Les apports en eau ne sont pas assurés au début de la campagne, mais se normalisent plus tard. L'équité moyenne est aussi surtout causée par les manques d'eau au début de la saison qui ne suffisent pas pour alimenter tous les tertiaires.

L'adéquation au niveau du bloc 4 est moyenne, presque bonne, pendant toute la campagne et pour tous les tertiaires. C'est la raison pour laquelle la fiabilité et l'équité sont bonnes. Les efficacités sont par contre faibles et beaucoup de gaspillages sont constatés.

On soupçonne que la fermeture du canal principal en aval de la prise du quatrième bloc pour dévier toute l'eau vers ce bloc, provoque une abondance en eau et les gaspillages inhérents.

Le Bloc 7 est le plus mauvais. L'adéquation est moyenne, en général l'apport en eau est adéquat mais manque au début de la saison, malgré que déjà 45 % des parcelles n'ont pas été mises en valeur. Les efficacités sont faibles et on constate des gaspillages un peu partout. L'équité et la fiabilité sont faibles, toute gestion en eau manque.

Le Bloc 7 souffre sans doute de son emplacement presque à la fin du canal secondaire, mais une mauvaise gestion au niveau de ce bloc même s'affiche clairement.

4.3.3 Conclusions

L'approche des quatre indicateurs de performance de Molden et Gates a permis de faire une vaste analyse de la gestion en eau sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou. Les problèmes du périmètre, connus de longue date, ont pu être démontrés et quantifiés : l'adéquation montre la présence de suffisamment d'eau, les efficacités sont basses en raison de la sur-irrigation partout sur le périmètre, tout comme la fiabilité et l'équité, notamment à cause de l'absence de tout respect pour le programme d'irrigation.

Les structures hydrauliques du périmètre (vannes, seuils,...) ont été très bien conçues à l'époque, faisant du périmètre, un exemple pour toute la région. Une remise en état de ces structures facilitera considérablement la gestion en eau sur le périmètre et le suivi de son utilisation. Des nouveaux programmes d'irrigation peuvent être élaborés et simulés à l'aide de SIMIS, outil de gestion des périmètres irrigués. Il n'en demeure pas moins indispensable d'obtenir des coopératives un minimum de bonne volonté et de discipline pour s'ouvrir à ces éventuels changements.



**– Modélisation pluie-débit
à l'aide de HySim –**

5

Modélisation 'pluie-débit' à l'aide de HySim

Cette étude entre dans le cadre de la mise au point d'outils techniques destinés à améliorer les connaissances des ressources en eau du bassin du Kou. Elle porte sur la mise en œuvre d'un modèle hydrologique, servant ultérieurement à élaborer le bilan d'eau du bassin versant.

5.1 Introduction

Le projet et la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins (DRAHRH-HB) ont par le passé collecté diverses données relatives principalement à :

- la pluviométrie : des séries de données pluviométriques parfois discontinues sont disponibles sur quelques postes au cours de la période allant globalement de 1959 à 2005 ;
- la climatologie : évapotranspiration potentielle journalière, température, humidité, insolation et vitesse du vent principalement à Bobo-Dioulasso ;
- l'hydrométrie : débits journaliers mesurés au niveau de quelques stations mais comportant beaucoup de lacunes ;
- des cartes pédologiques (avec base de données contenant des profils de sol) et d'occupation des sols sous format numérique ;
- des cartes numériques représentant diverses couches comme les cours d'eau du bassin, la topographie, les limites administratives...

A partir de ces données, il a été essayé de modéliser la transformation de la pluie en débit d'écoulement. Il s'agissait surtout d'une analyse critique des données disponibles en vue de créer une série de données réalistes et fiables qui servira de support pour l'élaboration du bilan d'eau du bassin. Afin de mieux s'approprier la problématique d'une modélisation, il a été choisi de travailler dans un premier temps avec un modèle de moyenne complexité : HySim (Manley, 2003).

5.2 Principe de fonctionnement du modèle

HYSIM est un modèle de simulation hydrologique à réservoirs, faisant intervenir des relations mathématiques pour déterminer les écoulements générés par des précipitations sur un bassin versant. Il se situe à mi-chemin entre un modèle 'physique' analysant et quantifiant les phénomènes physiques se produisant dans le bassin versant et un modèle 'empirique' à base de régressions multiples. C'est un modèle conceptuel.

5.2.1 Bases théoriques du modèle

Les processus hydrologiques au sein du bassin versant sont schématisés par les transferts entre six réservoirs virtuels en communication. La capacité des réservoirs, le taux maximum de transfert entre eux et les équations qui commandent les processus de transfert sont définis par des paramètres indépendants du temps. A l'opposé, les volumes des réservoirs et les taux de transfert varient en fonction du temps.

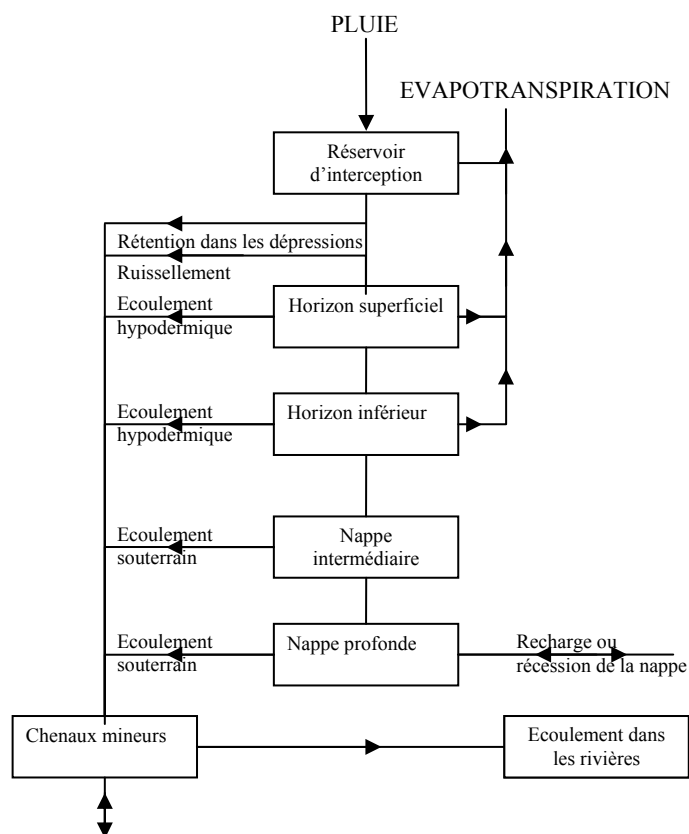


Figure 5.1 - Schéma de fonctionnement du modèle

La représentation schématique à la Figure 5.1 illustre la façon dont les réservoirs sont raccordés entre eux et permet de mieux comprendre le fonctionnement du modèle.

5.2.1.1 Réservoir d'interception

La pluie peut être retenue par la végétation, puis redistribuée en une partie qui parvient au sol et une autre qui s'évapore. La partie n'atteignant jamais le sol forme l'interception. Ce réservoir est la première destination des eaux de pluies, de même il est le premier à être débité par l'évapotranspiration.

5.2.1.2 Stockage dans les dépressions

On définit l'eau de stockage dans les dépressions comme l'eau retenue dans les creux et les dépressions topographiques du sol pendant et après une averse.

5.2.1.3 Horizon supérieur du sol

Ce réservoir représente l'humidité retenue dans les couches superficielles du sol. Il a une capacité finie, égale à la profondeur de l'horizon multipliée par sa porosité.

Le taux d'humidification de l'horizon dont la distribution spatiale est considérée triangulaire, est majoré par le taux d'infiltration potentielle. Ce taux d'infiltration potentielle est basé sur l'équation de Philips (Manley, 2003).

La principale perte d'eau de l'horizon superficiel est due à l'évapotranspiration qui, si la succion capillaire est inférieure à 15 bars, s'établit au taux potentiel (toute perte d'interception ayant été pris en compte). Si la succion capillaire est supérieure à 15 bars, aucune évaporation ne se produit. Le deuxième transfert d'humidité à considérer est l'écoulement hypodermique ou retardé. Il se produit suivant un taux, qui est une fonction complexe de la perméabilité horizontale efficace, la pente de la couche et la distance au chenal (Brooks et Corey, 1964).

5.2.1.4 Horizon inférieur du sol

Ce réservoir représente l'humidité du sol situé en dessous de l'horizon supérieur, mais restant encore dans la zone racinaire (horizons B et C). L'excédent de la demande en évapotranspiration n'ayant pas encore été satisfaite est alors soustraite de ce réservoir au taux potentiel avec les mêmes restrictions que dans le cas de l'horizon superficiel.

5.2.1.5 Nappe souterraine intermédiaire

Il s'agit d'un réservoir linéaire infini représentant le premier niveau de stockage des eaux souterraines. En particulier dans les zones calcaires, la plupart des fissures retenant de l'eau communiquent avec un ruisseau plutôt qu'avec les nappes profondes, ce réservoir représente cet état de fait. Deux paramètres déterminent les opérations qui s'y déroulent : le coefficient de débit et la proportion d'humidité qui sort du réservoir pour entrer dans le canaux. Le réservoir étant linéaire, la relation entre le stockage et le temps se déduit immédiatement.

5.2.1.6 Nappe profonde

Il s'agit également d'un réservoir linéaire infini, ayant un coefficient de débit constant. C'est de là que les eaux souterraines sont extraites. Comme dans le cas précédent, la détermination du flux (débit de l'écoulement) est immédiate.

5.2.1.7 Chenaux mineurs

Ce composant représente le dispatching des écoulements à travers des petits ruisseaux et des fossés et dans des canaux éphémères en cas de saturation du bassin versant. L'hydrogramme unitaire est triangulaire avec un temps de base égal à 2.5 fois le temps de montée.

5.2.2 Les variables d'entrée et de sortie du modèle

Les principales variables d'entrée du modèle sont la pluviométrie et l'évapotranspiration. Il s'agit de pluie moyenne sur le bassin ou le sous-bassin versant considéré, ou des données

brutes des stations pluviométriques. Dans ce dernier cas, HySim effectue alors le test de double masse, corrige les lacunes à l'aide de régressions et calcule la pluviométrie moyenne sur le bassin versant.

La recharge et tarissement des rivières, et le coefficient de récession de la nappe forment les autres variables d'entrées.

Le modèle peut quand même tourner dans une situation où, les données concernant une ou plusieurs de ces variables ne seraient pas disponibles. De même, le modèle se présente avec une certaine souplesse quant au pas de temps des données. Ce dernier peut en effet être journalier, hebdomadaire, mensuel ou même d'une fraction entière journalière.

Les variables de sortie sont :

- les débits simulés ;
- les contenances de différents réservoirs au pas de temps choisi ;
- l'évapotranspiration réelle ;
- les flux d'eau entre les différents réservoirs.

5.2.3 Les paramètres du modèle

La philosophie de développement de HySim est fondée sur le souci de donner une signification physique réaliste à tous les paramètres auxquels le modèle fait recours. La plupart des paramètres employés sont familiers aux hydrologues ; c'est le cas du réservoir d'interception ou de la superficie du bassin versant par exemple. Mais bien d'autres paramètres, en particulier ceux relatifs à la physique du sol sont bien moins évidents.

5.2.3.1 Echelle spatiale

Le bassin versant à modéliser peut être subdivisé en sous-bassins qui s'emboîtent. Chaque sous-bassin peut à son tour, être subdivisé en plus de trois zones hydrologiques individualisées par leurs caractéristiques climatiques et de sols. Dans ce cas on définira alors, pour chaque sous-bassin la série de paramètres qui lui est propre. Le réseau hydrographique est également schématisé en réseau de chenaux.

Plus tôt dans ce rapport, on est arrivé à la conclusion qu'au niveau des trois stations hydrométriques sélectionnées, seules les données de Badara étaient utilisables dans le cadre d'une modélisation. L'unité d'étude sera le sous-bassin de Badara. Sans arriver jusqu'à l'exutoire du bassin versant, le poste hydrométrique de Badara est géographiquement suffisamment bien situé en aval des principaux utilisateurs des ressources en eau du Kou (périmètres irrigués, station de pompage de l'ONEA, etc.).

5.2.3.2 Echelle de temps

Pour ce qui est du pas de temps, on a retenu un pas de temps journalier car d'une part, le modèle l'accepte et d'autre part toutes les données disponibles sont à ce pas de temps.

Pour le choix des périodes de calage et de validation, la période 1996-2002, seule période couverte par toutes les données nécessaires, a été subdivisée en deux séries de trois ans. La première année (1996) devant servir pour la mise en route du modèle, le calage a été sur les

trois années suivantes (1997-1999) dont les données sont les meilleures. La deuxième série (2000-2002) a été utilisée pour la validation.

5.2.3.3 Les paramètres hydrauliques

Les paramètres hydrauliques concernent les caractéristiques géométriques, la pente et la rugosité des chenaux. Les paramètres suivants ont été déterminés à l'aide des données topographiques disponibles et sur la base des observations de terrain (Tableau 5.1).

Tableau 5.1 - Paramètres hydraulique du modèle

Largeur en gueule	30 m.	Largeur au plafond	15 m.
Profondeur	2 m	Longueur	40 km.
Pente longitudinal	2 ‰	Largeur du lit majeur	100 m.
Coefficient de rugosité de Manning du chenal (Arcement et Schneider, 1990)			0,033
Coefficient de rugosité de Manning du lit majeur (Arcement et Schneider, 1990)			0,06

5.2.3.4 Les paramètres hydrologiques de base

La détermination de ces paramètres a été faite le plus souvent sur la base des indications données par le manuel d'utilisation du modèle.

Réservoir d'interception

Une valeur de 2 mm est raisonnable pour les prairies tandis que, pour des zones de forêt, on pourra dépasser 10 mm. La carte d'occupation du sol du bassin montre une hétérogénéité avec une prédominance de zone arbustive (66%) suivi de plantations (19%), champ (13%) et plaine rizicole (8%). On retient de ce fait une valeur 10 mm.

Proportion de zone imperméable

Il s'agit de la proportion de la partie du bassin versant que l'on peut considérer comme imperméable. Ceci inclut non seulement, les routes et parkings, mais également les aires naturelles réputées avoir cette propriété ainsi que la rivière elle-même. Une valeur de 0.02 est typique des zones rurales, pour les zones urbanisées cette valeur pourra dépasser 20%. Ce dernier taux nous semble exagéré pour le contexte africain en général, et pour celui de la vallée du Kou en particulier. La ville de Bobo-Dioulasso ne peut pas être en effet, considérée imperméabilisée au même degré que les villes anglaises qui appartiennent au contexte de création et de conception de HySim. On estime ce paramètre à 0.02 sur la base de la carte d'occupation des sols du bassin versant.

Temps de montée des petits chenaux

Ce paramètre contrôle la simulation de la réponse des canaux affluents mineurs qui n'auront pas été pris en compte dans la schématisation du réseau hydrographique. Ce paramètre s'estime par la formule suivante :

$$T_p = 2.8 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.47}$$

Avec : T_p : temps de montée [h] ;
 L : longueur de la rivière [km] ;
 S : pente de la rivière considérée [m/lm]

On retiendra comme valeur du paramètre la moyenne des T_p calculés avec la formule précédente pour 4 à 5 affluents mineurs. Ce paramètre a été déterminé à l'aide de la carte topographique de la vallée du Kou. On trouve : $T_p = 43$ h

Profondeur racinaire

Sa valeur est normalement comprise entre 500 et 1000 mm, mais cela dépendra surtout des types de végétations et de sols en présence. Ce paramètre détermine la capacité de rétention totale des horizons superficiel et inférieur du sol. Il est cependant difficile à déterminer à l'échelle du bassin versant, c'est donc par itération qu'on l'a déterminé en partant d'une valeur de 1000 mm.

Indice granulométrique

C'est l'un des plus importants paramètres du modèle comme il contrôle la réponse du sol. Sa valeur se détermine à l'aide du tableau dans l'Annexe A, avec comme entrée la texture du sol. Dans notre cas sa valeur est de 0,25.

Perméabilité verticale à saturation à la limite inférieure de l'horizon superficiel

Ce paramètre contrôle le taux de transfert de l'humidité entre les deux horizons du sol. Sa valeur varie de 5,0 mm/h pour les sols argileux à plus de 200mm/h pour le sable. Pour commencer les itérations, on a pris comme valeur de départ, soit le double de la valeur donnée par le tableau en Annexe A, soit la valeur par défaut du modèle qui est de 10 mm/h. Ce paramètre est en effet normalement modulé et ajusté par le modèle.

Perméabilité verticale à saturation à la base de l'horizon inférieur

Ce paramètre contrôle le taux de transfert de l'humidité du sol vers la nappe souterraine. En l'absence de nappe souterraine, la valeur de ce paramètre est zéro. Dans le cas contraire, sa valeur va de 1.0 mm/h pour les sols lourds à 100 mm/h et plus pour les sols sableux et graveleux. On a, comme précédemment, utilisé les valeurs du tableau en Annexe A ou gardé la valeur par défaut de 10 mm/h donné par le modèle à titre de valeur de démarrage, car ce paramètre est également modulé et ajusté automatiquement

Perméabilité horizontale à saturation de l'horizon superficiel

La valeur de ce paramètre est ajustée au cours de la calibration en partant de la valeur par défaut de démarrage de 10 mm/h.

Perméabilité horizontale à saturation de l'horizon inférieur

La procédure de détermination de ce paramètre est la même que celle du paramètre précédent.

Coefficient de récession de la nappe

La valeur de ce paramètre est donnée par la relation suivante :

$$C_{res} = \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^{\left(\frac{1}{m} \right)}$$

Où, q_1 et q_2 sont respectivement, les débits au début et à la fin de la saison sèche et m , la durée en mois de cette saison sèche.

Coefficient de correction de la pluviométrie

Ce paramètre a été prévu pour corriger une éventuelle sous-estimation ou une éventuelle surestimation de la pluviométrie. Le test de sensibilité a montré que le modèle réagit trop par

rapport à la pluviométrie de sorte que les débits simulés sont nettement supérieurs aux débits observés. L'introduction de ce paramètre en diminuant (dans notre cas) la pluviométrie a permis alors de coller les débits simulés avec les débits observés. Après plusieurs essais la valeur de 0,6 a été retenue.

Coefficient de correction de l'évapotranspiration potentielle

La détermination de l'évapotranspiration étant réputée moins précise que celle de la pluviométrie, c'est sur ce paramètre que l'on a le plus souvent joué pour obtenir l'équilibre du bilan hydrologique (optimisation à paramètre unique).

5.2.3.5 Les paramètres hydrologiques avancés

Ils ne sont dits 'avancés' que parce que le modèle est moins sensible à leur modulation. Le plus souvent on se contentera des valeurs par défaut suggérées (Annexe A, fin de chapitre).

5.2.3.6 Optimisation des paramètres du modèle

L'optimisation des paramètres a pour but de trouver le jeu de paramètres qui rapproche le plus possible le comportement du modèle de celui du bassin modélisé, la similitude des comportements étant quantifiée par un critère (fonction objectif) servant à l'optimisation des paramètres et mesurant ce degré de similitude. L'optimisation des paramètres se fait en deux étapes :

L'optimisation à paramètre unique :

C'est l'optimisation par ajustement de l'un des trois paramètres suivants :

- le coefficient correcteur de la pluviométrie ;
- le coefficient correcteur de l'évapotranspiration ;
- la profondeur racinaire.

Le choix du paramètre à ajuster dépend largement de la qualité des données pluviométriques. Si ces données donnent une bonne couverture spatiale du bassin, il est préférable d'optimiser le coefficient correcteur de l'évapotranspiration potentielle ; dans le cas contraire, choisir le coefficient correcteur de la pluviométrie. La profondeur racinaire n'est choisie que dans le seul cas où, les données pluviométriques et d'évapotranspiration sont très sûres.

L'optimisation à multiples paramètres

L'optimisation porte sur quatre au moins, des six paramètres suivants :

- perméabilité verticale à saturation, à la limite inférieure de l'horizon superficiel ;
- perméabilité verticale à saturation à la base de l'horizon inférieur ;
- perméabilité horizontale à saturation de l'horizon superficiel ;
- perméabilité horizontale à saturation de l'horizon inférieur ;
- profondeur racinaire ;
- indice granulométrique.

Quatre fonctions objectives sont disponibles dans cette option d'optimisation à multiples paramètres. En effet, l'on doit choisir l'une de ces quatre fonctions avant de lancer l'optimisation. HySim essaie alors de minimiser cette fonction objective, en choisissant une direction à partir du jeu initial de paramètres, pour effectuer des déplacements dans l'espace de ces derniers, et calculer la valeur de la fonction au nouveau point. S'il y a amélioration,

l'opération est renouvelée à partir de ces nouveaux paramètres. Sinon, on choisit une nouvelle direction à partir de ce même point.

5.3 Fonction critère de calage et de validation

Lorsqu'il s'agit de juger de la qualité d'une simulation, il est fait appel à des fonctions objectives ou fonctions de critères qui permettent d'estimer globalement sous forme d'un seul nombre, l'écart entre les sorties calculées et les débits observés. Plusieurs fonctions critères sont utilisées pour l'appréciation des modèles pluies-débits (Fortin *et al.*, 1971 ; Nash et Sutcliffe, 1970 ; etc.).

Pour ce qui est de cette étude, on a utilisé dans un premier temps, un critère visuel qui consistait à représenter sur un graphique les valeurs observées des débits en fonction des valeurs simulées. Ensuite, ce critère visuel a été quantifié par la fonction critère de Nash. Il est en effet de l'avis de nombreux auteurs que, c'est la fonction qui permet d'obtenir les meilleurs résultats (Servat et Dezetter, 1990 ; Dezetter, 1991).

La fonction de critère de Nash est donnée par l'expression suivante :

$$C_{\text{Nash}} = 1 - \frac{\sum (Q_{\text{cal}}^i - Q_{\text{obs}}^i)^2}{\sum (Q_{\text{obs}}^i - Q_{\text{obs-moy}})^2}$$

Avec : Q_{cal} : débit calculé ;
 Q_{obs} : débit observé ;
 $Q_{\text{obs-moy}}$: débit observé moyen.

Sachant que $C_{\text{Nash}} \in]-\infty, 1]$, le modèle est alors considéré comme performant lorsque la valeur du Critère de Nash est proche de 1. Afin de mieux apprécier cette performance, l'échelle d'appréciation de Monfodji (2004) a été adopté :

- $C_{\text{Nash}} > 0,8$ le critère de Nash est bon pour le modèle ;
- $0,7 < C_{\text{Nash}} \leq 0,8$ le critère de Nash est satisfaisant ;
- $0,6 < C_{\text{Nash}} \leq 0,7$ le critère de Nash est acceptable ;
- $0,5 < C_{\text{Nash}} \leq 0,6$ le critère de Nash est peu acceptable ;
- $C_{\text{Nash}} \leq 0,5$ le critère de Nash est mauvais.

5.4 Calage et validation

5.4.1 Paramétrage

Dans l'étape de l'optimisation à paramètre unique, il a été décidé d'agir sur le coefficient se rapportant à l'évapotranspiration potentielle. Pour l'optimisation à multiples paramètres, on a joué sur les quatre paramètres que le concepteur conseille dans les cas courants (voir § 5.2.3.6). Les résultats sont présentés dans le Tableau 5.2.

Tableau 5.2 - Valeurs de paramètres de bases issues du calage.

RESERVOIR D'INTERCEPTION [MM]	10
Proportion de terrain imperméable	0,10
Temps de montée [heure]	43
Profondeur racinaire* [mm]	6000
Index de composition granulométrique	0,25
Perméabilité verticale à saturation à l'interface des deux horizons* [mm/h]	140
Perméabilité verticale à saturation à la base de l'horizon inférieur* [mm/h]	14
Écoulement hypodermique horizon superficiel* [mm/h]	14
Écoulement hypodermique horizon inférieur* [mm/h]	11
Facteur de récession de la nappe* [par mois]	0,999
Facteur de correction de la pluviométrie*	0,60
Facteur de correction de l'évapotranspiration	0,307
Surface du bassin versant [km ²]	989

Il convient de voir si les valeurs de paramètres trouvés sont réalistes. La critique porte sur les paramètres marqués par un astérisque dans le Tableau 6.2, les autres paramètres ayant déjà été choisis sur la base des données de terrain.

La perméabilité à saturation à l'interface des deux couches (140 mm) est caractéristique des terrains sableux (Annexe A), et ceci correspond au terrain de la zone d'étude.

La perméabilité à saturation à la base de la couche inférieure est caractéristique de sols lourds, ce qui est également le cas du bassin du Kou.

La valeur de la profondeur racinaire semble cependant exagérée, mais c'est tout de même une valeur plausible du fait de la nature sédimentaire du terrain ; et d'après Chabi-Gonni (2003), la nappe se situerait en moyenne à 20 m de profondeur.

Le coefficient de correction de la pluviométrie (0,60) semble être faible. Cela pourrait s'expliquer par les diverses prélèvements en amont de Badara car les erreurs sur la mesure de la pluie ne pourraient à elle seule expliquer un rabatement de 40 % pour passer de la pluie mesurée à la pluie efficace.

Le coefficient de correction de l'ETp semble être également sous-estimé. Cela pourrait s'expliquer par la faiblesse du coefficient de correction de la pluviométrie. Les valeurs de ces deux derniers paramètres posent la question de la sur-paramétrisation du modèle.

5.4.2 Analyse des résultats du calage

Les Figures 5.2-5.7 présentent les résultats du calage. L'observation visuelle des graphiques et les valeurs du critère de Nash sur les débits et de l'erreur relative sur les volumes écoulés du Tableau 5.3 autorisent les remarques suivantes :

- Critère de Nash $> 0,6$: bonne restitution des débits. Cependant, l'observation des graphiques (semis des points) montre que le modèle a tendance à sous-estimer les débits maximums et moyens (simulés). Par contre les débits minimums simulés sont surestimés.
- L'erreur relative exprimée par la différence entre les volumes observés et simulés est inférieure en valeur absolue à 5%, ce qui est acceptable.
- Une bonne synchronisation des débits observés et simulés au cours des années 1997 et 1999, par contre au début de l'année 1998 on constate un certain décrochage des deux courbes ; cela peut être dû à la qualité des données d'observation. Le modèle annonce une crue ; cela est confirmé en regardant l'histogramme des pluies où on peut remarquer qu'il y a effectivement une pluie correspondant à ce jour. La courbe des débits observés reste cependant muette là-dessus.

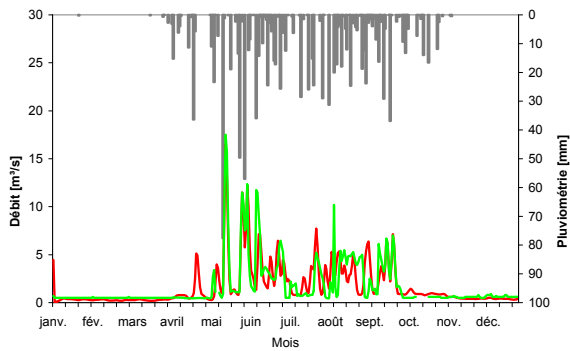


Figure 5.2 - Comparaison des débits simulés (rouge) et observés (vert) : 1997.

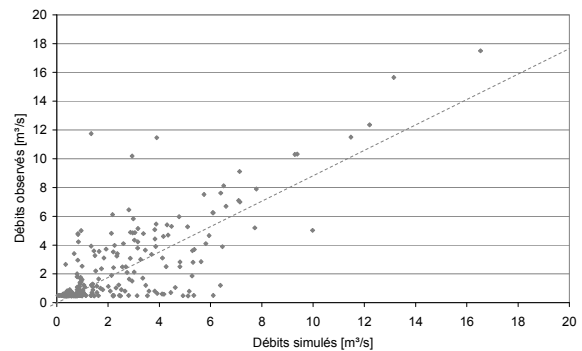


Figure 5.3 - Comparaison des débits simulés et observés : 1997.

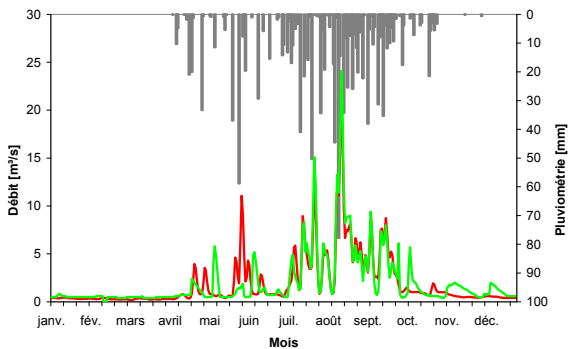


Figure 5.4 - Comparaison des débits simulés (rouge) et observés (vert) : 1998.

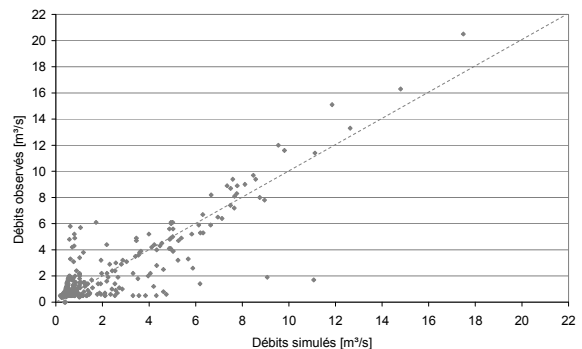


Figure 5.5 - Comparaison des débits simulés et observés : 1998.

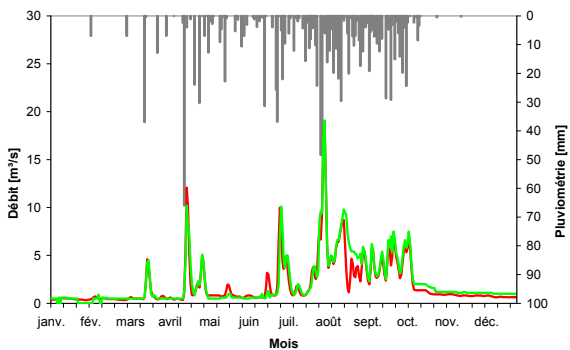


Figure 5.6 - Comparaison des débits simulés (rouge) et observés (vert) : 1999.

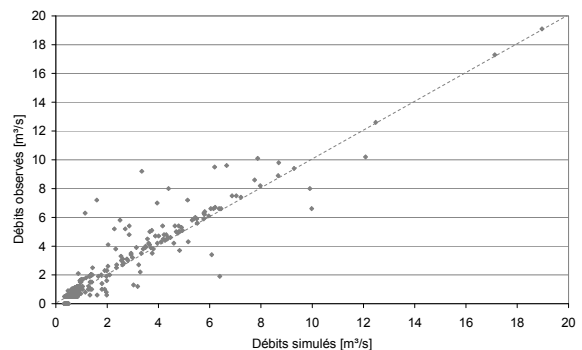


Figure 5.7 - Comparaison des débits simulés et observés : 1999.

Tableau 5.3 - Critère de Nash et erreur relative sur les volumes écoulés en calage

	1997	1998	1999	1997-1999
Critère de Nash	0,61	0,79	0,86	0,76
Erreur relative [%]	0,1	3,4	0,5	2,2

5.4.3 Analyse des résultats de la validation

La calibration ou calage a consisté en gros, à partir de la pluviométrie et de l'évapotranspiration pour déterminer les paramètres du modèle. La validation est l'opération inverse permettant d'évaluer la performance du modèle (muni des paramètres déterminés en calibration) à décrire fidèlement le processus hydrologique au sein du bassin versant. Pour ce faire, on fait tourner le modèle pour une période autre que celle ayant servi à la calibration et on compare les résultats ainsi obtenus aux résultats mesurés.

On analyse là aussi la restitution des volumes d'eau écoulés et des débits avec les mêmes moyens qu'au calage (Tableau 5.4 et Figures 5.8-5.13).

Le critère de Nash trouvé est de 0,6 pour chaque année du calage prise individuellement ou pour l'ensemble des trois années. Cela confirme le fait que modèle restitue de façon acceptable les débits. Les débits maximums et moyens sont là aussi minorés par rapport aux observations. L'observation est valable pour les débits minimums également. Le biais est assez net pour 2001 et 2000.

L'erreur sur le volume est pour chaque année prise individuellement ou pour l'ensemble de la période de calage, très élevée car dépassant même les 10 %. Cela est à imputer à la qualité des données de cette période. Il y a une bonne synchronisation entre débits simulés et observés en particulier pour les débits maximums. On observe aussi une bonne sensibilité aux événements pluvieux.

Tableau 5.4 - Critère de Nash et erreur relative sur les volumes écoulés en validation

	2000	2001	2002	2000-2002
Critère de Nash	0,66	0,63	0,56	0,61
Erreur relative [%]	13,0	24,0	11,0	2,2

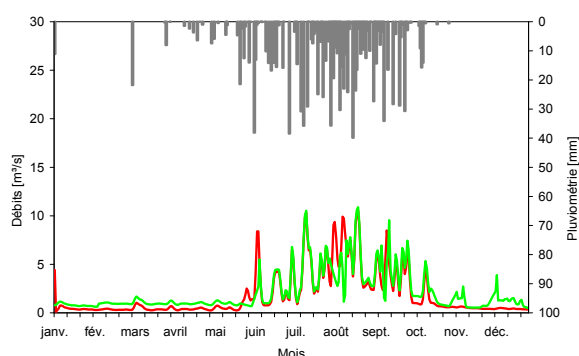


Figure 5.8 - Comparaison des débits simulés (rouge) et observés (vert) : 2000.

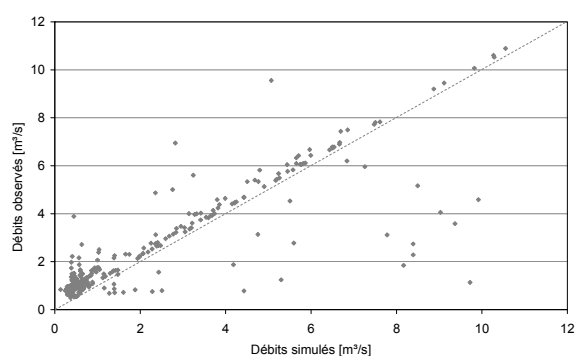


Figure 5.9 - Comparaison des débits simulés et observés : 2000.

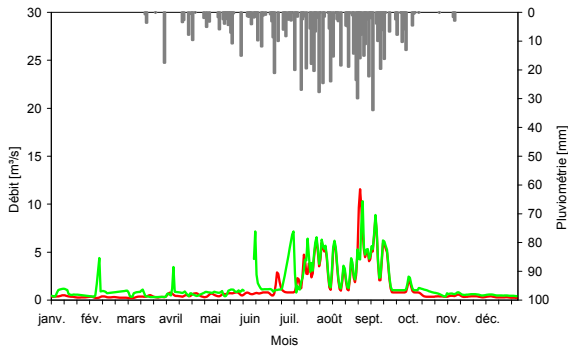


Figure 5.10 - Comparaison des débits simulés (rouge) et observés (vert) : 2001.

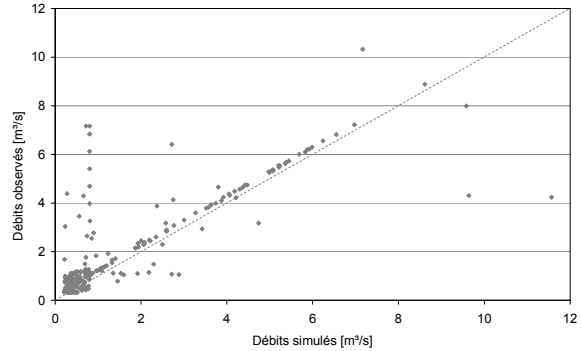


Figure 5.11 - Comparaison des débits simulés et observés : 2001.

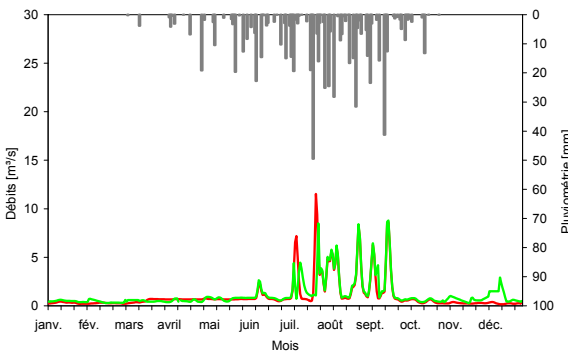


Figure 5.12 - Comparaison des débits simulés (rouge) et observés (vert) : 2002.

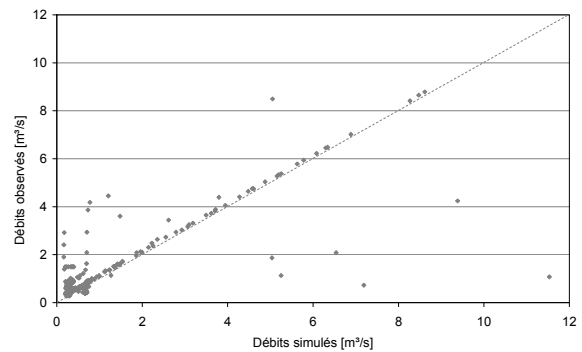


Figure 5.13 - Comparaison des débits simulés et observés : 2002.

6.5 Conclusion

Cette étude a révélé les difficultés qu'il y a à obtenir de données fiables avec un réseau d'observations hydrométriques du type traditionnel à cause des problèmes de gestion qu'il implique : moyen financier, section de contrôle en perpétuel changement, techniques de jaugeages inadaptés au régime (turbulent) des cours d'eau... La modélisation peut permettre d'avoir une chronique de débit acceptable tout en s'affranchissant des inconvénients de gestion de plusieurs stations hydrométriques.

HySim est un modèle prolifique en paramètres, ce qui rend le calage laborieux. La multiplicité des paramètres peut également conduire à des solutions locales. Un autre fait déplorable, est la petitesse de la chronique utilisée. Cependant la mise en œuvre de HySim sur le bassin du Kou a donné des bons résultats.

Cet exercice constituait une première approche vers une élaboration d'un bilan d'eau du bassin du Kou. Toutes les données actuellement disponibles au sein du projet ont été étudiées : données pluviométriques et hydrométriques, carte de sol, carte d'occupation de sol et modèle numérique de terrain. A côté des données hydrométriques, il s'est avéré également une grande faiblesse de certaines autres données d'entrée (e.g. l'évapotranspiration régionale du bassin), qui mériteront sûrement des études complémentaires.

Le projet compte approfondir cette étude dans un avenir proche, soit avec HySim, soit avec un autre logiciel de modélisation encore à définir (éventuellement plus détaillé avec une approche utilisant plusieurs sous-bassins).

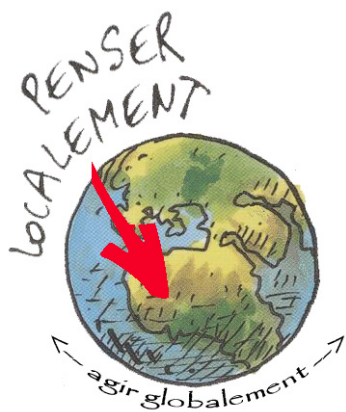
Annexe A :

Tableau A.1 - Paramètres hydrologiques en fonction de la texture du sol.

Texture	Teneur en argile [%]	Indice granulométrique	Pression de bouillonnement [mm]	Permeabilité [mm/h]	Porosité	Humidité résiduelle
Sable	3	0,250	120	630	0,40	0,10
Sable limoneux	6	0,230	90	560	0,41	0,10
Marne sableuse	9	0,200	220	125	0,44	0,15
Limon	19	0,150	500	25	0,45	0,15
Limon sableux argileux	28	0,140	300	23	0,42	0,15
Limon argileux	34	0,120	630	9	0,48	0,20
Argile sableuse	43	0,100	150	8	0,43	0,20
Argile limoneuse	49	0,100	490	4	0,49	0,20
Argile	63	0,090	410	4	0,48	0,25

Nota:

1. Ces valeurs sont basées sur des données expérimentales. Certains parmi elles varient d'une manière rendant difficile l'estimation d'une moyenne quand plusieurs types de sols sont concernés. A titre d'exemple, dans le cas de la pression de bouillonnement la valeur par défaut de 250 doit être utilisée à moins que le bassin versant ne soit à 100% d'un type particulier
2. La teneur en argile et l'humidité résiduelle ne sont pas utilisées par HySim mais incluses dans le tableau à titre de complément.



- Conclusions -

6 Conclusions

En préambule à toute action visant à mettre en place i) un système de suivi de l'occupation des zones irriguées et agricoles et des niveaux de consommation en eau, ainsi ii) qu'un outil proposant des stratégies en matière de gestion des ressources en eau du Kou, il faut réaliser un inventaire des ressources en eau de surface et souterraines du bassin, à travers une caractérisation hydrologique et hydrogéologique du bassin versant, et à terme, un système de suivi des variables pertinentes (occupation des terres,...) par rapport au bilan hydrique.

Comme difficultés rencontrées, on a noté la disponibilité des données complètes et exemptes d'erreurs, le coût, et par conséquent la disponibilité d'images satellites de haute résolution et l'ampleur du travail de paramétrage ainsi que l'obtention des données de bases pour les logiciels de modélisation.

Une base de données a été élaborée à partir des données existantes contrôlée et de données complémentaires, acquises par le projet sur le terrain (voir § 1.2.3). Cette base est mise à jour régulièrement à partir des nouvelles informations acquises, en particuliers via les observations de terrain effectuées dans le cadre du projet. Plusieurs outils de modélisation ou d'aide au traitement de données ont été identifiés et/ou retenus (voir § 1.2.2).

Un inventaire des usagers agricoles de l'eau et le diagnostic de leurs activités hydro-agricoles a été entamé et sera complété durant l'année 2007.

Pour le cas du périmètre irrigué de la Vallée du Kou, un diagnostic *ex ante* a été effectué. En ce moment, le projet se trouve en paramétrage du modèle SIMIS, modèle de suivi et de simulation de la gestion des ressources en eau pour des périmètres irrigués.

Une vaste campagne de mesures d'humidité de sol et le suivi des calendriers d'irrigation dans les autres zones agricoles est actuellement assurée. Cet exercice permettra à la fois l'élaboration du diagnostic *ex ante* des activités hydro-agricoles hors du périmètre irrigué et le paramétrage du modèle BUDGET pour le suivi de la gestion en eau au niveau de la parcelle.

Pour l'inventaire spatial des parcelles, on continue l'optimisation du mosaïquage des prises de vue de basse altitude. Cette technique offrira une alternative très économique par rapport aux images satellites de haute résolution, la résolution dépassant même largement celles des images satellites disponibles pour la zone du projet. Un dossier de demande d'images SPOT à haute résolution a néanmoins été introduit au niveau d'OASIS.

Dans le cadre d'un DEA, préparatif à un doctorat, M. Farid réalisera le bilan hydrique du bassin versant du Kou. La réalisation du bilan hydrique du bassin versant du Kou se basera principalement sur les composantes suivantes : i) pluviométrie, ii) ruissellement ou drainage et iii) évapotranspiration. Pour les deux premières composantes du bilan, on se servira des données historiques de pluviométrie et d'hydrométrie déjà disponibles.

La composante 'évapotranspiration' se basera sur l'imagerie satellitale. Il est prévu dans cette étude d'utiliser des images satellite pour une classification de la végétation, non plus en classes de végétation mais en classes d' « évapotranspiration », en vue d'avoir une estimation

la plus précise possible de l'évapotranspiration. Ces résultats seront comparés à ceux obtenus par calcul (Penman-Monteith).

L'attente par rapport au travail de DEA de M. Traoré, serait que le bilan hydrique qui sera réalisé, puisse préparer à l'estimation totale des ressources en eau du bassin versant du Kou. Il est à préciser que l'estimation totale des ressources en eau (de surface et souterraines) du bassin sera effectuée conjointement avec le Projet eaux souterraines, qui s'occupe essentiellement de la caractérisation hydrogéologique d'un domaine incluant le bassin du Kou.

Les résultats prévus pour l'année 2007 sont les suivants :

- Elaboration d'une carte détaillée de l'occupation des parcelles dans les zones agricoles ayant une forte concurrence pour la même ressource eau ;
- Publication des résultats de la gestion conjointe du périmètre irrigué à l'aide de SIMIS ;
- Publication des premiers résultats du suivi-évaluation des parcelles hors périmètre à l'aide de BUDGET ;
- Publication du bilan hydrique du bassin du Kou, basé sur les travaux de recherche dans le cadre du DEA de M. Traoré.



– Notes & Publications –

Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'irrigation dans le Bassin du Kou.

Joost Wellens ^{a,1} et Nestor Fiacre Compaoré ^b

^a Coopérant APEFE – Région Wallonne de la Belgique

^b Responsable SIG & suivi des ressources en eau : Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins

1. Analyse du problème

L'économie du Burkina Faso est basée essentiellement sur l'agriculture. Ce secteur occupe près de 90 % de la population active d'environ 10 millions de personnes et contribue pour plus de 40 % à son produit intérieur brut.

L'essentiel de la demande céréalière de la population est satisfait à partir de l'agriculture pluviale, consacrée en large majorité à la production vivrière (sorgho, mil, maïs) et couvrant environ 3 millions d'hectares (soit 11 % du territoire national). Cette production céréalière est soumise à des variations interannuelles en fonction des aléas climatiques.

Problème 1 – L'absence de systèmes d'estimation précoce des productions des cultures donne lieu, en cas de mauvaise récolte, à une intervention de l'état souvent tardive.

L'agriculture pluviale étant tributaire du caractère aléatoire du climat, le développement de l'irrigation s'est révélé incontournable en vue d'assurer la stabilité de la production agricole, d'améliorer la productivité et de garantir la sécurité alimentaire du pays. Etant donné les coûts élevés des aménagements hydro-agricoles, l'état avec l'aide de ses partenaires financiers, est souvent la seule entité capable d'investir dans le domaine. La conception, la coordination et la mise en œuvre de la politique nationale en matière d'hydraulique agricole sont assurées essentiellement par des structures sous la tutelle des ministères. Mais le suivi et l'évaluation des performances ne sont pas encore bien maîtrisés.

Problème 2 - En l'absence de suivis, surtout en ce qui concerne la gestion de l'eau (la ressource limitante) l'évaluation objective des performances technico-économiques des aménagements et leur impact sur l'environnement constitue une limitation importante à la gestion intégrée des ressources en eau.

2. Mise en place d'un partenariat pour le développement d'une solution

Une intervention de recherche a été mise en place grâce à un appui technique et financier des partenaires institutionnels APEFE (Association pour la Promotion de l'Education et la Formation à l'Etranger), le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, l'Université de Liège et des opérateurs locaux tel l'Association Eau Développement et Environnement (AEDE) et la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins (DRAHRH-HB).

La DRAHRH-HB au sud-ouest du Burkina Faso (Bobo-Dioulasso) est une des 13 directions régionales attachée au Secrétaire Général du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. La Communauté Européenne (7^{ème} FED) a investi un montant de 15 M d'Euro dans le programme RESO (Valorisation des Ressources en Eau du sud-ouest). Grâce à ce programme un système d'observations sur les ressources en eau fonctionne déjà dans le DRAHRH-HB et beaucoup de données pertinentes pour la planification et la gestion de l'agriculture irriguée, se rapportant aux rapports sol-eau-culture-climat, sont en voie d'être collectées et gérées dans des systèmes d'informations géographiques divers.

La DRAHRH-HB assure la tutelle administrative locale du projet et garantit l'articulation de ses résultats aux politiques nationales.

L'AEDE est le maître d'œuvre du projet. Elle a pour but de promouvoir et d'appuyer la valorisation des ressources en eau dans une perspective de développement durable. L'AEDE se donne pour objectifs : (i) de souligner la place centrale de l'eau dans les politiques d'environnement, (ii) de souligner le rôle de l'eau comme facteur de développement et d'aménagement des espaces urbains et ruraux, et

¹ Auteur Correspondant.

Courriel : GE_eau@yahoo.fr (J. Wellens)

(iii) de souligner le rôle de l'eau comme moyen d'appui et de promotion du développement local et régional.

L'approche proposée par le projet repose sur la combinaison des besoins en formation des ingénieurs et techniciens avec les besoins de la DRAHRH-HB d'autre part. En utilisant des systèmes d'information géographique le projet a comme objectif de développer des outils informatiques qui peuvent aider à mieux gérer l'eau et qui ont la capacité de formuler une estimation précise du rendement des cultures pluviales dans la région pendant la saison. Afin de garantir des effets multiplicateurs et spin-off, et de disposer d'un nombre suffisant de chercheurs qui travailleront dans le cadre du projet sans exagérer les coûts, les outils seront développés dans le cadre des mémoires de fin d'études d'étudiants africains et belges.

3. Objectifs de développement

Les partenaires locaux ont émis trois domaines qui nécessitent des outils de gestion, chacun visant à anticiper les tensions liées aux différents usages conjoints de l'eau.

- i) Outils pour une optimisation de l'utilisation de la ressource en eau pour l'agriculture, devant servir notamment à proposer des aménagements hydro-agricoles adaptés.
- ii) Outils pour la prévision des rendements et productions agricoles sur base de la consommation en eau des principales cultures pluviales (Coton et Maïs) et irriguées (Riz, cultures maraichères) de la zone.
- iii) Outils pour la gestion des périmètres d'irrigation (droits d'eau, tours d'eau, choix des cultures adaptées aux disponibilités en eau réelle,...).

4. Zone d'étude : Bassin du Kou

Le projet concerne le bassin du Kou dans la région des Hauts-Bassins dans le Sud-ouest du Burkina Faso ; avec ses 1.823 km² cette Région couvre 20% du territoire du pays, recèle 60% des ressources renouvelables en eau et 40% du potentiel irrigable du pays. La population résidente estimée à 600.000 habitants en 2003, franchira en 2025 vraisemblablement le cap de un Million (1.000.000) d'habitants dont au moins

750.000 habitants pour la ville de Bobo-dioulasso seconde ville du Burkina Faso. Cette zone représente un des principaux atouts de développement du pays qu'il convient de mettre à profit dans la lutte contre la pauvreté.

Le bassin est l'espace géographique qui contient le système d'eau associé à la rivière Kou, à ses affluents et aux sources de Nasso (dite 'Guingette'). On y trouve d'autres cours d'eau presque permanents, ainsi que des lacs, des mares, et des sources (source de Pessa). La disponibilité de l'eau du Kou pendant toute l'année permet plusieurs récoltes après l'hivernage. Les parcelles peuvent être utilisées dans un système de rotation alimentée alternativement par la pluie en hivernage et par l'eau du fleuve pendant la saison sèche.

Dans le bassin du Kou, les aménagements hydro-agricoles recensés couvrent une superficie totale de près de 3.200 ha ; il s'agit pour l'essentiel de périmètres privés formant la ceinture maraîchère et horticole de Bobo-Dioulasso et du grand périmètre de 1.200 ha réalisé par l'Etat à Bama et spécialisé dans la production du riz. Le développement d'une filière fruits et légumes sous l'impulsion de l'initiative privée est un trait caractéristique de la production irriguée dans le bassin du Kou. Cette production irriguée est à l'origine du développement d'activités économiques dans la ville de Bobo-Dioulasso qui fournit en effet l'essentiel des services de transport, de financement et de commerce des produits agricoles, qui assure également la disponibilité sur les sites des consommations intermédiaires nécessaires aux activités de production. Enfin, c'est à Bobo-Dioulasso que certains produits agricoles bruts sont transformés pour les besoins de la consommation finale des ménages et pour l'exportation.

Le bassin est en même temps le théâtre de différentes formes de conflits liés à toute une série de problèmes que l'on rencontre généralement dans des zones sous irrigation : exploitation anarchique des ressources en eau, exploitants prélevant frauduleusement l'eau, dégradation du matériel, etc.

La région est marquée par l'usage conflictuel des ressources naturelles entre l'agriculture, l'agropastoralisme et la production cotonnière ; mais surtout entre les différents agriculteurs et villages (le droit de possession de l'eau est un 'droit collectif', chaque village a sa tranche de fleuve).

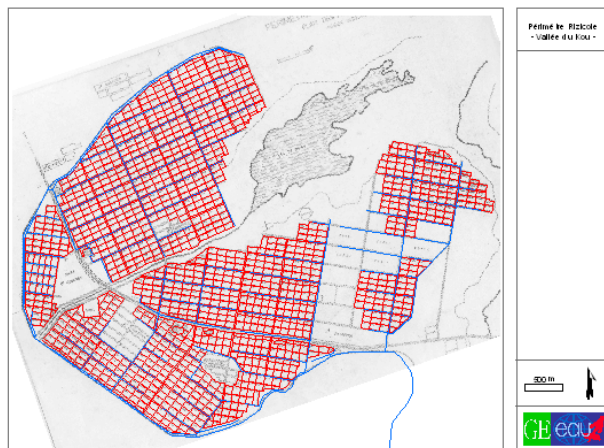
5. Différents utilisateurs de la même ressource

Le bassin versant du Kou fait l'objet de prélèvements d'eau par divers utilisateurs : périmètre rizicole de la vallée du Kou, périmètres informels, l'ONEA pour l'alimentation en eau de la ville de Bobo-Dioulasso, etc... Les principaux utilisateurs d'eau du bassin ont été inventoriés, la carte 2 sert à donner une idée de la diversité du bassin du Kou.

L'alimentation en eau potable de la ville de Bobo-Dioulasso par l'ONEA se fait uniquement à partir d'eau souterraine. Différents forages exploités et deux sources permettent cette alimentation. Ce pompage n'a pas une influence marquée sur les quantités d'eaux de surface de la zone (une baisse de débit de 2,3 m³/s à 1,7 m³/s a été constaté au niveau de la Guingette (Traore *et al.*, 1997)). Les sources de la Guingette sont alimentées par la même nappe phréatique exploitée par l'ONEA, parmi d'autres utilisateurs situés dans la zone industrielle de Bobo-Dioulasso.

Le périmètre rizicole de la vallée du Kou est situé à 25 km au nord-ouest de la ville de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Faramana-Mali. D'une superficie totale de 1.260 ha aménagés, le périmètre rizicole irrigué de la vallée du Kou fait partie d'une vaste plaine de 9.700 ha de superficie dont 2.300 ha sont exploitables (Oubib, 2000). Une prise d'eau a été aménagée, à Diaradougou pour irriguer gravitairement ce périmètre rizicole par un canal d'amenée. A l'étiage, tout le débit du Kou est dévié pour l'irrigation du périmètre, ce n'est qu'à la saison des pluies que la rivière retrouve un écoulement continu.

Le canal d'amenée long de 11 km traverse une zone assez propice au développement des cultures. Des maraîchers s'y sont installés tout le long avec des motopompes et des siphons. La superficie des cultures informelles est estimée à 200 ha. (SahelConsult/F.E.T, 1997). Les prises d'eau se multiplient et réduisent certains jours le débit de canal de plus de 600 l/s. (Berthiaud, 2001 ; IWACO/BERA, 1988 ; IWACO/BURGEAP, 1998). Ceci entraîne des pénuries d'eau au niveau du périmètre irrigué.



Carte 1 – Périmètre rizicole irrigué de la Vallée du Kou

Au Sud de Nasso (Guingette), la vallée est étroite dans un terrain ondulé et peu occupé par l'agriculture. Au nord de Nasso, la vallée s'ouvre et se prolonge par une plaine alluviale. Des terrains cultivés occupent la vallée tout le long du Kou. Une interprétation des photos aériennes de 1987 à l'échelle 1/50.000 a révélé qu'entre la prise d'eau de Diaradougou et Nasso la superficie sous irrigation était d'environ 170 ha (IWACO/BERA, 1988).

En aval du périmètre de la Vallée du Kou une autre zone de fortes activités agricoles se présente. Les ressources en eaux se retrouvent (i) dans le Kou, (ii) dans le canal émissaire en aval du lac du Bama contenant les eaux drainées du périmètre rizicole et (iii) autour des puisards étalés dans la zone. L'emplacement aval contraint les occupants aux cultures pluviales de l'irrigation complément. Aucun recensement détaillé n'a été fait jusqu'à ce jour.

En aval de la source de Pessa, l'occupation des terres est comparable à celle entre la prise d'eau à Diaradougou et Nasso, occupant une superficie de 90 à 170 ha pour la même année (Berthiaud, 2001). Grâce à leur position géographique et la présence de la source de Pessa, les agriculteurs de cette zone ne sont pas en concurrence pour la même ressource eau que les utilisateurs présentés plus haut.

Les trois grandes zones agricoles concurrentes pour la même ressource eau sont présentées plus en détail dans les deux chapitres suivants. Il s'agit (i) de la zone entre la Nasso et la prise d'eau à Diaradougou, (ii) le canal d'amenée et (iii) le périmètre rizicole de la Vallée du Kou. Un schéma

récapitulatif avec les consommations en eau et les besoins est élaboré plus bas.

5.1. Prélèvements entre Nasso et la prise de Diaradougou

Plusieurs types d'agriculture/irrigation ont été inventoriées. (i) Au bord du Kou tout un système d'irrigation gravitaire (canaux primaires et secondaires) est élaboré. L'irrigation n'a lieu qu'en période d'étiage. En hivernage les terrains sont inondés et occupés par du riz paddy. En étiage on y cultive surtout des cultures maraîchères. (ii) Plus en haut des rives on a des parcelles cultivées. Beaucoup sont irrigués par motopompes qui prennent leur eau des puisards, la lame d'eau se trouve déjà à une profondeur d'un mètre. On y plante les mêmes cultures en hivernage qu'en contre-saison (bananier, haricots, maïs, coton,...). Pendant l'hivernage il s'agit de cultures pluviales, pendant des périodes de sécheresse on irrigue de temps en temps pour compléter les besoins en eau. En contre-saison c'est l'irrigation tout le temps. (iii) Complètement en haut on trouve seulement des cultures pluviales (haricot, maïs, mil, ...).

Des prélèvements d'eau ont été estimés sur la base des données hydrologiques de la DRHARH-HB et sur la base de données effectuées pendant 48 h à Diaradougou et à la Guingette durant les mois d'avril et mars. (IWACO/BERA, 1988). Les prélèvements moyens journaliers en amont du Diaradougou peuvent être estimés en mars et avril à $0.1 \text{ m}^3/\text{sec}$. Des infiltrations latérales ont été déterminées grâce aux observations hydrauliques des stations de Diaradougou et de la Guingette. Elles sont estimées à $0.4 \text{ m}^3/\text{sec}$. Les pertes totales en eau en amont de Diaradougou sont égales à $0.5 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Afin de mieux comprendre les activités agricoles dans cette zone, les teneurs en eau dans la zone d'enracinement des différents champs de maïs et de bananes ont été suivies pendant plusieurs années afin de valider un modèle du bilan hydrique BUDGET (Raes, 2002). Des teneurs en eau pondérales ont été mesurées d'une manière gravitaire et à l'aide des tensiomètres dans des champs à différentes dates et comparées avec la teneur en eau journalière simulée avec le logiciel BUDGET. Ce modèle a largement été discuté dans des études précédentes (Geerts, 2003 ; Wellens *et al.*, 2003, 2004a et 2004b).

L'évolution du bilan d'eau pendant les saisons a montré une sur-irrigation significative. Vu la réserve en eau facilement utilisable limitée dans les sols argileux des plaines alluviales, l'équilibre des dosages d'irrigation n'est pas facilement trouvé. En cas de mauvais dosage, on peut aisément sur-irriguer tout comme on peut laisser la culture en conditions de stress.

Le projet tente d'améliorer et augmenter ces suivis par la continuation des mesures de terrain et la réfection des plusieurs stations hydrométriques afin de pouvoir quantifier ces pertes en eau par sur-irrigation dans cette zone d'étude (Wellens *et al.*, 2005). En même temps cette étude permettra de comparer les rendements aux rendements simulés par le logiciel BUDGET. Comme le modèle emploie le bilan d'eau comme base de calcul du rendement relatif, une validation au niveau des rendements est en même temps une validation du modèle au niveau du bilan d'eau.

Couplée à un SIG et par le traitement des images satellitaires, cette approche donnera la possibilité de suivre la gestion en eau et de prédire les rendements à une échelle régionale. Un sous module de recherche de 4 ans vient d'être lancé au sein du projet.

5.2. Gestion au niveau de la Vallée du Kou et son canal d'amenée

Depuis la rétrocession aux coopératives paysannes locales le périmètre de la Vallée du Kou est confronté à des problèmes récurrents d'eau. La coopérative, responsable pour la gestion du périmètre, a éclaté en 8 petites coopératives, une coopérative pour chaque bloc, presque indépendantes les unes des autres. Le système hydraulique du périmètre rizicole est géré par un seul aiguardier principal et les responsables eau au niveau de chaque bloc. Les exploitants se trouvent abondonnés ce qui entraîne un désordre accentué sur le périmètre, mais aussi aux alentours.

L'irrigation se fait par des tours d'eau dont le calendrier est établi en chaque début de campagne agricole. Les prélèvements d'eau illégaux ne respectant pas le calendrier de tour d'eau établi, ne manquent pas en période sèche. Dans les zones du périmètre maraîcher et des utilisateurs informels, le long du canal d'amenée, il n'existe aucune programmation de l'utilisation d'eau.

Une approche d'intégration des utilisateurs informels dans la gestion globale du système

commence à se mettre en place à l'heure actuelle, suite à la remise en place d'un comité de gestion du bassin du Kou.

5.2.1. Efficience globale du réseau

Des calculs d'efficience ont été effectués sur le périmètre. Il en ressort qu'une réduction du volume d'eau consommé est possible à travers la réhabilitation des canaux d'irrigation. Cependant le faible niveau actuel de gestion ne permet pas de garantir la pérennité des ouvrages.

L'efficience désigne la fraction de la quantité d'eau totale qui sera bénéfique pour la plante. Les pertes d'eau se produisent à différents niveaux : (i) au niveau des canaux, durant le transport de l'eau entre la prise et les champs ; (ii) au niveau de la parcelle, après l'application d'eau ; et (iii) au niveau de la plante lors de l'application d'eau au sol.

L'efficience globale du réseau a été estimée à 44% (Wellens *et al.*, 2004b). L'efficience globale d'un réseau d'irrigation gravitaire à canaux revêtu est de l'ordre de 50 à 60% (Bos *et al.*, 1982). En plus des pertes inévitables prises en compte dans la conception, il y a un manque à gagner de 6 à 16%.

La faible valeur d'efficience de transport du canal d'amenée en dépit de son bon état, dénonce un fait important dans la zone : il s'agit de la concurrence d'utilisation de l'eau entre les exploitants du périmètre et les usagers installés en amont du périmètre. En effet, les agriculteurs installés en amont du périmètre, effectuent des prélèvements sur le canal d'amenée par des siphons et à travers des pertuis réalisés sur la paroi du canal.

5.2.2. Les besoins et les déficits en eau

Le logiciel de calcul des besoins en eau BIRIZ (Raes *et al.*, 1995) a été utilisé pour évaluer le calendrier d'irrigation à travers des simulations. Il permet en même temps de calculer les besoins en drainage ainsi que la quantité d'eau perdue par percolation profonde pendant une saison de culture. Le modèle peut aussi être utilisé pour estimer les futures demandes ou évaluer les quantités d'eau utilisées lors des saisons précédentes.

A l'aide de BIRIZ les volumes d'eau consommés sur l'ensemble du périmètre ont été calculés pour les deux campagnes, pour deux

différentes efficience de distribution : 44% et 60%, et pour les différentes conditions climatiques (année sèche, année normale et année humide) (Tableau 1) (Wellens *et al.*, 2004b).

Tableau 1 – Besoins en eau du périmètre pour des différentes efficience de gestion et conditions climatiques

Mois	efficience de 44%			efficience de 60%		
	année sèche	année normale [m³/s]	année humide	année sèche	année normale [m³/s]	année humide
déc	3.93	3.93	3.93	3.21	3.21	3.21
jan	3.87	3.87	3.87	2.94	2.94	2.94
fév	4.38	4.38	4.38	3.20	3.20	3.20
mars	4.62	4.59	4.48	3.39	3.37	3.28
avril	2.70	2.62	2.39	1.98	1.92	1.75
mai	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
total	3.43	3.41	3.34	2.55	2.54	2.49
juin	3.28	3.22	3.16	3.23	3.17	3.11
juil	2.90	2.59	2.28	2.35	2.06	1.77
août	2.81	2.36	1.85	1.95	1.62	1.24
sept	2.74	2.38	2.05	2.01	1.75	1.51
oct	2.32	2.21	2.03	1.70	1.62	1.49
nov	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
total	2.38	2.12	1.84	1.80	1.60	1.37

A partir des débits mesurés par l'aiguadier à l'entrée du périmètre irrigué il a été possible de calculer les déficits en besoins en eau sur le périmètre (besoins en eau – débit disponible à l'entrée). Le tableau 2 montre les déficits pour les deux campagnes, pour 2 différentes efficience de distribution : 44% et 60%, et pour différentes conditions climatiques. Les valeurs négatives présentent des périodes de surplus en eau.

Le tableau montre que, même si on réussit à augmenter les efficience, il y aura toujours des déficits dans les besoins en eau pendant la saison sèche. Ex. avec une efficience de gestion de 60% on constate un déficit de 1.62 m³/sec pour le mois de mars dans une année normale. Les déficits totaux montrent que la mise en place de réservoirs de stockage d'eau pour une utilisation ultérieurement n'empêcheront pas les pénuries d'eau sur le périmètre, quelle que soit l'efficience de gestion.

Notons que les grands déficits du mois de décembre sont liés à une contrainte au niveau du logiciel. Les demandes en eau pour le nivellement et l'imbibition des parcelles demandent de vastes quantités d'eau. On suppose que toutes les parcelles seront préparées au même moment pendant le mois de décembre. En réalité ce n'est pas le cas, il existe un étalement d'un à deux mois.

Tableau 2 – Déficits en eau du périmètre pour les deux campagnes, pour différentes efficacités de gestion et conditions climatiques. Mesuré à partir de l'eau disponible à l'entrée du périmètre.

Mois	efficacité de 44%			efficacité de 60%		
	année sèche	année normale	année humide	année sèche	année normale	année humide
	[m³/s]			[m³/s]		
déc	2.93	2.93	2.93	2.21	2.21	2.21
jan	2.22	2.22	2.22	1.29	1.29	1.29
fév	2.63	2.63	2.63	1.45	1.45	1.45
mars	2.87	2.84	2.73	1.64	1.62	1.53
avril	0.80	0.72	0.49	0.08	0.02	-0.15
mai	-1.63	-1.63	-1.63	-1.63	-1.63	-1.63
total	1.73	1.71	1.64	0.86	0.84	0.79
juin	1.28	1.22	1.16	1.23	1.17	1.11
juil	0.90	0.59	0.28	0.35	0.06	-0.23
août	0.81	0.36	-0.15	-0.05	-0.38	-0.76
sept	0.84	0.48	0.15	0.11	-0.15	-0.39
oct	0.52	0.41	0.23	-0.10	-0.18	-0.31
nov	-0.98	-0.98	-0.98	-0.98	-0.98	-0.98
total	0.57	0.31	0.02	-0.02	-0.22	-0.44

Tableau 3– Déficits en eau du périmètre pour les deux campagnes, pour différentes efficacités de gestion et conditions climatiques. Mesuré à partir de l'eau disponible à la prise d'eau.

Mois	efficacité de 44%			efficacité de 60%		
	année sèche	année normale	année humide	année sèche	année normale	année humide
	[m³/s]			[m³/s]		
déc	0.74	0.74	0.74	0.02	0.02	0.02
jan	0.70	0.70	0.70	-0.23	-0.23	-0.23
fév	1.98	1.98	1.98	0.80	0.80	0.80
mars	2.62	2.59	2.48	1.39	1.37	1.28
avril	0.65	0.57	0.34	-0.07	-0.13	-0.30
mai	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17
total	0.87	0.85	0.78	-0.64	-0.65	-0.70
juin	0.09	0.03	-0.03	0.04	-0.02	-0.08
juil	-0.29	-0.60	-0.91	-0.84	-1.13	-1.42
août	-0.38	-0.83	-1.34	-1.24	-1.57	-1.95
sept	-0.45	-0.81	-1.14	-1.18	-1.44	-1.68
oct	-0.87	-0.98	-1.16	-1.49	-1.57	-1.70
nov	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17
total	-0.81	-1.07	-1.35	-1.39	-1.59	-1.82

Le tableau 3 présente les déficits en eau si toute l'eau disponible à la prise d'eau de Diaradougou était transmise intégralement au périmètre, c'est-à-dire sans prélèvements pour les cultures informelles. On constate que même, en supprimant tous les prélèvements le long du canal d'amenée, les besoins en eau sur le périmètre ne seront pas couverts. Il resterait toujours un manque sur le périmètre, néanmoins que dans ce cas des réservoirs de stockage d'eau peuvent former une solution.

Afin d'avoir une meilleure compréhension des déficits en eau, une étude a été faite sur les besoins en eau à la parcelle (Dicko, 2004). Pour plusieurs parcelles, distribuées sur le périmètre irrigué, leurs doses d'irrigation ont été mesurées pendant la saison sèche. Les volumes d'eau appliqués vont de 720 mm à 2 592 mm, la dose moyenne fait 1 471 mm. Les besoins en eau du riz calculé en année normale avec une efficacité de distribution de 44% sont 3 387 mm, avec une efficacité de 60% 2 523 mm et avec une efficacité de 81 % soit 1 869 mm (Wellens *et al.*, 2004b).

Si l'on s'intéresse individuellement aux exploitants suivis, on a pu remarquer que pour une efficacité de distribution de 44% aucun exploitant n'est capable de faire face aux besoins en eau du riz. Pour une efficacité de distribution de 60%, seulement 4% des exploitants suivis réussissent à obtenir la dose nécessaire, pour une efficacité de distribution de 81%; 29 % des exploitants se trouvent au dessus de la dose de référence.

5.2.3. Remarques

La première action à entreprendre pour améliorer la situation est de chercher à professionnaliser la gestion de l'eau pour qu'elle soit plus efficace. Il serait très utile de revoir l'entretien des ouvrages hydrauliques tant sur le plan du petit entretien (pour ce qui est du curage et désherbage des bordures), que sur le plan de la réparation des ouvrages défectueux. Une amélioration à ce niveau permettrait certainement des gains de volume au niveau des parcelles.

Un point également important est la gestion des tours d'eau dans les différents quartiers, la répartition de l'eau n'est pas du tout équitable. Les premiers quartiers à l'entrée du périmètre prélèvent souvent trois fois plus d'eau que ceux situés en fin de périmètre.

Il a aussi été montré que, concernant le calendrier d'irrigation, les volumes prélevés peuvent être réduits en démarrant les activités le 1^{er} décembre pour la première campagne et le 10 juin pour la campagne humide.

Ensuite, l'intégration des utilisateurs informels de l'eau dans le système global suivra. Sans cela, les superficies informelles continueront à s'accroître avec toutes les conséquences que cela pourrait avoir.

Lorsque les deux premières mesures seront effectives, il faudra envisager des actions qui permettront de faire des gains de volume d'eau en amont de la prise. Cela peut se faire en formalisant

toutes les autres prises d'eau informelles effectuées jusqu'à la source et en réfléchissant aux mesures alternatives qui avaient été proposées par d'autres études.

Une autre solution peut être trouvée dans la culture du maïs sur le périmètre. Le maïs est une culture qui a des besoins en eau beaucoup plus bas que le riz (presque la moitié). C'est une tendance qui commence à apparaître, car pour la saison sèche de 2004 seulement 60 ha sur le 1295 ha étaient occupés par du maïs.

6. Nécessité d'une concertation entre les différents utilisateurs

L'effet combiné de la baisse de la pluviométrie des dernières années dans tout le pays, de l'augmentation exponentielle des besoins en eau de consommation de la ville de Bobo-Dioulasso et de l'accroissement des périmètres spontanés le long de la rivière Kou, fait que le débit de la rivière Kou devient de moins en moins important.

Les différents utilisateurs qui ont été cités plus haut ne bénéficient pas de la ressource eau dans les mêmes conditions. Pendant que sur le périmètre rizicole les exploitants payent pour avoir la ressource, le long du canal d'amenée d'autres en font un usage gratuit et abusif.

Les études réalisées sur la ressource en eau disponible au niveau du bassin versant montrent que l'eau n'y manque pas. Au contraire le bassin regorge de potentialités en eau.

Pourtant les observations faites les dernières années sur le périmètre irrigué de la vallée du Kou indiquent une baisse considérable des quantités d'eau surtout pendant la campagne sèche.

La principale raison à cette baisse est le manque de concertation pour un partage équilibré de la ressource entre les différents bénéficiaires. Il y a donc une mauvaise répartition de l'eau entre les utilisateurs informels et le périmètre formel. Les périmètres spontanés informels le long du canal d'amenée par exemple utilisent des motopompes et des siphons branchés directement sur le canal et fonctionnent souvent même la nuit.

Un grand problème aussi autour de l'utilisation de la ressource eau dans la vallée du Kou pourrait être le gaspillage d'eau que provoquent ces utilisations informelles, les quantités prélevées sont

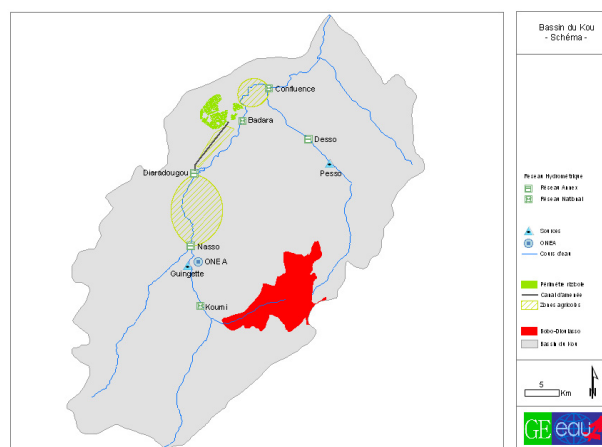
nettement au delà des besoins en eau des cultures pratiquées et la conséquence est le manque d'eau enregistré en aval immédiat.

Une concertation s'impose donc entre les différents utilisateurs pour pouvoir prendre des directives à suivre pour partager de manière équitable l'ensemble de la ressource.

7. Schéma du Bassin du Kou et ses statistiques

En complément à l'exposé ci-dessus, un schéma et quelques statistiques sont présentés afin de mieux comprendre la problématique de la gestion en eau dans le bassin du Kou.

La carte 2 montre le positionnement (i) des sources de la Guingette, de Pessou et la station de pompage de l'ONEA ; (ii) le réseau hydrométrique avec les stations de Koumi, Nasso, Diaradougou, Badara et la Confluence Niamé-Baoulé et (iii) les différentes zones agricoles concurrentes (la zone agricole entre Nasso et Diaradougou, la zone le long du canal d'amenée, le périmètre rizicole et la zone agricole le long du canal émissaire et le Kou après Badara).



Carte 2 – Schéma du Bassin du Kou

Le tableau 4 récapitule les débits moyens mensuels pour le mois d'avril (période de grand pénurie), les prélèvements mesurés et les besoins calculés. Les besoins en eau ont été calculés avec des outils de simulation ou en cas d'absence de données, estimées à 1 l/s/ha. Le tableau confirme de nouveau les situations de sur-irrigation dans la zone entre Nasso et Diaradougou et tout au long du canal d'amenée.

Avec son débit de 1.70 m³/s l'impact de la Guingette sur le bilan d'eau du bassin est très

marquant. L'augmentation de débit entre la Guingette et Nasso indique qu'on a à faire avec une nappe affleurante.

Les grandes différences entre les prélèvements et les besoins en eau dans la zone agricole entre Nasso et Diaradougou, et le long du canal d'amenée montrent de nouveau les grands gaspillages en eau. Ces deux zones consomment 1.43 m³/s par rapport à un besoin de seulement 0.50 m³/s, ce qui signifie un surplus de 0.93 m³/s. Le périmètre irrigué de Bama est confronté à une pénurie d'eau de 1.00 m³/s pour pouvoir faire face à ces besoins en eau. Une manque qui pourrait être compensé par les 0.93 m³/s perdus en amont.

Tableau 4 – Schéma des débits, besoins et prélèvements dans le bassin du Kou (source⁵)

	Débits [m ³ /s]	Prélevé [m ³ /s]	Besoins [m ³ /s]	Superficie [ha]
Koumi	0.10			
Guingette	1.70			
Nasso	2.15			
zone agricole		0.80	0.30	300
Diaradougou	-			
canal d'amenée		0.63	0.20	200
Périmètre	1.40	1.40	2.40 à 3.40	1 260
Badara	0.44			
Pesso	0.66			
zone agricole			0.09 à 0.17	90 à 170
Confluence	0.30			

Une concertation s'impose donc entre les différents utilisateurs pour pouvoir prendre des directives à suivre pour l'utilisation au niveau d'ensemble de la ressource et d'éviter des situations conflictuelles.

8. Actions à entreprendre

On est arrivé à un stade où les maux dans la gestion en eau dans le bassin du Kou ont pu être identifiés. Des premières tentatives de quantification approximative de ces défauts ont été faites, mais doivent être raffinées et/ou mises à jour. C'est dans cette optique que les actions nouvelles sont prévues dans un futur proche.

En saison sèche, l'irrigation dans le bassin du Kou est dépendante des cours d'eau qui s'y trouvent. Les agriculteurs puisent l'eau directement par des siphons et/ou par des

motopompes, des puisards ou des structures de déviation. Une bonne connaissance et un suivi de la ressource sont indispensables afin de pouvoir analyser les activités hydro-agricoles.

Seulement trois stations hydrométriques ont été retenues dans le réseau national. Ces données sont souvent pas de très bonne qualité : données manquantes, saisies fautives, courbes d'étalonnage vieilles, ... Avec l'aide du Comité de Gestion du Bassin du Kou des investissements seront faits pour réhabiliter ces stations. En même la mise en place d'un réseau hydrométrique annexe et plus dense pour les buts scientifiques du projet sont prévues.

Une étude comparative de traitement visuel des images satellites HR-SPOT (1991) et des prises vue aériennes (1981) a démontré un accroissement des superficies cultivées dans l'ensemble du bassin de 18 860 ha en 1981 à 59 920 ha en 1991 (soit un triplement) (SOGREAH, 1994). Cette tendance se poursuit.

Une procédure pour le traitement semi-automatique des images satellitaires sera développée pour l'établissement de cartes d'occupation/utilisation des terres. Ainsi il deviendra possible de mettre à jour la couverture/utilisation des terres tous les dix jours. Il sera possible de suivre de façon générale les saisons en termes de NDVI (indicateur universellement reconnu de la biomasse vivante présente au sol).

Le modèle BIRIZ calcule seulement le bilan d'eau sous culture de riz irriguée. Il s'agit d'un modèle fonctionnant à pas de temps décadaire. Malheureusement il ne fonctionne que sous le système d'exploitation DOS, il n'a pas été spatialisé et ne gère pas non plus les tours d'eau.

Le projet a commencé à évaluer l'outil SIMIS développé par la FAO (Mateos *et al.*, 2002). SIMIS est un outil de gestion des grands périmètres irrigués qui traite des droits d'eau, tours d'eau, choix des cultures adaptées aux disponibilités en eau réelle, ... C'est en même temps un outil de planification, gestion et suivi avec un module SIG intégré. Ce module permet de gérer soit au niveau de la parcelle, soit au niveau d'un groupement de parcelles ou d'un block, ou soit pour le périmètre entier les besoins en eau, les efficacités de l'irrigation, l'élaboration et suivi des calendriers d'irrigation.

Une version spatialisée de BUDGET pour une estimation précoce des rendements à l'échelle du

⁵ Berthiaud, DRAHRH-HB, IWACO/BERA, IWACO/BURGEAP, Oubib, SOGREAH, Traoré & Wellens

bassin versant n'est pas encore opérationnelle. Une version Béta a été développée par l'université de K.U.Leuven pour le cas de la Tanzanie, mais le produit n'était pas encore bien interfacé pour être facilement utilisable par un utilisateur de l'extérieur. Cette approche subira néanmoins déjà une analyse comparative avec les logiciels WOFOST et AMS (ayant des fonctions similaires). On continuera à suivre la teneur en eau du sol à l'aide des tensiomètres et les rendements des cultures dans des champs de test. Ces données serviront à calibrer des algorithmes dérivés de la teneur en eau des sols et le NDVI obtenu par le traitement des images satellites.

Sur base des attendus des partenaires locaux et des données et outils actuellement disponibles deux sujets de thèse de doctorat ont été proposés de manière concertée :

- (i) Optimisation de l'utilisation des ressources en eau du bassin du Kou pour des usages agricoles : cette étude porterait sur la mise en place de scénarii permettant d'analyser différentes options d'aménagement hydro-

agricole dans le bassin du Kou qui permettraient une intensification de l'agriculture en même temps qu'une réduction de la quantité d'eau prélevée dans la rivière Kou.

- (ii) Développement d'une méthodologie de simplification pour le suivi efficace et durable de la gestion intégrée des ressources hydriques.

9. Conclusion

Par ses activités le projet vise à quantifier l'eau disponible, et les besoins et consommations des différents usagers. A partir d'une meilleure connaissance de la ressource et ses exploitants, des scénarii de gestion peuvent être élaborés visant une optimisation des pratiques agricoles et un respect mutuel des différentes parties.

Références

Berthiaud, A., 2001. *Contribution pour une évaluation des relations entre l'usage des eaux de surface et l'occupation de l'espace : Bassin du Mouhoun Supérieur*. Maîtrise de Géographie. Université Paul Valéry. Montpellier, France. 122 pp.

Bos, M.G. and Nugteren, J., 1982. *On Irrigation Efficiencies*. Publication N° 19. Third Edition. ILRI, Wageningen, The Netherlands.

Dicko, D., 2004. *Evaluation des performances sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou*. EIER - ARID/GEeau. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Geerts, S., 2003. *Analyse des risques, amélioration des rendements et validation du modèle du bilan d'eau BUDGET pour l'agriculture pluviale dans le Sud-ouest du Burkina Faso*. Mémoire de fin d'études. K.U.Leuven. Leuven, Belgique.

IWACO/BERA, 1988. *Rapport final de la mission d'appui d'étude des prélèvements d'eau entre la Guinguette et la prise de Diaradougou*.

IWACO/BURGEAP, 1998. *Diagnostic des grands périmètres irrigués dans le sud-ouest du Burkina Faso : Vallée du Kou – Banzon – Karfiguèla. Tome 2 : Vallée du Kou*. RESO.

Mateos, L., Lopez-Cortijo, I. and Sagardoy, J.A., 2002. *SIMIS: the FAO decision support system for irrigation management*. In *Agricultural Water Management* 56: 193-206.

Oubib, L., 2000. *Exploitation et entretien des réseaux d'irrigation du périmètre rizicole irrigué de la Vallée du Kou*. Coopération Sud-Sud. FAO-Maroc-Burkina Faso.

Raes, D., Sy, B. and Feyen, J., 1995. *Water use in rice schemes in the Senegal river Delta and Valley*. In *Journal of Irrigation and Drainage Systems* 9: 117-128.

SAED, 1993. *Bilan d'eau d'énergie de périmètres rizicoles. Bulletin Technique N° 6. Sénégal*. 93 pp.

SahelConsult/F.E.T., 1997. *Inventaire des ressources en eau. Rapport Final. Tome 3 : Dossier Ressources en Eau de Surface*. Programme RESO.

SOGREAH, 1994. *Etudes des ressources en eau souterraine de la zone sédimentaire de la région de Bobo-Dioulasso*. Rapport Final.

SOGREAH. *Carte d'occupation des sols au 1/50.000 sur le sud-ouest du Burkina Faso (avril 1999)*. Faite à partir des photos aériennes. (Photos aériennes de la décennie 1980 : couverture complète de la zone RESO à échelle 1/50.000)

SOGREAH. *Carte d'occupation des sols au 1/50.000 sur la zone sédimentaire de Bobo-Dioulasso (19-31 novembre 1991)*. Faite à partir d'images satellites SPOT. (Images SPOT (1/50.000 ou 1/100.000) de la région de Bobo-Dioulasso)

Traore, S. et Gombert, P., 1997. *Variations des débits interannuels de la source de la Guingette*. Rapport Interne : Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 8 pp.

Wellens, J. et Compaoré N.F., (2003). *Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 1 (décembre 2001 – Novembre 2002)*. Direction

Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 123 p.

Wellens, J. et Compaoré N.F., (2004). *Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 2 (décembre 2002 – Novembre 2003)*. Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des

Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 141 p.

Wellens, J. et Compaoré N.F., (2004). *Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 3 (décembre 2003 – Octobre 2004)*. Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 124 p.

Promouvoir des approches innovantes de recherche-développement en matière d'eau : l'expérience du projet Gestion de l'Eau (GEeau) dans le bassin du Kou au Burkina Faso.

« Les africains ont un besoin urgent de faire leur révolution moderne : profondément créatrice, elle doit libérer de nouvelles énergies, permettre de nouvelles libertés. L'expérience mondiale peut être utile. Mais les structures nécessaires doivent être créées sur leur propre terre. »
(‘Le Sahel demain : catastrophe ou renaissance’, Jacques Giri)

Mamadou Diallo ^a, Joost Wellens ^{b,*}, Denis Dakouré ^c et Nestor Fiacre Compaoré ^d

^a Président AEDE

^b Coopérant APEFE – Région Wallonne de la Belgique

^c Coordonnateur National du programme VREO

^d Responsable SIG & suivi des ressources en eau du programme VREO

1. Introduction.

Le bassin du Kou est l'espace géographique qui contient le système d'eau associé à la rivière Kou à ses affluents et aux sources de Nasso. Il recèle encore de nos jours des ressources agro-écologiques et en eau relativement abondantes. Le bassin du Kou abrite l'agglomération urbaine de Bobo-Dioulasso, seconde ville du Burkina Faso. La population résidente estimée à 600.000 habitants en 2003, franchira en 2025 vraisemblablement le cap de un Million (1.000.000) d'habitants dont au moins 750.000 habitants pour la ville de Bobo-dioulasso⁶.

Dans le bassin du Kou, les aménagements hydroagricoles couvrent une superficie totale estimée à plus de 3.000 ha ; il s'agit pour l'essentiel de périmètres privés formant la ceinture maraîchère et horticole de Bobo-Dioulasso et du grand périmètre réalisé par l'Etat à Bama et spécialisé dans la production du riz. Le développement d'une filière fruits et légumes sous l'impulsion de l'initiative privée est un trait caractéristique de la production irriguée dans le bassin du Kou. Cette production irriguée est à l'origine du développement d'activités économiques dans la ville de Bobo-Dioulasso qui fournit en effet l'essentiel des services de transport, de financement et de commerce des produits agricoles, qui assure également la disponibilité sur les sites des consommations intermédiaires nécessaires aux activités de production, enfin c'est à Bobo-Dioulasso que certains produits agricoles bruts sont transformés pour les besoins de la

consommation finale des ménages et pour l'exportation.

Toute l'eau d'irrigation des superficies aménagées est assurée pendant la saison sèche (6 à 7 mois) par le débit de base du Kou et par des nappes d'accompagnement.

Les importantes ressources en eau du bassin, les marchés urbains locaux, sous-régionaux et internationaux offrent donc une réelle opportunité de développement d'une agriculture intensive et commerciale, avec des perspectives de forte implication de l'investissement privé dans la production, la commercialisation et la transformation. **Comment donner un plus grand épanouissement à une telle dynamique et l'acheminer dans une perspective de développement durable ? Telle est la question fondamentale en matière de connaissance et de gestion de l'eau pour le développement de l'agriculture dans le bassin du Kou.**

Depuis 1990, sous l'impulsion de la Direction régionale de l'eau des Hauts-Bassins, puis de la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins, une dynamique de gestion intégrée et concertée des ressources en eau a été initiée autour de la préparation et de la mise en œuvre du programme de développement et de valorisation des ressources en eau du Sud-ouest du Burkina Faso (programme RESO). Actuellement la seconde phase du programme RESO est en cours : le Programme de Valorisation des Ressources en Eau de l'Ouest (VREO).

⁶ Avec des taux d'accroissement moyens sur la période de 2,4% en milieu rural et 2,5% pour la ville de Bobo.

* Courriel : GE_eau@yahoo.fr (J. Wellens)

Aujourd'hui, au niveau régional et local, les opérations d'aménagement et de gestion de l'eau se développent autour des objectifs stratégiques définis par le **Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Ressources en Eau du Sud-Ouest (SDAGRESO)** [1] élaboré par le programme RESO à savoir :

- contribuer aux objectifs de croissance économique du Burkina Faso ;
- contribuer aux objectifs de décentralisation ;
- contribuer à l'autofinancement du secteur de l'eau ;
- contribuer à l'amélioration des conditions de vie urbaine et à l'aménagement du territoire ;
- contribuer à l'amélioration des connaissances, de la gestion et de la protection des ressources en eau.

Une telle politique implique in fine, le développement des connaissances scientifiques et techniques sur les ressources en eau et le suivi-évaluation comme fondement du développement durable.

Le projet Gestion de l'Eau pour l'Agriculture, initié en 1999 et en cours depuis janvier 2002 s'inscrit dans cette perspective et se veut une « action locale pour alimenter la réflexion globale » [2].

2. Présentation du projet GEeau.

La mise en œuvre du projet GEeau résulte d'une initiative commune engagée courant 1999 par la Délégation de la Commission européenne, la Katholieke Universiteit Leuven (K.U.Leuven), la Direction régionale de l'hydraulique des Hauts-Bassins et le groupe EIER/ETSHER. Cette initiative se situait dans le prolongement des dynamiques impulsées par le programme RESO financé sur ressources du 7^{ème} FED.

Il importait en effet, au regard des difficultés prévisibles de fonctionnement de l'administration régionale en charge du secteur eau à la fin de l'appui FED⁷, de trouver une filiation acceptable pour l'important travail (i) de collecte et d'organisation de données en matière d'eau, (ii) de mise au point et d'exploitation d'outils techniques, et (iii) d'appui au développement de la

⁷ La DRH à l'époque et son héritière d'aujourd'hui la DRAHRH disposent pour le fonctionnement des services de moins de 10.000 euros par an.

connaissance, de la gestion et de la protection des ressources en eau, engagé dans le cadre du sous-programme ressources en eau du programme RESO.

La Direction régionale en charge du secteur de l'eau au niveau régional s'est donc particulièrement impliquée dans l'instruction détaillée du projet conduite par le professeur Dirk RAES. Elle devait au terme de la convention relative au projet et dont elle était signataire : (i) accueillir en son sein le projet et (ii) valoriser les résultats du projet.

Sur la période considérée, la mise en œuvre du projet s'articule en deux phases : (i) une première phase de 2002 jusqu'à fin 2004 sous l'encadrement scientifique et technique de K.U.Leuven, Département Gestion des Terres et de l'EIER, (ii) une deuxième phase en cours depuis janvier 2005 et sous l'encadrement technique d'opérateurs de la coopération Wallonne : APEFE, DRI, CGRI avec l'appui scientifique de l'Université de Liège (Ulg). Cette seconde phase est organisée en deux volets de capacitation structurelle des acteurs: l'un dédié à la gestion de l'eau pour l'agriculture et l'autre, dédié à la gestion des ressources en eau souterraine. Le Budget total des deux phases s'élève à 650.000 €.

2.1. Les objectifs assignés au projet GEeau.

Au cours de la première phase, l'objectif du projet était de renforcer la capacité de gestion de l'eau par le développement d'outils relatifs :

- à la prévision des rendements et productions agricoles en pluviale et en irrigué ;
- au suivi-évaluation des aménagements hydro-agricoles tant du point de vue technico-économique qu'environnemental
- et leur intégration dans le cadre du bassin versant.

En ce qui concerne la deuxième phase, deux volets d'action complémentaires doivent être considérés.

Un volet gestion de l'eau pour l'agriculture avec pour objectifs opérationnels :

- développement d'outils relatifs à la planification, gestion et protection des ressources en agriculture ;

- appropriation des outils développés par les acteurs concernés ;
- amélioration effective des pratiques agricoles par l'exploitation des outils développés ;
- accompagnement de la mise en place d'un Observatoire de l'eau ;
- renforcement des capacités par des formation diplômantes et encadrement d'étudiants

Un volet de gestion des ressources en eau souterraine avec pour objectifs opérationnels :

- l'amélioration des connaissances sur les ressources en eau souterraine au triple plan :
 - du fonctionnement des systèmes aquifères
 - des potentialités des ressources en eau
 - de la vulnérabilité des ressources
- le renforcement des capacités et des compétences locales

2.2. Les acteurs concernés par les résultats

Les bénéficiaires directs du projet sont :

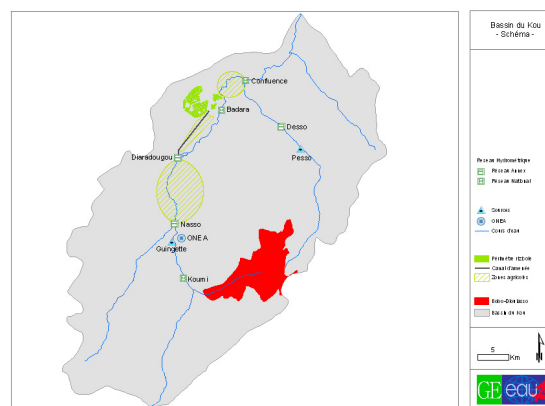
- Les coopératives et groupements d'irrigants dans le bassin du kou
- Le Comité Local de l'Eau du bassin du Kou (anciennement Comité de gestion du bassin du Kou : CGBK)
- L'ONEA
- L'Association Eau développement et Environnement (AEDE)
- Le groupe des Ecoles inter-états d'ingénieurs et de techniciens supérieurs (EIER/ETSHER)
- Les Universités de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso
- Le Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques qui disposera d'un modèle de développement d'outils scientifiques et techniques adapté à la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) dans la perspective de mise en œuvre du Plan d'Action pour la GIRE (PAGIRE)

Les bénéficiaires indirects sont les populations tant urbaines que rurales du bassin qui verront avec les résultats du projet (i) une amélioration significative de la productivité de l'irrigation (ii) une consolidation de la paix sociale dans le bassin avec le développement de la capacité institutionnelle de gestion de l'eau et des conflits d'usage (iii) la mise en évidence de nouvelles opportunités de mobilisation et de valorisation de l'eau

Au titre des bénéficiaires directs, il convient d'accorder une attention particulière aux

organisations des producteurs agricoles (OPA) et spécifiquement à l'Union des coopératives rizicoles de Bama (UCRB), la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques et le Comité local de l'Eau du bassin du Kou.

La carte 1 illustre le bassin versant du Kou et les utilisateurs des ressources en eau.



Carte 1 – Schéma du Bassin du Kou et ses utilisateurs de l'eau

2.2.1. Les systèmes agraires et les OPA dans le bassin du Kou et la place spécifique de l'UCRB.

Les systèmes agraires des populations du bassin consistent surtout en cultures pluviales strictes, en cultures de bas-fonds et petite irrigation pratiquée sur les périmètres aménagés par l'Etat et des périmètres dits informels. Ce sont des systèmes agraires faiblement intensifiés, peu diversifiés et de faible productivité.

Ces systèmes fournissent l'essentiel de la production vivrière rurale et l'essentiel des revenus ruraux et contribuent pour environ 6.000 tonnes par an de production céréalière mise en marché. Ils constituent avec l'élevage à vocation pastorale, la pêche traditionnelle et la valorisation marchande des produits de cueillette, **la base des systèmes de production traditionnels dans le bassin du Kou.** Le champ des opportunités d'emploi et de revenus en milieu rural est donc particulièrement réduit au regard des faibles capacités d'épargne et d'investissement productifs de l'immense majorité des exploitations agricoles.

L'insécurité alimentaire et la pauvreté rurale y traduisent donc la difficulté du système de production traditionnel dans le secteur agricole et de l'élevage à faire face non seulement aux besoins des ruraux eux-mêmes mais aussi à faire face à une demande croissante et spécifique des villes et du

développement industriel. Cette situation est d'autant plus complexe qu'elle s'articule avec les effets pervers des importations et aides alimentaires, mais aussi avec la spéculation et la dépression des prix en période de bonne récolte.

Une enquête réalisée par l'AEDE en 2003 [3], révèle que les producteurs dans le bassin sont moyennement organisés; environ 50% des producteurs appartiennent à des organisations de producteurs. Les organisations les plus significatives sont celles des producteurs de riz à Bama, l'UNPC (Union Nationale des Producteurs de Coton), l'Association des Professionnels de l'Irrigation Privée et des Activités Connexes (APIPAC) et l'Union Fruitière et Maraîchère du Burkina (UFMB).

A ces structures, il convient d'ajouter l'action du Comité Inter-professionnelle du Riz (CIR-B) du Burkina, du Comité Inter-professionnel des Céréales du Burkina (CIC-B) et des Tables-Filières dans le secteur de la production et de la transformation laitières.

Le trait spécifique de toutes ces organisations est qu'elles sont le plus souvent nées sous l'impulsion et l'appui de projets d'appui spécifique de l'Etat. Les difficultés liées à l'analphabétisme, à l'autofinancement des actions, la léthargie dont font preuve certaines organisations sans impulsion extérieure laissent craindre des difficultés à prendre la relève des projets d'appui; et dans ce cas, on doit craindre des difficultés à répondre à la demande réelle des producteurs, à impulser une réelle dynamique de modernisation des exploitations, à organiser l'intégration verticale des filières agricoles et à appuyer réellement la création et le renforcement d'un tissu de PME agricoles et agroalimentaires dans ces différentes filières.

La situation de l'UCRB est caractéristique de telles difficultés. L'UCRB est l'organisation des producteurs agricoles concessionnaire du périmètre rizicole irrigué de 1.260 ha de la Vallée du Kou réalisé en 1976 par l'Etat avec l'appui successif des deux Chines. Sa mise en exploitation a été réalisée sous le mode du colonat qui implique que l'essentiel des exploitants est constitué de populations allochtones installées par la puissance publique dans un terroir qui leur est étranger. L'organisation coopérative n'est pas le fruit d'une dynamique de production et de coopération agricoles mais résulte d'une décision de la puissance publique qui en a assuré la tutelle jusque dans les années 1990.

Les coopératives rizicoles compte au total 1.300 membres, dont l'écrasante majorité des membres n'est pas alphabétisée; l'exploitation type possède une parcelle aménagée d'un ha.

La typologie des exploitations dégagée à la suite de cette investigation est la suivante:

- les exploitants qui ont l'équipement de travail et une main d'œuvre familiale d'au moins 5 personnes et qui exploitent en plus un champ pluvial d'au moins 4 ha ;
- les exploitants qui n'ont pas d'équipement de travail, n'ont pas assez de main d'œuvre familiale et pas de champ pluvial ;
- les exploitants qui ont une partie de l'équipement de travail, une main d'œuvre familiale d'au moins 5 personnes exploitant un champ pluvial de moins de 4 ha.

La deuxième et la 3ème catégories constituent l'écrasante majorité.

Toute l'histoire de l'organisation coopérative sur le périmètre rizicole, se confond avec celles des différents projets qui se sont succédés pour accompagner la mise en valeur agricole de l'aménagement. L'organisation coopérative a même connu ses heures de gloire et de faste avec le projet néerlandais dit Projet Vallée du Kou qui s'est exécuté en trois phases sur la période de 1980 à 1993.

En effet, l'organisation coopérative reposait alors sur un modèle d'organisation combinant un '*cadre exécutif professionnel*⁸': des salariés de la coopérative, et un '*cadre exécutif non professionnel*': des coopérateurs bénévoles élus; tous deux, agissant sous l'autorité d'un '*cadre directif et de contrôle*' composé d'organes délibérants de la coopérative⁹.

Cependant, toute cette architecture n'a pas résisté à la fin de l'appui néerlandais et a volé éclat moins d'un an après la fin du projet faisant place après un période de crise profonde, à la mise en place de 8 coopératives de base et leur regroupement au sein de l'UCRB en 2001.

⁸ C'est ce cadre qui assurait sous l'autorité d'un cadre ayant le profil de gestionnaire des entreprises agricoles, la gestion des fonctions (i) équipement et production agricoles (ii) gestion de l'eau (iii) commercialisation et de gestion financière (iv) développement social.

⁹ La renommée de la coopérative sous l'action de communication du projet a ainsi dépassé les frontières du Burkina. Et de toutes parts en Afrique subsaharienne, sont alors arrivées des missions de visite et d'échanges d'expériences.

Aujourd'hui, les différentes fonctions de gestion de l'aménagement sont soit inexistantes, soit très mal assurées; ce qui a conduit à une désorganisation profonde de la production et à une perspective certaine de perte du capital productif¹⁰ si la tendance n'est pas inversée (capital foncier et infrastructures hydrauliques).

2.2.2. La Direction régionale de l'agriculture, de l'hydraulique et des ressources halieutiques des Hauts-Bassins.

Aux termes de la loi n°10/98/AN du 21 Avril 1998 portant modalités d'intervention de l'Etat et répartition de compétences entre l'Etat et les autres acteurs de développement, dans le domaine, de l'eau, de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, l'Etat à la responsabilité de :

- Définir et mettre en œuvre une politique de développement durable et suivre son application ;
- Réglementer et contrôler les activités de ces secteurs ;
- Assurer l'organisation des producteurs ;
- Assurer le soutien à la modernisation et à l'intensification ;
- Diffuser l'information auprès des producteurs ;
- Promouvoir les industries de soutien à la production ;
- Définir et mettre en œuvre la Politique nationale de l'eau.

Les Administrations centrales de l'Etat en charge de ces questions, avec l'appui de Partenaires Techniques et Financiers divers, de Bureaux d'études internationaux et locaux, ont assuré la préparation et l'ajustement continus des politiques.

Cependant, la traduction concrète de ces politiques dans l'action concrète par les Administrations et services techniques déconcentrés demeure encore limitée du fait de la faiblesse de leur capacité opérationnelle d'appui conseil et d'orientation des exploitations.

Dans le bassin du Kou, l'action des directions provinciales en charge de l'agriculture, de l'hydraulique, des ressources halieutiques, de l'élevage et de l'environnement s'affaiblit d'année

¹⁰ Il n'y a ni calendrier agricole, ni service de l'eau, ni recouvrement de redevances, ni entretien du réseau d'irrigation et de drainage ; en somme, il n'y a pas un cahier de charge pour la gestion de l'aménagement.

en année sous le coup de la réduction drastique des crédits de fonctionnement et des ressources humaines affectées.

Les chances pour que cette tendance soit inversée dans les 5 à 10 prochaines années sont particulièrement faibles au regard des réformes économiques en cours et des besoins d'assainissement du cadre macro-économique du Burkina.

Dans ces conditions, seule la mise en œuvre de projets sous l'impulsion de l'aide publique au développement s'avère la principale modalité d'intervention publique.

En général, ces interventions sont orientées vers la mise au point d'innovations techniques, institutionnelles, économiques, politiques et sociales et sont engagées selon des modalités qui permettront l'atteinte de résultats significatifs et bénéfiques.

Cependant, ces interventions, engagées selon le 'mode d'action projet', restent confrontées aux problématiques (i) de la coordination et intégration des actions, (ii) de la durabilité et de la réplique. En effet, à la fin des projets, les administrations retombent dans un dénuement tel qu'il leur est impossible de prendre la relève et de poursuivre les dynamiques amorcées.

2.2.3. Le Comité de Gestion du Bassin du Kou

Les campagnes de production agricole irriguée en saison sèche dans le bassin du Kou sont émaillées depuis 1980 de conflits plus ou moins graves liés à la satisfaction d'une part, des besoins en eau d'un périmètre rizicole et d'autre part, des besoins en eau des exploitants maraîchers installés le long du cours d'eau, principalement ceux situés en aval de la prise d'eau du périmètre située au village de Diaradougou dans la province du Houet.

Ces conflits se déroulent dans un contexte singulier : en effet, le débit de base du Kou est lié principalement aux apports des sources de Nasso (dite la 'Guinguette') après prélèvement de l'eau nécessaire à l'alimentation en eau potable des habitants de Bobo-Dioulasso.

En outre, il convient de noter des problèmes écologiques et environnementaux résultant (i) des déchets industriels et urbains (ii) de la coupe du bois de chauffe pour la ville de Bobo et des pratiques agricoles. Ainsi, les eaux usées industrielles et domestiques, de même que près de 15.000 tonnes de déchets solides produits

annuellement par la ville de Bobo-dioulasso et solubles dans l'eau et dont 90% présentent un potentiel toxicologique considérable pour les êtres humains et pour l'environnement sont évacuées vers le réseau hydrographique et soumises en partie à l'infiltration [4]. Cette situation est d'autant plus préoccupante qu'il n'existe, ni de système de collecte, de traitement et d'évacuation des déchets solides et liquides, ni de suivi opérationnel de la qualité des eaux consommées hors réseau ONEA (sachets et eaux mises en bouteille).

En dépit donc de l'importance communément admise des eaux du bassin du Kou, une situation concurrentielle voire conflictuelle dans l'utilisation des eaux s'est définitivement établie ; de même, les activités urbaines et industrielles dans l'état actuel, apparaissent comme une menace réelle à la préservation de la qualité des eaux.

Au total, les pratiques actuelles d'utilisation de l'eau dans le bassin, portent des germes d'atteintes graves à la vie sociale et économique et à l'hygiène du milieu.

Devant l'acuité des problèmes et des conflits, les autorités politiques et administratives ont entrepris depuis 1987, de rechercher avec les usagers directement concernés, les voies et moyens de circonscrire les menaces résultant de la situation.

Une dynamique de concertation des acteurs sous l'impulsion de la Direction régionale chargée de l'eau aboutira à la création formelle du Comité de gestion du bassin du Kou le 23 mai 1997 par arrêté n°97-41/MATS/PHUE/HC/SG du Haut-Commissaire de la province du Houet.

La vie et le fonctionnement du CGBK peuvent être découpés en trois périodes caractéristiques [5]:

Une première période très active de 1997 à juin 2000.

C'est au cours de cette période que la mobilisation a été forte autour des perspectives ouvertes par la création du Comité avec (i) l'adoption du premier programme quinquennal d'actions prioritaires (PQAP) 1999-2003, et (ii) l'adoption du principe de mise en œuvre d'une souscription des membres pour assurer le fonctionnement du Comité.

Une deuxième période Juin 2000 à Décembre 2003 de mise en sommeil du Comité.

Au cours de cette période le Comité n'a tenu aucune session.

Une troisième période à partir de décembre 2003.

C'est une période caractéristique de la recherche d'un second souffle. Cette période voit en effet (i) la reprise de la tenue de sessions, (ii) la montée en puissance en son sein de l'action d'organisations de la société civile, (iii) une tentative de renouer avec la mobilisation de la première période avec la mise en œuvre de souscriptions destinées au financement de budgets programmes, et (iv) des difficultés réelles pour le CLE-K à prendre la relève du CGBK par suite d'une disponibilité réduite de sa présidence et de son secrétariat.

3. La dynamique stratégique du projet GEeau.

L'originalité du projet GEeau tient moins à ses thèmes de recherche-développement qu'à la stratégie opérationnelle adoptée qui initie de nouvelles formules d'action en la matière.

Ainsi, peut-on relever la place particulière occupée par l'AEDE.

Comme on le sait, au Burkina Faso comme en général en Afrique Subsaharienne, l'Etat, à travers différents instituts et les universités est le principal opérateur de recherche-développement dans tous les domaines.

Cette forme d'action s'est trouvée limitée par deux facteurs importants (i) la faiblesse quasi structurelle de dégager des moyens budgétaires classiques affectables et (ii) l'approche projet via l'aide publique au développement.

La première phase du projet GEeau: une première étape de mise au point d'une stratégie opérationnelle de recherche-développement en matière d'eau.

Cette phase a été l'occasion de mettre en place et de tester un dispositif institutionnel et organisationnel de conduite du programme adapté aux moyens très limités du projet.

Le dispositif logé au sein de l'Administration d'accueil, comprenait un coopérant technique et son homologue local agissant de concert comme maître d'œuvre d'un programme de recherches centré sur les objectifs du projet.

Ce dispositif pour opérer devait d'une part, définir et mettre en œuvre des activités d'étude et de recherche spécifiques et d'autre part, s'appuyer sur des étudiants stagiaires provenant du Burkina et de l'UE en tant que forme spécifique d'encadrement-formation et moyen d'investigation complémentaire.

Ce dispositif a pour l'essentiel fonctionné et permis (i) d'encadrer 11 étudiants dont 7 en

provenance du sud (groupe EIER/ETSHER) et 4 du nord (en provenance de la Belgique et de la France) et (ii) de collecter, de synthétiser et de traiter diverses données nécessaires à la modélisation des bilans hydriques (AVSwat), à la modélisation des bilans d'eau à la parcelle (BIRIZ) et au suivi de la gestion du périmètre irrigué de la Vallée du Kou (BIRIZ) avec intégration à un SIG. Cependant, il était apparu très clairement à la fin de la première phase, que si les outils de suivi-évaluation pouvaient être aisément finalisés, la question de leur appropriation et de leur utilisation effective restait entière dans le contexte. En effet, bien que bénéficiaires directs des résultats de la recherche, ni la DRAHRH, ni les Organisations de producteurs, ni le Comité de gestion du bassin du Kou n'avaient véritablement une telle capacité d'action.

Il importait alors au cours de la deuxième phase, d'identifier un ou plusieurs porteurs de la dynamique stratégique du projet dans une véritable perspective de recherche-développement.

La deuxième phase du projet GEeau : une étape d'approfondissement de la stratégie opérationnelle initiée pour la recherche-développement en matière d'eau.

Au regard de la problématique ci avant énoncée, l'Association Eau Développement et Environnement (AEDE) s'est donc portée volontaire pour animer l'instruction et la mise en œuvre de la seconde phase du projet **avec comme but principal : l'appropriation, l'utilisation effective et la réplique à une échelle élargie des résultats du projet.**

Dans cette perspective, l'AEDE a engagé en articulation avec le projet, la mise en chantier de deux innovations institutionnelles majeures : (i) le démarrage d'un appui conseil en irrigation dans le bassin du Kou, et (ii) la mise en place d'un Observatoire de l'eau.

Ces deux opérations en cours depuis avril 2005, devraient, dans le courant du deuxième semestre de l'année 2007, entrer dans leur phase de développement.

Une autre innovation majeure participant de l'approfondissement de la stratégie de recherche-développement est la mise en chantier de trois thèses de doctorat dont deux, seront couvertes par deux doctorants burkinabè. Outre le fait que cela participe au développement des connaissances

dans le domaine de l'eau, de telles opérations renforcent l'expertise scientifique et technique nationale, éventuellement mobilisable dans la construction de l'Observatoire de l'eau.

L'implication particulière de l'AEDE a donc pour ambition de permettre, en ce qui concerne le domaine d'action du projet GEeau, de dépasser l'approche projet afin d'impulser une réelle dynamique de capacitation structurelle sur les thèmes spécifiques d'application du projet.

3.1. Le conseil en irrigation : vers une approche de professionnalisation de la gestion l'eau en agriculture.

Conformément à sa vocation, l'AEDE a mis en place depuis le 1^{er} avril 2005 et au profit des irrigants et des organisations professionnelles d'irrigants dans le bassin du Kou, un conseiller en irrigation ayant une qualification professionnelle d'ingénieur agronome.

Il s'agit, en continuité des actions initiées par l'AEDE depuis 2000 en relation avec l'Union des Coopératives Rizicoles de Bama (UCRB), d'une action d'immersion profonde dans le milieu afin d'améliorer la communication avec les producteurs et de réunir les conditions pour la création et le fonctionnement d'une structure professionnelle de gestion des aménagements hydroagricoles dans le bassin¹¹.

Seules de telles conditions sont propices à la relance de la riziculture sur des bases économiques, professionnelles et organisationnelles adaptées à la conquête du marché local de riz.

Au regard de tels enjeux il convient de rester lucide face aux défis d'une telle opération.

Il s'agit en effet de mobiliser la capacité d'initiative et d'action propre des coopérateurs et de leurs organisations pour imaginer, tester et arrêter de nouvelles modalités d'organisation et de gestion qui rompent avec l'assistantat et des

¹¹ L'AEDE est à la base depuis 1999, d'une expérience similaire dans le domaine de l'eau potable en milieu rural avec la création avec d'autres acteurs intéressés, de l'Association pour le développement des adduction d'eau dans la Région de Bobo-dioulasso (ADAE) dont le Centre de Gestion (CDG) assure l'appui conseil à une quarantaine d'Associations d'Usagers de l'Eau (AUE) concessionnaires de petits réseaux d'AEP et regroupées dans la Fédération des Associations d'Usagers de l'Eau dans la Région de Bobo-dioulasso (FAUEREB).

pratiques de production négatives particulièrement établies.

Il s'agit sans nul doute d'une œuvre de longue haleine qui dépasse l'approche habituelle de type projet qui a eu cours sur deux décennies au moins sans avoir porté fruit malgré les ressources financières, matérielles et d'expertises importantes mises en jeu.

Il ne s'agit donc pas pour l'AEDE de 'monter' un nouveau projet.

En première approche, il s'agit pour l'AEDE, grâce à un effort soutenu et des approches pédagogiques appropriées, de mettre en place un Centre de gestion dont la mission sera d'organiser et d'animer la mise en œuvre, en relation avec les coopératives de base et l'UCRB, de la fonction de gestion de l'eau et des infrastructures sur la base des outils de planification et de gestion de l'eau qui seront développés à l'occasion du projet GEeau.

Cette fonction doit permettre en substance :

- Une définition négociée de scénarii de mise en valeur agricole en fonction de contraintes diverses (eau, marché, capacités de production)
- D'optimiser l'utilisation des infrastructures et des équipements en fonction du scénario retenu pour la mise en valeur de l'aménagement
- De traduire au niveau de la redevance hydro-agricoles, les demandes ou les exigences des producteurs
- D'estimer les impacts d'un scénario de mise en valeur
- De renforcer la capacité autonome de financement des producteurs et leur crédibilité auprès des institutions locales de financement de la production, de la commercialisation et de la transformation du riz ;
- D'accroître la capacité des coopératives à mobiliser des financements concessionnels de rénovation et d'extension de l'outil de production et de développement du conseil aux exploitations.

Une telle initiative au regard de l'expérience acquise dans d'autres contextes¹² et d'autres domaines, implique de respecter au moins les exigences suivantes :

¹² Voir par exemple, l'expérience de l'Office du Niger au Mali.

- L'adoption effective de règles du jeu imposables à tous sous la forme d'un cahier de charges pour la gestion de l'aménagement.
- Le centre de gestion comprendra du personnel technique de profil approprié et un personnel de gestion financière et de suivi économique de la production agricole globale.
- Réaliser l'autofinancement du Centre de gestion par les produits des redevances hydro-agricoles.
- L'action du Centre de gestion devra progressivement s'étendre à (i) d'autres périmètres (ii) à d'autres formes d'irrigation afin de réaliser les économies d'échelles et engager le maximum d'acteurs concernés dans une approche rationnelle de la production irriguée.

3.2. L'Observatoire de l'eau : une réponse à la demande spécifique en connaissances scientifiques et techniques des acteurs économiques au niveau local.

Dans la formulation de sa demande d'appui auprès de la coopération wallonne, et relative à la seconde phase du projet GEeau, l'AEDE a souligné d'emblée un tel besoin et a précisé ses attentes : un accompagnement à la mise en place d'un observatoire de l'eau ayant pour vocation : **d'appuyer les pouvoirs publics dans le développement et la conduite de programmes d'études et de recherches relatifs à la connaissance, gestion, valorisation et protection des ressources en eau à l'Ouest du Burkina Faso.**

Une telle structure est en effet, une des pièces maîtresses pour la durabilité et la démultiplication des résultats du projet.

Comme déjà souligné, la réalisation des objectifs du SDAGRESO implique in fine, le développement des connaissances scientifiques et techniques sur les ressources en eau et le suivi-évaluation comme fondement du développement durable.

En effet, le développement durable dans le domaine de l'eau questionne :

- Les connaissances objectives des hommes sur les ressources en eau
- Les relations établies par les hommes entre eux dans leur quête de mieux être
- Les relations établies entre eux et les ressources naturelles

- Les relations établies entre les générations actuelles et les générations futures
- Le degré d'intégration voire d'interdépendance des connaissances sur les ressources en eau avec les diverses relations ci-avant évoquées.

Ces questionnements renvoient d'une part, à des aspects scientifiques et techniques et d'autre part, à des aspects politiques, institutionnels et de développement. La question se ramène en fin de compte à : dans quelle mesure les aspects scientifiques et techniques dans le domaine de l'eau éclairent-ils l'action politique (au sens de l'action publique) actuelle et future des hommes ? Dans quelle mesure l'action politique d'aujourd'hui permet-elle d'approfondir les connaissances sur les ressources en eau afin de soutenir de meilleures politiques de développement demain ? C'est fondamentalement une des problématiques du progrès général de la société qui trouve difficilement solution dans les pays en développement. Alors que faire ?

Comme on le sait, les innovations institutionnelles sont autant sources de développement que les innovations techniques.

S'il paraît difficile de faire la preuve que l'Afrique peut participer et participe effectivement aux innovations techniques au niveau mondial, il ne fait aucun doute par contre que les sociétés africaines disposent en leur sein de capacités d'initiatives et d'action suffisantes pour « créer sur leur terre les structures nécessaires » à leur révolution moderne.

A preuve, ces germes d'innovation et de changement sont déjà à l'œuvre dans les sociétés africaines.

Ces germes d'innovation et de changement, sont le fait d'acteurs émergents tant en milieu rural que en milieu urbain qui par exemple articulent une agriculture et un élevage orientés vers les marchés urbains national, sous-régional et international ; qui portent en avant la dynamique socio-culturelle et socio-économique de la société burkinabé en articulant de nouveaux cadres d'expression du dynamisme des initiatives individuelles et collectives. Ces germes d'innovation et de changement, ce sont ces mille et une ingéniosités des hommes et des femmes devant l'adversité du cadre politique et économique post-colonial, de la société traditionnelle, de la pauvreté, de la dégradation de l'environnement, des aléas climatiques et la sécheresse. En résumé, c'est la dynamique salvatrice de la société en Afrique.

Tout cela souligne l'importance de la triptyque : Education-Recherche-Innovation ; en d'autres

termes, comment développer une offre adaptée à la demande de connaissances scientifiques et techniques nécessaires pour féconder l'action concrète des principaux acteurs économiques ?

Dans le domaine de la connaissance, mobilisation, gestion et protection des ressources en eau, il s'agit en somme d'inventer de nouvelles formules d'action adaptées à une telle problématique.

C'est la principale vocation de l'Observatoire de l'eau dont la mise en place est engagée [6]. Le projet GEeau en est le banc d'essai sinon, la rampe de lancement à travers ses modalités spécifiques de formation, de recherche et d'accompagnement et/ou intégration de l'innovation.

C'est une telle vision qui fonde toute la stratégie de création et de mise en œuvre de l'Observatoire de l'eau.

L'Observatoire de l'eau sera une **Fondation pour l'eau sous l'égide de l'AEDE**. C'est une organisation à but non lucratif et d'intérêt général ; elle sera constituée conformément aux dispositions de la loi n° 10/92/ADP portant Liberté d'Association au Burkina.

L'Observatoire de l'eau a pour but de promouvoir et d'appuyer la connaissance et la gestion des ressources en eau des bassins versants du Mouhoun, de la Comoé et du Banifing et dans une perspective de développement durable.

A ce titre, il se donne pour objectifs sur son territoire d'action:

- de disposer en permanence d'une vision renouvelée de l'état de connaissance, gestion et protection des ressources en eau ;
- de développer des capacités scientifiques, techniques et financières d'incitation, d'animation et de catalyse du renforcement des connaissances, des capacités de gestion et protection des ressources en eau ;
- d'initier des formations à l'intention d'acteurs intervenant dans le domaine de l'eau et de l'environnement.

Les moyens d'action définis pour réaliser les objectifs et atteindre le but de la Fondation sont :

- organiser et développer des programmes de recherches en matière d'eau ;
- réaliser toutes études intéressant l'aménagement, la gestion et la protection des ressources en eau ; vulgariser et diffuser toutes études et recherches y relatives ;

- impulser des formations sur des thématiques liées à la connaissance et à la protection des ressources en eau ;
- animer un partenariat Sud-Sud et Nord-Sud dans le champ des objectifs de la Fondation.

Ses principales modalités de financement sont :

- de disposer de ressources permanentes propres à travers l'AEDE et les membres associés de la Fondation qui permettent de mettre en œuvre de manière autonome un paquet minimum d'activités.
- d'initier et de mettre en place une offre de services spécialisés à l'attention de divers maîtres d'ouvrage, il s'agit notamment :
 - o de la formation continue dans divers métiers de l'eau
 - o de la gestion de réseaux de suivi des ressources en eau pour le compte de tiers
 - o de la gestion de périmètres de protection pour le compte de tiers
 - o des études de délimitation de périmètres de protection pour le compte de tiers
 - o de l'établissement de cartes de vulnérabilité
 - o de la fourniture de données spécifiques relatives aux ressources en eau dans les bassins versants du Mouhoun, de la Comoé et du Banifing (i) administration et gestion de bases de données et de SIG y compris les mises à jour (ii) exploitation et actualisation de modèles (iii) exploitation et actualisation de cartes de vulnérabilité
 - o d'études d'implantation et contrôle des travaux de forage à gros débit en zone sédimentaire et en zone de socle
 - o de gestion de champs de captage et de l'exploitation intensive de forages.

3.3. Accompagner le renforcement du Comité local de l'Eau du bassin du Kou (CLE-K)¹³ dans le développement d'une capacité de régulation publique et collective de l'eau.

Comme on le sait, le Comité de gestion du bassin du Kou, est l'aboutissement d'une dynamique de concertation des acteurs de l'eau face à l'acuité des problèmes et des conflits en matière d'eau.

¹³ C'est la nouvelle dénomination du Comité de gestion du bassin du Kou (CGBK) pour tenir compte des orientations du plan d'action pour la gestion intégrée des ressources en eau (PAGIRE) adopté par le Gouvernement courant mars 2003.

Comme le souligne le Guide relatif à la mise en œuvre de CLE préparé par l'Administration [7] : « Les CLE (en tant maillon de base du cadre de gestion intégrée des ressources en eau) devront permettre en substance, d'organiser une montée en puissance de l'action publique locale et de l'action citoyenne ; de s'appuyer mieux et plus que par le passé, dans la mise en place et le suivi des politiques de l'eau, sur l'expérience, l'expertise, la volonté et la capacité d'innovation des collectivités locales, de la société civile et du secteur privé ».

Cette réflexion vient pour ainsi dire en écho au rôle joué par l'AEDE comme catalyseur de premier plan ayant permis la relance du CGBK ; suppléant il faut en convenir, à la baisse au niveau de l'Administration, de l'enthousiasme et des capacités opérationnelles d'animation de la vie et du fonctionnement de cette institution originale.

Aujourd'hui, le processus de gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin du Kou est à la croisée des chemins ; il importe en effet de créer les conditions d'une concertation structurée, engageante et productive face aux exigences et demandes concrètes d'amélioration de la situation.

A cet égard, on peut noter que, l'amélioration des connaissances sur le fonctionnement et les potentialités d'aménagement des sources de la Guinguette dans les années 1992/93 dans le cadre du projet « **étude des ressources en eau souterraine de la zone sédimentaire de Bobo-dioulasso** » [8] a permis (i) d'augmenter de manière significative la mobilisation des eaux souterraines pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Bobo-Dioulasso sans compromettre le développement des autres usages dans le bassin du Kou (ii) de contribuer d'une certaine manière à la paix sociale dans le bassin.

C'est dire que les connaissances qui seront acquises et les outils qui seront développés à l'occasion du projet GEeau, offrent une réelle opportunité pour une impulsion particulière dans l'action du Comité local de l'eau du bassin du Kou grâce à l'action spécifique des institutions nouvelles en gestation qui lui permettront :

- de suivre les ressources en eau, de les confronter aux besoins exprimés par les différents usagers et de prévenir ainsi les risques de conflits graves ;
- de développer les capacités du comité à concilier les positions et à arbitrer entre usagers de l'eau ;
- d'impulser conformément à sa vocation, une politique d'aménagement et de gestion des

eaux du bassin du Kou adaptée aux exigences du développement durable.

Tel est en tout cas l'engagement pris par l'AEDE dans sa demande d'adhésion au comité et aujourd'hui en tant que membre du Comité¹⁴.

4. Conclusion.

L'expérience du projet GEeau témoigne que de nouvelles articulations des responsabilités en matière de recherche-développement dans le domaine de l'eau entre l'Etat, les collectivités locales, la société civile, le secteur privé sont nécessaires et possibles.

Elle permet en particulier, de souligner et d'accompagner les capacités d'initiative et d'action de la société civile professionnelle du domaine de l'eau dans l'impulsion de nouvelles formules d'action en matière de recherche-développement adaptée à la demande spécifique en connaissances scientifiques et techniques au niveau local.

Elle fournit in fine, un terrain d'expression à la stratégie « **Agir localement pour réfléchir globalement** » slogan de l'atelier de planification de la 2^{ème} phase du projet GEeau et mise à l'honneur lors du **Forum Mondial de l'Eau de Mexico 2006**.

Références bibliographiques :

- [1] : Ministère de l'Environnement et de l'Eau, Proposition de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Ressources en Eau du Sud-Ouest, 1999.
[2] : Document de formulation du projet GEeau, 2004.
[3] : Diallo M., Thiombiano J., Note de capitalisation des principales initiatives de gestion locale de l'eau, 2004.
[4] : Salvayre H., Rapport de l'expert en pollution, 1997.
[5] : AEDE, Mission FNPP sur le site pilote n°01 au BURKINA FASO : Le Bassin Hydrographique du Kou - Rapport sur l'évaluation des ressources naturelles et humaines, 2004.

- [6] : AEDE, Note d'orientation pour la création d'un observatoire de l'eau à l'ouest du Burkina, 2006.
[7] : MAHRH, Les Comités Locaux de l'Eau - Document guide de conception, création et fonctionnement, 2004.
[8] : Ministère de l'Environnement et de l'Eau, Etude des ressources en eau souterraine de la région de Bobo, 1993.

¹⁴ L'AEDE a été admise comme membre par une décision prise par la session ordinaire tenue en mars 2004 suite une demande d'adhésion formulée par lettre adressée au président du CGBK en Août 2000. Elle appuie à titre bénévole le secrétariat dans l'animation de la vie et du fonctionnement du Comité



– Missions –

Date : 19/04/2005
Auteur : B. Tychon
Référence : -
Mise à jour : -

COMPTE RENDU : RAPPORT DE MISSION – BOBO-DIOULASSO : 11 AU 16 AVRIL 2005

Contexte

Cette mission s'intègre dans un programme de recherche et développement mis en place conjointement par l'APEFE, la DRI et la CGRI. Il vise le renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou sur lequel se trouve la ville de Bobodioulasso. Il fait suite à une première phase élaborée par la KUL au sein d'un projet de coopération universitaire au développement (VLIR) portant le nom de GE-EAU. Au moment de cette mission, seul le partie APEFE du projet est lancé.

Objectifs de la mission

- Rencontrer les différents partenaires locaux du projet et le responsable APEFE
- Vérifier l'état d'avancement du projet APEFE et les difficultés éventuelles suite au retard du démarrage de la partie DRI, CGRI du projet intégré.
- Préciser les attentes des partenaires quant aux outils de gestion à élaborer
- Prendre connaissance des outils employés dans la première phase de GE-Eau et de la base de données existante.
- Définir en concertation avec le partenaire local, le ou les sujet(s) de recherche doctorale qui seront effectués dans le cadre du projet
- Proposer des sujets de mémoires pour des stages ou des travaux de fin d'études.

Compte-Rendu

1. Rencontre des différents partenaires locaux et du responsable APEFE.

- Monsieur Joost Wellens, Conseiller technique principal auprès de la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources halieutiques m'a accompagné et guidé pendant tout mon séjour. Cette présence permanente a permis de nombreux échanges très utiles pour bien être informé sur la situation du projet.
- Monsieur Francis Deprez, responsable APEFE au Burkina Faso, nous a reçu le mardi 12 avril. Il nous a expliqué la structure de collaboration entre APEFE, DRI et CGRI, les attendus des projets APEFE et en particulier ceux du projet qui nous concernent et les organes de suivi et d'évaluation mis en place au sein de l'APEFE. Il a suggéré que je participe à une réunion du Comité technique de suivi pendant mon séjour. Le dernier jour de ma mission (vendredi 15 avril), un petit compte rendu verbal de ma mission a été fait.
- Messieurs Diallo Mamadou, Denis Dakoure et Nestor Compaore, de l'AEDE (Association Eau Développement et Environnement) ont été rencontrés à deux reprises. La première

réunion visait à mieux préciser les attentes des partenaires locaux. La seconde réunion a servi à faire part de notre proposition de sujets de travaux de thèse qui seront effectués dans le cadre du projet et à vérifier la concordance des sujets avec les attendus des partenaires.

- Monsieur Coenraad Voorhuis, Conseiller technique principal du Programme VREO (Valorisation des ressources en eau de l'Ouest du Burkina Faso) a également été rencontré à plusieurs reprises au cours de mon séjour. Il a été très clair pour proposer une collaboration entre son projet et le notre. J'y suis personnellement favorable.

2. Etat d'avancement du projet et difficultés liées au démarrage retardé de la partie DRI, CGRI

Le projet APEFE a démarré en Janvier 2005. Il semble respecter le calendrier prévu. Les activités actuelles se concentrent actuellement sur l'identification des logiciels qui vont servir pour la gestion intégrée des ressources hydriques du bassin et sur l'identification des acteurs concernés par ces futurs outils de gestion. A signaler qu'une personne a été engagée par l'AEDE pour travailler pendant 3 ans sur le périmètre irrigué de Bama comme conseiller en gestion de l'irrigation.

D'après les partenaires locaux, la partie APEFE du projet intégré ne semble pas trop souffrir actuellement du retard de la partie DRI- CGRI. Cependant, il ne faudrait pas que ce retard aille au-delà de septembre.

3. Précision sur les attentes des partenaires locaux en terme d'outils de gestion

L'AEDE, par la voix de Monsieur Diallo, a émis trois domaines qui nécessitent des outils de gestion, chacun visant à anticiper les tensions liées aux différents usages conjoints de l'eau.

- Outils pour une optimisation de l'utilisation de la ressource en eau pour l'agriculture, devant servir notamment à proposer des aménagements hydro-agricoles adaptés.
- Outils pour la prévision des rendements et productions agricoles sur base de la consommation en eau des principales cultures pluviales (Coton et Maïs) et irriguées (Riz, cultures maraichères) de la zone.
- Outils pour la gestion des périmètres d'irrigation (droits d'eau, tours d'eau, choix des cultures adaptées aux disponibilités en eau réelle,...).

En outre à l'occasion de cette réunion, l'AEDE a redit son intérêt pour des travaux de recherche visant à préciser les ressources en eau souterraine de la zone, source principale alimentant les différents périmètres irrigués du bassin du Kou. Ils ont proposé qu'un travail de recherche doctorale soit lancé dans ce domaine.

4. Prise de connaissance des outils de gestion développés dans la première phase du projet GE-EAU et de la base de données disponible.

Le projet GE-EAU a travaillé à la mise en place de trois outils adaptés à la gestion des cultures en conditions pluviales et en irrigué.

- Le modèle BUDGET permet le suivi de l'état hydrique des cultures en conditions pluviales ou en irrigué et propose une prévision des rendements basé sur la relation développée pour la FAO par Doorenbos et al. Cet outil convient pour la gestion à la parcelle. Il ne nécessite pas trop de paramètres ou données d'entrée. L'outil fournit en variable de sortie, outre les classiques Evapotranspiration, évaporation et transpiration, les flux de percolation profonde et a une composante runoff. Une version spatialisée a été mise en place dans le travail de fin d'études de Joost Wellens mais cette approche n'a pas été poursuivie par la mise en place d'un produit bien interfacé pour être facilement utilisable par un utilisateur extérieur. J'ai remis à Joost Wellens les logiciels WOFOST et AMS (ayant des fonctions similaires) pour qu'il puisse faire une analyse comparative des différents logiciels.

Le modèle BIRIZ calcule le bilan d'eau sous culture irriguée de riz. Il s'agit d'un modèle fonctionnant à pas de temps décadaire. Malheureusement il ne fonctionne que sous le système d'exploitation DOS et il n'a pas été spatialisé. Il ne gère pas non plus les tours d'eau.

Il est proposé de changer de logiciel et de trouver un outil plus récent fonctionnant sous windows et permettant le suivi dans l'espace. Je me renseigne sur l'outil SIMIS développé par la FAO. CROPWAT a également été remis à Joost Wellens.

Le modèle AVSWAT mentionné dans les différents rapports d'activité de GE-EAU sert à suivre les flux d'eau et d'éléments polluant dans l'espace à l'intérieur d'un bassin (ce serait principalement l'écoulement de surface qui serait simulé). Cependant à ce stade, il faut admettre qu'il n'est pas suffisamment maîtrisé par l'équipe en place et il faut s'interroger sur les réponses d'un tel outil par rapport aux besoins identifiés par les partenaires locaux. Je n'ai pas pu me faire une idée suffisamment précise sur la question. Cependant, ce genre d'outil fort lourd ne me paraît pas du tout évident à maîtriser dans le contexte actuel et il ne semble pas répondre de manière évidente aux besoins locaux. Je pense qu'il faudrait se réorienter vers des outils plus spécifiques d'aménagement hydro-agricoles qui ne nécessitent pas une connaissance des flux d'eau sur l'ensemble de l'espace du bassin. A partir du moment où les options d'aménagements hydro-agricoles auront été identifiées, il sera, à mon avis, possible de mieux cibler l'outil de gestion ad-hoc.

La base de données récoltée par le projet GE-EAU est très complètes et permettra sans aucun doute de faire du bassin du Kou, une zone pilote pouvant servir au futur Observatoire de l'eau. C'est un point fort manifeste du projet. Pour une meilleure diffusion, il faudrait en établir un inventaire détaillé. Seule ombre au tableau, la mauvaise qualité des données de débit. J'ai suggéré à l'équipe en place d'investir dans cette partie car la mesure de débit est absolument essentielle à l'établissement de bilan hydrologique à l'échelle du bassin.

5. Propositions de sujets de thèse

Sur base des attendus des partenaires locaux et des données et outils actuellement disponibles trois thèmes de sujets de thèse ont été proposés de manière concertée :

- Optimisation de l'utilisation des ressources en eau du bassin du Kou pour des usages agricoles : cette étude porterait sur la mise en place de scénarii permettant d'analyser différentes options d'aménagement hydro-agricole dans le bassin du Kou qui permettraient une intensification de l'agriculture en même temps qu'une réduction de la quantité d'eau prélevée dans la rivière Kou. Ce sujet fera l'objet d'un appel à candidature à proposer pour le mois de juin au plus tard.
- Développement d'une méthodologie de simplification pour le suivi efficace et durable de la gestion intégrée des ressources hydriques : Ce sujet serait étudié par Joost Wellens qui combinerait ses activités de conseiller avec ses travaux de thèse.
- Evaluation des ressources en eau souterraine dans le bassin du Kou. Cette dernière étude ne sera réalisée que si un second projet intégré APEFE-DRI-CGRI consacré à la partie eau souterraine démarre sur la zone. Dans le cas inverse, l'évaluation des ressources en eau souterraine seraient reprises, de manière plus succincte, dans les deux projets de thèses retenus.

6. Proposition de sujets de mémoires pour stages ou travaux de fin d'études.

Sur base de discussion entre partenaire, une liste de sujets de mémoires sera proposée par J. Wellens dans les plus brefs délais.

Conclusions

Cette mission a rencontré la plupart de ses objectifs. Elle a en outre permis de maintenir les liens de collaborations entre partenaires wallons et burkinabés malgré le délai dans le démarrage de la partie DRI-CGRI de ce projet intégré. Elle m'a confirmé les éléments très positifs du projet qui sont :

- l'antécédent GE-EAU qui permet de démarrer le projet avec d'excellentes connaissances sur la zone tant d'un point de vue scientifique qu'administratif et sociologique ;
- la motivation du partenaire local AEDE visible par l'enthousiasme de Mr Diallo et confirmée par l'engagement d'une personne sur le périmètre irrigué de Bama ;
- la motivation et les compétences de Joost Wellens qui seront bien nécessaires pour mener à bien le projet. En outre son intégration au sein de la Direction régionale et ses contacts avec l'AEDE sont excellents.

Cette mission fut également mon premier contact véritable avec le projet. Nous en avons profité pour avoir une réflexion théorique sur les différents usages de l'eau et pour orienter et préciser les futures actions du projet en concertation avec les partenaires locaux.

Date : 13/09/2006
Auteur : J. Wellens
Référence : -
Mise à jour : -

COMPTE RENDU : RAPPORT DE MISSION – ULG, MAI-JUIN 2006

Du 19 mai au 12 juin 2006, Joost Wellens a effectué une mission de formation et de travail à l'ULg, site Arlon, afin de mettre à jour sa maîtrise des logiciels de simulation et de télédétection, ainsi que ses connaissances des œuvres et articles académiques dans les domaines du projet. La mission avait les objectifs suivants :

- Prendre connaissance de manière précise des activités de laboratoire de M. Tychon ;
- Définir les soutiens potentiels des activités du projet au Burkina Faso par le laboratoire et préparer des charges de missions de renforcement par l'équipe de recherche de M. Tychon ;
- Expérimenter les instruments et outils utilisés dans le laboratoire pour les applications du projet ;
- Réfléchir à une proposition détaillée de sujet de thèse en relation avec les activités actuelles au sein du projet ;
- Rechercher des articles et livres afin de compléter la bibliothèque du projet au Burkina Faso ;
- Faire l'état sur l'avancement des activités et la comptabilité du projet.

Rencontres avec le groupe de travail de M. Tychon.

Pendant la mission le projet a été présenté à l'ensemble du groupe de travail du laboratoire de M. Tychon, cette rencontre a en même temps permis à M. Wellens de prendre connaissance des différentes activités de recherche du labo.

Durant toute la mission, M. Wellens partageait un bureau avec Mme. Florence De Longueville, expert en télédétection et SIG du labo. Plusieurs échanges ont eu lieu sur les différents logiciels de traitement d'images satellites : ERDAS, ENVI et eCognition. Des kits d'évaluation de ces logiciels ont été commandés par le projet permettant au projet de comparer les différents logiciels afin de lancer les commandes. ERDAS et ENVI sont des logiciels de télédétection de référence ; ERDAS est nettement plus performant que ENVI mais aussi beaucoup plus cher. On est d'avis que ENVI répondra bien aux besoins du projet. eCognition, par contre, est un logiciel de traitement d'images spécialisé dans la reconnaissance des conglomérats des pixels (identification des arbres, différences entre ombre et structures,...). Notons que le labo de M. Tychon est plutôt expérimenté dans l'utilisation de ENVI et récemment eCognition.

Des termes de références pour une mission d'appui par Mme. De Longueville au projet ont été élaborés. Les appuis suivants ont été identifiés :

- enrichir la ‘bibliothèque’ avec des tutoriaux et d’éventuels exemples pratiques, jugés intéressants dans le cadre de l’intervention ;
- montrer les potentialités de télédétection à l’équipe du projet (GEeau, AEDE, DRAHRH-HB) ;
- définir quelques signatures spectrales ;
- élaborer des index de végétation ;
- juger l’impact des arbres dans des classifications ;
- montrer des techniques de calcul de l’évapotranspiration à partir des images satellites ;
- mesurer l’humidité superficielle ;
- élaborer un sommaire des index de végétation ;
- conseiller sur l’achat des images satellites.

Pendant des discussions avec M. Tychon il a été décidé que M. Wellens ne peut plus s’occuper de la problématique de l’estimation des rendements agricoles ; ceci à cause d’un manque de temps. Ce sujet sera traité par un étudiant en fin d’études encadré par le labo de M. Tychon. M. Wellens a été présenté à M. Damien Rosillon afin d’échanger sur l’utilisation de AgroMetshell pour l’estimation des rendements agricoles. Le logiciel ainsi que des tutoriaux ont été fournis par M. Rosillon, aussi une mission d’appui de M. Rosillon au projet est prévue avant la fin de l’année.

Rencontres avec M. Tychon et M. Derouane

Plusieurs séances de travail et de discussions ont eu lieu entre M. Wellens et M. Tychon (voir emploi de temps en annexes). Ces rencontres ont portés sur :

- l’évaluation du rapport d’évaluation conjointe pour le comité de pilotage du projet ;
- l’élaboration d’un nouveau schéma global de planification. L’original a été jugé trop lourd au niveau de la répartition des mises en place des différents outils de gestion dans le temps. Le nouveau schéma sera présenté au comité de pilotage pour appropriation.
- des échanges sur la recherche doctorale de M. Wellens. Il profitera de son séjour à l’ULg – Arlon pour faire de la recherche bibliographique.
- l’état de l’avancement des activités : M. Tychon était satisfait de l’ensemble des travaux faits par le projet, mais a déploré la manque des rapports ou notes présentant ces résultats.
- en concertation avec M. Derouane, des glissements budgétaires pour 2006 et 2007 ont été proposés à M. Decharneux et approuvés.

Rencontre avec M. Raes

La modélisation de la teneur en eau des parcelles irriguées est faite à l’aide du modèle BUDGET, outil développé par M. Dirk Raes (K.U.Leuven). BUDGET a déjà été appliqué à plusieurs reprises avec succès pendant la première phase du projet. On continuera à utiliser cet outil et l’agréger vers une échelle régionale. La rencontre avec M. Raes a permis de l’informer sur les dernières activités de GEeauPlus et de solliciter des collaborations futures.

BUDGET servira comme base pour le logiciel AquaCrop, qui sera développé par M. Raes pour la FAO. AquaCrop sera disponible pour le projet à partir de décembre 2006 et testé toute de suite sur nos parcelles de suivi. Les résultats seront publiés avec M. Raes durant 2007.

Recherche bibliographique

La majeure partie de la mission a été consacrée à la recherche bibliographique (pour le projet ainsi que pour la recherche de M. Wellens) et l'étude des différents types d'images satellites.

Tous les articles contenant les mots clés suivants ont été téléchargés et inventoriés à partir de la bibliothèque numérique d'ULg : remote sensing, soil moisture, water management, MODIS, ASTER, Landsat, image fusion, unmixing, linear mixture models, spectral mixture modelling, sub-pixel, individual/single tree stands, SVAT, neural networks, evapotranspiration, water balance modelling, irrigation requirements & indicators, humid zones, downscale, upscale.

Une base de données contenant plus de 300 articles, tous utiles dans les domaines du projet, a été élaborée.

Images satellites étudiés : Landsat 5 & 7, Aster, Modis, Ali et SPOT, au niveau du radar RadarSat, ERS & JERS.

Estimation de la consommation en eau à l'aide de la télédétection pour des zones agricoles

- projet de doctorat en science de l'environnement -

Cadre

Ce projet de recherche entre dans l'intervention de recherche et le développement de la Région wallonne au Burkina Faso. L'intervention vise à contribuer à l'amélioration de la connaissance, de la gestion et de la protection des ressources en eau pour l'agriculture dans la région des Hauts-Bassins (Sud Ouest du Burkina Faso), à travers le développement et la mise à disposition d'outils de suivi-évaluation, de planification, de gestion et de protection des eaux et des milieux associés, dans le but d'optimiser les pratiques d'hydraulique agricole.

Problématique

Le bassin versant du Kou est l'un des 17 bassins régionaux qui constituent le bassin national du Mouhoun, l'un des trois bassins nationaux du Burkina Faso. Couvrant 1.823 km², ce bassin est situé dans le Sud-ouest du Burkina Faso et abrite la deuxième ville du pays, Bobo-Dioulasso, un périmètre rizicole abandonné par l'Etat et plusieurs zones agricoles informelles. Néanmoins la présence abondante d'eau grâce à des sources, un cours d'eau pérenne et des eaux souterraines exploitables, la plupart des utilisateurs d'eau se retrouvent face à des pénuries. Les causes de cette pénurie sont une augmentation de la population, une intensification des activités agricoles, des mauvaises efficacités en irrigation et l'incompréhension entre les différents consommateurs.

Sur le plan des connaissances des ressources en eau, de leur potentiel et des contraintes environnementales qui s'y rattachent, le diagnostic des pratiques scientifiques et techniques laissent apparaître un état très faible. Si le système d'observation et de suivi de la ressource et son utilisation sont conformes aux normes, le financement permanent de son exploitation n'a pu encore être assuré par l'état. Les ruptures dans la collecte des données sont régulièrement observées. Les théories et les pratiques actuelles d'évaluation, de mobilisation et de protection des ressources en eau dans le bassin du Kou sont pour l'essentiel inadaptées à une gestion rationnelle et aux enjeux du développement durable. Il importe donc dans un contexte d'usages conflictuels des eaux et de développement urbain et agricole significatif en perspective dans le bassin du Kou, de soutenir un développement continu des connaissances sur les ressources en eau et du suivi-évaluation en tant que fondements solides du développement durable.

Dans le bassin du Kou, les usages de l'eau à but économique sont les plus importants. En valeur relative, le secteur irrigué consomme environ 90% des ressources en eau mobilisées. Par cette recherche on vise à élaborer au niveau du bassin versant un système de contrôle et de suivi de l'intensification de cette agriculture irriguée à l'aide de la télédétection et d'un bilan d'eau à moindre coût d'exploitation.

Objectifs du projet de recherche

L'objectif de cette étude doctorale est d'élaborer un outil d'estimation de la consommation en eau à l'aide de la télédétection pour des zones agricoles irriguées. Cet outil aidera le partenaire burkinabé, la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins (DRAHRH-HB), à suivre l'intensification de l'agriculture et quantifier l'eau prélevée dans les différentes zones agricoles. A partir d'une meilleure connaissance et de suivi de la ressource en eau dans le bassin du Kou, la DRAHRH-HB arrivera à élaborer des scénarii de gestion de l'eau, tout en respectant la situation réelle du terrain.

L'utilisation de la télédétection permettra d'obtenir sans difficultés, ni de frais, des données pour l'ensemble du bassin versant, mis à jour chaque 8 jours. Il s'agira surtout des images gratuites (MODIS), seul investissement à prévoir est l'achat annuel d'une image haute-résolution ou des prises de vue aérienne afin de faire des contrôles et/ou mises à jour (occupation du sol & algorithmes d'unmixing des images MODIS). Un tel système de suivi diminuera ainsi fortement le phénomène des ruptures de collecte des données.

Théories et procédés proposés

La démarche retenue pour une comptabilité et un suivi de l'utilisation de l'eau repose sur une modélisation du bilan hydrique à différentes échelles de temps et d'espace. Elle définit trois niveaux d'approche sur lesquels les activités humaines modifient les termes du bilan :

- le macro niveau : bassin versant avec toutes ses ressources et les usages existants ;
- le niveau moyen (niveau de service) : périmètres irrigués ou eau urbaine ;
- le micro niveau (niveau d'usage) : champ et habitat.

Comme 90 % de l'eau mobilisée dans le bassin versant du Kou sont utilisés par l'agriculture, irrigation par gravité, uniquement les activités agricoles seront visées dans cette recherche. Vu l'abondance d'eau pendant la saison pluviale (± 1.000 mm) et l'absence des conflits entre les différents utilisateurs durant cette période, seulement la saison sèche nous concerne. La saison sèche ou contre-saison s'étale du mois de novembre jusqu'au mois de juin.

Les outils retenus vont permettre de travailler sur ces trois échelles :

- celle de la parcelle au niveau de laquelle on étudiera l'efficience et la productivité de l'eau ;
- celle du niveau moyen où on suivra les efficacités et les productivités de l'eau au niveau des secondaires du périmètre rizicole ;
- celle de la zone pour laquelle on agrégera les informations des parcelles et les complètera à l'aide de la télédétection afin de faire le bilan de la zone.

Outils adaptés à l'échelle parcellaire

Le travail doit conduire à un bilan hydrique le plus pertinent possible en fonction des informations disponibles. A cette échelle, les données disponibles sont issues d'enquêtes auprès des agriculteurs, de synthèses faites par l'administration, de la collecte des données sur le terrain et de la modélisation sur des parcelles.

Pendant qu'un suivi des calendriers d'irrigation est fait, des teneurs en eau de la zone d'enracinement de plusieurs champs de test, étalés dans la zone, seront mesurées afin de valider le modèle du bilan d'eau AquaCrop. La modélisation doit pouvoir fournir à un pas de temps journalier les volumes d'eau consommée, stockée et perdue au niveau de la parcelle.

Le logiciel AquaCrop a été sélectionné à cause de sa simplicité et du nombre limité de variables à introduire. Le modèle est composé de plusieurs sous-modèles décrivant le bilan d'eau du profil de sol, le développement de la couche foliacé et l'estimation du rendement des cultures.

Base de ce logiciel, développé par le FAO et prévu pour le marché fin 2006, est le bilan d'eau BUDGET. BUDGET a déjà été appliqué à plusieurs reprises avec succès pour la modélisation des bilans d'eau et estimations des rendements des cultures dans le sud du Burkina Faso.

Outil adapté à l'échelle moyenne

A l'échelle moyenne on se contentera d'un suivi global de la consommation en eau du périmètre irrigué. Une telle approche se justifie par le fait que toutes les parcelles forment un agrégat avec une seule prise d'eau pour l'ensemble du périmètre.

La gestion et le suivi du périmètre rizicole seront assurés par le programme SIMIS (Scheme Irrigation Management Information System) version 4.0 de la FAO. SIMIS a été évalué et a démontré son potentiel pour la gestion et l'optimisation des systèmes d'irrigation par une consultation d'experts de la FAO, réalisé en 1994.

A partir d'une carte d'occupation des parcelles, des calendriers agricoles et les débits notés à l'entrée de chaque secondaire ; SIMIS calculera les besoin en eau à l'aide du module CROPWAT et fournira les efficacités en irrigation pour les secondaires.

Méthodologie du changement d'échelle : de la parcelle à la zone

Passer des informations obtenues au niveau de la parcelle à celle de la zone nécessite le développement d'une méthode d'agrégation adaptée. Elle va être fonction des informations disponibles dont les origines sont :

- i) les résultats des suivis des teneurs en eau des champs de test et la validation du logiciel AquaCrop (voire ci-dessus) ;
- ii) l'élaboration d'une carte d'occupation des champs agricoles détaillée à partir des images satellites ;
- iii) les résultats des simulations des besoins en eau et consommations en eau des autres champs non-suivis ;
- iv) les comparaisons des teneurs en eau mesuré à l'aide de la télédétection avec celles qui ont été mesurés et simulés ;
- v) mettre sur carte les consommations en eau pour l'ensemble du bassin versant du Kou.

Carte d'occupation détaillée des sols / classification

L'élaboration d'une carte d'occupation détaillée des sols demandera l'achat d'une image satellite ou aérienne à haute résolution (LandSAT ETM+, SPOT HRS ou PVA locales). L'image traitée, interprétation visuelle ou par classification (non-)supervisée, servira comme carte d'état zéro de l'occupation des parcelles.

Afin de garantir la durabilité de l'outil de suivi et de contrôle, il serait souhaitable de travailler avec des images satellites gratuites. Les images MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) se prêtent parfaitement à répondre à de tels besoins. Il s'agit des images gratuites à une résolution de 250 m. à 1 km., mises à jour et disponibles par téléchargement chaque 8 jours.

La littérature montre quelques procédures à affiner ou à modifier à l'aide des images à haute résolution pour le 'unmixing' des images MODIS, même en tenant compte de la présence des arbres sur les champs, typiques pour l'Afrique. Il a été proposé de contrôler les algorithmes de 'unmixing' chaque 4 ans sur leur validité, mais mieux les vérifier chaque année pour la durée de l'étude afin de connaître l'impact des changements en occupation des parcelles.

Par une programmation des routines pour le traitement et 'unmixing' semi-automatique des images MODIS (en ERDAS-Imagine ou ENVI) des cartes d'occupation de parcelles seront disponibles à tout moment et gratuites.

Teneurs en eau

Dès que le bilan d'eau AquaCrop sera validé pour la plupart des cultures présentes dans le bassin, il sera possible de simuler les besoins en eau et le bilan d'eau des cultures affichées sur la carte d'occupation. Les différents stades des cultures, données d'entrées nécessaires dans AquaCrop, peuvent être déduites du NDVI et de l'évapotranspiration fournit par les images MODIS.

Reste maintenant à comparer les teneurs en eau simulées avec celles observées par des techniques de télédétection afin de contrôler les simulations et de juger le bon usage de l'eau dans la région. Pour la durée de la campagne agricole plusieurs images satellites seront acquises pour le suivi de l'humidité du sol dans le temps et dans l'espace :

- soit des images radar Envisat-ASAR : le radar est un instrument parfait pour mesurer l'humidité des champs vierges, la présence des cultures en plein développement donne trop de 'backscatter' ce qui empêche le suivi de l'humidité du sol sous les couches foliacées ;
- soit des images multispectrales ASTER : ces images ont une résolution de 15 à 90 m. et coûtent aussi chères que des images radar. Le suivi de l'humidité se fera par les techniques classiques : comparaison des mesures sur le terrain avec les observations sur les images.

Les résultats seront des cartes des zones agricoles du bassin versant quantifiant les besoins en eau des cultures par rapport à l'eau utilisée pour toute la durée de la campagne agricole. Ces cartes présenteront à tout moment l'état actuel en consommation en eau et formeront un bon support pour les décisions à prendre par la DRAHRH-HB dans leur gestion en eau.

Annexe B : Emploi de temps

Date	Activités
22 mai '06	- reconnaissance du site ULg – Arlon et ses alentours ; - élaboration calendrier de la mission avec M. Tychon ; - échange sur l'état d'avancement des activités du projet.
23 mai '06	- évaluation SAP, FIA et RASEC avec M. Tychon ; - restructurer le Schéma Global de Planification ; - visite à la bibliothèque de l'ULg – Arlon ; - recherche bibliographique.
24 mai '06	- recherche bibliographique ; - présentation du projet au groupe de travail de M. Tychon.
25 mai '06	- recherche bibliographique ; - mise à jour des logiciels.
26 mai '06	- recherche bibliographique.
29 mai '06	- discuter sur le cahier de charges de la recherche doctorale de M. Wellens ; - recherche bibliographique.
30 mai '06	- recherche bibliographique ; - réunion avec M. Tychon et M. Derouane sur la comptabilité du projet.
31 mai '06	- recherche bibliographique
01 juin '06	- entretien avec Mme. De Longueville, experte en télédétection & SIG, du groupe de travail de M. Tychon ; - recherche bibliographique.
02 juin '06	- réunion avec M. Raes (K.U.Leuven) sur la modélisation avec BUDGET.
05 juin '06	- rédaction sujet de thèse.
06 juin '06	- rédaction sujet de thèse ; - élaboration des TDR de la mission d'appui en télédétection par Mme De Longueville, avec M. Tychon et Mme Longueville.
07 juin '06	- réunion avec M. Tychon sur la gestion du projet ; - recherche bibliographique.
08 juin '06	- entretien avec M. Rossilon sur le logiciel AgroMetshell ; - recherche bibliographique.
09 juin '06	- recherche bibliographique.

Date : 28/07/2006
Auteur : B. Tychon
Référence : -
Mise à jour : -



RENFORCEMENT STRUCTUREL DE LA CAPACITE DE
GESTION DES RESSOURCES EN EAU POUR
L'AGRICULTURE DANS LE BASSIN DU KOU.

COMPTE RENDU : RAPPORT DE MISSION – BOBO-DIOULASSO : 17 AU 25 JUILLET 2006

Contexte

Cette mission de coordination s'insère dans un programme de recherche et développement mis en place conjointement par l'APEFE, la DRI et la CGRI qui vise le renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou dans le sud-ouest du Burkina Faso. Cette mission est déjà la quatrième effectuée dans le cadre du projet et la troisième depuis le début du projet APEFE en janvier 2005.

Objectifs de la mission de coordination

- Participer au Comité de Pilotage du projet APEFE, partenaire au projet DRI-CGRI.
- Faire un état des lieux détaillé du projet avec le coopérant APEFE
- Vérifier l'état des dépenses et proposer des ajustements
- Travailler sur le projet de thèse de J. Wellens et de F. Traoré

Compte-Rendu

6. Comité de Pilotage APEFE.

Le Comité de Pilotage s'est tenu dans les bâtiments de l'APEFE le lundi 17 juillet de 8 à 14h. Le Comité a été présidé par le Directeur Régional de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts bassins (DRAHRH-HB). Il a été animé par le Coordinateur APEFE. Des représentants de l'AEDE, de l'EIER, de la RW via l'opérateur wallon ULG et le Coopérant APEFE ont également participé à la réunion. Il s'agissait du premier Comité de Pilotage du projet. Ce fut donc un peu une découverte. Cependant, on peut néanmoins tirer les enseignements suivants :

1. Le Rapport Annuel de Suivi-Evaluation Conjoint (RASEC) et les autres documents techniques (Schéma Annuels de Planification (SAP), Schéma Global de Planification (SGP), Termes de Référence de la mission d'évaluation du projet) ont été remis en séance pour ce qui me concerne. Je disposais néanmoins d'une version provisoire du RASEC transmise par le coopérant APEFE. Le RASEC et les SAP ont été parcourus en détail par l'ensemble des participants qui n'ont émis que peu de remarques de fond montrant par là la bonne préparation de la réunion par l'équipe APEFE.
2. Le retard dans le démarrage du financement DRI-CGRI perturbe sérieusement le calendrier des tâches du projet. On peut déjà affirmer que certaines actions auront jusqu'à deux années de retard. Une demande de prolongation du projet APEFE apparaît déjà clairement.

3. Au cours de ces 18 derniers mois, le coopérant APEFE a tenté de préparer le terrain en attendant les fonds DRI-CGRI et, vu les circonstances, s'en est remarquablement bien tiré.
4. La DRAHRH-HB a manifesté son intention de participer activement au Comité Technique de Suivi (CTS) en y intégrant un de ses agents.
5. Les Schémas Annuels de Planification 2006 et 2007 (SAP2006 et SAP2007) ont été revus complètement, ne conservant du Schéma Global de Planification (SGP), que les Résultats attendus (R). Tant les Indices objectivement vérifiables (IOV) que les actions (A) et sous actions (SA) ont été retravaillés en profondeur. Ces changements quoique surprenants me paraissent très pertinents et correspondent tant à une réaction par rapport à la réalité du terrain que par rapport aux contraintes budgétaires engendrées par le délai de l'appui DRI-CGRI.
6. APEFE et DRI devraient se concerter davantage pour les aspects financiers du projet pour en faciliter sa gestion. J'ai proposé une meilleure transparence via la transmission des budgets annuels entre bailleurs avant le début de l'année budgétaire avec copie à la coordination du projet.

7. Etat des lieux du projet conjoint APEFE-DRI-CGRI

- Cadre général de l'étude :

L'Etat burkinabé se désengage de plus en plus de ses activités par manque de moyens pour subvenir à l'ensemble des besoins. Une décentralisation et un transfert de ses prérogatives vers les locaux voire le privé se fait clairement sentir et semble constituer une tendance lourde. Le secteur de l'eau est directement concerné. Cette tendance au désengagement de l'Etat et la suppléance de tâches étatiques par le privé ou des associations locales dans le secteur de l'eau requiert la mise en place de structures permettant de faire appel à des entreprises de maîtres d'œuvre capables d'assurer la gestion de l'eau au Burkina à tous les niveaux de gestion. Nous sommes de manière de plus en plus évidente dans cette situation et l'AEDE l'a compris depuis bien longtemps. Il faut par l'intermédiaire de ce projet, chercher à construire ces nouvelles structures pour assurer un développement du secteur de l'eau qui constitue une base indispensable pour le développement et l'amélioration de la qualité de vie de la population. Une première structure pourra être le Comité de Gestion du Bassin du Kou (CGBK) qui sera appuyé au niveau technique et scientifique par le projet via l'Observatoire l'eau dont les textes de statut viennent d'être rédigés.

A côté de cela, le pays doit trouver des moyens de développement et la production agricole, en particulier la production irriguée fait partie des choix de développement retenus par l'Etat.

Notre projet se situe par conséquent dans un thème doublement prioritaire (secteur de l'eau décentralisé et privatisé et production agricole) et il est fortement soutenu par les partenaires burkinabés.

- Activité 2006 (sep 05 – juil 06) : encadrement de 5 mémoires

Au niveau technique, le coopérant APEFE s'est fait appuyer dans ses travaux de recherche par 5 étudiants provenant soit de l'Ecole Inter Etats de l'Equipement Rural (EIER), soit de l'Institut Polytechnique de Bobo (IPB). Ces étudiants ont été encadrés par J. Wellens au cours de leurs stages et mémoires de fin d'études. Les études portaient sur les thèmes suivants:

- Evaluation des efficacités d'irrigation et contribution au diagnostic sur les pratiques d'irrigation actuelles sur le périmètre irrigué de la vallée du Kou
- Etude des pertes d'eau par évapotranspiration des groupes de cultures et des formations forestières en contre-saison dans le bassin versant du Kou ;
- Etudes des conflits autour de la ressource eau dans la région de Diarradougou et Bama (vallée du Kou)
- Bilan en eau et étude comparative des écoulements du bassin versant du Kou

- Analyse statistique de la saison des pluies et identification d'indicateurs d'efficacité hydrique dans le bassin versant du Kou.

Ces travaux constituent tous des études intéressantes qui vont pouvoir être valorisées dans la suite du projet.

A côté de ces encadrements qui ont pris l'essentiel du temps du coopérant, J. Wellens a travaillé à la mise en place du logiciel de gestion de périmètre irrigué de la Vallée du Kou, SIMIS. Une présentation m'a été faite sur une partie du périmètre. Le travail n'est pas terminé mais progresse bien. La partie SIG de SIMIS est remplacée par une partie sous Arcgis développée directement par J. Wellens.

□ Matériel de terrain

Tout le matériel commandé est arrivé à bon port et en bon état à l'exception d'un tensiomètre acheté chez SDEC-France. Ce matériel sera installé sur le terrain en novembre pour suivre la contre-saison. L'arrivée tardive du matériel a pour conséquence un retard de deux ans dans le suivi de terrain. Ceci devra être pris en considération dans l'évaluation du projet.

□ SAP 2005, 2006 et 2007

Les différents SAP ont été analysés en détails et certaines modifications ont été proposées au coopérant. Une mise à jour devrait être transmise prochainement. J'ai particulièrement insisté sur la répartition des tâches entre le partenaire AEDE et le partenaire APEFE dans le souci d'une meilleure transparence. Cette proposition sera remise pour avis à M. Diallo (AEDE) qui n'était malheureusement pas présent lors de mon passage.

□ Rapport annuel :

Il a été convenu avec J. Wellens qu'il établirait un rapport annuel pour la fin du mois de novembre. Ce rapport reprendrait l'essentiel des activités depuis le début du projet. La première année ayant connu beaucoup de difficultés, elle doit être considérée comme période de démarrage et il n'a pas été jugé utile de faire ce premier rapport annuel. Par contre, à partir de cette année, un rapport annuel sera rendu à la DRI et à l'APEFE.

□ Liste de tâches concrètes

Pour clôturer cet état des lieux, une série de tâches concrètes a été fixée entre le coopérant et moi devant servir à régler certains détails du projet. Ces points pratiques seront exécutés avant le 5 août.

8. Etat des dépenses et ajustement

L'ensemble des factures depuis le début du projet commencé le 15 janvier 2005 a été passé en revue. Ces factures sont reprises par numéro et stockées par rubrique dans un classeur. Je suis rentré avec les originaux et une copie est disponible chez J. Wellens. Certains détails financiers devront encore être clarifiés par J. Decharneux qui sera consulté au retour de mission.

9. Travaux de thèse de J. Wellens et F. Traoré

Les travaux de thèse de J. Wellens n'ont pas pu progresser depuis son passage en Belgique au mois de juin. Néanmoins, nous avons eu de nombreuses discussions sur le sujet et nous avons eu une séance de travail sur le mosaïquage des photos aériennes prises en 2006. Il faudra certainement réfléchir à la mise en place d'une reconnaissance des parcelles (contour et occupation) sur base d'une analyse texturale en parallèle avec une analyse multi-canal.

Au cours de ces discussions, une proposition de répartition des activités du projet entre le Coopérant et le futur doctorant, Farid Traoré (démarrage le 18.09.2006) a été faite : J. Wellens se chargera du suivi de la zone irriguée dans le bassin du Kou alors que F. Traoré s'occupera en activité principale du suivi hydrologique global à l'échelle du bassin du Kou. Cette dernière activité pourrait d'ailleurs être proposée comme sujet de DEA à F. Traoré. Elle permettra en outre d'établir un lien étroit avec l'autre projet DRI-APEFE qui traite de la gestion de l'eau souterraine sur la même zone d'études.

Conclusions

Cette mission a permis de combiner la participation au Comité de Pilotage de la partie APEFE du projet GE-EAU avec une mission de coordination technique et administrative.

Le coopérant APEFE dirige le projet en parfaite autonomie tout en maintenant les autres partenaires et coordinateurs au courant de l'état d'avancement des activités. Le projet suit son cours. Cependant il souffre du retard de financement de la DRI et certaines activités prévues dans la proposition de projet ne pourront pas être remplies avant son terme. Ce point devra faire l'objet d'une discussion avec les partenaires financiers du projet afin de proposer des solutions pour malgré tout mener à bien cette étude.

Enfin je ne voudrais pas terminer ce rapport sans remercier très chaleureusement le coopérant, J. Wellens qui par sa disponibilité et sa gentillesse, a permis une mission à la fois efficace et extrêmement agréable.

Date : 12/12/2006
Auteur : B. Tychon
Référence : -
Mise à jour : -



COMPTE RENDU : RAPPORT DE MISSION – BOBO-DIOULASSO : 2 AU 9 DECEMBRE 2006

Contexte

Cette mission, déjà la quatrième depuis le début du projet, intervient après presque 2 années de projet si l'on considère que le projet a commencé avec l'engagement du coopérant APEFE, le 15 janvier 2005. On se situe à mi-parcours.

Objectifs de la mission

- Coordination du projet
- Participation au CTS en compagnie des représentants de la DRI, APEFE, AEDE, DGRNE
- Formation du coopérant à l'outil de mesure de l'indice foliaire (Sunscan)

Compte Rendu

1. Coordination du projet et réflexion sur la poursuite

Le projet avance bien de manière générale. Beaucoup de travail est accompli par la coopérant et les activités de l'AEDE, maître d'œuvre du projet, commencent à porter leurs fruits. Cependant, pour la visibilité du projet il devient temps de pouvoir montrer les premiers résultats concrets du projet. Le projet paraît tout à fait mûr pour fournir ce genre de résultats mais ils tardent à venir. Il me paraît important que les activités des prochains mois consacrent les moyens et le temps nécessaire à la communication. Les bailleurs de fonds ainsi que les membres du Conseil de Gestion du Bassin du Kou y seront très sensibles.

Cette impression est liée à l'absence du rapport technique annuel qui ne permet pas de se rendre compte en détail du travail effectué depuis le début du projet. Au départ prévu pour octobre, ce document ne sera disponible que dans le courant du mois de janvier. Pour le bien du projet, il me paraît essentiel que ce document soit disponible avant la prochaine réunion qui rencontrera DRI et APEFE. En tant que coordinateur du projet, j'assume une partie de responsabilité à ce retard et je ferai en sorte que cela ne se produise plus.

Une difficulté autre du projet est liée à son identification imparfaite et en tout cas trop floue dans sa définition en 2004 qui ne permet pas de voir clairement où le projet va. Encore une fois, à ce niveau, les principaux intéressés savent précisément où ils vont mais ils auraient tout intérêt à partager cette connaissance avec les bénéficiaires du projet et les bailleurs de fond. La réunion de recadrage prévue le 6 mars 2007 à Bobo servira à clarifier définitivement la situation.

Mes propositions pour mieux communiquer à l'avenir sont les suivantes :

- communiquer à temps les détails techniques sur l'avancement des travaux du projet

- faire un film sur le projet et si possible sur les deux projets frères en place à Bobo.
- Rédiger avant la réunion de recadrage un document qui précise les objectifs à atteindre et la méthodologie à suivre avec les moyens de contrôle appropriés pour vérifier l'avancement du projet.

A côté de ces points qui vont nécessiter des améliorations, il y a de nombreux points très positifs au projet :

- La maison des Wallons a été inaugurée cette semaine avec le soutien de la DRI. C'est un signe fort indiquant que la Région Wallonne envisage de s'établir dans la région de Bobo pour soutenir différents projets de développement.
- Le maître d'œuvre, par l'intermédiaire de M. Diallo, font preuve d'une motivation incontestable et semble de plus en plus à même à prendre la relève une fois la fin du projet atteinte.
- Le projet apparaît déjà beaucoup plus clair avec le SAP 2006. Le SAP 2007 devra encore donner plus de clarté. La clarté a également été faite sur les rôles respectifs de la Direction Régionale de l'Agriculture, Hydraulique et Ressources Halieutiques (DRAHRH) et de l'AEDE dans le projet actuel et son éventuelle poursuite.
- La démarche 'lente' proposée par l'AEDE qui consiste à attendre une demande précise des populations agricoles avant d'intervenir commence à porter ses fruits. Les premiers résultats concrets sur la population agricole apparaissent : les regroupements d'agriculteurs du périmètre irrigué de Bama ont décidé de payer leurs redevances pour avoir accès à l'eau. Si ces résultats se confirment, cela constituera un fait majeur qui montre que la population agricole prend conscience de sa situation et aussi de ses potentialités et décide de régler seule ses problèmes. Cette approche est probablement plus lente que d'autres mais elle doit conduire à des solutions plus durables.
- L'intensification de l'agriculture dans le bassin du Kou se poursuit de façon anarchique et sans aucun contrôle permettant notamment à chacun d'exploiter l'eau de nappe et du cours d'eau comme bon lui semble. Cette tendance confirme donc clairement l'intérêt de notre projet et montre aussi le besoin pour un outil de suivi de l'utilisation de l'eau par l'agriculture dans la zone.

2. Réunion du Comité Technique de Suivi

Une réunion du CTS s'est tenue le 4 décembre. Les participants étaient N. Compaore (AEDE), J. Decharneux (DRI), F. Deprez (APEFE), J. Derouane (DGRNE), M. Diallo (AEDE), B. Tychon (ULG), J. Wellens (APEFE).

Les points suivants ont été abordés :

- Evaluation externe du projet par SHER-Ouaga
- Retard du rapport technique
- Travaux de DEA
- Retard de paiement du projet
- Rapport financier et administratif
- Proposition d'une réunion de recadrage

L'ensemble de ces points est discuté dans le PV de la réunion.

Il convient de souligner l'intérêt de ce genre de réunions où l'ensemble des partenaires et des bailleurs est présent. Un nombre important de problèmes a pu être résolu très rapidement et des décisions communes sur les activités à venir ont pu être prises facilement.

3. Formation du coopérant APEFE à l'utilisation du SUNSCAN

Les travaux de J. Wellens prévoient des mesures de l'interception foliaire du rayonnement dans le cadre du paramétrage des modèles eau-plante-sol du projet. Le SUNSCAN du laboratoire a été prêté au projet jusqu'au début du mois de mars pour effectuer des mesures sous différents couverts naturels et agricoles. Une petite formation de base pour la manipulation de l'instrument a été organisée.

Conclusions

A mi-parcours du projet, je peux confirmer l'énorme travail accompli par l'équipe en place à Bobo. Il convient maintenant de mieux faire connaître ces travaux pour qu'ils soient appréciés à leur juste valeur. Il se confirme tous les jours davantage que la thématique abordée dans ce projet constitue un sujet prioritaire tant l'agriculture se développe de manière anarchique. Cette mission a aussi permis de ressouder les liens entre les différents intervenants au projet qu'ils soient wallons ou burkinabés, membres actifs ou bailleurs de fonds. Je remercie chacun d'eux pour l'excellente semaine passée ensemble.

Références bibliographiques

Albergel J., 1987. Secheresse, desertification et ressources en eau de surface. Application aux petits bassins du Burkina Faso. In *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources*, Vancouver, 9–22 August 1987. IAHS Publication 168, International Association of Hydrological Sciences: Wallingford. 355–365.

Allen G. R., Pereira S. L., Raes D. et Smith M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper N°56. Rome, Italie, 300 p.

Arcement, G.J.J. and Schneider, V.R., 1990. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. United States Geological Survey Water-supply Paper: 2339. USA. 67 p.

Brooks, R.H. and Corey, A.T., 1964. Hydraulic properties of porous media. *Hydrol. Paper 3*, Colo. State Univ., Fort Collins, CO.

Bos, M.G. and Nugeteren, J. 1990. On Irrigation efficiencies. ILRI publication 19. Wageningen, the Netherlands. 117 p.

Carbonnel J.P. et Hubert P., 1992. Pluviométrie en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne : remise en cause de la stationnarité des séries. In : Le Floch E. ed., Grouzis M. ed., Cornet A. ed., Bille J.C. ed.. *L'aridité : une contrainte au développement : caractérisation, réponses biologiques, stratégies des sociétés*. Paris : ORSTOM, 1992. 37-51.

Chabi-Gonni, B.G.F., (2003). Synthèse hydrologique sur la Vallée du Kou. Mise en place d'un système de suivi et d'évaluation de la ressource. Mémoire de fin d'études EIER. 85 p.

Dembélé Y., 1995. Modélisation de la gestion hydraulique d'une retenue d'irrigation : application au périmètre rizicole de Mogtédou (Burkina Faso). Thèse de docteur de l'Ecole Nationale supérieure Agronomique de Rennes. France. 156 p.

Dezetter A. (1991). Modélisation globale de la relation pluie débit. Application en zone de savane soudanaises (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université de Montpellier II. 422 p.

Dicko D., 2004. Evaluation des performances sur le périmètre de la Vallée du Kou. Projet APPIA-EIER-GEeau. Ouagadougou, Burkina Faso. 39 p.

Doorenbos, J., 1976. Stations agrométéorologiques. FAO Bulletin d'Irrigation et de Drainage 27. FAO Rome, Italy.

Doorenbos, J. et Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 33. Rome, Italy. 193 p.

Dyson M. Ed., Bergkamp. G. Ed. and Scanlon J. Ed., 2003. *Flow: The Essentials of Environmental Flows*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 118 p.

FAO, 1989. Evaluation des terres pour l'agriculture irriguée: directives. Bulletin Pédologique de la FAO. Rome, Italy. 285 p.

FAO, 1990. Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation. Bulletin Pédologique de la FAO. Rome, Italy. 181 p.

Fortin, J.P., R. Charbonneau, J. Levefre et G. Girard (1971). Proposition et analyse de quelques critères adimensionnels d'optimisation. IASH publication 101 : 458-557.

IWACO/BURGEAP, 1998. Diagnostic des grands périmètres irrigués dans le sud-ouest du Burkina Faso : Vallée du Kou – Banzon – Karfiguéla. Tome 1 : Rapport général de synthèse. RESO.

- IWACO/BURGEAP, 1998. Diagnostic des grands périmètres irrigués dans le sud-ouest du Burkina Faso : Vallée du Kou – Banzon – Karfiguéla. Tome 2 : Vallée du Kou. RESO.
- Kourkonou, A., 2001. Détermination des ruptures dans les séries chronologiques de paramètres météorologiques: application aux stations du Burkina Faso. Mémoire de fin d'études EIER.
- Lahcen O., 2000. Exploitation et entretien des réseaux d'irrigation du périmètre irrigué de la Vallée du Kou. Programme spécial pour la sécurité alimentaire, FAO-Maroc- Burkina Faso. 52 p.
- Lamb, P.J., 1983 West African water variations between recent contrasting Subsaharan droughts. *Tellus*, A35: 198-212.
- Mahé G., L'Hôte Y., Olivry J.C. et Wotling G., 2001. Trends and discontinuities in regional rainfall of west and central Africa – 1951-1989. *Hydrological Sciences Journal*, 46, 2, 211-226.
- Manley, R.E., 2003. A guide to using HYSIM. Water resource association Ltd. Great-Britain. 105 p.
- Molden, D.J. and Gates, T.K., 1990. Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems. *Journal for Irrigation and Drainage* 116: 804-823.
- Monfodji, P.S., 2004. Comparaison de deux outils de modélisation hydrologique au pas de temps mensuel. Essai d'application dans un contexte opérationnel avec peu voire pas de données hydro-pluviométriques. Application au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études EIER. 206 p.
- Moussa, M., 2006. Analyse statistique de la saison des pluies et identification d'indicateurs d'efficacité hydrique dans le bassin versant du Kou. Mémoire de fin d'études EIER. 113 p.
- Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual modes. Part I – A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 27(3): p. 282-290.
- Nicholson, S.E., 1978 Climatic variations in the Sahel and other African regions during the past five centuries', *Journal of Arid Environments*, 1: 3-24.
- Ouedraogo S., 1993. Analyse économique de l'allocation des facteurs de production dans les exploitations rizicoles de la Vallée du Kou. CNRST/INERA. Ouagadougou, Burkina Faso. 61 p.
- Ouedraogo., 2001. Régionalisation de variables hydrologiques en Afrique de l'Ouest. Conséquences des déficits pluviométriques observés depuis le début des années 1970 sur la gestion et la planification des ressources en eau. Thèse. Université de Montpellier II, France.
- Paturol, J.E., Servat E., Kouame B., Lubes H. et Masson J.M., 1996. Characterization of the different features of rainfall variability in Ivory Coast. EGS - XXI General Assembly, La Haye 6-10 Mai 1996.
- Raes, D., Mallants, D. and Song, Z., 1996. RAINBOW – a software package for analyzing hydrologic data. W.R. Blain ed. *Hydraulic Engineering Software VI. Computational Mechanics Publications*. Southampton, Boston, p. 525-534.
- SahelConsult/F.E.T., 1997. Inventaire des ressources en eau. Rapport Final. Tome 3 : Dossier Ressources en Eau de Surface. RESO.
- Sanou, B. 1990. Monographie de la Vallée du Kou. Document interne, DRAHRH-HB. 12 p.
- Servat E. et A. Dezetter, (1990). Sélection de critères numériques de calage dans le cadre d'une modélisation pluie-débit en zone de savane soudanaise. *Hydml. Continent.*, ml. 5, no 2 : 147-165.
- Sighomnou, D., 2004. Analyse et redefinition des regimes climatiques et hydrologiques du cameroun : perspectives d'évolution des ressources en eau. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Yaounde I. 286 p.
- Sircoulon J., 1976. Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique Intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940". *Cah. ORSTOM, Ser. Hydrol.*, 132:75-174.

Sivakumar, M.V.K., 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in the southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agric. For. Meteorol.*, 42: 295-305.

Stern, R.D., Dennett, M.D. and Dale, I.C., 1982. Analyzing daily rainfall measurements to give agronomically useful results. I. Direct methods. *Exp. Agric.* 18: p. 23-236.

U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, 2001. *Water Measurement Manual*. U.S. Government Printing Office, Washington, DC. 317 p.

Wellens, J. et Compaoré N.F., 2003. Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 1 (décembre 2001 – Novembre 2002). Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 123 p.

Wellens, J. et Compaoré N.F., 2004. Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 2 (décembre 2002 – Novembre 2003). Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 141 p.

Wellens, J. et Compaoré N.F., 2004. Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation – GEeau. Rapport Annuel No 3 (décembre 2003 – Octobre 2004). Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso & K.U.Leuven, Leuven, Belgique. 124 p.

Wellens, J. et Compaoré N.F., 2005. Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'irrigation dans le Bassin du Kou. Salon Africain de l'Irrigation et du Drainage. Ouagadougou, Burkina Faso. 10 p.

Promouvoir des approches innovantes de recherche-développement en matière de gestion intégrée des ressources en eau au Burkina Faso :



Le bassin du Kou, situé dans le sud-ouest du Burkina Faso, est depuis quelques décennies le théâtre de différentes formes de conflits liés à toute une série de problèmes que l'on rencontre généralement dans des zones irriguées.



Dans le bassin du Kou, les aménagements hydro-agricoles recensés couvrent une superficie totale de près de 3.200 ha. Il s'agit pour l'essentiel de périmètres privés formant la ceinture maraîchère, horticole et fruitière de Bobo-Dioulasso et d'un grand périmètre de 1.200 ha réalisé par l'Etat à Bama et spécialisé dans la production du riz.



Outre l'abondance en eau liée à la présence de sources importantes, d'une nappe phréatique facilement exploitable, d'un cours d'eau pérenne et un hivernage à caractère sub-humide, la plupart des utilisateurs d'eau se retrouvent régulièrement en pénurie d'eau à cause d'une augmentation de la population et d'une intensification de l'agriculture irriguée.

Ceci conduit les gestionnaires du bassin à rechercher des outils de contrôle et de suivi.