



Renforcement de la capacité
de gestion des ressources en eau
dans l'agriculture moyennant
des outils de suivi-évaluation

Rapport Annuel

No 1 : Décembre 2001 - Novembre 2002

(Janvier 2003)

Ministère de l'Agriculture,
de l'Hydraulique et
des Ressources Halieutiques



Direction Régionale
de l'Agriculture,
de l'Hydraulique et
des Ressources Halieutiques
des Hauts-Bassins

B.P. 179 – Bobo-Dioulasso
Burkina Faso

Ecole inter etats d'Ingénieurs
de l'Equipement Rural

03 BP 7023
Ouagadougou 03
Burkina Faso

Katholieke Universiteit Leuven

Département
Gestion des Terres



Vital Decosterstraat 102
3000 Leuven
Belgique



Renforcement de la capacité
de gestion des ressources en eau
dans l'agriculture moyennant
des outils de suivi-évaluation

Rapport Annuel

No 1 : Décembre 2001 - Novembre 2002

(Janvier 2003)

Rédigé par J. Wellens & N.F. Compaore (GE.eau@fasonet.bf)

En consertation avec :

- B. Dieng (Directeur des Etudes – E.I.E.R.)
- A. Ouattara (Directeur Régionale – D.R.A.H.R.H.)
- D.Raes (promoteur – K.U.L.)
- J. Van Orshoven (co-promoteur – K.U.L.)

Table des matières

Table des matières	i
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	v
Liste des cartes	v

Avant Propos

1 Activités annuelles	1
1.1 Résumé des objectifs des activités	2
1.2 Résumé des activités réalisées	2
1.2.1 Typologie des aménagements à étudier	2
1.2.2 Sélection des outils	3
1.2.3 Collecte des paramètres des modèles	3
1.2.4 Inventaire et mise en forme des données disponibles	4
1.2.5 Choix du bassin versant	4
1.3 Résumé et justification des activités non réalisées	4
1.4 Emploi du temps : décembre 2001 – novembre 2002	6
1.5 Planning : décembre 2002 – novembre 2003	7

Récherche

2 Bases de données	8
2.1 BEWACO et BDRESO	9
2.1.1 Le champ « clé »	10
2.1.2 Les différents fichiers	10
2.1.3 Qualité des données	12
2.2 La base de données Surface	13
2.3 Les données cartographiques disponibles	13
2.4 Logiciels hydrologiques	13
2.5 Les logiciels de modélisation et les SIG	14
2.6 Remarques	15
3 Choix du bassin versant	16
3.1 Les bassins versant internationaux, nationaux et régionaux	17
3.2 Choix du bassin versant	19
3.2.1 Cartes indicatifs	20
3.2.2 Visite de terrain	25
4 Climatologie	26
4.1 Pluviométrie	28

4.1.1	Précipitations annuelles	30
4.1.2	Distribution spatiale	32
4.1.3	Test d'homogénéité	34
4.1.4	Analyse fréquentielle	35
4.1.5	Précipitations décadiques	36
4.1.6	Analyse fréquentielle des précipitations décadiques	37
4.1.7	Analyse fréquentielle des durées de périodes de sécheresse en hivernage	38
4.2	Facteurs climatiques	39
4.2.1	Température	40
4.2.2	Les vents	40
4.2.3	Rayonnement solaire	41
4.2.4	L'hygrométrie	42
4.3	Evapotranspiration de référence	43
5	Pédologie	46
5.1	Légende de la carte pédologique	48
5.1.1	Unité agronomique 12	48
5.1.2	Unité agronomique 8	51
5.1.3	Unité agronomique 13	52
5.2	Tableau récapitulatif	55
5.3	Carte pédologique	55
6	Périmètre formel	56
6.1	Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou	57
6.2	Infrastructure hydraulique	58
6.2.1	La prise d'eau	58
6.2.2	Le canal d'aménée	58
6.2.3	Le canal principal, les secondaires, les tertiaires, ...	60
6.2.4	Drainage	61
6.3	Besoins en eau des cultures	61
6.4	Climatologie	63
6.5	Caractéristiques des sols	63
6.6	Organisation actuelle du périmètre	64
6.6.1	Calendrier agricole	64
6.6.2	Irrigation	64
6.7	Notion d'efficience	65
6.8	Rendements	66
6.9	Remarques	66
7	Irrigation informelle	67
7.1	Diaradougou	69
7.2	Travaux de terrain	69

Séminaires

Journée technique d'irrigation	72
Compte rendu de la rencontre entre GEeau et l'ARID	73
La coopération belge au Burkina Faso	77
Seminaire d'Information et de Sensibilisation sur la Gestion des Ressources en Eau au Burkina Faso	80

Etudiants encadrés

86

Missions

15/02/02 – 23/02/02; Bobo-Dioulasso & Ouagadougou ; Burkina-Faso	87
24/06/02 – 06/06/02 ; Leuven ; Belgique	120

Bibliographie

122

Liste des tableaux

Tableau 1.1 - Emploi du temps : décembre 2001-novembre 2002	6
Tableau 1.2 - Planning : décembre 2002 – novembre 2003	7
Tableau 3.1 - Bassins versants du Burkina Faso et leur superficie	18
Tableau 3.2 - Programme de visite de reconnaissance de terrain	25
Tableau 4.1 - Moyennes annuelles des hauteurs de pluie des différentes stations	30
Tableau 4.2 - Corrélation entre les précipitations des stations voisines employant la méthode de rangement de Kendall (coefficient de corrélation Kendall ; années communes)	34
Tableau 4.3 - Analyse fréquentielle des précipitations annuelles	36
Tableau 4.4 - Fréquence de dépassement de pluie décadaire à Bobo-Dioulasso pour une période sèche, normale et humide	38
Tableau 4.5 - Occurrence moyenne des périodes de sécheresse de 3, 6 et 9 jours pour les cas de Bobo-Dioulasso et la Vallée du Kou	39
Tableau 4.6 - Stations météorologiques étudiés	39
Tableau 4.7 - Analyse statistique sur les résultats d'ETo calculés avec différents ensembles de données	44
Tableau 4.8 - Evapotranspiration de référence décadaire pour Bobo-Dioulasso, calculées avec la méthode Penman-Monteith avec l'ensemble le plus vaste (Tmin, Tmax, RH, Vent, Insol, Bac)	45
Tableau 5.1 - Tableau récapitulatif des légendes pédologiques	55
Tableau 6.1 - Débits du Kou avant la prise de Diaradougou pendant la saison sèche	58
Tableau 6.2 - Débits mesurer au long du canal d'aménée	59
Tableau 6.3 - Relation hauteur-débit dans le canal d'améné de la vallée du Kou	59
Tableau 6.4 - Variations de débits journalières de février 2001, lecture à l'échelle de la porcherie	60
Tableau 6.5 - Récapitulatif de la nomenclature des canaux et leurs débits	61
Tableau 6.6 - Besoins en eau en l/s pour les blocs 2, 2a et le total pour tous les blocs	62
Tableau 6.7 - Mesures réussites de ETriz et percolation sur quelques rizières (mm/jour)	63
Tableau 6.8 - Résultats des lysimètres (mm/jour)	63
Tableau 6.9 - Calendrier agricole au niveau du périmètre rizicole	64
Tableau 6.10 - Ressources en eau prélevée et analyse de la consommation d'eau	65
Tableau 6.11 - Rendements en T/ha durant les deux campagnes pour la période 1995-1998	66

Liste des figures

Figure 4.1 - Variation des précipitations moyennes annuelles dans les différentes stations	31
Figure 4.2 - Précipitation annuelle mesuré à Bobo-Dioulasso pour une longue période de 1959-2000	32
Figure 4.3 - Déviation cumulative de données des différentes stations (RAINBOW)	35
Figure 4.4 - Moyenne des précipitations décadiques dans les différentes stations	37
Figure 4.5 - Variation des températures moyennes mensuelles à Bobo-Dioulasso	40
Figure 4.6 - Moyenne mensuelle de la vitesse du vent à 2 mètres du sol à Bobo-Dioulasso	41
Figure 4.7 - Moyenne mensuelle du rayonnement solaire à Bobo-Dioulasso	42
Figure 4.8 - Moyenne mensuelle de l'humidité relative à Bobo-Dioulasso	43
Figure 7.1 – Diagramme d'utilisation des sols dans la vallée du Kou entre Dinderesso et Diaradougou	68

Liste des cartes

Carte 3.1 - Bassins versants nationaux	18
Carte 3.2 - Bassins régionaux du Sud-Ouest	19
Carte 3.3 - Barrages (bassin du Kou)	20
Carte 3.4 - Lacs (bassin du Kou)	21
Carte 3.5 - Points d'eau pastorales (bassin du Kou)	21
Carte 3.6 - Périmètres irrigués (bassin du Kou)	22
Carte 3.7 - Puits (bassin du Kou)	22
Carte 3.8 - Sources (bassin du Kou)	23
Carte 3.9 - Forages (bassin du Kou)	23
Carte 3.10 - Limnigraphes (bassin du Kou)	24
Carte 4.1 - Localisation des différentes stations étudiées	28
Carte 4.2 - Position du Burkina par rapport au F.I.T.	29
Carte 4.3 - Isohyètes du Burkina Faso	29
Carte 5.1 - Carte pédologique du Bassin du Kou	55

Liste des photos

- 1 g La Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins
m Périmètre irrigué de Douna
d Périmètre irrigué de la Vallée du Kou (Bama) avec voiture du projet
- 8 g Données pluviométriques de l'INERA (Bama)
m Echelle sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou
d Vue aérienne d'un bas-fonds (Bassin du Kou)
- 16 g Barrage de Douna
m 'Center-pivots' pour la canne à sucre du SOSUCO (Banfora)
d Le Kou avec échelle vers la prise d'eau de Diaradougou
- 26 g Station météorologique de l'INERA (Bama)
m Pluviomètre sur un champ de test (Diaradougou)
d Station météorologique de l'INERA (Bama)
- 46 g Test d'infiltration à double anneaux (Diaradougou)
m Echantillons non perturbés (Diaradougou)
d Puit de profil (Diaradougou)
- 56 g Repiquage (Vallée du Kou)
m Lysimètre (Vallée du Kou)
d Prise d'eau à Diaradougou
- 62 g Champ avec règle graduée (Vallée du Kou)
d Champ avec règle et lysimètre (Vallée du Kou)
- 64 g Creuser d'un puit de profil (Vallée du Kou)
d Test d'infiltration à double anneaux (Diaradougou)
- 67 g Récolte du riz pluvial (Diaradougou)
m Irrigation gravitaire (Diaradougou)
d Puissant avec moto-pompe (Diaradougou)
- 69 g Pluviomètre sur un champ de test (Diaradougou)
m Creuser d'un puit de profil (Diaradougou)
d Mesures les cadres de rendement (Diaradougou)
- 71 g Labourer la terre par traction animale (Diaradougou)
m Pompe à pédale – Projet Petite Irrigation Villageoise (Diaradougou)
d Construction des briques avec les terres des champs (Vallée du Kou)
- 85 g Taxi-brousse (Bobo-Dioulasso)
m Soutenance à l'E.I.E.R. (Ouagadougou)
d Encadrement des étudiants sur terrain (Diaradougou)



- Activités annuelles -

1

Activités annuelles

1.1 Résumé des objectifs des activités

Comme prévues dans le « Rapport de Mission de 15-23 Février 2002 » de Raes et Van Orshoven , les activités à entreprendre dans la première année du projet étaient en ordre chronologique :

- 1) typologie des aménagements à étudier (31/03/02)
- 2) sélection des outils (30/04/02)
- 3) collecte des paramètres des outils (2002 – 2003)
- 4) inventaire et mise en forme des données disponibles (30/04/02) ;
- 5) choix du bassin versant (31/05/02) ;
- 6) sélection et acquisition du modèle hydrologique (15/05/02)
- 7) établissement des bases de données en vue du paramétrage du modèle hydrologique (juin 2002 – février 2003)
- 8) calibration du modèle hydrologique (juin 2002 – février 2003)

1.2 Résumé des activités réalisées

1.2.1 Typologie des aménagements à étudier

Une étude bibliographique des rapports, gardés dans la salle de documentation de la DRH-HB, et une visite de reconnaissance de terrain de quatre jours sur le bassin versant du Kou, organisé par le DRH-HB, étaient faites pour inventorier plusieurs types d'aménagement :

- périmètre irrigué
- aménagement de bas-fonds
- aménagement pluvial

Basé sur cet inventaire deux différents sites étaient sélectionnés pour les campagnes de mesures et de collecte de données ; la Vallée du Kou (périmètre irrigué) et Diaradougou (périmètre informel, aménagement pluvial et bas-fonds non aménagé).

1.2.2 Sélection des outils

Plusieurs modèles de simulation ont déjà été développés et validés par le Département Gestion de Terres de la K.U.Leuven. Il s'agit de :

- BIRIZ (besoin en eau d'irrigation des rizières). Ce modèle a été développé, validé et intégré dans un SIG dans le cadre du projet 'Gestion de l'eau' (Collaboration scientifique entre la SAED et la K.U.Leuven dans le Delta et la Vallée du fleuve Sénégal).
- BUDGET (simulation du bilan d'eau, estimation de la productivité des cultures irriguées ou pluviales, élaboration de calendriers d'irrigation). Le modèle a été développé en 1984 déjà et depuis lors, a évolué continuellement. Il a été intégré dans le logiciel SIG ArcInfo en vue de permettre l'estimation de la productivité du riz pluvial dans le cadre d'un autre projet VLIR 'Small scale irrigation, Mtwara, Tanzania'.

Ces modèles sont utilisés comme modèle type des aménagements hydro-agricoles irrigués et pluviaux. A ce moment ces modèles sont en train d'être testés en vue de leur validation avec la première collecte des données, les résultats seront publiés vers juin 2003.

Pour les aménagements de type bas-fond, la technique du 'flood routing' pour simuler le passage et la retenue de l'eau dans ces aménagements est envisageable. Comme il y a un manque des données une étude bibliographique sera d'abord nécessaire. Cette proposition n'est pas encore élaborée.

1.2.3 Collecte des paramètres des modèles

Chaque année le projet accueille et encadre des stagiaires ou étudiants de fin d'études avec lesquels qu'on mène des travaux en vue d'atteindre les objectifs du projet. Cette année 4 stagiaires ont été accueillis pour une période étalée sur 8 mois, de début mars jusqu'à fin octobre. Tous ces stages avaient comme but la collecte et le traitement des données. Les résultats de leurs travaux sont également inclus dans ce rapport (quelques encore dans leurs forme non-traitée).

De mars jusqu'à juin, Pahimi Teyabe, venu de Tchad et étudiant en dernière année de l'E.I.E.R., a fait son mémoire de fin d'études dans le projet. La thème de son mémoire portait sur la « Gestion des ressources en eau du Sud Ouest du Burkina Faso à des fins agricoles : Analyse des caractéristiques du climat (P et ET_p) ».

Sophie Rapenne est élève Ingénieur à l'ENGEES (Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg). Dans la deuxième année il leur faut un stage pratique de l'ingénierie. Puisque l'ENGEES est en partenariat avec l'E.I.E.R., il a été aisément de trouver un stage dans ce contexte. Son stage s'est déroulé de début Juin à fin Juillet. Elle a réalisé une compilation des cartes pédologiques, intégrées au SIG.

Sophie Rapenne était assistée par Marion Decay, qui faisait le même stage (même sujet, même période). Elle est étudiante à L'ENSAR (Ecole Nationale supérieure Agronomique de Rennes) et a sollicité directement au niveau de la DRH-HB pour son stage.

D'Août à Novembre, Sam Geerts et Maarten Deschamps, étudiants en dernière année d'agronomie de la K.U.L., ont fait une recherche pour leurs mémoires de fin d'étude dans le projet. Leurs travaux seront publiés en juin 2003 et titrés « Prédiction régionale des récoltes des cultures pluviales dans l'Ouest de Burkina Faso: collection, estimation et validation des entrées modèles » et « Besoin en eau d'irrigation des rizières à la Vallée du Kou utilisant le logiciel BIRIZ ».

1.2.4 Inventaire et mise en forme des données disponibles

Les données et les bases de données de la DGH et de la DRH-HB ont été recensées et étudiées. Ce sont finalement ces bases de données qui se trouvent à l'origine de toutes les autres banques de données diffusées dans les différents services.

Un état des inventaires au Burkina Faso directement disponible pour exploitation par le projet a été élaboré.

La base de données des bas-fonds aménagés et non-aménagés du PAFR n'est pas encore opérationnelle à l'instant.

1.2.5 Choix du bassin versant

A l'aide de la littérature, de la base de données et du SIG, le bassin régional du Kou a été sélectionné. Des visites de terrain ont été aussi faites pour s'assurer de la pertinence de ce choix.

Ce bassin versant à la superficie de quelques milliers de kilomètres carrés, comprend Bobo-Dioulasso, tous les objectifs importants du projet sont facile à atteindre car le bassin est divers en ce qui concerne la présence d'aménagements hydro-agricoles types divers (bas-fonds, sources, puits/forages, retenues, barrages, rizières et autres périmètres irrigués...).

1.3 Résumé et justification des activités non réalisées

Plusieurs aspects ont retardé certaines activités du projet ou même les ont rendu inexécutables :

- i) état de la DRH-HB : après RESO les ressources financières étaient inexistantes, la DRH avait fondé un espoir trop élevé sur le projet ;

- ii) manque d'ordinateurs : à cause de la faillite de SABENA, AirAfrique et la situation politique en Côte d'Ivoire (« port du Burkina Faso ») et l'absence d'une marché informatique l'E.I.E.R. a des difficultés avec la livraison des ordinateurs du projet, qui ne sont même pas encore arrivés jusqu'à ce jour ;
- iii) manque de logiciel : à cause des difficultés entre ESRI (distributeur du logiciel ArcView ; SIG), ERDAS (distributeur du logiciel ERDAS-Imagine ; traitement images satellitaires) et SADL-K.U.Leuven des CD d'installation et clé de protection n'ont pas pu été fournis au projet par SADL-K.U.Leuven
- iv) qualité de base de données BDRESO : comme les données sont plutôt descriptives que quantitatives une exploitation directe moyennant un SIG est impossible

La qualité de la base de données, le manque de plusieurs données et le manque des moyens et du temps pour aller mesurer les données absentes nous-même, n'ont pas permis de proprement évaluer le modèle hydrologique AVSWAT. AVSWAT est un modèle dynamique décrivant la redistribution spatiale des eaux de pluie dans un bassin versant et les décharges dans le système hydrographique en tenant compte de la topographie, la rugosité du terrain, les propriétés d'infiltration des sols, etc.

Ce problème devrait certainement être discuté entre Joost WELLENS et l'expert d'AVSWAT au Département Gestion de Terre de la K.U.Leuven à son retour annuel (fin Décembre).

Il serait aussi intéressant d'aborder le problème avec le responsable volet évaluation du programme GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau). GIRE simule et évalue entre autres les besoins en eau et la gestion des ressources en eau au niveau des bassins nationaux à l'aide de logiciel MIKE BASSIN.

Problèmes ii) « manque d'ordinateurs » et iii) « manque des logiciels » ont empêché de s'occuper d'activité 7) « établissement des bases de données en vue du paramétrage du modèle hydrologique » et d'activité 8) « calibration du modèle hydrologique ».

Ces deux complications seront être résolus à janvier pour que les activités puissent continuer avec un certain délai rattrapable.

1.4 Emploi du temps : décembre 2001 – novembre 2002

Tableau 1.1 – Emploi du temps : décembre 2001-novembre 2002

Mois	Activité
Décembre	- Préparation et étude bibliographique en Belgique.
Janvier	- Arrivée au Burkina Faso; - Installation du projet et de J.Wellens (chef de projet).
Février	- Mission de D. Raes et de J. Van Orshoven; - Etude bibliographique sur des projets antérieurs.
Mars	- Stage de P. Teyabe (E.I.E.R.): "Gestion des ressources en eau du Sud Ouest du Burkina Faso à des fins agricoles"; - Etude des banques de données disponibles; recherche des données et étude bibliographique.
Avril	- Stage de P. Teyabe; - Etude et traitement des données; étude bibliographique.
Mai	- Stage de P. Teyabe; - Traitement des données climatologiques; - Visites de terrain à la recherche des sites de recherche.
Juin	- Stage de S. Rapenne et M. Decay (France); - Recherche des données pédologiques et cartes; - Etudier les données pédologiques de la zone de recherche.
Juillet	- Stage de S. Rapenne et M. Decay (France); - Elaborer carte pédologique digitale avec légende pour la zone de recherche; - Mission de J. Wellens en Belgique.
Août	- Stage de S. Geerts et M. Deschamps (K.U.L., Belgique); - Campagne de mesures sur le périmètre irrigué de Bama (Vallée du Kou); - Campagne de mesures sur les cultures pluviales à Diaradougou.
Septembre	- Stage de S. Geerts et M. Deschamps (K.U.L., Belgique); - Campagne de mesures sur le périmètre irrigué de Bama (Vallée du Kou); - Campagne de mesures sur les cultures pluviales à Diaradougou.
Octobre	- Stage de S. Geerts et M. Deschamps (K.U.L., Belgique); - Campagne de mesures sur le périmètre irrigué de Bama (Vallée du Kou); - Campagne de mesures sur les cultures pluviales à Diaradougou.
Novembre	- Finir les mesures à Bama et Diaradougou; - Rapportage et comptabilité.

1.5 Planning : décembre 2002 – novembre 2003

Tableau 1.2 – Planning : décembre 2002 – novembre 2003

Mois	Activités
Décembre	<ul style="list-style-type: none"> - Rapportage; - Mission de J. Wellens en Belgique; - Congé.
Janvier	<ul style="list-style-type: none"> - Inventorier les caractéristiques d'AVSWAT et MikeBassin; les besoins en paramètres; disponibilités.
Février	<ul style="list-style-type: none"> - Inventorier les caractéristiques d'AVSWAT et MikeBassin; les besoins en paramètres et disponibilités; - Etudier l'usage d'ERDAS et initiation en traitement des images.
Mars	<ul style="list-style-type: none"> - Stages de l'E.I.E.R., sujets proposés: <ul style="list-style-type: none"> i) valider et calibrer les modèles de simulations ii) efficacité en irrigation iii) élaborer des calendriers d'irrigation iv) traitement des images, télédétection.
Avril	<ul style="list-style-type: none"> - Stages de l'E.I.E.R. (voire Mars).
Mai	<ul style="list-style-type: none"> - Stages de l'E.I.E.R. (voire Mars).
Juin	<ul style="list-style-type: none"> - Transformer et adapter les thèses de 2002-2003 en bulletins techniques; - Compléter les bases de données avec le traitement des images.
Juillet	<ul style="list-style-type: none"> - Compléter les bases de données avec le traitement des images.
Août	<ul style="list-style-type: none"> - Stages de la K.U.L., sujets proposés: <ul style="list-style-type: none"> i) traitement des images et analyse temporelle et spatiale de la végétation; ii) étudier la validité des cartes pédologiques et topographiques pour des analyses avec AVSWAT ou MikeBassin.
Septembre	<ul style="list-style-type: none"> - Stages de la K.U.L. (voire Août); - Mission de D. Raes et J. Van Orshoven.
Octobre	<ul style="list-style-type: none"> - Stages de la K.U.L. (voire Août).
Novembre	<ul style="list-style-type: none"> - Rapportage



- Bases de données -

2

Bases de données

Ce chapitre présente les sources de données disponibles, les problèmes liés à la collecte et à la qualité des données relatives à la connaissance et au suivi des ressources en eau.

En ce qui concerne la pluviométrie, la qualité des données et la couverture des données pluviométriques sont bonnes. Elles sont proprement exposées et analysées dans le chapitre 4.

Les données recensées sont contenues dans les bases de données de la DGH et de la DRH-HB. On constate depuis quelques années que la politique de désengagement de l'Etat, qui se traduit par la stagnation des budgets disponibles et du personnel affecté au suivi, entraîne un appauvrissement croissant du réseau de mesures (e.g. beaucoup de limnigraphes sont rendus inutiles à cause d'une pauvre calibration).

Un problème matériel non négligeable et quasi général est la médiocre qualité de la gestion des archives. La salle de documentation de la DRH-HB est encore dans un assez bon état grâce à l'appui du projet RESO.

Les données qui coïncident avec l'aire du projet (bassin régional du Kou), sont traitées ci-dessous.

2.1 BEWACO et BDRESO

La Direction Régionale de l'Hydraulique a réalisé plusieurs inventaires depuis 1989. Le dernier inventaire au niveau national des puits, forages et retenues est BEWACO. BEWACO est la base de données nationale des Ressources en Eau (eaux souterraines et eaux surfaces) et a été élaborée en 1987 pendant l'exécution du projet Bilan d'Eau par le Bureau d'Etude IWACO. BEWACO est une des bases de données complète, programmée sous DATAFLEX qui est un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) relationnelle, mais qui n'est pas répandu comme les autres logiciels. Sa programmation est assez complexe et demande une assiduité sans faille.

Mais ayant constaté la vulgarisation des logiciels sous Windows elle a préféré de développer sa base de données non pas avec DATAFLEX mais avec ACCESS. La mise en jour a été assurée par le projet Renforcement de la DEP, le programme RESO et le projet Appui à la DGH. Ainsi depuis octobre 1998 la Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins possède une base de données appelée BDRESO, opérationnelle sous ACCESS.

La base de données BDRESO est issue d'un grand inventaire couvrant toute la zone Ouest Sud-ouest du Burkina soit une superficie de 60 000 km². Cette base de données contient des informations sur les données socio-économiques, des points d'eau, des eaux de surface, des eaux souterraines, des périmètres irrigués et des industries. Ces données ont été aussi confrontées aux données de la base de données BEWACO et elles s'avéraient plus étendues et plus précises que cette dernière.

Cependant, son usage n'est pas vraiment généralisé car d'une part elle n'a pas été actualisée depuis longtemps sur le plan informatique et d'autre part, la formation a été insuffisante lors de sa mise en place. Un SIG est couplé à cette base, mais un seul cadre sait réellement l'exploiter.

2.1.1 Le champ « clé »

La base de données est organisée autour d'un fichier « père » ou « clé », qui est celui des villages. Des champs longitude et latitude matérialisent les positions des différentes localités.

Les coordonnées sont en degrés/minutes/seconde (DMS) mais ne comportent aucun séparateur de DMS. Elles sont facilement convertibles en degrés décimaux par une application conçue en AVENUE (langue de programmation d'ArcView). Les positions peuvent alors être visualisé sans problème.

2.1.2 Les différents fichiers

Toutes les données sont stockées en formant «dbf» et «mdb» (Access). Chaque fichier contient les champs longitude et latitude, ce qui nous permet de facilement les introduire et les visualiser dans un environnement SIG (ArcView dans ce cas).

Ci-dessous tous les fichiers sont listés, avec les champs d'attributs les plus intéressants du point de vue d'une gestion automatisée en eau. Des champs trop descriptives n'ont pas de valeur pour atteindre les objectifs du projet et c'est très difficile voire impossible de faire de simples requêtes sur de telles données. Pour les champs intéressants une description ou commentaire succincte est ajoutée.

Barrage.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- perenne : champ « boolean », Oui / Non
- période-tari : si pérenne, le période que le barrage est vide
- nature_digue : trop détaillé et pas systématique, par exemple une digue en terre peut être qualifiée comme « terre, en terre, terre (arg lat),... »
- haut- digue
- capac_net : capacité du barrage, champ important, mais n'a qu'un taux de remplissage de 27 %

- superficie_net : cfr. capac_net
- dispo_suivi : sorte d'échelle pour suivre le niveau
- valorisation : champ « boolean »
- type_valor : type de valorisation, mais de nouveau pas structuré, trop de différents définitions ou nominations pour la même type de valorisation

Lac.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- perenne : champ « boolean »
- période_tari
- valorisation
- type_valor
- superficie

Pe_pasto.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- type_pe : pe = point eau ; F (forage) ou P (Puits) ou R (Rivière)
- tant de champs descriptifs

Pe_irri.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- type_perimeter : I (Informel) ou F (Formel)
- source_eau : trop de différentes définitions
- s_exploité : superficie exploité, maigre taux de remplissage de 2 %
- s_exploitable : superficie exploitable, taux de remplissage de 2 %
- bes_eau : besoins en eau, taux de remplissage de 85 %
- tant de champs descriptifs

Puits.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- profondeur : taux de remplissage 2 à 3 %
- niveau_pie : niveau piezométrique, taux de remplissage de 95 %

Sources.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- pérenne
- per_tari
- valoris
- typ_valori
- débit : taux de remplissage de 73 %
- perméabilité : de l'aire alimentaire

Stations.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- matériel : pluviomètre, échelle limnimétrique, limnimètre
- état : bon, mauvais, ...

Fora.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- prof_forree : profondeur du forag
- niveua_piezo
- débit_fin_fo
- débit_develo

Village.dbf

- village, longitude, latitude et altitude
- pop.95 : population
- sup_agric : superficie agricole
- tant de champs descriptifs

Industrie.dbf

- village
- bes_eau_br : besoin en eau brut
- consommation
- vol_rejet : volume rejeté

2.1.3 Qualité des données

Il n'a pas été possible de vérifier ou d'actualiser certains types de données, elles comprennent surtout les données physiques (niveaux d'eau dans les forages, débits, etc.).

L'analyse de la base de données a révélé que les différents champs de données ont un taux de remplissage moyen, pour quelques champs intéressants on peut même dire abominable (s_exploité du pe_irri.dbf : taux de remplissage de 2 %).

Pour les objectifs du projet, créer un outil de suivi-évaluation pour la gestion des ressources en eau, on peut rien faire avec des données trop descriptives. Il faut des données quantitatives, faciles à importer dans des autres logiciels d'évaluation ou simulation.

Il manque un tome « meta-données », c'est-à-dire des données sur les données.

Le relevé GPS des coordonnées des villages est néanmoins complet aujourd'hui.

La base de données, actuellement disponible sous Access et Excel, présente des contraintes d'utilisation et d'évolutivité. L'ergonomie de cette base de données devrait être repensée suivant les besoins du projet.

2.2 La base de données Surface

C'est la base de données pédologiques, elle contient une gamme variée de descriptions des échantillons de sols couvrant la zone RESO (le Sud-ouest).

2.3 Les données cartographiques disponibles

La cellule informatique de la DGH dispose de plusieurs fonds cartographiques renseignés. Ces données cartographiques ont été réalisé sous ArcInfo et peuvent être exportées vers d'autres logiciels.

Le système de projection en latitude/longitude est celle de WGS 84. Néanmoins l'IGB conseille de travailler en ADIDAN. En ArcGIS une procédure pour convertir les données WGS 84 dans le système ADIDAN est conçue. Le problème n'était pas encore étudié avec ArcVIEW ou Erdas-Imagine.

Les cartes numériques disponibles au niveau de la DRH-HB et intéressantes pour le projet sont :

- routes principales (routes_p_polyline ; routes_g_polyline)
- rivières principales (riviere_1_polyline ; riviere_2_polyline) : avec attributs principaux les Codes IRH
- forêts classés (foret_cl_polyline): pas d'attributs
- bassins versants : code IRH
- pédologie (sols_5002_region) : avec comme légende 'Soltyp' et 'Code_sols' (voire § ...)
- climat (pluvio_70, pluvio_60-90) : les isohyètes de 400 jusqu'à 1200 mm
- topographie (courbes) : le champs 'hauteur' n'a qu'un taux de remplissage de 15% ; seulement les lignes '320', '400', '500' et '600' sont intitulés

Auprès de l'IGB (Institut Géographique du Burkina Faso) les cartes topographiques disponibles sont les cartes au :

- 1 / 1 000 000ème (formats papiers et numériques)
- 1 / 500 000ème (formats papiers et numériques)
- 1 / 200 000ème (formats papiers et numériques)
- 1 / 50 000 (format papier uniquement)

2.4 Logiciels hydrologiques

La cellule hydrologique de la Direction Régionale de Hydraulique utilise des logiciels dont la plupart est élaborée par l'ORSTOM. Ce sont surtout les bases de données HYDROM, PLUVIOM, le logiciel de statistiques SAFARHY et HYROPID et récemment le logiciel de simulation HYDROM.

Les paramètres mesurés sont les débits moyens mensuels des stations hydrométriques en rivière et les volumes mensuels des barrages et des retenues d'eau. Ces données sont souvent incomplètes par manque de mesure sur le terrain et contiennent parfois des valeurs ponctuelles aberrantes dues surtout aux interpolations du logiciel de traitement (HYDROM). Les débits de certains petits sous-bassins ne sont pas mesurés. (GIRE, 2001)

Il faut remarquer que ces modèles sont archaïques, tournent dans un environnement MS DOS, ne sont pas répandues et mal documentées.

A ce moment, la DGH a choisi le logiciel MIKE BASSIN pour ses simulations et inventaire hydrologique dans le projet GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau ; assistance technique IWACO et DHI). Un logiciel bien répandu et documenté, interface compatible avec ArcView, mais du software coûteux. Malheureusement le logiciel ne sera pas distribué au niveau des Directions Régionales, mais une collaboration reste certainement à envisager, même à entreprendre.

2.5 Les logiciels de modélisation et les SIG

Dans le cadre du programme RESO, une modélisation des eaux de surface et des eaux souterraines avait été prévue. L'Assistance Technique Générale du projet qui était assurée par le groupement IWACO-BURGEAP avait proposé le logiciel TRIWACO qui est un système intégré de simulation des eaux de surface et des eaux souterraines. Mais TRIWACO risquait de poser un problème de suivi après le projet car l'Assistance Technique serait en ce moment aussi en fin de contrat. C'est ainsi qu'un modèle de simulation des eaux de surface qui a été déjà utilisé à Ouagadougou à la Direction de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques fut retenu. Ce logiciel dénommé MODLAC a été conçu par un hydrologue de l'Ecole des Mines de Paris et qui a travaillé à l'ORSTOM dont les antennes sont implantées dans presque tous les pays francophones. Ce sont tous ces paramètres qui ont contribué à l'orientation de la choix ; mais MODLAC n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, la modélisation hydrologique est assurée actuellement avec le logiciel Cequeau.

Dans le domaine de la modélisation souterraine aucun logiciel ne fut pas prévu à cause de l'insuffisance des données hydrogéologiques.

En matière de cartographie, le Système d'Information Géographique utilisé à l'origine c'est-à-dire en début du projet RESO était ARC-INFO, ceci pour un souci de compatibilité avec le projet Bilan d'Eau et l'Institut Géographique du Burkina Faso. Cependant ARC-INFO exige un lourd investissement du point de vue financier et humain. Le programme dans sa dernière réorganisation de la stratégie informatique avait introduit l'utilisation d'ATLAS GIS, qui est très convivial et facile d'apprentissage.

Aujourd'hui la Direction Régionale de l'Hydraulique utilise les logiciels SIG suivants: ATLAS-GIS, ArcView et MapInfo.

La recherche pour un SIG couplé avec un modèle hydrologique et hydrogéologique continue jusqu'à maintenant.

2.6 Remarques

Un des objectifs de ce chapitre était de réaliser un état des inventaires au Burkina Faso directement disponible pour exploitation par le projet. Il est apparu rapidement que malgré l'intérêt et la qualité des travaux déjà réalisés, l'assemblage des différents inventaires et cartes est impossible si un certain nombre de précautions et de mesures de corrections ne sont pas réalisés.

Il serait intéressant de déjà tenir compte avec les objectifs du Programme VREO (Valorisation des Ressources en Eau dans l'Ouest du Burkina Faso / ou plus populairement RESO II). C'est-à-dire rendre la banque de données et le SIG réalisé par le RESO I conforme au Système National d'Information sur l'Eau (SNIEau – banque de données couplée à un SIG accessible par Internet). Le lancement de ce SNIEau est décalé à l'instant.



- Choix du bassin versant -

3

Choix du bassin versant

C'est une évidence physique que l'eau courante est un milieu continu et que tout aménagement en un point d'un bassin récepteur de la pluie (bassin versant ou bassin hydrographique) doit s'étudier en fonction (a) de l'eau collectée à l'amont et (b) de l'impact provoqué à l'aval. Le bassin versant est donc l'unité adaptée pour la gestion des ressources en eau. Le bassin versant paraît être l'unité spatiale la plus pertinente. Aucune division spatiale ne réunit tous les avantages possibles pour gérer l'eau, et donc aucune ne peut s'imposer indiscutablement. Cependant, les bassins versants constituent des entités cohérentes au regard de la circulation des eaux de surface ; ils présentent aussi l'avantage de diviser l'espace national en zones géographiques immuables et indépendantes des aleas historique des divisions administratives (GIRE, 2001)

Tout au long du présent projet, l'approche spatiale retenue pour l'analyse des données sur les ressources en eau et leur gestion est celle du bassin versant, conformément aux orientations politiques nationaux.

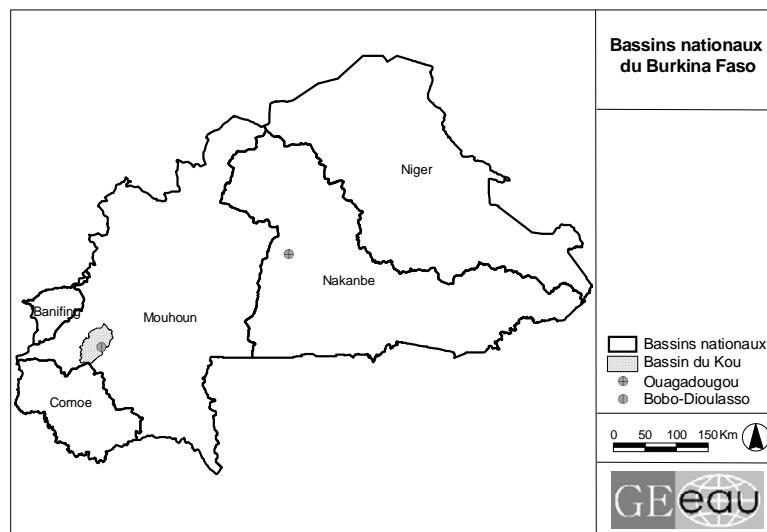
3.1 Les bassins versant internationaux, nationaux et régionaux

Le Burkina Faso est situé sur 3 bassins versant internationaux : la Volta, le Niger et la Comoé. Ces 3 bassins sont eux-mêmes subdivisés sur le territoire burkinabé en 4 bassins versants nationaux : le Nakanbé, le Mouhoun, le Niger et la Comoé. De nouveau, à un niveau inférieur, ces bassins nationaux sont subdivisés en bassins versants régionaux.

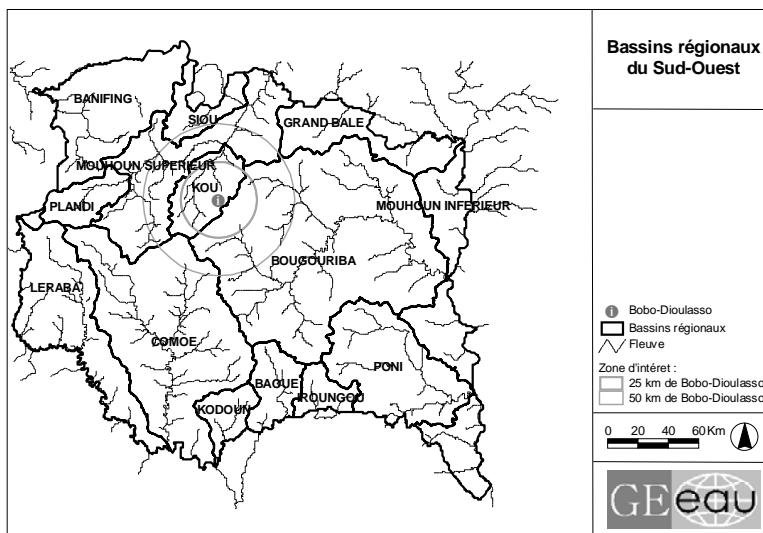
Tableau 3.1 donne tous les bassins versants du Burkina Faso avec leurs superficies. Les cartes 3.1 & 3.2 présentent le tracé de ces différents niveaux de bassin versant.

Tableau 3.1 - Bassins versants du Burkina Faso et leur superficie

Bassin versant international	Bassin versant national	Bassin versant régional	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Niger	Niger	Beli	15 382	27
		Gorouol	7 748	
		Dargol	1 709	
		Faga	24 519	
		Sirba - Gourouba	11 946	
		Bonsoaga	7 231	
		Dyamanga	3 759	
		Tapoa - Mekrou	5 707	
		Banifing	5 441	
Comoe	Comoe	Comoe	9 892	7
		Leraba	5 013	
		Kodoun	1 064	
		Baoue	1 517	
		Iringou	908	
Volta	Nakanbe	Pendjari - Kompienga	21 595	66
		Nakanbé	41 407	
		Nazinon	11 370	
		Sissili	7 559	
	Mouhoun	Mouhoun Supérieur	5 354	
		Plandi	1 287	
		Kou	1 823	
		Siou	1 249	
		Mouhoun Inférieur	4 599	
		Grand Bale	2 618	
		Bourgouriba	15 313	
		Poni	4 958	



Carte 3.1 - Bassins versants nationaux



Carte 3.2 – Bassins régionaux du Sud-Ouest

3.2 Choix du bassin versant

L'étude des processus influant sur la répartition des teneurs en eau dans les sols et les décharges dans les rivières se fera essentiellement moyennant un modèle de simulation déjà développé. Afin de pouvoir juger la performance du modèle dans les conditions physiques du sud-ouest du Burkina Faso, le bassin versant du Kou est sélectionné, permettant la calibration du modèle ainsi que l'étude de sa validité. C'est à l'aide de littérature, de la base de données et du SIG que le sous-bassin du Kou a été sélectionné. Des visites de terrain ont aussi été faites pour assurer le bon choix.

Ce bassin a une superficie de 1 823 kilomètres carrés, les industries les plus importantes du pays se trouvent dans ce sous-bassin, plus particulièrement à Bobo-Dioulasso et est facile à atteindre. Ce bassin sélectionné est aussi assez divers en ce qui concerne la présence d'aménagement hydro-agricoles types divers (bas-fonds, sources, puits/forages, retenues, barrages, rizières et autres périmètres irriguées, ...). Le bassin est caractérisé par le fleuve pérenne du Kou. On y trouve d'autres cours d'eau presque permanent, ainsi que des lacs et des mares, et des sources ('la Guingette' et la source de Pesso)

Il est constitué essentiellement par un plateau gréseux culminant aux environs de 500 m au Sud pour s'abaisser progressivement jusqu'à 300 m à l'aval de la plaine vers Bauolé, point de confluence avec le Mouhoun. L'altitude moyenne du bassin est de 407 m.

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 alternativement par la pluie et par l'irrigation avec l'eau du fleuve pendant la saison sèche.

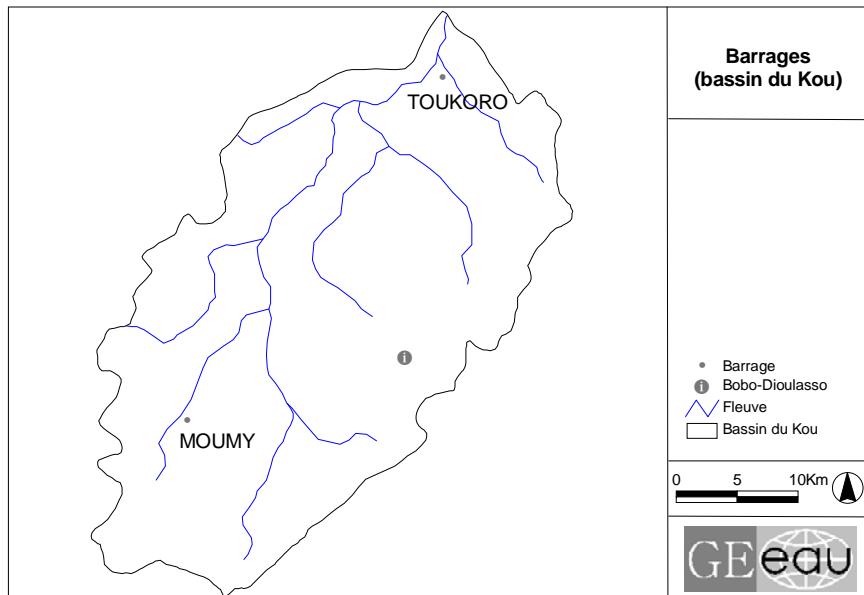
Ce bassin abrite l'aménagement hydroagricole de la Vallée du Kou. Il est le théâtre de différentes formes de conflits liés à toute une série de problèmes que l'on rencontre généralement sur les périmètres irrigués : exploitation anarchique des ressources en eau, exploitants prélevant frauduleusement l'eau des canaux d'amenés, dégradation du matériel, etc.

Le bassin contient aussi plusieurs périmètres informels au bord du Kou et des bas-fonds aménagés.

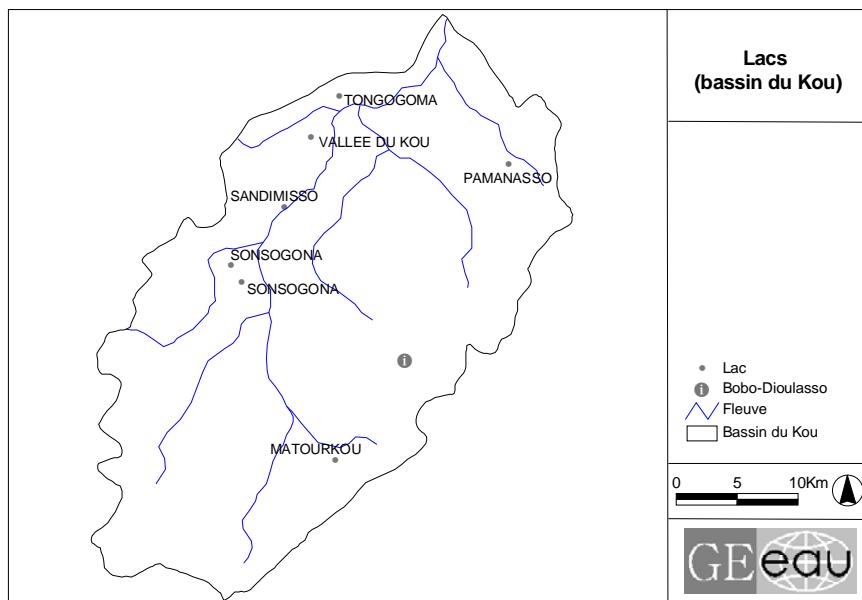
La région est marquée par l'usage conflictuel des ressources naturelles entre l'agriculture, l'agro-pastoralisme, la production cotonnière ; mais surtout entre les différents agriculteurs et villages (le droit de possession de l'eau est un 'droit collectif', chaque village a sa tranche de fleuve).

3.2.1 Cartes indicatifs

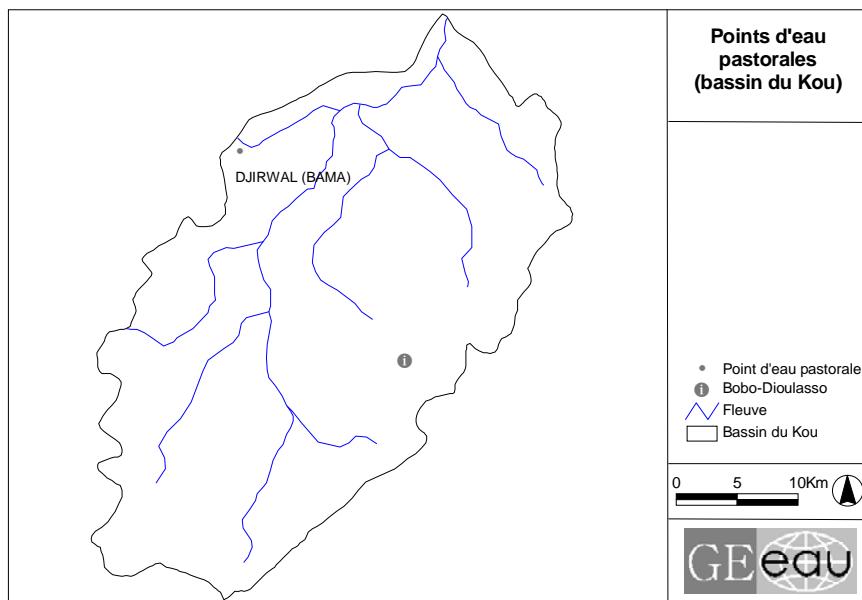
Les cartes suivantes sont faites basés sur la base de données et le SIG présentes à la DRH-HB. Ils servent à donner une idée de la diversité du bassin du Kou.



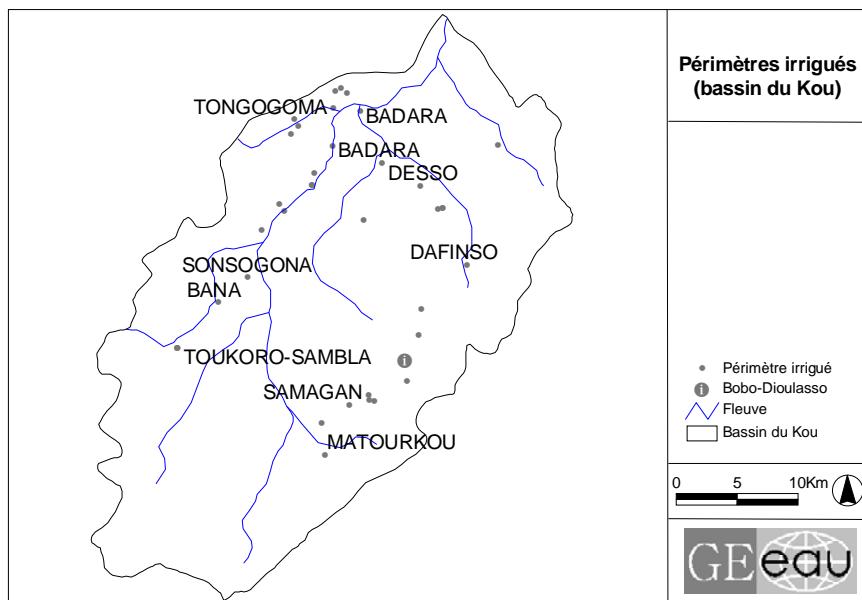
Carte 3.3 – Barrages (bassin du Kou)



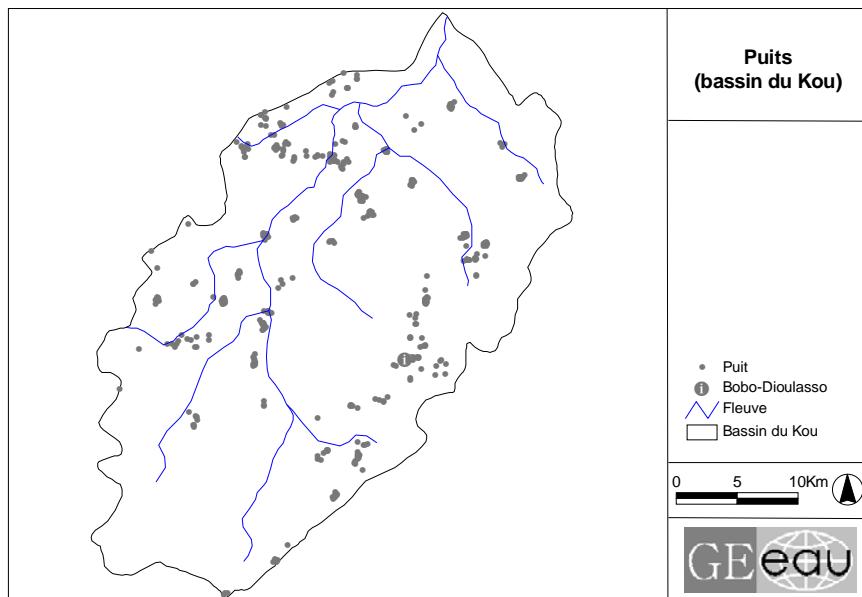
Carte 3.4 – Lacs (bassin du Kou)



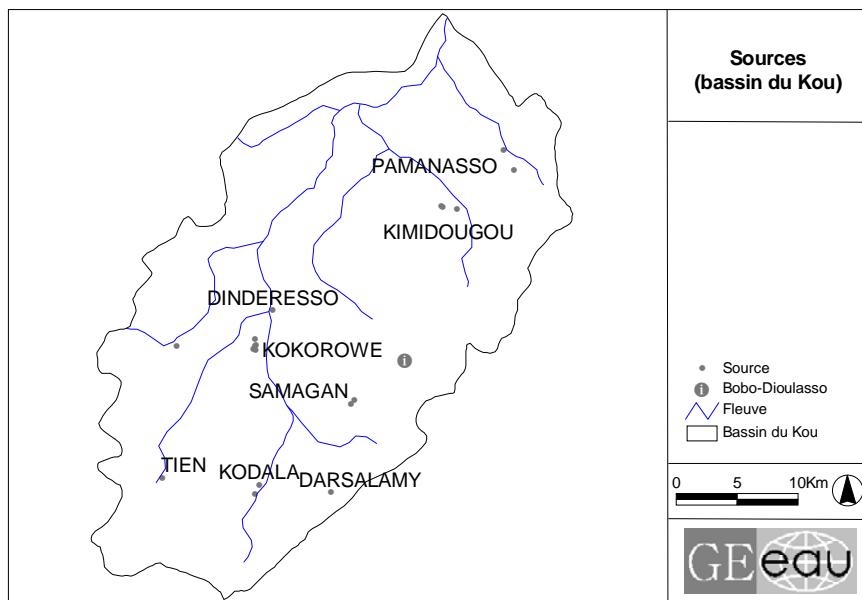
Carte 3.5 – Points d'eau pastorales (bassin du Kou)



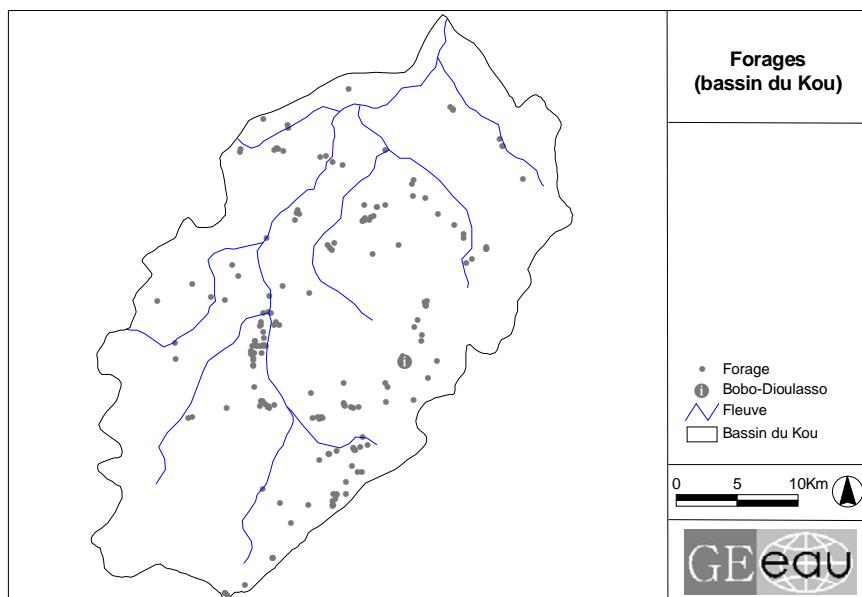
Carte 3.6 – Périmètres irrigués (bassin du Kou)



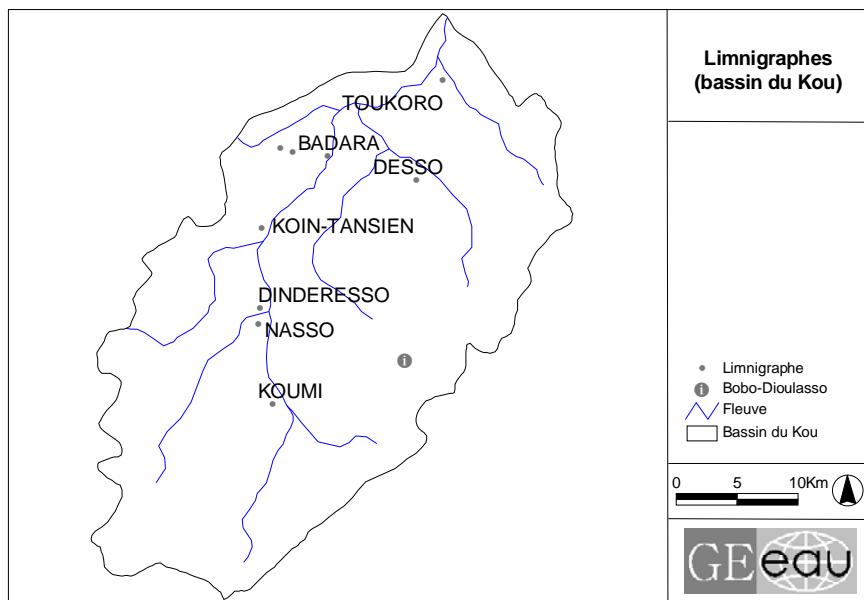
Carte 3.7 – Puits (bassin du Kou)



Carte 3.8 – Sources (bassin du Kou)



Carte 3.9 – Forages (bassin du Kou)



Carte 3.10 – Limnigraphes (bassin du Kou)

3.2.2 Visite de terrain

Une visite de reconnaissance de terrain de quatre jours sur le bassin versant du Kou était organisé par le DRH-HB géré par K. Bicaba, chef de SIRH (Service de l’Inventaire des Ressources Hydrauliques de la DRH-HB) et T. Boro, chef de SHA (Service de l’Hydraulique Agricole).

Le programme est présenté dans Tableau 3.2.

Tableau 3.2 - Programme de visite de reconnaissance de terrain
sur le bassin versant du Kou

Date	Lieu	Objectifs
04-06-02	Farakoba (barrage et station agro-météo). Kodala (sources)	Visite du barrage et collecte des données météo.
05-06-02	Kodéni, Logofouroussso, Koumi, Kokorowé, Nassou (sources, station ONEA) Yengué, Dindéresso, Kotoura (sources du Suo, périmètre maraîcher)	Visite d'un affluent du Kou (Zone vulnérable) Visite des sources de la Guinguette, de Nassou ONEA I et II, station de pompage et de traitement Sources du Suo, périmètre maraîcher.
06-06-02	Village Diarradougou (Périmètre maraîcher Coopérative) Prise de Diarradougou, canal principal, cours d'eau, station de Badara	Visite de périmètre maraîcher Situation de la ressource, différents usages, conflits potentiels Systèmes d'irrigation Relance du limni de Badara.
07-06-02	Périmètre rizicole de la vallée du Kou Mare de Bama, Inera, Canal émissaire Confluent Niamé - Baoulé	Visite du périmètre système d'irrigation, recueil de données météo à l'INERA Relance du limni de confluent Niamé - Baoulé.



- Climatologie -

4

Climatologie

La position géographique du Burkina confère à son climat un caractère soudano-sahélien marqué par le déplacement annuel du Front Inter Tropical (FIT) qui détermine deux grandes saisons : la saison sèche et la saison des pluies. Leur durée respective est fonction de la latitude, la saison humide se raccourcissant vers le nord.

Dans le Sud-Ouest, la latitude est la plus méridionale du Burkina et les conditions climatiques y sont les plus favorables : la saison des pluies dure 5 à 6 mois. On se trouve dans la zone soudanaise, qui est limitée au nord par l'isohyète 900 mm.

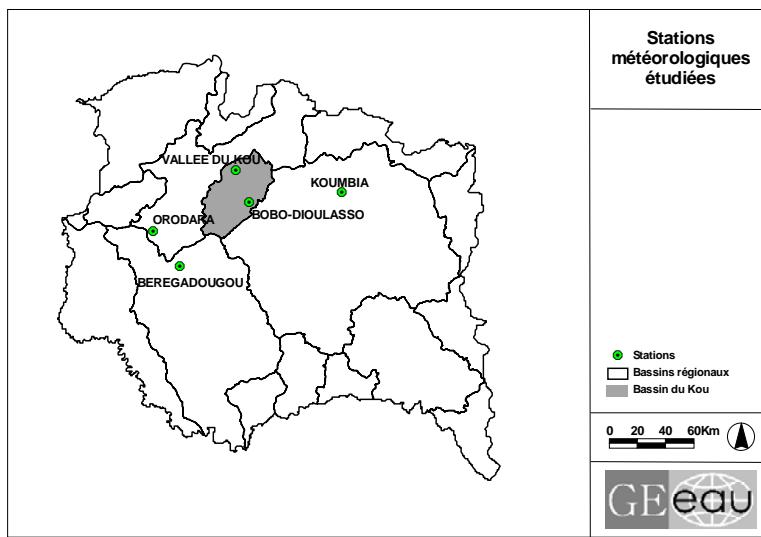
Les fluctuations du temps et du climat affectent significativement l'utilisation de l'eau et d'autres besoins notamment la production alimentaire.

Les stations de mesures sont nombreuses et possèdent des périodes d'observation variables. Si l'on s'en tient à la norme OMM (Organisation Météorologique Mondiale) qui est de 1 pluviomètre pour 600 à 900 Km², en zone tropicale plane on remarque que le bassin régional du Kou est suffisamment équipé. Cependant les postes sont mal répartis. Pour une bonne analyse spatiale des pluies, les stations relatives à la pluviométrie étaient aux différents postes soit à l'intérieur du bassin versant soit aux abords de celui-ci.

Les stations pluviométriques étudiées pour les analyses sont les stations de Bobo-Dioulasso, de la Vallée du Kou, d'Orodara, de Beregadougou et de Koumbia. Les séries de données pluviométriques quotidiennes considérées vont pour Orodara, Beregadougou et Koumbia de la période 1974 à 1999, soit 26 ans ; pour Bobo-Dioulasso de la période 1959-2002 (43 ans) et pour la Vallée du Kou de la période 1986-2002 (15 ans).

La collecte de ces données s'est faite auprès de la Direction de la Météorologie Nationale à Ouagadougou et l'IRD.

Des stations météorologiques de l'aéroport à Bobo-Dioulasso et de l'INERA à Bama (Vallée du Kou) on a reçu toute une ensemble de données quotidiennes (température minimal et maximal, humidité relative minimal et maximal, vitesse de vent, évaporation de bac) pour les périodes de 1998-2002 pour Bobo-Dioulasso et de 2000-2001 pour la Vallée du Kou.



Carte 4.1 - Localisation des différentes stations étudiées

4.1 Pluviométrie

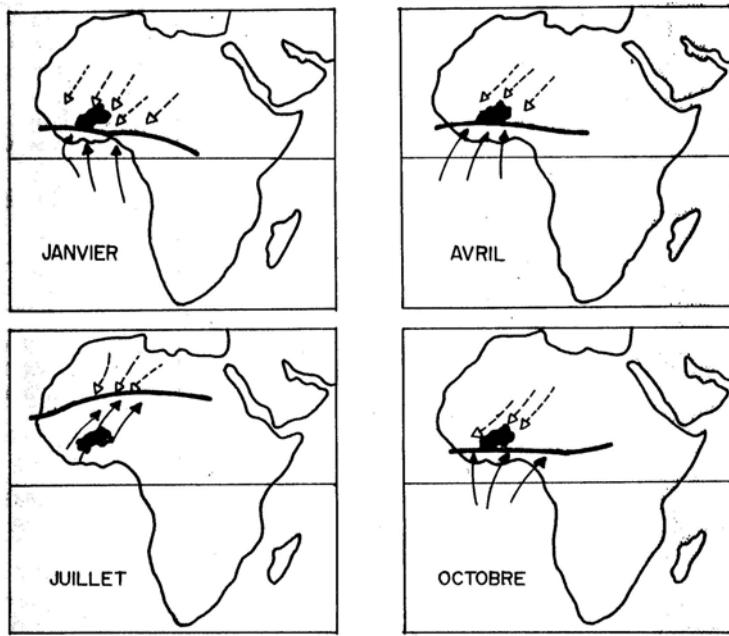
Les précipitations constituent le facteur primordial des régimes hydrologiques en produisant la matière première des débits des cours d'eau.

Le régime des pluies lié au climat est tributaire des flux d'air qui circulent des hautes pressions sahariennes à l'anticyclone de Sainte Hélène.

L'influence alternée des anticyclones est à l'origine des variations climatiques constatées :

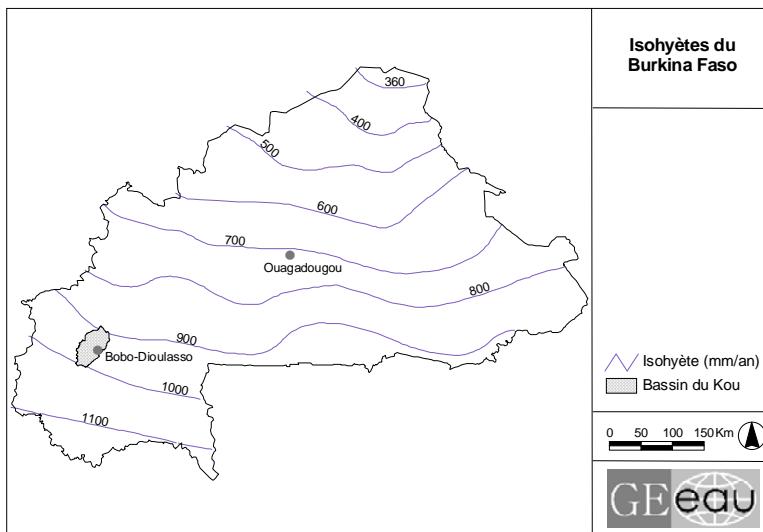
- Saison sèche : Novembre à Avril ;
- Saison des pluies : Avril-Mai à Octobre avec des périodes transitoires froides et chaudes.

En saison sèche, l'alizé continental, flux d'air sec appelé aussi harmattan, souffle des hautes pressions sahariennes en prenant une direction Nord-Est/Sud-Ouest. Sa rencontre avec le flux d'air humide ou alizé austral venant du Sud/Sud-Ouest appelé la mousson crée le front intertropical (F.I.T.) qui se déplace au cours de l'année du Golfe de Guinée (Janvier) à la latitude de 25° en Août. Le passage d'un flux à l'autre se produit deux fois par an, l'un en Avril et l'autre en Octobre (Carte 4.2) (Pigeonnière, 1996 ; Sahelconsult/F.E.T., 1997).



Carte 4.2 - Position du Burkina par rapport au F.I.T.
 (ligne épaisse : trace au sol du F.I.T. ; flèche pleine : principaux flux humides (mousson) ;
 flèche pointillée : principaux flux secs (alizés))

Les précipitations sont inégalement réparties dans le temps et l'espace. Comme le montre la carte 4.2 (isohyètes) la tendance est à une diminution du sud vers le nord. Dans la partie ouest de la zone, les isohyètes s'incurvent et montent vers le nord ; cet effet est dû aux reliefs élevés de la région de Sindou-Loumana qui induisent une augmentation de la pluviosité lors du passage des nuages de la mousson.



Carte 4.3 – Isohyètes du Burkina Faso

Du point de vue climatique, l'aire géographique du projet se trouve être située dans la zone soudanienne avec une pluviométrie moyenne variant d'une année à l'autre entre 600 mm et 1500 mm.

Un phénomène particulier engendre certaines années quelques pluies en décembre ou janvier (« pluies des mangues »). Une zone dépressionnaire située au dessus du Sahara provoque une descente d'air polaire sur sa face occidentale et une remontée d'air chaude et humide sur la face orientale ; c'est cette dernière qui est à l'origine de ces épisodes pluvieux généralement modestes (rarement plus de 10 mm) (Sahelconsult/F.E.T. 1997).

4.1.1 Précipitations annuelles

Dans le tableau ci-dessous, la moyenne des précipitations pour les 5 stations étudiées est présentée.

Tableau 4.1 – Moyennes annuelles des hauteurs de pluie des différentes stations

Station	Série (ans)	Période	Moyenne annuelle (mm)	Latitude -n- (DM)	Longitude -w- (DM)	Altitude (m)
Bobo-Dioulasso	26	1974-1999	969	11°10	4°18	432
Bobo-Dioulasso	42	1959-2000	1042			
Orodara	26	1974-1999	1080	10°59	4°55	331
Beregadougou	26	1974-1999	983	10°45	4°44	523
Koumbia	26	1974-1999	925	11°24	3°40	310
Vallée du Kou	14	1986-2001	919	11°37	4°39	300

Des courbes donnant les hauteurs de pluies dans le temps et pour les quatre stations sont représentées dans la figure 4.1. Cette figure fait ressortir non seulement la variation des pluies dans le temps, mais aussi d'une station à une autre.

De ces courbes on peut dire que les hauteurs de pluie varient globalement entre 500 et un peu moins de 1400 mm de pluie par an à Bobo-Dioulasso, Vallée du Kou et Orodara, ces variations sont de l'ordre de 600 à 1200 mm de pluie par an à Koumbia et à Beregadougou.

On peut interpréter les hauteurs de pluie de moins de 200 mm relevées en 1988 à Beregadougou et de moins de 400 mm relevées à Orodara comme étant des aberrations. On ne peut pas comprendre que dans la même zone et durant la même année il tombe autour de 1000 mm de pluie à Bobo et à Koumbia et qu'on ait à Orodara et Beregadougou les valeurs citées ci-dessus.

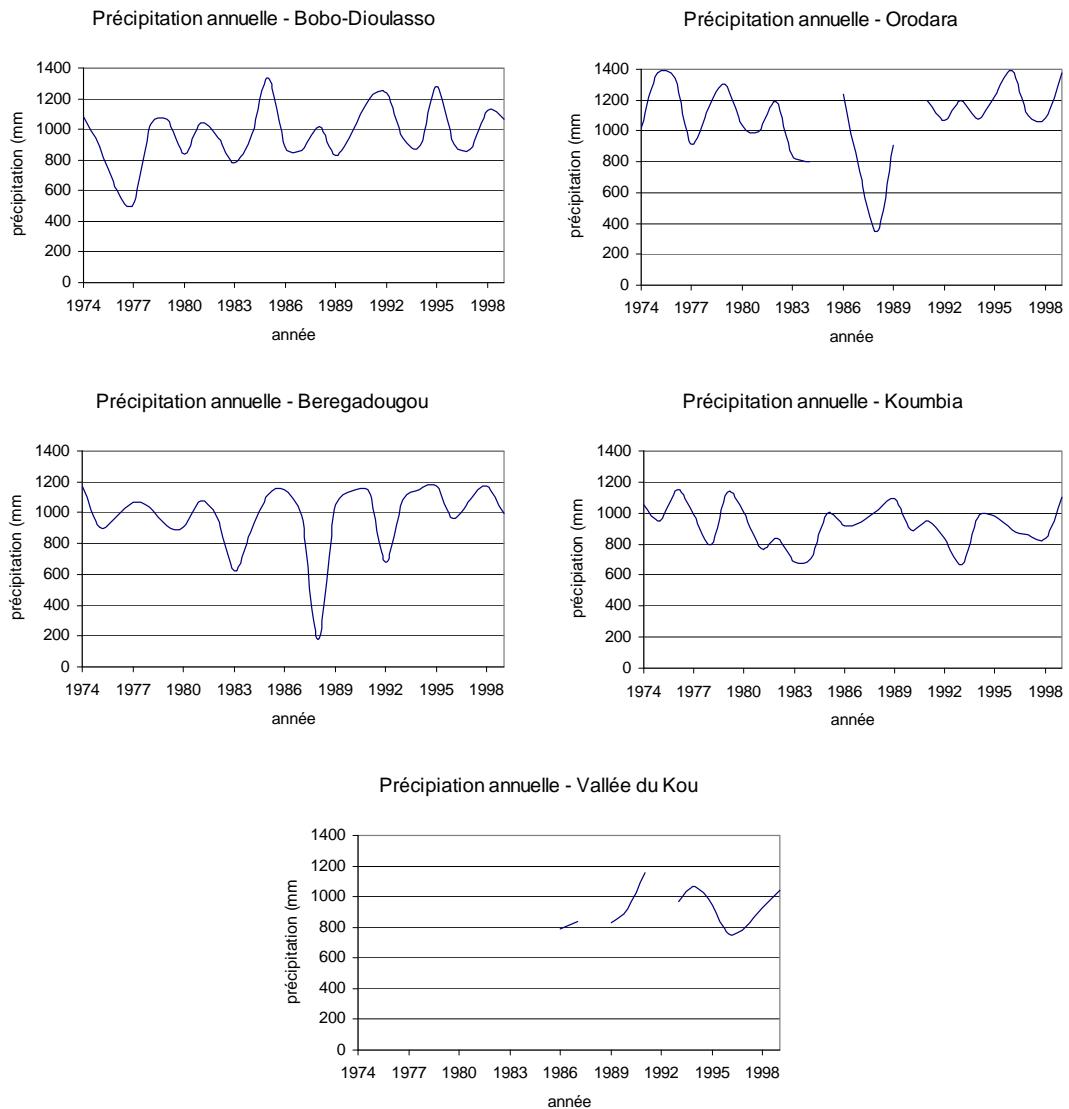


Figure 4.1 - Variation des précipitations moyennes annuelles dans les différentes stations

Dans la littérature (GIRE, 2001) on a examiné les précipitations annuelles de 1902 à 2000 (données pas disponibles). L'examen montre que depuis une quarantaine d'années, la tendance de la pluviosité est à la baisse, avec des périodes de sécheresse accrue, spécialement dans les années 80 et une période d'amélioration entre 1985 et 1995.

Les conséquences de cette situation ont été :

- la baisse des débits des rivières (notamment ceux d'étiage liés au déversement des nappes) ;
- la baisse des nappes phréatiques, avec comme corollaire le tarissement de sources ;

- la dégradation du couvert végétal suite à une mortalité croissante des ligneux.

Il convient de rappeler qu'ils n'est pas possible dans l'état actuel de la climatologie de prédire avec certitude, ou même avec un niveau de prévision raisonnable, une tendance pour les prochaines décennies ; tout au plus peut-on produire des statistiques avec des probabilités de retour d'années sèches ou humides.

Figure 4.2 donne déjà une impression de cette tendance en baisse de pluviosité pour la région de Bobo-Dioulasso. La précipitation annuelle pour la période 1959-2000 y est présentée.

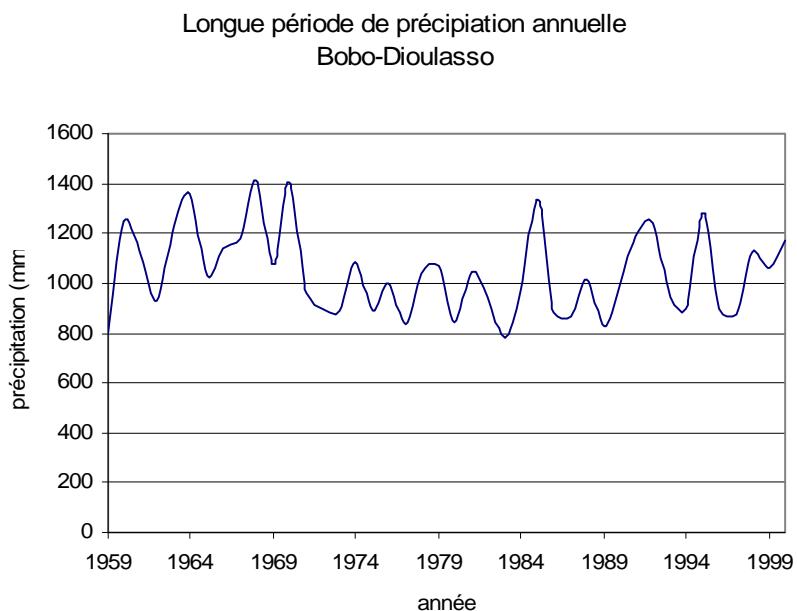


Figure 4.2 – Précipitation annuelle mesuré à Bobo-Dioulasso pour une longue période de 1959-2000

4.1.2 Distribution spatiale

Afin de mieux s'apercevoir de la répartition spatiale de la pluie, une comparaison entre les données provenant des stations voisines est réalisée. Pour cela, on utilise la méthode de rangement de Kendall.

La méthode de rangement de Kendall décrite par Doorenbos (1976) permet d'avoir la corrélation qui existe entre une série de données de deux stations voisines. Cette méthode compare des paires de données, une paire représentant des observations couvrant la même période à deux stations voisines. Pour mieux comprendre la méthode, on donne l'exemple suivant.

Exemple : calcul du coefficient de corrélation de Kendall entre les données des précipitations de Bobo-Dioulasso et la Vallée du Kou.

Année	Observation en mm		Classement		
	Bobo	Vallée du Kou	Bobo	Vallée du Kou	R
1986	879,8	789,4	827,5	828	3
1987	866,3	836,1	866,3	836,1	3
1989	827,5	828	872,9	809,6	2
1990	944,7	917	879,8	789,4	1
1991	1198,1	1152,1	897,4	1069,9	6
1993	943	970,5	900,5	757,7	0
1994	897,4	1069,9	943	970,5	3
1995	1277,7	941,4	994,7	917	0
1996	900,5	757,7	1066,2	1039,1	2
1997	872,9	809,6	1122,9	928	0
1998	1122,9	928	1198,1	1152,1	1
1999	1066,2	1039,1	1277,7	941,1	0
			Total	21	

Un échantillon de données (ici les données de Bobo) est classé par ordre de valeurs croissantes, avec en regard la valeur correspondante de l'autre échantillon (dans ce cas les données de la Vallée du Kou). En partant du haut, chaque valeur de la Vallée du Kou est comparée avec les autres valeurs de la Vallée du Kou qui suivent et on compte le nombre de fois (R) où une valeur suivante de la Vallée du Kou est inférieure à la valeur considérée. On recommence l'opération avec la deuxième valeur de la Vallée du Kou, puis les valeurs suivantes et on additionne le nombre de valeur trouvé.

Le coefficient de Kendall est donné par :

$$T = \frac{1 - 4R}{n(n - 1)} \quad R \text{ étant le décompte total et } n \text{ le nombre de paire d'observations}$$

La valeur de T se situe entre +1 (concordance complète) et -1 (discordance complète). Dans notre exemple, on a $T = 1 - 4 \times 21 / (12 \times 12 - 1) = 0.36$

Les résultats du test par lequel sont comparées les précipitations des stations voisines sont données dans le tableau 4.2.

La valeur de Kendall qui varie entre +1 (concordance complète) et -1 (discordance complète) indique qu'on peut conclure qu'il n'y pas de corrélation considérable entre les différentes stations.

Tableau 4.2 - Corrélation entre les précipitations des stations voisines
employant la méthode de rangement de Kendall
(coefficient de corrélation Kendall ; années communes)

	Vallée du Kou	Orodara	Koumbia	Bérégadougou	Bobo-Dioulasso
Bobo-Dioulasso	0,36 (12 ans)	0,16 (23 ans)	0,046 (26 ans)	0,21 (25 ans)	-
Bérégadougou	0,33 (12 ans)	0,05 (23 ans)	0,1 (25 ans)	-	-
Koumbia	0,12 (12 ans)	0,16 (23 ans)	-	-	-
Orodara	-0,13 (11 ans)	-	-	-	-
Vallée du Kou	-	-	-	-	-

4.1.3 Test d'homogénéité

Dans le test d'homogénéité il s'agit de s'apercevoir de la déviation des données d'une série par rapport à la moyenne de cette série. Ce test est réalisé grâce au logiciel RAINBOW (Raes et al., 1996).

Le principe est basé sur les dérivations cumulatives à partir de la moyenne d'une série de données des probabilités de rejets de 90%, 95% et 99% (niveaux de confidence) comme décrit par Buishand (1982) :

$$S_k = \sum_{k=1}^n (Y_k - Y) \quad \text{avec } k = 1, \dots, n$$

Où Y_i sont les observations de la série et Y est la moyenne arithmétique de la série. Si la série est homogène, l'on peut s'attendre à ce que les S_k fluctuent autour de zéro, parce qu'il n'y a pas une déviation systématique des valeurs annuelles par rapport à la moyenne.

Après une remise à l'échelle (en divisant les valeurs S_k par l'écart type de la série), RAINBOW dessine les déviations cumulatives par rapport à la moyenne de la série et indique sur la même figure les lignes donnant la probabilité de rejet de l'homogénéité de la série des données.

Les déviations cumulatives des séries par rapport à la moyenne pour les différentes stations sont reportées dans les figures suivantes. Ces figures montrent que les séries de données sont homogènes. Ainsi donc on peut procéder à une analyse fréquentielle des données des différentes stations.

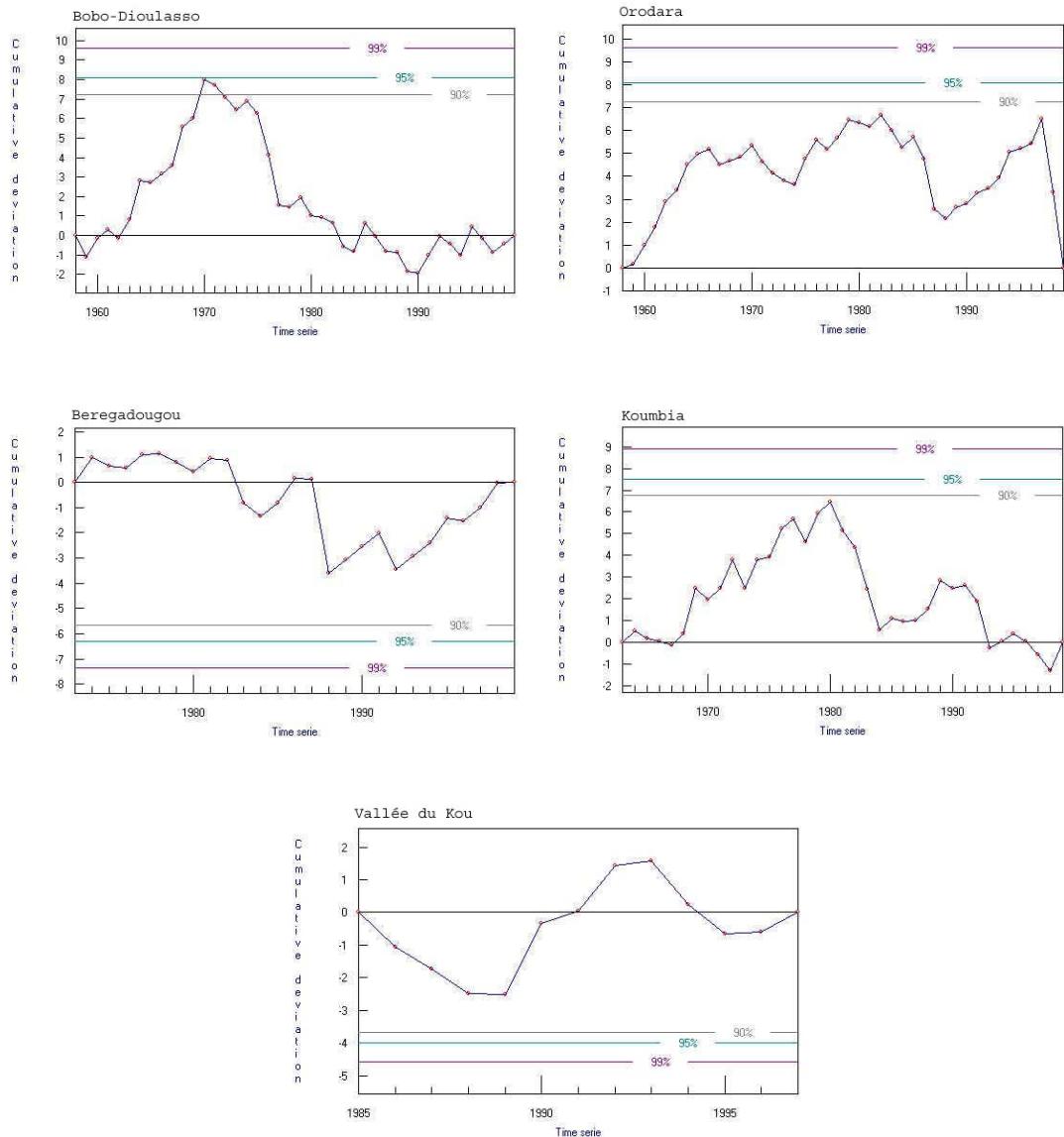


Figure 4.3 - Déviation cumulatif de données des différentes stations (RAINBOW)

4.1.4 Analyse fréquentielle

Dans cette analyse, il sera question d'étudier les fréquences d'apparition (durée de retour) des pluies.

L'analyse fréquentielle d'une série de données, utilisée dans cette étude se base sur l'analyse des fréquences cumulées. Cette analyse est conduite de la manière suivante :

- Classement des n observations (x) par ordre de grandeur décroissante avec attribution d'un rang : $1, \dots, m, \dots, n$ à chacune d'elles ;

- Calcul des probabilités expérimentales de chacune de ces pluies par la méthode Weibull :
$$f(x) = \frac{m}{n+1}$$
- Report des couples $(x, f(x))$ calculé et présenté sur le graphique à probabilité et ;
- Calcul et tracé de la meilleure droite (par la méthode des moindres carrés).

L'estimation des valeurs correspondantes avec différentes probabilités. L'analyse est de nouveau exécutée à l'aide du logiciel RAINBOW. Il donne la possibilité de tester plusieurs lois de distribution telles que les lois de distribution normale, logarithmico-normale, Gumbel, ...

RAINBOW utilise le théorème de la probabilité pour analyser des séries dont un certain nombre de données peuvent être égales à zéro. Cette relation est écrite comme :

$$G(x) = p + (1-p)F_x(x)$$

Où $G(x)$ est la probabilité cumulée de distribution de tous les x ,

P est la probabilité de $x = 0$, et

$F_x(x)$ est la probabilité cumulée de distribution de tous les $x > 0$.

Les résultats de calculs sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 - Analyse fréquentielle des précipitations annuelles

Probabilité de dépassement	Bobo-Dioulasso	Beregadougou	Koumbia	Orodara	Vallée du Kou
10	1279	1213	1109	1372	1122
20	1188	1148	1049	1283	1047
30	1123	1098	1006	1215	995
40	1067	1053	969	1153	954
50	1015	1010	935	1093	916
60	963	965	900	1029	880
70	907	914	864	955	843
80	841	850	821	861	802
90	750	753	761	711	748

De ce tableau on peut dire que pour le cas de Bobo-Dioulasso dans un certain an une hauteur de pluie de 1188 mm/an peut se dépasser avec une probabilité de 20 %. Ou que seulement 2 années sur 10 plus la précipitation à Bobo-Dioulasso excèdera le 1188 mm.

4.1.5 Précipitations décadiques

Le total des précipitations n'est pas un critère suffisant pour déterminer une bonne ou mauvaise saison de pluie. Il faut en plus connaître la répartition des pluies sur toute la saison. C'est dans cette optique qu'une analyse des précipitations décadiques est

effectuée. On a dans la figure 4.4 la répartition des pluies décadiques dans les différentes stations.

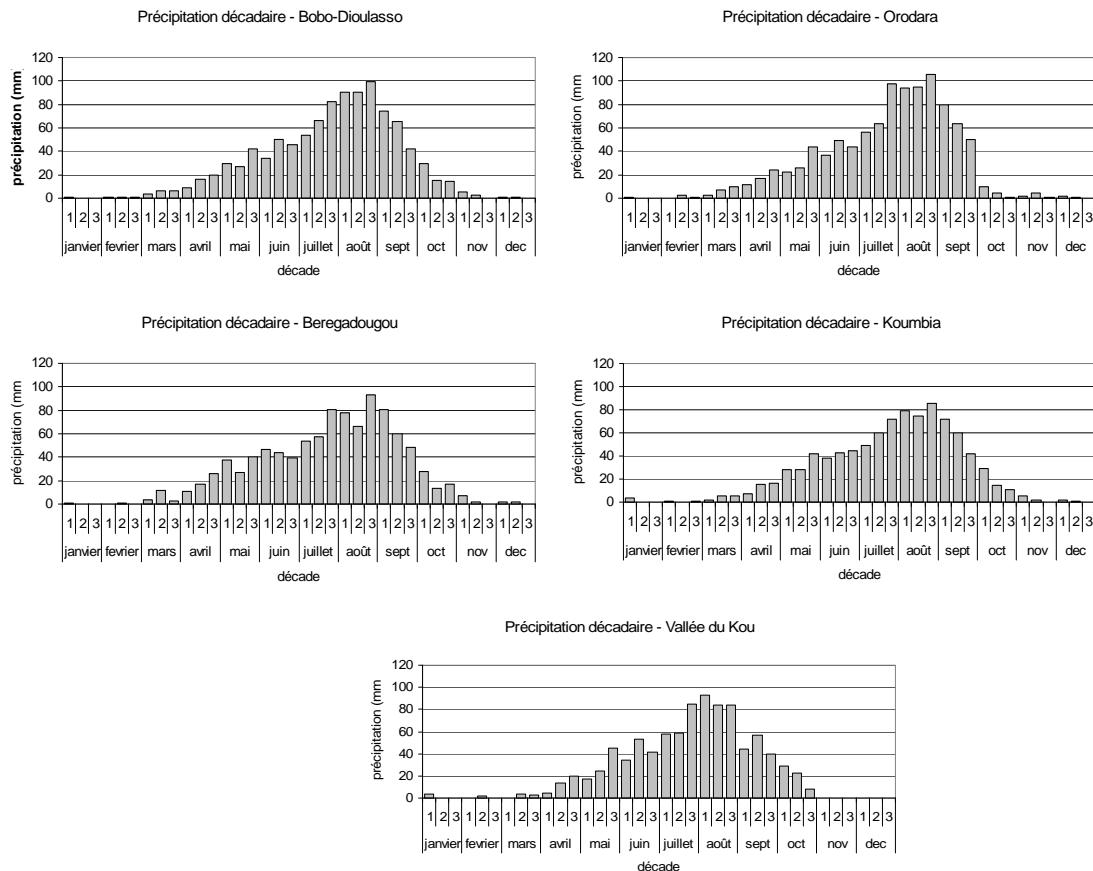


Figure 4.4 - Moyenne des précipitations décadiques dans les différentes stations

Les valeurs décadiques de ces pluies sont dans l'ensemble assez bien élevées pendant l'hivernage, notamment en juillet, août et septembre ; ces valeurs vont jusqu'à 100 mm de pluie pendant la dernière décade du mois d'août.

4.1.6 Analyse fréquentielle des précipitations décadiques

Pour mieux estimer les probabilités d'une sécheresse en plein hivernage et pour la préparation des calendriers d'irrigation (actions à entreprendre), il faut une analyse fréquentielle des précipitations décadiques. Cette étude a pour objectif de se rendre compte de retour de certaines hauteurs de pluies décadiques. Dans le tableau ci-dessous, on a les fréquences de quelques pluies décadiques à Bobo, pour des conditions humides, normales et sèches. Une période est considérée comme sèche quand la hauteur de pluie reçue sera dépassée 4 années sur 5, c'est-à-dire ayant une fréquence de dépassement de 80 %. La précipitation dans une période est normale quand la hauteur de pluie sera dépassée

1 année sur 2 an, chaque autre année. Une période est humide quand la hauteur de pluie ne sera que dépassée 1 année sur 5, c'est une fréquence de dépassement de 20 %.

Tableau 4.4 - Fréquence de dépassement de pluie décadaire à Bobo-Dioulasso pour une période sèche, normale et humide

Bobo-Dioulasso				Vallée du Kou				
	Sec	Normal	Humide		Sec	Normal	Humide	
Mars	1	0	0	3	Mars	1	0	0
	2	0	0	11		2	0	0
	3	0	0	10		3	0	0
Avril	1	0	3	20	Avril	1	0	0
	2	2	9	27		2	2	28
	3	2	8	32		3	1	34
Mai	1	7	20	54	Mai	1	0	15
	2	7	27	47		2	1	25
	3	15	43	69		3	12	70
Juin	1	10	33	56	Juin	1	7	19
	2	25	42	71		2	10	85
	3	24	45	65		3	20	64
Juillet	1	31	54	76	Juillet	1	22	57
	2	35	68	99		2	21	102
	3	36	66	120		3	50	114
Août	1	51	91	130	Août	1	49	79
	2	44	76	132		2	50	111
	3	53	86	139		3	44	122
Septembre	1	41	75	109	Septembre	1	25	47
	2	36	65	94		2	28	51
	3	16	40	63		3	12	64
Octobre	1	10	29	48	Octobre	1	12	25
	2	0	7	28		2	0	38
	3	0	3	21		3	0	14
Novembre	1	0	0	5	Novembre	1	0	0
	2	0	0	2		2	0	0
	3	0	0	0		3	0	0

De ce tableau, on remarque que 4 années sur 5 ou pour une période sèche, on a une hauteur de pluie supérieure ou égale à 120 mm à la troisième décade de juillet à Bobo-Dioulasso.

4.1.7 Analyse fréquentielle des durées de périodes de sécheresse en hivernage

Pour chaque mois de l'hivernage une analyse fréquentielle est fait sur les durées des périodes de sécheresse dans ce mois. Une telle analyse donne une idée de la sévérité de d'une période de sécheresse dans un certain mois.

Pour chaque mois l'occurrence des périodes de sécheresse de 3, 6 et 9 jours est étudiée. Un jour est considéré « sec » ou plus correct dans ce cas « sans pluie » dès que la hauteur de précipitation ne dépasse pas 1,5 mm.

Dans tableaux 4.5 l'occurrence moyenne des périodes de sécheresse de 3, 6 et 9 jours par mois est tabulée.

Tableau 4.5 – Occurrence moyenne des périodes de sécheresse de 3, 6 et 9 jours pour les cas de Bobo-Dioulasso et la Vallée du Kou

Bobo-Dioulasso			Vallée du Kou				
	3 jours	6 jours	9 jours	3 jours	6 jours	9 jours	
avril	7,67	3,33	1,53	avril	8,00	3,27	1,87
mai	6,12	1,74	0,72	mai	6,53	2,07	0,53
juni	4,70	0,98	0,28	juni	5,27	1,13	0,40
juillet	3,05	0,40	0,14	juillet	3,00	0,47	0,07
aout	2,09	0,19	0,02	aout	2,60	0,20	0,00
sept	2,98	0,49	0,16	sept	3,67	0,73	0,07
oct	7,38	2,91	1,65	oct	7,57	2,80	1,73

4.2 Facteurs climatiques

La température de l'air, l'humidité de l'air, le rayonnement solaire et la vitesse du vent sont les principaux facteurs climatiques influençant l'évapotranspiration potentielle. Ces données journalières ont été recueillies auprès de l'aéroport de Bobo-Dioulasso, de l'antenne de l'INERA à Bama (Vallée du Kou).

Avant de calculer l'évapotranspiration potentielle les différents facteurs climatiques sont présentés et discutés ci-dessous.

Des stations météorologiques de l'aéroport à Bobo-Dioulasso et de l'INERA à Bama (Vallée du Kou) on a reçu toute une ensemble de données quotidiennes (température minimal et maximal, humidité relative minimal et maximal, vitesse de vent, évaporation de bac) pour les périodes de 1998-2002 pour Bobo-Dioulasso et de 2000-2001 pour la Vallée du Kou.

Tableau 4.6 – Stations météorologiques étudiées

Station	Série (ans)	Période	Latitude -n- (DM)	Longitude -w- (DM)	Altitude (m)
Bobo-Dioulasso	5	1998-2002	11°10	4°18	432
Vallée du Kou	3	2000-2002	11°37	4°39	300

4.2.1 Température

La figure 4.5 indique les températures mensuelles moyennes pour la région de Bobo-Dioulasso pour la période de 1940-1996 (51 ans)¹.

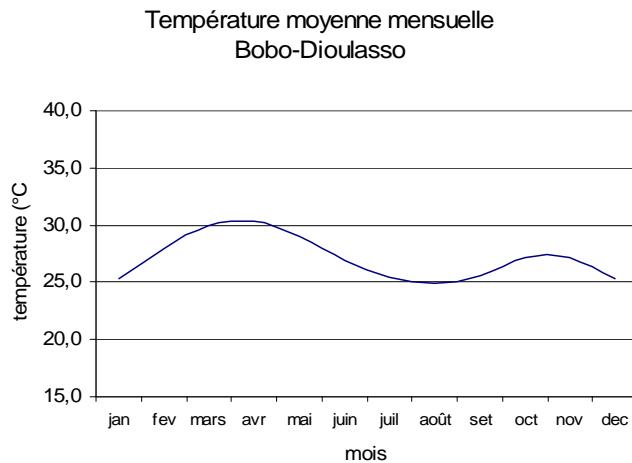


Figure 4.5 - Variation des températures moyennes mensuelles à Bobo-Dioulasso

Les courbes font ressortir que les températures sont minimales à la fin et au début de l'année et augmentent progressivement durant l'année. Notons une baisse relative de la température aux mois juillet et août, et les températures les plus élevées sont à signaler aux mois de mars et avril.

La moyenne annuelle de température à Bobo-Dioulasso est 26,9 °C. L'amplitude thermique annuelle moyenne est de 5 °C. Les écarts diurnes varient entre 8 °C (août) et 14 °C (janvier) ; ils se réduisent vers le sud et augmentent vers le nord.

Les extrêmes thermiques connus à Bobo-Dioulasso sont 40,2 °C (mars 1964) et 11,0 °C (décembre 1962). La température la plus basse connue dans la zone du projet a été 5 °C à Banankeledara, à 15 Km au nord de Bobo-Dioulasso en 1971.

4.2.2 Les vents

Ils sont liés aux mouvements du FIT.

En saison sèche, lorsque le FIT est redescendu vers la côte du Golfe de Guinée, le Burkina Faso est soumis au régime d'un vent alizé continental du nord-est, l'Harmattan. C'est un vent chaud, très sec et qui engendre des vents de sable dans le Sahel et le sud saharien. Plus au sud, et donc aussi dans le Sud-Ouest burkinabé, il en résulte parfois des journées de « brume sèche », constituée par la fraction la plus fine de ces vents de sable

¹ 1950, 1952, 1957, 1977, 1979 et 1994 manquent

que l'Harmattan emporte. L'effet desséchant de ce vent est accentuée en mars/avril par la montée de la température.

En saison de pluies, on passe sous le régime de la mousson, avec un alizé austral humide du sud-ouest chargé de cumulus.

Aux jonctions de ces deux stations, lors du passage du FIT, le vent est changeant. Des cellules orageuses locales se développent et les cumulo-nimbus fusionnent parfois pour former de vastes masses cycloniques. Des vents violents les accompagnent et peuvent atteindre 120 Km/h. Au début de la saison des pluies, ces vents provoquent des tempêtes de poussière intense mais brèves, et à la fin de la saison des pluies, ils peuvent occasionner des dégâts aux cultures, couchant les céréales qui n'ont pas encore été récoltées (Sahelconsult/F.E.T., 1997).

La moyenne des valeurs mensuelles de la vitesse du vent d'une série de 26 ans (période 1970-2000)² à Bobo-Dioulasso est reportée sur la figure suivante. La vitesse du vent mesurée à 10 mètres du sol est rapportée à 2 mètres en multipliant les valeurs par 0,77.

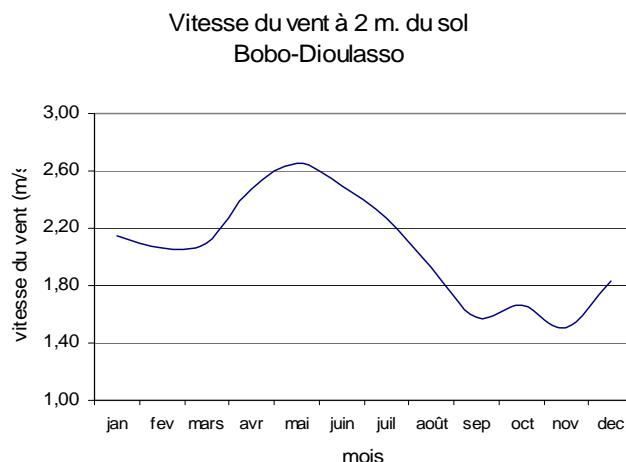


Figure 4.6 – Moyenne mensuelle du vitesse du vent à 2 mètres du sol à Bobo-Dioulasso

La figure fait ressortir que les vitesses sont les plus faibles en fin de saison de pluie et augmentent progressivement pour atteindre leur maximum en saison sèche (notamment en avril et mai).

4.2.3 Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est une partie du rayonnement extraterrestre qui va atteindre le sol. On l'a estimé par la formule d'Angstrom, formule qui tient compte de l'insolation relative (n/N) est du rayonnement extraterrestre R_s .

² 1977, 1979, 1980, 1983 et 1994 manquent

$$R_s = \left(a + b \frac{n}{N} \right) R_a$$

où les coefficients a et b sont donnés par Doorenbos et Pruitt³

Ainsi donc les résultats des calculs sont donnés sous forme de courbe dans la figure 4.7 ci-dessous (période 1971-2000 ; 22 ans)⁴.

La courbe fait ressortir que le rayonnement solaire est minimum en juillet et août, ceci peut s'expliquer par le fait que durant cette période l'insolation est faible du fait de la présence des nuages qui masquent souvent le ciel. Ce rayonnement est élevé en saison sèche et en fin de saison de pluie.

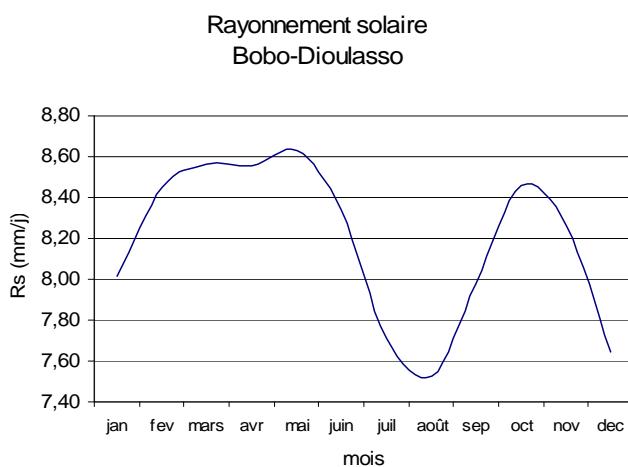


Figure 4.7 - Moyenne mensuelle du rayonnement solaire à Bobo-Dioulasso

4.2.4 L'hygrométrie

L'hydrométrie annuelle moyenne est de 53 % (période 1961-1997 ; 34 ans)⁵.

Elle fluctue beaucoup selon la saison et est fonction des vents et des masses d'air associés.

Les alizés de la mousson amènent du Golfe de Guinée un air humide, avec une hygrométrie moyenne de 80 %. En saison sèche, l'Harmattan fait descendre des zones sahariennes et sahéliennes un air très sec dont l'hygrométrie tombe à 20 % en janvier (Sahelconsult/F.E.T., 1997).

³ Pour Bobo a = 0,29 et b = 0,42; N pour janvier jusqu'à décembre 0,76 ; 0,73, 0,64 ; 0,61 ; 0,63 ; 0,61 ; 0,51 ; 0,47 ; 0,55 ; 0,68 ; 0,76 ; 0,72 ; Ra 13,2 ; 14,2 ; 15,3 ; 15,7 ; 15,5 ; 15,3 ; 15,3 ; 15,5 ; 15,3 ; 14,7 ; 13,6 ; 12,9)

⁴ 1972, 1973, 1974, 1977, 1979, 1980, 1983, 1994 manquent

⁵ 1977, 1979, 1994 manquent

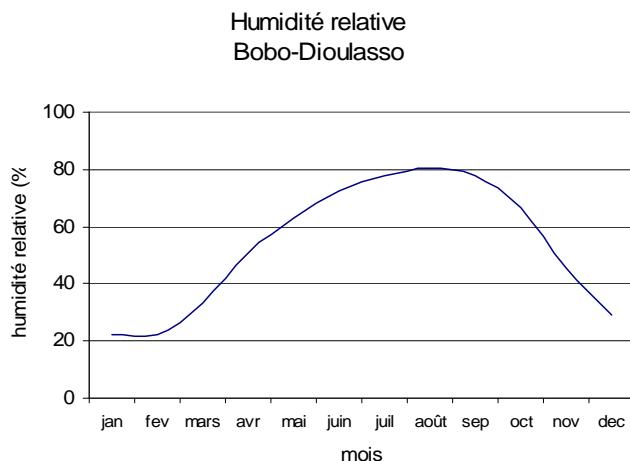


Figure 4.8 – Moyenne mensuelle de l'humidité relative à Bobo-Dioulasso

4.3 Evapotranspiration de référence

L'évapotranspiration est la combinaison de 2 procédés distincts dans lesquels l'eau est perdu par l'évaporation directe à partir du sol d'une part et d'autre part par la transpiration de la culture.

L'unité d'évapotranspiration est normalement exprimée en millimètres par unité de temps. La vitesse exprime la quantité d'eau perdu par une couverture végétale en unités d'hauteur d'eau.

Evapotranspiration potentielle de référence (ETo) : nommée aussi évapotranspiration de référence, est comme son nom l'indique l'évapotranspiration d'un couvert végétal de référence. Comme référence on utilise un couvert vert de 8 à 15 cm de hauteur, couvrant totalement le sol et ne manquant pas d'eau (Doorenbos et Pruitt, 1977).

Une consultation des experts et des chercheurs organisée par le FAO en May 1990, a sélectionné la méthode de Penman-Monteith comme la méthode préférable pour calculer l'évapotranspiration de référence et fournissant des valeurs de ETo les plus consistants dans toutes régions et climats.

En dehors de la localisation du site, l'équation de Penman-Monteith exige des données climatologiques typiques : le rayonnement solaire (insolation), la température de l'air, l'humidité de l'air et la vitesse du vent. Des situations peuvent se présenter dans lesquelles des données pour ces facteurs climatologiques manquent. L'application d'un procédure de calcul d'ETo alternative, demandant des paramètres climatologiques limités, devrait être évitée. Il reste recommandable de continuer à employer la méthode de base de Penman-Monteith après avoir résolu le problème des données manquantes.

Des procédures pour estimer des données climatologiques manquantes sont présentées dans la littérature (Allen et al., 1998) ou incorporées dans des logiciels spécifiques.

La procédure pour estimer des valeurs absentes devrait être validé à l'échelle régionale. Cela peut se faire avec des stations météorologiques qui enregistrent des ensembles de données et comparer l'ETo calculée avec l'ensemble complet des données et l'ETo calculé avec un ensemble limité. L'objectif est d'examiner la justesse des paramètres ou équations employées pour estimer les données absentes dans l'équation de Penman-Monteith.

Le logiciel « ETo » (Raes, 2002) est utilisé pour calculer l'évapotranspiration de référence pour le Sud-Ouest du Burkina Faso avec l'équation de Penman-Monteith pour des différents ensembles de données. Les données climatologiques de l'an 2001 de l'aéroport de Bobo-Dioulasso ont été prises pour cette analyse. Les données disponibles étaient la température minimale et maximale (Tmin, Tmax), l'humidité relative (RH), vitesse du vent (Vent), insolation (Insol) et évaporation de bac (Bac).

Tableau 4.7 présente les résultats de l'analyse statistique sur les différents ensembles de données. La moyenne annuelle de l'évapotranspiration de référence est influencée quand des ensembles de données sont ajoutés. Pour le plus part des ensembles la différence reste néanmoins négligeable ; c'est le vaste ensemble (Tmin,max ; RH, Vent, Insol, Bac) qui donne une différence de 1 mm/jour avec les autres ensembles.

Tableau 4.7 – Analyse statistique sur les résultats d'ETo
calculés avec différents ensembles de données

	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax
	RH	Vent	Insol	Bac	
mean (mm/jour)	5,48	4,93	5,97	5,07	5,48
correlation	1,00	0,94	0,97	0,96	1,00
	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax	Tmin,Tmax
	RH	Bac	RH	Bac	RH
	Vent	Insol	Vent	Insol	Vent
			Bac	Vent	Insol
mean (mm/jour)	5,00	5,07	5,00	5,61	4,59
correlation	0,88	0,96	0,88	0,94	0,77

Les valeurs retenues de l'évapotranspiration de référence pour Bobo-Dioulasso, calculées avec l'ensemble le plus vaste, sont tabulées dans le tableau 4.8.

Tableau 4.8 - Evapotranspiration de référence décadaire pour Bobo-Dioulasso, calculées avec la méthode Penman-Monteith avec l'ensemble le plus vaste
 (Tmin, Tmax, RH, Vent, Insol, Bac)

Dec	ETo (mm/dec)	Dec	ETo (mm/dec)	Dec	ETo (mm/dec)
Jan. 1	38	Mai 1	51	Sep. 1	36
Jan. 2	42	Mai 2	46	Sep. 2	42
Jan. 3	44	Mai 3	54	Sep. 3	46
Fev. 1	43	Juin 1	49	Oct. 1	49
Fev. 2	43	Juin 2	54	Oct. 2	53
Fev. 3	52	Juin 3	44	Oct. 3	49
Mars 1	53	Juil 1	49	Nov. 1	49
Mars 2	51	Juil 2	44	Nov. 2	44
Mars 3	48	Juil 3	39	Nov. 3	41
Avr. 1	52	Août 1	40	Dec. 1	42
Avr. 2	54	Août 2	38	Dec. 2	42
Avr. 3	57	Août 3	33	Dec. 3	42

On constate que les valeurs sont les plus grandes en mars-avril-mai sous la double influence de la température élevée et du pouvoir desséchant de l'Harmattan.
 L'évaporation d'une nappe d'eau libre est donc estimée à environ 5 mm/jour en moyenne annuelle. En saison sèche, cette valeur monte à 7 mm/jour.



- Pédologie -

5

Pédologie

L'objectif était d'établir une carte pédologique numérisée de la Vallée du Kou avec un rapport explicatif et résumant basés sur des études déjà réalisées au Burkina Faso.

Des recherches à Ouagadougou ont permis de recueillir des cartes pédologiques du Sud-Ouest et du Nord-Ouest réalisée par l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique de l'Outre Mer, devenu IRD : Institut de Recherche et de Développement) en 1968 et 1969. Ces cartes ont été réalisées au 1/500 000.

Bunasols (Bureau National des Sols) possédait une carte pédologique de la Vallée du Kou, réalisée à partir des cartes de l'ORSTOM et agrandie au 1/200 000 (formats papier).

La cellule IRD de l'EIER a fourni une carte pédologique digitalisé à partir des cartes de l'ORSTOM.

Au CESAO (Centre d'Etudes Economiques et Sociales de l'Afrique de l'Ouest) on a pu trouver une carte des ressources agronomiques dont les informations complètent les données pédologiques.

Finalement la recherche a donné quatre grandes études pédologiques :

- Leprun et Moreau R., (1968). Etude pédologique de la Haute-Volta, Région Ouest-Nord ; carte 1/500 000. Rapport ORSTOM.
- Rieffel, J.M. et Moreau, R., (1969). Etude pédologique de la Haute-Volta, Région Ouest-Sud ; carte 1/500 000. Rapport ORSTOM.
- Boulet, R., (1976). Carte des ressources en sol de Haute-Volta et notice. ORSTOM minis. coop. Paris.
- Albert, K.D., (2000). Système d'Information Géographique pour le Burkina Faso.

Chaque étude a sa propre légende. UP (Unité Pédologique) désigne la référence à la carte pédologique de l'ORSTOM au 1 /500 000 affecté de N ou S suivant la coupure de référence : Ouest-Nord (Leprun et al., 1968) ou Ouest-Sud (Rieffel et al., 1969). UA (Unité Agronomique) désigne la référence à la carte d'utilisation agricole de Boulet au 1/500 000. Soltyp désigne la référence au SIG du Burkina Faso de Albert.

5.1 Légende de la carte pédologique

On a recensé les différentes unités pédologiques ainsi que les unités agronomiques correspondantes, présentes dans le bassin versant du Kou. On les a regroupé par unités agronomiques en 7 groupes (code_sol, échelle en SIG).

5.1.1 Unité agronomique 12

Dans cette section, relativement hétérogène, sont regroupés les sols dont la morphologie exprime un engorgement temporaire par l'eau et dont l'environnement, particulièrement la topographie, laisse supposer que cet engorgement existe réellement de nos jours. On trouve dans cette rubrique les sols sur alluvions fluviatiles (ceux à vertisols exceptés) ainsi que des sols développés sur certaines roches mères principalement des schistes argileux dans lesquels la finesse des matériaux d'altération favorise un engorgement mixte d'origine pétrographique et topographique.

Des traces de mauvais drainage apparaissent à une profondeur relativement faible, de l'ordre de 50 à 60 cm et ce dernier influe sur la zone exploitée par les racines (probablement de façon favorable). De plus ces sols passent vers l'aval à des sols franchement hydromorphes. Ils sont principalement localisés le long de la bordure orientale des grès.

Code_sol 1 : UP31N, UA12, soltyp 331

Sols hydromorphes, minéraux, peu humifères à pseudogley, à tâches et concrétions faciès structuré, sur matériau alluvionnaire de texture variable souvent argileuse.

Cette unité agronomique réunit les sols à mauvais drainage, sans sols associés.

Les séquences argileuses et sableuses ou limoneuses se succèdent, s'enchevêtrent tout au long du cours d'eau. Il est donc difficile de leur rendre une caractérisation physico-chimique à petite échelle.

Toutefois les caractéristiques chimiques qui en sont données indiquent :

- teneur en base moyenne
- une teneur en matière organique assez élevée (5 à 8 % rarement inférieur à 2%)
- un rapport C/N bas d'environ 12-13,
- de bonnes teneurs en phosphates
- sols assez désaturés

Caractéristiques physiques :

- texture variable (40 à 60% d'argile)
- Horizon A, généralement dur, rarement grumeleux
- stabilité structurale moyenne à bonne en surface, médiocre en dessous,

- porosité élevée ($40 \text{ cm}^3 /100\text{g}$ et plus) dans les horizons supérieurs inondés, très faible en profondeur (capacité minimum pour l'air nulle),
- eau utile importante dans les horizons humifères (10%),
- indice de drainage très mauvais ou mauvais en surface
- utilisation rationnelle de ces sols nécessite la connaissance préalable du régime hydrique réel

On distingue deux types de sols selon la coupure :

Ouest-sud : Il s'agit exclusivement de zones alluviales dont les sols sont souvent bien structurés et meubles en surface, particulièrement lorsque les vallées où ils se situent drainent des régions basiques. Leur fertilité varie en fonction du facteur pétrographique du bassin et va de faible à élevé.

Ouest-nord : La stabilité structurale est en général moyenne à bonne. La fertilité chimique est bonne. Teneur en matière organique assez élevée (2%, généralement 5 à 8 %), C/N bas (12-13), bonne teneur en phosphore mais parfois nettement désaturé. L'utilisation sera fonction du régime hydrique.

L'hétérogénéité exige un travail de zonage très fin de ces plaines afin de définir à chaque parcelle son contexte pédoclimatique précis.

Code_sol 2 : UP24N, 19S, UA12i, soltyp 324

Sols à sesquioxides et à matière organique rapidement minéralisée, sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris, hydromorphes sur matériau sablo-argileux à argileux issus de grés associés à des sols ferralitiques faiblement et moyennement désaturés.

Développées sur des formations gréseuses.

Caractéristiques chimiques

- pauvres en matière organique, en azotes totale et en bases.
- pH =5,5 à 6,6 en surface, pauvres en bases
- taux de saturation en surface : 75%
- phosphore total faible

Caractéristiques physiques :

- variante plus sableuse en surface, argilo-sableux en profondeur
- Sols rouges pour les plus fertiles à beiges pour une fertilité moyenne à médiocre
- horizon pauvre en argile en surface
- caractères structuraux remarquables : instabilité structurale de 0,9 à 1,5 (échelle Hénin)
- bonne perméabilité (ce qui justifie le classement de ce sols dans la catégorie ferralitique), bien drainé

On distingue deux types de formations complémentaires au niveau de l'axe Dé dougou – Bobo Dioulasso qu'il convient de repérer précisément sur le terrain :

- un terme amont rouge sableux en surface, argilo-sableux en profondeur, très bien drainé, chimiquement pauvre, meuble, plus ou moins profond Ces sols rouges, amonts, constituent d'excellents supports aux propriétés physiques très favorables mais dont la répartition naturelle de l'enracinement montre que le profil cultural est malgré tout à améliorer. Ces sols rouges peuvent être localement peu épais (50 à 70 cm) et reposent sur du grès. La pluviosité assez élevée de cette région (supérieure à 900 mm) limite l'effet néfaste de ce manque d'épaisseur.
- un terme aval, plus étendu, un peu plus argileux, à engorgement temporaire par l'eau en profondeur, mieux pourvu en bases. Ces sols, à drainage limité, également meuble en surface, ont cependant des caractéristiques physiques probablement moins bonnes. La limitation du drainage est toutefois suffisamment profonde (supérieure à 50 cm) et constitue un facteur favorable par amélioration des réserves hydriques. La fertilité chimique est par contre meilleure que celles des sols rouges, avec des teneurs en bases échangeables doubles. Mais le phosphore total reste insuffisant. L'ensemble de l'unité présente une fertilité actuelle faible, limité par des disponibilités chimiques. La fertilité est cependant améliorable.

Code_sol 3 : UP25N, 18S, UA12k, soltyp 325,218

Sols à sesquioxydes et à matière organique rapidement minéralisée, sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris, hydromorphes sur matériau sablo-argileux à argileux associés à des sols hydromorphes à pseudogley à tâches et concrétions sur matériau limono-argileux à argileux.

Cette unité s'est développée sur du grès. Les hauts d'interfluves sont cuirassés, ou, vers le nord, parfois gréseux. Des glacis à pente faible (1 à 2 %) s'y appuient et rejoignent des talwegs à zones alluviales étroites. Mais ici, le drainage ralenti en profondeur est plus exclusivement d'origine topographique et dû à un aplatissement poussé. La texture est en effet mieux équilibrée du côté des sables où dominent cependant les sables fins en profondeur. L'hydromorphie se manifeste vers 40 à 50 cm.

Les sols hydromorphes associés font suite au précédent (UA 12i) vers l'aval et sont développés sur des matériaux alluvio-colluviaux.

Caractéristiques chimiques :

- matière organique 1%, diminue en profondeur
- rapport C/N =13-14, 10 en profondeur,
- pH = 6.2 à 6.5, s'abaisse en profondeur,
- teneur en phosphore total médiocre(0.3 %)
- fertilité chimique moyenne à faible (4 mé/100 g)
- complexe absorbant moyennement désaturé

Caractéristiques physiques :

- horizons de surface pauvres en argile (12 %)
- texture sableuse à sablo-argileuse en surface, argilo-sableuse parfois argileuse en profondeur (jusqu'à 50 % d'argile),
- stabilité structurale médiocre en surface, moyenne à médiocre en dessous
- structure superficielle est massive, peu cohérente
- porosité faible même en surface
- eau utile en faible quantité (5 % en profondeur)
- indice de drainage mauvais, très mauvais en profondeur.

Les caractéristiques sont peu favorables. Mais les remontés capillaires à partir des horizons profonds engorgés peuvent se prolonger assez longtemps après les dernières pluies pour parfaire la croissance des plantes.

Ces sols imposent une amélioration du profil cultural qui devrait être obtenu sans problème particulier à l'aide de techniques mises au points depuis plus de 20 ans. Néanmoins dans les bas de pentes, ils nous garantissent des conditions d'humidité favorable à l'irrigation. En revanche le contrôle de la submersion pendant l'hivernage s'impose sur les bas glacis.

5.1.2 Unité agronomique 8

Elles correspondent aux régions qui dominent les cuirasses anciennes et leurs produits de démantèlement. L'intérêt agronomique des sols gravillonnaires au dessus des cuirasses est faible ou nul. Ce jugement pessimiste doit toutefois être nuancé lorsque l'on va vers le sud Ouest et que la pluviosité augmente car alors des cultures sont possibles sur des sols gravillonnaires peu épais. A ceci s'ajoute très souvent des propriétés superficielles défavorables et des engorgements temporaires également nocifs

Code_sol 4 : UP4N, 3S, UA8, soltyp 203

Sols peu évolués, d'origine non climatiques, d'érosion, régiques, sur matériau gravillonnaire, association à lithosols sur cuirasse ferrugineuse.

Caractéristiques chimiques :

- matière organique d'environ 1%,
- rapport C/N= 15,
- pH de 6,4

Caractéristiques physiques :

- couleur grise en surface (0-20 cm), de plus en plus rouge en profondeur,
- sols gravillonnaires
- texture de la terre fine : sablo-limoneuse à limono-sableuse et plus argileuse au dessous,
- éléments grossiers 40 à 50 %

- porosité 20 à 30 cm³/100g
- indice de stabilité mauvais à médiocre en profondeur,
- indice de drainage mauvais à médiocre en surface, plus mauvais en profondeur
- coefficient de perméabilité faible (1 cm par heure)
- valeur agricole faible à nul, possibilité de reboisement à étudier

Ce sol présente des caractères morphologiques des plus défavorables, et est considéré comme de valeur agricole faible à nulle en raison de la faible épaisseur, de leur faible valeur physique et chimique et de la susceptibilité de ces sols à l'érosion. le ruissellement est largement favorisé, ce qui entraîne un appauvrissement du sol en éléments fins.

Code_sol 5 : UP6S, UA8, soltyp 206

Sols peu évolués d'origine non climatiques, d'érosion, régiques, sur grés, association à lithosols sur grés.

Ce sont des zones d'affleurement des grés, elles reflètent la pauvreté des matériaux sableux

A une profondeur supérieure à 85 cm, on trouve des cailloux et des petits fragments de grés reposant sur une dalle gréuese assez friable à environ 130 cm. Ces sols sont qualifiés de sols sans intérêt agricole ou à faible intérêt.

5.1.3 Unité agronomique 13

Elles rassemblent les sols ferrallitiques qui apparaissent, sur certains matériaux, dans la couverture Ouest –sud. Bien que la permanence des conditions de leur genèse soit discutée et leur caractère paléoclimatique affirmé, l'apparition des sols ferrallitiques à certainement une signification climatique non dépourvue d'intérêt pour l'agronome. En effet si les matériaux d'altération ferrallitiques hérités abondent au Burkina jusqu'en zones sahéliennes, ceux-ci n'ont pas garder les caractéristiques morphologiques des horizons ferrallitiques (couleur vive, friabilité, perméabilité) sauf rares exceptions et en particulier sous certaines cuirasses perchées en buttes témoin. Bien au contraire, ils ont évolué vers les sols ferrugineux avec des caractéristiques physiques bien différents.

Les caractéristiques agronomiques des sols ferrallitiques sont nouvelles quand on vient du nord, en particulier par l'association d'une texture argileuse en B, et avec une friabilité et une perméabilité élevée. D'une façon général, les sols ferrallitiques du Burkina constituent, grâce à leurs propriétés physiques favorables, de bons supports, faciles à travailler, mais leur fertilité chimique est en moyenne insuffisante.

Code 6 : UP26S, UA 13a, soltyp 226

Sols ferrallitiques, moyennement désaturé, typique ou remanié, sur matériau argilo-sableux issu de grès.

Développées le plus souvent sur des grés à ciment kaolinique ou parfois ferrugineux, cette unité forme un arc de cercle de Bobo au Mali.

Caractéristiques chimiques :

- réserve en matière organique faible (inférieur à 1%)
- phosphore total faible,
- pH = 5.5, teneur en bases faible
- taux de saturation de l'ordre de 80 % en surface, descendant à moins de 40 % ensuite,

Caractéristiques physiques :

- couleur vive, rouge ou ocre
- instabilité structurale de 1.8, structure stabilisée
- perméabilité bonne à élevée (supérieure à 4 cm/heure), mais présence de sols mal drainés
- cohésion moyenne
- utilisable pour cultures exigeantes après amélioration

Au niveau de Bobo Dioulasso, la profondeur est variable, faible mais supérieure à 1 m et comporte des nodules ferrugineux assez abondants. L'intérêt de l'unité est la présence de l'horizon B, argileux mais friable et perméable. Encore plus sableux en surface (3% d'argile), le sol est moins argileux en B (< 30% d'argile).

Vers les bas des pentes apparaissent des sols de couleur beige, à tâches d'hydromorphie, à partir de 40 à 50 cm de profondeur, puis des sols franchement hydromorphes à pseudogley d'ensemble argilo-sableux à argileux. Ces sols à drainage limité ou franchement mauvais ne présente plus les caractéristiques physiques des sols ferralitiques. Ils ont une structure polyédrique assez large et une compacité plus forte.

La fertilité agricole est faible mais améliorable.

A noter que malgré leur bonne perméabilité, ces sols sont sensibles à l'érosion, et que dès que les pentes dépassent 3%, un travail du sol inadapté accélère dangereusement la dégradation.

Code 7 : UP8S, UA9, soltyp 208

Sols à mull des pays tropicaux, sols bruns eutrophes, modaux sur matériau argileux issu de roches basiques, association à sols bruns eutrophes, vertiques, sur matériau remanié riche en éléments grossiers, à sols bruns eutrophes, hydromorphes et à vertisols topomorphes, grumulosiques, modaux.

Ces sols se développent dans les zones de relief accidenté : colline basique, sommets arrondis, non cuirassée, flancs assez raides, faisant suite à un rebord de plateau cuirassé. Ces reliefs ménagent localement de belles plaines ou bas-fonds colluvio-alluviales.

Caractéristiques chimiques :

- fertilité bonne

- riche en bases
- taux de phosphore total assez variable, le plus souvent élevé (0.6 à 0.8 pour mille), le phosphore a tendance à augmenter avec la pluviométrie
- fortes capacités d'échange
- taux de saturation élevé

Caractéristiques physiques :

- couleur brun foncé des horizons superficiels, brun ou brun-rouge des horizons médians
- fraction argileuse importante, argile gonflant bien représentée ce qui s'accompagne d'une forte capacité d'échange et d'un taux de saturation élevé
- structure superficielle variable, allant de grumeleuse à prismatique moyenne ou même massive en passant par polyédrique ou cubique
- les associations de sols se succèdent rapidement sur pentes, les séries sur les collines sont les plus structurées.
- les sols les plus lourds sont dans de grandes dépressions planes utilisables pour la culture intensive après aménagements

Le drainage externe est généralement moyen et le drainage interne moyen à médiocre. Ces sols profonds (> 1 m) argilo-sableux en surface et argileux en profondeur sont très intéressants car ils regroupent des sols à potentialité de fertilité élevée.

5.2 Tableau récapitulatif

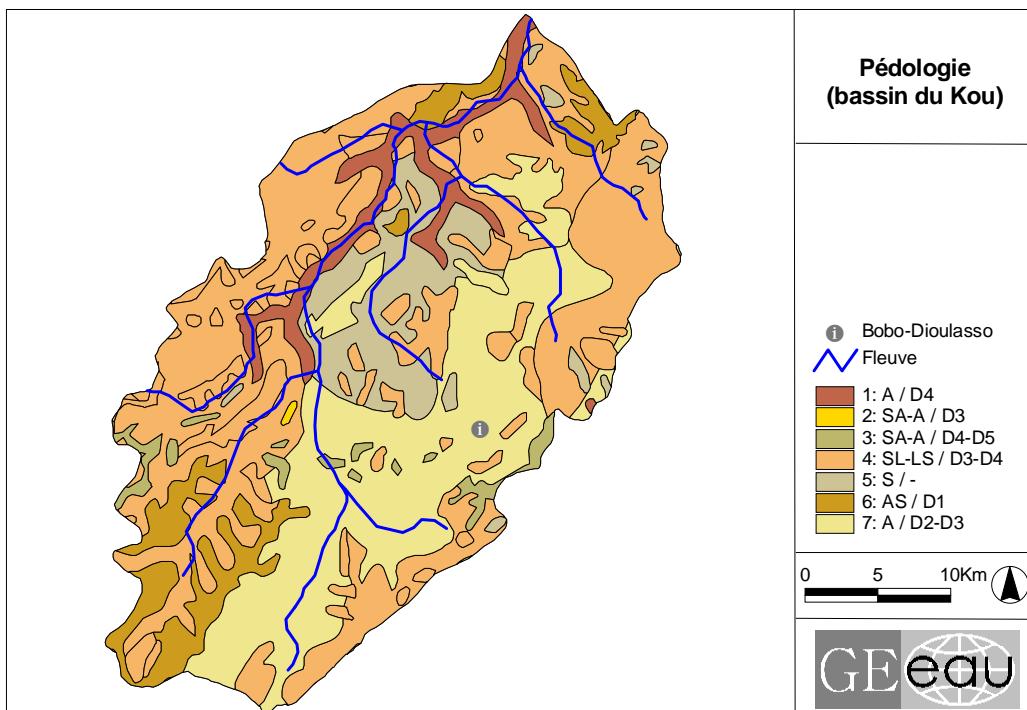
Tableau 5.1 - Tableau récapitulatif des légendes pédologiques

Code_sol	UP	UA	Soltyp	Texture	Drainage
1	31N	12	331	A	D4
2	24N, 19S	12i	324	SA - A	D3
3	25N, 18S	12k	325, 218	SA - A	D4 - D5
4	4N, 3S	8	203	SL - LS	D3 - D4
5	6S	8	206	S	-
6	26S	13a	226	AS	D1
7	8S	9	208	A	D2 - D3

A: argileux ; L: limoneux ; S: sableux

D1: élevé ; D2: moyen ; D3: médiocre ; D4: mauvais ; D5: très mauvais

5.3 Carte pédologique



Carte 5.1 – Carte pédologique du Bassin du Kou



- Périmètre formel -

6

Périmètre formel

6.1 Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou

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 et enclavé le village de Bama. Il se situe entre le 10°55" de latitude nord, 4° 20" et 4 ° 35" de longitude ouest à une altitude de 300 m par rapport au niveau de la mer. Il est délimité au sud à l'ouest et au nord par le canal principal d'irrigation, tandis que la rivière le Kou constitue sa limite naturelle à l'est.

D'une superficie totale de 1260 ha aménagés, le périmètre rizicole irrigué de la Vallée du Kou fait partie d'une vaste plaine de 9700 ha de superficie dont 2300 ha sont exploitables. La plaine comprend deux parties : la vallée du Kou et quelques collines de 300 m d'altitude qui limite la plaine à la sortie de Bobo.

Le périmètre a été réalisé dans le cadre de la coopération entre la Haute Volta et les Taiwanais. Les 100 premiers hectares ont été aménagés par la coopération Taiwanaise en 1969 et exploités en 1970. L'extension du périmètre s'est poursuivit jusqu'en 1974.

Après 1974, les Chinois remplacent les Taiwanais pour 2 ans. Suite à leur départ, le périmètre est géré par l'ORD (Organisation pour la Recherche et le Développement) puis bénéficie d'une aide financière de la BOAD (Banque Ouest Africaine de Développement) et d'une assistance néerlandaise jusqu'à 1993.

La population est divisée en 8 villages situés sur le périmètre irrigué, majoritairement des producteurs allochtones venus par vagues successives qui représentent 80 % de la population.

Le riz est la culture dominante, on y fait deux récoltes par an : le riz irrigué et le riz pluvial. La première campagne rizicole ou la campagne contre-saison est généralement mise en place courant décembre-janvier. La deuxième campagne rizicole s'est pratiquée pendant la période pluvieuse.

Depuis l'aménagement du réseau hydraulique, une baisse remarquable des rendements a été observée. La production moyenne était de 7,7 T/ha/camp en 1980-1981. Et depuis, les rendements se sont stabilisés autour de 4,8 T/ha/camp de paddy (Oubib Lahcen, 2000).

Selon la typologie, abouti d'une étude menée par le CILSS en 1991, cet aménagement est de type : grand aménagement hydroagricole encadré (Sahelconsult/FET, 1997).

6.2 Infrastructure hydraulique

6.2.1 La prise d'eau

Le périmètre rizicole irrigué de la vallée du Kou appartient au type d'aménagement par dérivation au fil de l'eau et comprend un réseau hydraulique permettant son fonctionnement. L'irrigation du périmètre se fait à partir du fleuve le Kou.

Le Kou est un affluent du fleuve Mouhoun. Il présente un débit assez élevé surtout en saison pluvieuse pouvant atteindre $14,3 \text{ m}^3/\text{s}$ au mois d'Août. Ce débit baisse jusqu'à $3,09 \text{ m}^3/\text{s}$ au mois de Mars en saison sèche. Une étude de la réserve d'eau souterraine du bassin versant du Kou fait ressortir qu'en année sèche, cette réserve hydrogéologique est capable de fournir un débit minimum continu de $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ soit 2400 l/s pour un besoin réel d'environ de $2,2 \text{ l/s/ha}$ minimum pour tout le périmètre (Ouhib Lahcen, 2000).

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.

Tableau 6.1 présentent les débits du Kou avant la prise de Diaradougou pendant la saison sèche (Source : ONPF (Office National pour la Protection des Forêts), « Vallée du Kou, rapport des campagnes 1984, 1985 »)

Tableau 6.1 - Débits du Kou avant la prise de Diaradougou pendant la saison sèche

Mois	Débit (m^3/s)
janvier	3,17
février	2,42
mars	1,99
avril	2,05
mai	3,19

6.2.2 Le canal d'amenée

La prise Diaradougou aménagée sur le Kou est à 11 km de la zone. L'eau est déviée dans un bassin muni d'un système d'alimentation et avec une faible pente de l'ordre de 1 mm/m, l'eau est conduite gravitairement jusqu'au rizières par des ouvrages hydrauliques de transport composés de l'amont vers l'aval par un canal d'amenée revêtu de 11 Km de longueur et de section trapézoïdale véhiculant un débit de l'ordre de $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ régulé à son départ par deux vannes (Ouhib Lahcen, 2000).

Le 22/09/02 et 03/10/02 des mesures de débits ont été faits par le projet au long du canal d'amenée sur les différents ponts traversant le canal. Les résultats sont présentés dans tableau 6.2. Il serait souhaitable qu'on puisse continuer à faire de tels mesures pendant toute l'année.

Tableau 6.2 – Débits mesurer au long du canal d’amenée

Pont	Débits de 22/09/02 (m ³ /s)	Débits de 03/10/02 (m ³ /s)
1	2,97	2,25
2	2,68	2,41
3	-	-
4	2,38	2,10
5	2,26	2,05
6	2,26	2,17
7	-	-
8	2,02	1,97
9	-	-
10	-	2,24
11	2,10	2,02

Une échelle de lecture de débit avec seuil est installée quelques centaines de mètres en amont du premier canal secondaire. Le projet a de nouveau calibré cette structure, des mesures sont régulièrement faites et notés par le responsable en irrigation. Les résultats ne sont pas encore traités. Tableau 6.3 donne la relation hauteur-débit dans le canal d’amenée, comme trouvée dans la littérature (Berthiaud, 2001)

Tableau 6.3 - Relation hauteur-débit dans le canal d’amené de la vallée du Kou

Hauteur d'eau (m)	Débit (m ³ /s)	Observations
1,3	3,57	Capacité maximal du canal
1,2	2,95	Débit souhaité pour le bon fonctionnement du périmètre
1,1	2,42	
1	1,96	
0,9	1,54	
0,8	1,19	Débit minimum pour le périmètre
0,7	0,9	A partir de ces débits l'irrigation du périmètre est impossible

Les relevés de débit journalier pour le mois février 2001 sont contenus dans le tableau ci-dessous (Berthiaud, 2001). Ces relevés sont issus du cahier de bord de l'aiguadier. En pleine période sèche le débit n’atteint jamais la valeur prévue par les études antérieures.

Tableau 6.4 - Variations de débits journalières de février 2001.
Lecture à l'échelle de la porcherie

Jour	Debit (l/s)						
1	2000	9	2000	17	2000	25	1900
2	1900	10	1600	18	2000	26	2000
3	1600	11	1600	19	2000	27	2000
4	2000	12	1600	20	2000	28	2000
5	2000	13	1600	21	2000		
6	2000	14	1600	22	2000		
7	2000	15	1600	23	2000		
8	2000	16	1600	24	1600		

De plus, des cultures informelles qui se trouvent le long du canal d'amenée utilisent l'eau du canal pour leur irrigation. La superficie des cultures informelles est estimée à 200 ha (inventaire des parcelles en irrigation effectué par le Ministère de la Question Paysanne, 1987). Les prises d'eau se multiplient et certains jours le débit de canal ne dépasse pas 1400 l/s.

Une autre étude (Berthiaud, 2001) a obtenu un débit moyen de 634 l/s prélevé par les cultures informelles dans le canal d'amenée.

Ce qui est confirmé par une étude fait en 1983 (Rapport sur les prélèvement d'eau le long de la partie tête morte du canal d'irrigation de la plaine rizicole du Kou), on a constaté que la différence de débit entre le 1iere pont en la porcherie variait de 100 l/s en mi-février à 500 l/s en mars, avril.

Tableau 6.2 montre aussi qu'il y a des « pertes » d'eau le long du canal.

6.2.3 Le canal principal, les secondaires, les tertiaires, ...

Au niveau du point dit « vannes déversoir », le canal d'amenée est prolongé par le **canal principal** revêtu de section trapézoïdale, d'une longueur de 10 Km et véhiculant un débit de 2,3 m³/s à 2,7 m³/s qui ceinture presque tout le périmètre, de 9 **canaux secondaires** revêtus, de section trapézoïdale, d'une longueur totale de 16,2 Km et distants de 500 m les uns des autres véhiculant ainsi un débit variant de 0,30 m³/s à 0,49 m³/s, de 91 **canaux tertiaires** dont la majorité revêtus, de section trapézoïdale véhiculant un débit variable de 0,21 m³/s à 0,037 m³/s et enfin d'un ensemble de canaux quaternaires et d'arroseurs en terre de section trapézoïdale alimentant les parcelles (Ouhib Lahcen, 2000).

Comme dans le canal d'améné, des seuils à mesure se trouvent aussi en aval de chaque prise d'eau secondaire. Aussi ce seuil à mesure (celui du deuxième bloc, c'est-à-dire le deuxième secondaire) était de nouveau calibré par le projet.

Tableau 6.5 - Récapitulatif de la nomenclature des canaux et leurs débits

Ouvrage	Nombre	Débit (m ³ /s)
Prise Diaradougou	1	-
Canal d'aménée	1	3,5
Canal principal	1	2,7 - 2,3
Canaux secondaires	9	0,49 - 0,3
Canaux tertiaires	91	0,21 - 0,037
Canaux quaternaires	-	-

Des modules à masques sont installés en tête des canaux tertiaires juste à l'aval de chaque vanne de garde. Leur répartition de vannettes est : chaque fois une vannette de 5, 10, 15 et 30 l/s. Il faut remarquer que presque tous les modules étaient soit bouchés, tordus ou coincées. Alors aucune mesure fiable n'était possible avec des modules dans un tel état.

6.2.4 Drainage

Un réseau d'assainissement assez dense permet de récolter les eaux depuis les parcelles jusqu'au canal émissaire en aval du lac de Bama. Le lac draine ensuite les eaux dans le Kou vers sa confluence avec le Niamé.

6.3 Besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des cultures représentent le volume d'eau exprimé généralement en lame d'eau ou en mm, qui est consommé par le phénomène de l'évapotranspiration du couvert végétal qui doit être indemne de maladies, développé sur une grande surface et dans des conditions non limitantes de disponibilité en eau dans le sol et de fertilisation. De telles conditions doivent conduire au rendement potentiel.

Pour les besoins en eau des cultures maraîchères, ces dernières d'une superficie de l'ordre de 70 ha ont été introduites au niveau du périmètre irrigué de la vallée du Kou depuis la première campagne agricole de l'année 1988. Leurs besoins en eau ne sont pas connus avec exactitude. Le service hydraulique en collaboration avec le service de la production végétale a pris comme besoin en eau les normes qui sont souvent utilisées au niveau du territoire Burkinabé c.à.d 1,15 l/s/ha.

Les besoins en eau en l/s par mois et par bloc hydraulique au niveau du périmètre rizicole de la Vallée du Kou ont été établi en 1986 par la mission Néerlandaise (projet Vallée du Kou). Les résultats sont présentés dans tableau 6.6, la pluie efficace non incluse.

Tableau 6.6 - Besoins en eau en l/s pour les blocs 2, 2a et le total pour tous les blocs

Mois	Bloc 2 (l/s)	Bloc 2a (l/s)	Total des 8 blocs (l/s)
Janvier	300	10	1 895
Février	365	10	2 275
Mars	365	10	2 300
Avril	315	10	2 020
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
JUILLET			1 500
Aout	205	5	1 230
Septembre	205	5	1 245
Octobre	220	10	1 405
Novembre	0	0	0
Décembre	0	0	0

En dehors de cela d'autres tests et mesures ont été menés à bien par le projet. Dans plusieurs champs délimités des mètres gradués ont étaient installés pour mesurer l'évapotranspiration du riz (ETriz) et les pertes par percolations dans les rizières. En mesurant chaque jour au même heure la hauteur de la nappe d'eau dans le champ, on peut estimer l'ETriz et les pertes par percolations des dernières 24 heures. Quand irrigation était nécessaire, c'était fait après avoir contrôlé le mètre à l'heure prédéterminé. L'irrigation consistait en ouvrir le champ délimité, laisser entrer l'eau et y après de nouveau isolé le champ. A ce moment le mètre était vérifié de retour.



Foto 6.1 & 6.2 – Champ avec règle graduée (g.) et champ avec règle et lysimètre (d.)

Pourtant, toutes les mesures étaient faits en hivernage. Alors, souvent la gamme de mesure était disturbée par la pluie, les mesures faites dans une journée avec de la pluie étaient exclues. Tableau 6.7 étaie les moyennes des mesures réussites (en mm/jour) des mois septembre jusqu'à novembre pour 6 règles graduées. Probablement les résultats de règles 1 et 2 ne sont pas corrects à cause d'un mal positionnement de ces règles.

Tableau 6.7 - Mesures réussites de ETriz et percolation sur quelques rizières (mm/jour)

	Règle 1	Règle 2	Règle 3	Règle 4	Règle 5	Règle 6
Septembre	40	16	20	13	13	15
Octobre	57	61	15	11	12	18
Novembre	-	-	11	31	13	21
Moyenne	49	38	15	18	12	18

En même temps, quelques lysimètres (tonneaux simples ; hauteur = 60 cm et diamètre = 58 cm) étaient plantés dans les rizières. Les parties supérieures des tonneaux ont été peintes en blanc pour limiter le réchauffement de la lame d'eau par insolation. Dans le tonneau du riz est planté avec le même écartement que le champ autour et il est irrigué avec le même calendrier que le riz du champ autour. L'hauteur de la lame d'eau est notée chaque jour. Si la rizière était irriguée, l'eau dans la barrique était renouvelée. Les résultats sont exposés dans tableau 6.8.

Tableau 6.8 - Résultats des lysimètres (mm/jour)

	Lysimètre 1	Lysimètre 2
Septembre	7	8
Octobre	12	10
Novembre	14	13
Moyenne	11	10

6.4 Climatologie

Toutes les données pluviométriques et les données nécessaires pour calculer l'ETo ont été fourni par l'antenne de l'INERA stationné à Bama. Ils étaient présentés dans § 4.

6.5 Caractéristiques des sols

La texture des sols du périmètre rizicole irrigué de la vallée du Kou a été déterminée par les analyses granulométriques d'échantillons du sol prélevés dans l'ensemble des parcelles exploitées de la plaine de la vallée du Kou. Ainsi, les groupes de sols exploitables observés sont consignés : argile, argilo-limoneux, sable-argile-limoneux, sablon-argile, sablon-limon et sable-limon (Ouhib Lahcen, 2000).

Il est à noter qu'on rencontre des matériaux grossiers à faible profondeur. C'est-ce qui rend les rizières perméables. Des mesures de la vitesse d'infiltration de l'eau ont été menées entre deux campagnes de riz et elles sont beaucoup plus élevées que pendant les

campagnes de riz. La valeur moyenne est de 32 mm/j au lieu de 3 mm/j en pleine campagne.



Foto 6.3 & 6.4 – Creuser d'un puit de profil (g.) et teste à double anneaux pour mesurer l'infiltration (d.)

Des échantillons de terre non-perturbées et de puits de profil sont en train d'être analysé au niveau de la K.U.L.. Les résultats seront publiés dans les thèses de M. Deschamps et S. Geerts en juillet 2003. Sur les champs suivis aussi des tests d'infiltration était faits (voire Geerts et Deschamps, 2003).

6.6 Organisation actuelle du périmètre

6.6.1 Calendrier agricole

Tableau 6.9 - Calendrier agricole au niveau du périmètre rizicole

Activités agricoles	Campagne 1	Campagne 2
date de semence	07/01	15/07
date de repiquage	01/02	01/08
date de la fermeture de la prise d'eau	02/05	30/10

La première campagne dure 126 jours et la deuxième dure 120 jours. Cette différence vient du fait qu'à cause du froid en janvier, le repiquage se passe un peu plus tard par rapport à la deuxième campagne de l'année.

6.6.2 Irrigation

Pendant la saison sèche (de février à mai), l'eau d'irrigation est insuffisante et pour une gestion rationnelle de l'eau, un tour d'eau entre exploitant est instauré 24h/24.

Un lâcher d'eau est effectué en tête des canaux secondaires 1 – 2 – 3 et 4 pour servir 24h/24 jusqu'au lendemain (une nuit et un jour d'irrigation). Au lendemain, on ferme les vannes en tête de ces canaux secondaires et on effectue un lâcher en tête des canaux secondaires n°5 – 6 – 7 et 8 pour servir 24h/24, puis on ferme et le tour d'eau recommence. Ce tour d'eau au niveau de tous les canaux secondaires est réalisé par le responsable eau du périmètre

Si l'eau est abondante en saison pluvieuse (juin – octobre), on ouvre tous les canaux secondaires en même temps.

6.7 Notion d'efficience

Le transport, la distribution et l'application de l'eau d'irrigation s'accompagnent toujours des pertes dont il faut tenir compte pour le dimensionnement des installations des réseaux.

Les besoins en tête du réseau ou besoins brutes correspondent aux besoins des cultures ou besoins nets additionnés des pertes d'eau. On distingue les pertes d'eau à la parcelle et les pertes d'eau dans le réseau lui-même.

Pour le périmètre rizicole irrigué de la vallée du Kou, l'efficience d'eau du réseau hydraulique n'est pas connue par manque de recherches. Depuis la première campagne 1988, deux blocs d'irrigation tertiaires ont été pris pour faire une étude d'efficience d'eau et les premières analyses ont été faites aux mois de mai et juin 1988. Le service hydraulique a estimé l'efficience d'eau pendant la première campagne de l'année à 70 % (mission Néerlandaise, 1988).

Le projet « inventaire des ressources en eau » ont aussi finalisé leur recherche sur les cultures irrigués, entre autres pour le périmètre de la Vallée du Kou en 1997 (Sahelconsult/FET, 1997). Leurs résultats sont présentés ci-dessous.

Tableau 6.10 - Ressources en eau prélevée et analyse de la consommation d'eau

Périmètre	Besoins en eau (m ³ /j)	Ressources prélevés (m ³)	Couvertures des besoins (%)
Vallée du Kou	110 000	140 000	127

Le projet a aussi mis en marche une campagne de suivi-évaluation de l'efficience en usage en eau. La mesure des débits offre une base pour le calcul des redevances d'irrigation. La mesure des quantités d'eau est de permettre une distribution et une application efficaces.

C'est dans ce objectif qu'on a renouvelé et calibré les seuils au niveau du canal d'aménée et le secondaire de bloc 2. Hors de ça, des mesures étaient aussi fait au long du

secondaire et ses tertiaires du bloc 2. Les premiers résultats sont attendu pour juillet 2003.

6.8 Rendements

Au niveau de la DRA, dans une étude de FAO, des données sur les rendements en T/ha durant les deux campagnes rizicoles depuis l'année 1995 jusqu'à l'année 1998 étaient collectionnés (Tableau 6.11) (Oudib Lahcen, 2000).

Tableau 6.11 - Rendements en T/ha durant les deux campagnes pour la période 1995-1998

	Saison sèche	Saison humide
1995		4,81
1996	3,47	3,62
1997	4,46	4,03
1998	3,22	3,93
Moyenne		3,93

Pour la saison humide de 2002 des cadres de rendements étaient ramassés. De plusieurs champs 1 m² étaient récoltés, décortiqué et pesés. Ca permettra d'extrapoler ces données et d'avoir une idée des rendements globaux dans la Vallée du Kou ; et finalement aussi pour calibrer les modèles de simulation de besoins en eau des cultures.

6.9 Remarques

Ce chapitre est plus tôt la synthèse d'une étude bibliographique des travaux antérieurement faits qu'une présentation de données ou résultats de recherches. Néanmoins que beaucoup de données existent déjà le projet s'est mis pour objectif de les actualiser, même refaire quelques uns et ajouter autres. Comme on vient de finir une campagne de mesures de terrains, ces données n'ont pas encore été incluses dans ce rapport. Un bulletin technique est prévu pour une autre date (2003).

Cette année on n'a que fait des mesures pendant la période pluviale. Une période pendant laquelle qu'il y a une abondance d'eau sur le périmètre irriguée de Bama. A ce moment faire des mesures d'efficience en irrigation est peu utile, mais on a eu le temps d'entraîner le responsable pour proprement pouvoir travailler en saison sèche.



- Périmètre informel -

7

L'irrigation informelle

Un inventaire des parcelles en irrigation a été effectué par les enquêteurs du Ministère de la Question Paysanne en 1987.

Des photographes aériennes à l'échelle 1/500.000 ont également été prises par l'IGB à cette époque. L'interprétation de ces photos a révélé qu'en amont de la prise de Diaradougou, la superficie sous irrigation était d'environ 170 ha, dont 13 ha en bananeraie.

En 1989 on a dénombré les périmètres irrigués spontanés à 190 producteurs individuels en amont de la prise d'eau de Diaradougou. La superficie cultivée était 123,10 ha de cultures maraîchères (tomate, gombo, chou et 13 ha de banane).

A partir du village du Sosongona, à 8 Km de la source (i.e. Guingette), les terrains cultivés occupent la vallée tout au long du bord du Kou. L'utilisation des sols entre Dinderesso et Diaradougou est schématisée à la figure 7.1

MORPHOLOGIE	Glacis	Dépressions	Pente de berge	Berges centrales	Pente	Dépressions	Glacis
SECTION SCHEMATIQUE	OUEST						EST
PERIODE	Cultures correspondantes à la morphologie						
Juillet	Irrigation	1	Céréales pluviales	riz pluvial	bananes maraîchages	riz pluvial	Céréales pluviales
Janvier		2	-	maraîchage		maraîchage	-
Mars		3	-	maïs		-	-
Juin					bananes maïs		
METHODE D'IRRIGATION	-		CANAUX	MOTO POMPES	CANAUX	-	

Figure 7.1 – Diagramme d'utilisation des sols dans la vallée du Kou entre Dinderesso et Diaradougou

7.1 Diaradougou

Ensemble avec la Vallée du Kou, Diaradougou était sélectionné pour des campagnes de mesures et de collecte de données.

A Diaradougou on a inventorié plusieurs types d'agriculture / irrigation :

- au bord du Kou : toute une système d'irrigation gravitaire (canaux primaires et secondaires) est élaborée. L'irrigation n'est que fait en étiage, en hivernage les terrains sont inondés et occupés par du riz paddy. En étiage on y cultive surtout des cultures maraîchères ;
- plus en haut : on a aussi 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 ;
- en haut : seulement les cultures pluviales (haricots, maïs, mil,...) ;
- bas-fonds : Sud du village on trouve un grand bas-fond plus tôt plaine, qui s'étale d'une superficie de plusieurs dizaines de km² et qui draine la plaine et les montagnes entourant dans le Kou. Ce bas-fond n'est pas proprement aménagé ; comme c'est une telle vaste plaine, on n'a pas des ruissellements d'eau comme dans des bas-fonds classiques en période de pluies. Néanmoins il est complètement cultivé avec du riz pluvial en hivernage.

7.2 Travaux de terrain

Pendant l'hivernage quelques champs dans le bas-fond (riz pluvial) et quelques champs plus en haut (bananiers et maïs) ont été suivis pendant toute la campagne.



Foto 7.1, 7.2 & 7.3 – Pluviomètre (g.) ; creuser d'un puit de profil (m.) et mesurer les cadres de rendement (d.)

Les tests et mesures faits au point de vue d'une étude des cultures pluviaux étaient : l'installation des pluviomètres, prendre des échantillons non-perturbées et perturbées (vérifier la teneur en eau), creuser des puits de profil et prendre des cadres de rendements. Les résultats sont en train d'être traité et seront publié à juin 2003.



- Séminaires -

Journée technique d'irrigation

15 fevrier 2002

**Comite National des Irrigations et
du Drainage du Burkina Faso
(CNID/B)
Bureau Executif
(BE)**

Programme des Activités

8 h 00	: Cérémonie d'ouverture
9 h 00 – 9 h 30:	: Communication sur les Techniques d'Irrigation dans les bas-fonds. Présentée par le Plan d'Actions pour la Filière Riz (PAFR) Bobo-Dioulasso
9 h 30 – 10 h 45	: Débats
10 h 45 – 11 h 15	: Pause café
11 h 15 – 11 h 45	: Communication sur les grands périmètres irrigués (cas du Sourou) Présentée par Monsieur le Directeur Général de l'Autorité de Mise en Valeur de la Vallée du Sourou ((AMVS) Ougadougou
11 h 45 – 13 h 00	: Débats
13 h 00	: Suspension
14 h 30	: Reprise
14 h 30 – 15 h 00	: Communication sur l'Irrigation par aspersion au Burkina Faso. Présentée par la Société Sucrière de la Comoé (SOSUCO) Banfora
15 h 00 – 16 h 15	: Débats
16 h 15	: Clôture de la Journée Technique d'Irrigation

Compte rendu de la rencontre entre GEeau et l'ARID (05/09/2002)

Etaient présents à cette rencontre :

Pour le GEeau

Monsieur Joost WELLENS, Coopérant scientifique
Monsieur Fiacre Nestor COMPAORE, Ingénieur du Génie Rural

Pour l'ARID

Ingrid Hermiteau, assistante technique pour l'ARID
Hervé Ouédraogo, secrétaire technique ARID

Le 5 septembre 2002, une mission de l'ARID (Association Régionale pour l'Irrigation et le Drainage en Afrique de l'Ouest et du Centre) composée de l'assistante technique du projet APPIA et du secrétaire technique de l'ARID s'est rendue à Bobo-Dioulasso pour une séance de travail avec les responsables du projet GEeau.

Le but de cette rencontre était de présenter l'ARID et son projet APPIA (Amélioration des performances sur les périmètres irrigués en Afrique), de s'informer sur les activités du projet GEeau.

L'ARID

L'ARID est une association à but non lucratif dont les statuts ont été agréés en 1996. Elle a pour objet de rassembler les professionnels de l'irrigation et du drainage de 23 pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Elle est dotée d'un bureau exécutif dont la présidence est assurée par Monsieur Amadou Allahoury DIALLO du Niger.

Les 23 pays couverts par l'ARID sont : Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Cap-Vert, Centrafrique, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée Bissau, Guinée Equatoriale, Libéria, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria, Sao Thomé, Sénégal, Sierra Léone, Tchad et Togo.

Le Secrétariat Général de l'ARID est actuellement confié au Directeur Général du Groupe des Ecoles Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural et des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural de Ouagadougou (EIER/ETSHER). Le Groupe EIER/ETSHER assure ainsi l'exécution des décisions de l'ARID arrêtées en assemblée générale et la gestion de ses tâches administratives et financières.

L'ARID dispose aujourd'hui des comités nationaux constitués ci-après :

- Nigerian National Committee on Irrigation and Drainage (NINCID), créé en 1970 ;
- Ghana Society of Agricultural Engineers (GSAE), créée en 1994

- Association Nigérienne des Irrigations et du Drainage (ANID), créée en 1999 ;
- Comité National des Irrigations du Drainage du Burkina (CNID-B), créé en 1999 ;
- Association Guinéenne pour la Promotion des Irrigations et du Drainage (AGPID), créée en 1999 ;
- Association Malienne des Irrigations et du Drainage (AMID), créée en avril 2001 ;
- Association Tchadienne des Irrigations et du Drainage (ATID, créée en décembre 2001.

D'autres nouveaux comités nationaux sont en instance de création : Côte d'Ivoire, Sénégal, Mauritanie, Togo.

L'ARID a pour but de :

- i) Promouvoir la mise en valeur durable et la gestion équilibrée des terres et des eaux en vue d'accroître la production agricole et d'assurer la sécurité alimentaire
- ii) Promouvoir les techniques d'aménagements hydroagricoles (Irrigation - drainage), de maîtrise des crues et d'aménagement des rivières en prenant en considération les aspects ingénierie, agricoles, économiques, environnementaux et sociaux ;
- iii) Collecter et diffuser les résultats d'études et de recherches, favoriser l'échange d'expériences en s'appuyant sur les réseaux Sud-Sud et Nord-Sud ;
- iv) Favoriser la création de Comités Nationaux des Irrigations et du Drainage de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage (CIID), l'ARID étant l'interlocuteur régional de la CIID.

L'APPIA

La sécurité alimentaire des pays sub-sahariens, menacée par les sécheresses récurrentes des dernières décennies, dépend de plus en plus de leur capacité institutionnelle à développer des systèmes irrigués productifs et durables. Or, depuis la fin des années 80, le secteur irrigué en Afrique soudano-sahélienne a connu une forte évolution : libéralisation des filières, transfert de la gestion des aménagements aux exploitants, émergence des préoccupations environnementales. Suite à ce bouleversement du contexte institutionnel, les bailleurs de fonds se sont désintéressés de l'irrigation en stigmatisant la non-compétitivité des filières, la faillite des coopératives, le faible taux de mise en valeur des aménagements et leur dégradation.

Pourtant, le potentiel d'amélioration des performances des systèmes irrigués en Afrique soudano-sahélienne est important. Des expériences innovantes sont ainsi conduites par des projets de recherche-développement, des organisations paysannes, des offices d'aménagement, des ONG. On constate cependant :

- l'insuffisance de capitalisation et de diffusion de ces expériences ;
- un faible relais de l'information jusqu'aux producteurs, dû notamment à un manque de structures adaptées d'appui-conseil aux irrigants.

Ce déficit de données sur l'irrigation et ses performances alimente le pessimisme ambiant concernant le devenir de l'irrigation sub-saharienne, paralyse l'élaboration de politiques agricoles et freine l'adaptation des agriculteurs et de leurs partenaires à un contexte institutionnel en pleine mutation.

L'objectif de ce projet est de contribuer à créer un cadre professionnel propice à l'élaboration d'une politique sectorielle agricole et à la modernisation technique et institutionnelle de l'irrigation soudano-sahélienne.

La composante 1 de promotion des échanges d'informations entre les professionnels de l'irrigation de l'Afrique sub-saharienne suivra une démarche d'identification, de collecte, de traitement, de capitalisation et de diffusion des informations utiles à l'amélioration des performances des systèmes irrigués. Elle doit permettre de constituer un référentiel de performances et de pratiques innovantes, utilisables par les acteurs du développement.

La composante 2 de renforcement de l'appui-conseil aux irrigants et à leurs associations contribuera à moderniser les structures d'appui-conseil et à affirmer leur rôle dans les échanges d'informations sur les périmètres irrigués.

La composante 3 concerne le management et l'évaluation du projet.

Le projet sera mis en œuvre dans deux régions intégrant des zones climatiques soudano-sahéliennes : 5 pays d'Afrique de l'Ouest (Burkina, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal) et 2 pays de la Corne de l'Afrique (Kenya, Ethiopie). Pour la première, où existe déjà une association professionnelle, l'Association régionale pour l'irrigation et le drainage en Afrique de l'ouest et du centre (ARID) assurera la maîtrise d'œuvre principale du projet en s'appuyant sur son Secrétariat, le Groupe des écoles inter-Etats de l'hydraulique et de l'équipement rural (EIER-ETSHER), basé à Ouagadougou. Pour la Corne de l'Afrique, sur une zone beaucoup moins étendue, la représentation régionale de l'Institut international pour la gestion de l'eau (IWMI), basée à Addis Abeba, contribuera à la mise en œuvre du projet APPA en partenariat avec des organismes locaux.

Les structures d'appui-conseil joueront un rôle essentiel dans la collecte et la diffusion d'informations sur les périmètres, tandis que les professionnels de l'irrigation contribueront aux échanges à une échelle régionale et nationale.

La mobilisation de ces connaissances et de ces compétences sera utile aux agriculteurs et à leurs organisations pour la gestions des aménagements hydro-agricoles. Elle pourra être valorisée commercialement par les structures privées et contribuer à l'élaboration de politiques sectorielles par les autorités concernées.

La contribution du FSP, d'un montant de 1,23 M€ sur quatre ans, sera essentiellement réservée aux investissements humains : études et diffusion de leurs résultats, sessions de formation continue, organisation d'ateliers ou de visites de terrain pour des représentants des acteurs et des bénéficiaires.

Les relations entre ARID et GEeau

Les échanges de données sont possibles dans le domaine des besoins en eau, des méthodes de suivi-évaluation ainsi que les efficiencies d'irrigation. Les résultats du projet lorsqu'ils seront validés, pourront être intégrés au site ARID-L (www.eier.org/arid).

La mission a exprimé son souhait d'être associée à une tournée sur les sites faisant l'objet de suivi-évaluation ainsi que sur certaines exploitations informelles.

Un stagiaire de l'ARID sera encadré par GEeau pour une période de dix jours. Le stagiaire accompagnera l'équipe de GEeau sur le terrain pour recueillir des enquêtes à inventorier les périmètres irrigués formelles et informelles.

La coopération belge au Burkina Faso (4/10/2002)

Le Burkina Faso est l'un des 25 pays de concentration de l'aide au développement belge. La coopération belge dans ce pays revêt de multiples facettes. Citons notamment :

- La coopération bilatérale directe dont les différents projets sont identifiés par l'Ambassade belge et mis en œuvre par la BTC/CTB ;
- La coopération bilatérale indirecte, en particulier celle mise en œuvre par l'APEFE et le VVOB, le CIUF et le VLIR, les ONGs, etc ;
- La participation de la Belgique à la coopération multilatérale, que ce soit par le financement de projets ou la mise à disposition d'experts.

Bien que nombre de ces acteurs travaillent dans des secteurs connexes, voire identiques, jusqu'à présent les occasions de rencontres et d'échanges ont été rares. Un besoin réel d'information réciproque et de coordination se fait de plus en plus sentir.

C'est pourquoi les divers acteurs de la coopération belge étaient invités à une première réunion de contact le 4 octobre 2002 à la résidence de l'Ambassade de Belgique.

1 Les divers canaux de financement

La Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI) fait partie du Ministère des Affaires Etrangères, du Commerce Extérieur et de la Coopération Internationale. La DGCI est représentée sur place par l'Ambassade de Belgique, qui est l'interlocuteur officiel des autorités burkinabé pour toutes les formes de coopération.

Toutefois, la DGCI finance des actions de coopération par divers canaux. Chaque canal de financement prévoit un mode d'exécution différent.

1.1 La coopération bilatérale directe (d'Etat à Etat)

Les nouvelles interventions (projets, programmes ou appuis budgétaires) sont identifiées par le Burkina Faso, en collaboration avec la DGCI (Ambassade de Belgique).

La DGCI confie l'exécution de cette coopération bilatérale directe à la CTB, société anonyme de droit public.

1.2 La coopération bilatérale indirecte (par des acteurs non gouvernementaux)

Cette coopération est subventionnée par la DGCI, mais exécutée par différents acteurs :

- des ONG belges (une vingtaine au Burkina Faso), associées à des partenaires burkinabé : ONG, associations, ...

- des ONG locales (nouveau système de financement direct)
- l'APEFEFE (Association pour la Promotion de l'Enseignement et de la Formation à l'Etranger) ;
- le VVOB (Association Flamande pour la Coopération au Développement) ;
- appui universitaire institutionnel par le CIUF (Conseil Interuniversitaire de la Communauté française) ;
- appui universitaire institutionnel par le VLIR (Conseil Interuniversitaire de la Communauté flamande) ;
- projets d'initiative propre des Universités francophones ou flamandes de Belgique (PIP)
- l'Institut Prince Léopold de Médecine Tropicale d'Anvers (MIT) ;
- le Musée Royal d'Afrique Centrale de Tervuren (MRAC) ;
- l'Association des Villes et Communes Belges.

1.3 La coopération multilatérale (par des organisations internationales)

Cette coopération est subventionnée, entièrement ou partiellement par la DGCI, mais exécutée par des organisations du système des Nations Unies, des Banques de Développement (BM, FMI, BOAD, BAD, ...) ou l'Union Européenne.

1.4 Le Fonds Belge de Survie (FBS)

Fonds géré par la DGCI. Projets axés sur la sécurité alimentaire, exécutés par des ONG belges (OXFAM Belgique, Solidarité Mondiale, Iles de Paix, ...) ou des organisations internationales (FAO, FIDA, ...)

1.5 L'aide d'urgence (humanitaire ou alimentaire)

Des opérations d'aide urgence financées par la DGCI peuvent être exécutées par des ONG, par des organisations internationales ou par la CTB.

1.6 BIO

Association belge d'investissement (secteur privé).

2 Les finances

L'aide publique belge se répartit donc entre ces différents canaux. Dans le tableaux l'exemple pour 2001 :

Canal de financement	EUROS
DGCI frais administratifs	383.211
DGCI bilatéral direct (via CTB)	4.567.689
DGCI bilatéral indirecte	
- via ONG	2.022.895
- via APEFE	781.066
- via VLIR	70.962
- via CIUF	172.125
- autres	12.394
DBCI multilatéral affecté	1.325.988
Région wallone / Com. Française	548.431
Provinces communes	30.204
Total aide publique belge	9.914.965

3 Contacts intéressants

Dans la coopération belge plusieurs initiatives interviennent dans le secteur de l'eau. Des liaisons intéressantes pourraient être créées avec les programmes suivants :

3.1 Bilatéral indirect

- APEFE
(-)
Formation professionnelle en système d'information géographique pour l'environnement au niveau du Ministère de l'Environnement et de l'Eau.
Suivi et gestion de la mission : Fabrice Sprimont.
- Bewijde Wereld (SALTO)
(ONG)
Développement intégré (15 digues).
Contact : Anthony Dabiré
- Theux / Korsimore
(Villes et Communes)
Appui aux services communaux de gestion de l'eau potable.

3.2 Multilatéral

- CGIAR
(organisations internationales)
Développement de la riziculture.

Seminaire d'Information et de Sensibilisation sur la Gestion des Ressources en Eau au Burkina Faso

1 Objet du Séminaire

Il s'agit de présenter les résultats d'actions innovantes de recherche et d'études sur la connaissance, la mobilisation et la gestion des ressources en eau dans le contexte du Burkina Faso afin d'esquisser sur cette base, de nouvelles approches de partenariat et de financement pour une amélioration significative de la situation de la connaissance, gestion et protection des ressources en eau du pays.

2 Justification

L'état des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion dressé en Mai 2001 par le Programme GIRE, est comme son nom l'indique, un état des lieux des problèmes qui empêchent une gestion efficace et durable des ressources en eau du pays.

Autant pour les eaux de surface que les eaux souterraines, l'évaluation des réserves et des ressources renouvelables est rendue extrêmement imprécise par les facteurs suivants :

Pour les eaux de surface :

L'organisation, le financement et la mise en oeuvre des activités de collecte, de stockage, de traitement, d'exploitation et de diffusion des données ne sont pas adaptés.

Pour les eaux souterraines :

- manque de précisions sur les données altimétriques : ce manque ne permet pas d'établir des cartes isopiézométriques des différents aquifères repérés qui préciseraient les zones d'alimentation des réserves souterraines, le sens de leur écoulement, les zones les plus favorables pour les forages d'exploitation,
- le nombre réduit de forages profonds : la très grande majorité des forages vise une exploitation rurale avec des exigences de débits modestes. Ce genre de forage qui ne capte pas toute l'épaisseur des aquifères n'apporte donc pas d'information complète sur leur potentialité réelle,
- l'absence de pompages d'essai qui permettent de déterminer les paramètres permettant d'évaluer les réserves en eau (la perméabilité, le coefficient d'emmagasinement, les débits de front de nappe).
- La complexité du contexte géologique et hydrogéologique

Cette situation tend à montrer qu'il n'existe pas de ressources souterraines profondes utilisables dans la situation climatique actuelle. La logique d'une gestion durable des ressources en eau imposerait donc de limiter l'exploitation souterraine par des forages peu profonds situés dans les cent premiers mètres sous la surface du sol sous peine d'aggraver encore la baisse des nappes.

Cependant, de façon pratique, il ne peut être question de cesser d'exploiter les eaux souterraines. Il est donc indispensable de poser clairement les conditions auxquelles doit être soumise la poursuite de cette exploitation.

Au Burkina Faso, diverses initiatives particulièrement riches d'enseignements sont actuellement conduites par différentes universités et centres de recherche dans ces différentes domaines comme l'utilisation des techniques nucléaires, de techniques récentes en géophysique, le projet HYCOS/VOLTA, le projet Gestion de l'eau dans le bassin du Kou.

La présentation, la discussion et la valorisation de ces actions fournissent un champ privilégié pour la recherche d'une meilleure implication des différents acteurs dont l'engagement est indispensable pour toute évolution significative de la situation.

3 Participants

Le séminaire est destiné d'une part, aux responsables de la gestion des eaux et d'autre part, aux chercheurs et ingénieurs conseils spécialisés dans les recherches et études sur les eaux souterraines.

Il s'agit de :

- Cadres du Ministère en charge de l'eau au Burkina Faso
- Chercheurs et étudiants de l'Université de Ouagadougou, des Ecoles Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural (EIER) et des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural (ETSHER).
- Institutions de recherches et de formation régionale et internationale (IRD)
- Grands exploitants d'eau (ONEA, SONABEL, LAFI, JIRMA, YILMDE, etc..)
- Bureaux d'études et organisations de la société civile professionnelle

Le nombre de participants est estimé à une cinquantaine de personnes.

4 Déroulement

Les travaux du séminaire se dérouleront du 12 au 14 Décembre 2002 à l'Hôtel Relax à Ouagadougou au Burkina Faso et s'articuleront autour:

- De la présentation du contexte et de la problématique de gestion des ressources en eau au Burkina Faso
- De la présentation d'une application des techniques nucléaires dans le management des eaux souterraines dans le contexte du Burkina Faso et du Mali

- De la présentation d'application des techniques récentes de géophysique pour le recherche d'eau souterraine dans le contexte du Burkina Faso
- De la présentation des projets HYCOS/Volta et GEAU dans le bassin du Kou
- D'une table ronde autour de nouvelles approches de partenariat et de financement pour le développement des études et de la recherche relatives au thème du séminaire.

5 Comité d'organisation

- Professeur Henri SALVAYRE (Président de l'AED - Perpignan - France)
- Mamadou DIALLO (Président de l'AEDE - Bobo-Dioulasso - Burkina Faso)
- Un représentant de la Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydraulique (DGIRH -Ouagadougou) du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
- Patrick LAIGNEAU (Conseiller Technique DGIRH - Ouagadougou - Burkina Faso)
- Marc Descloitres (IRD Ouagadougou).
- Denis DAKOURE (Ingénieur du Génie Rural, Doctorant Paris 6 - France)

6 Financement

- Agence de l'Eau Adour-Garonne (France).
- Ambassade Royale de Danemark au Burkina Faso.

7 Programme

Jour 1 : 12 Décembre 2002

8h30-9h30 :

- Ouverture du séminaire par le DGIRH (Direction Générale de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques)
- Adresse des partenaires financiers
- Mise en place du bureau de séance:
 - Professeur Alain N. SAWADOGO (Univ. Ouagadougou) : Président
 - Rapporteurs : Mamadou DIALLO ; Denis DAKOURE et H. Salvayre
- Présentation de l'idée fondamentale qui anime le séminaire : Mr Diallo & Dakouré

9h30-10h00 : Liens entre les organismes de bassins et le monde de la recherche : exemple de l'Agence de l'eau Adour-Garonne en France (Alain DUCHEIN)

10h00-10h30 : Pause café

10h30-11h30 : Etat des lieux sur les ressources en eau souterraine du Burkina Faso (Jérôme THOMBIANO, chef du programme GIRE)

11h30-12h30 : Notions de ressource renouvelable ou non renouvelable (H.Salvayre)

12h30-14h00 : Repas en commun

14h00-15h00 : Localisation et gestion des aquifères en zone socle et en zone sédimentaire : cas du Burkina (Salvayre, Dray, Dakouré et Diallo)

15h00-15h30 : Pause café

15h30-16h00. présentation générale des techniques géophysiques récentes : intérêt dans le contexte burkinabè. Acteurs : G. TOE et J.M. Vouillamoz (IRD, ACF)

16h00-16h30 : la technique de prospection électrique 2D.Théorie, pratique, mise en œuvre et exemple d'application au Burkina en zone de socle Acteur : G. TOE (IRD)

16h30-17h00 : La Résonance Magnétique des Protons (RMP). Théorie, pratique, mise en œuvre. Applications dans le monde (et au Burkina) zone de socle et sédimentaire. Acteur : J.M. Vouillamoz (IRD).

Jour 2 : 13 Décembre 2002

8h30-9h00 : Méthodologie de recherche de forages à gros débit en Zone de socle cristallin au Burkina Faso (Pr. Alain N. SAWADOGO ; Université de Ouagadougou)

9h00-9h30 : Présentation des techniques isotopiques et des résultats que l'on peut en attendre : M. Dray.

9h30-10h00 : Exemples en zone de socle : Dakouré & Dray

10h00-10h30 : Pause café

10h30-12h30 : Exemples d'application des mesures isotopiques à la connaissance des eaux souterraines : en zone sédimentaire au Burkina : Dakouré

12h30-14h30 : Repas en commun

14h30-15h30 : Les sources de la guinguette, *une curiosité hydrogéologique que les mesures isotopiques permettent d'expliquer en partie* : Jambac ; H. Salvayre ; Dakouré ;).

15h30-16h00 : Pause café

16h00-16h30 : Impact de l'assainissement autonome sur les ressources en eau et intérêt des techniques nucléaires: cas de la ville de Bobo-Dioulasso

Jour 3 : 14 Décembre 2002

8h30-10h00 : présentation du projet GE.EAU dans le bassin du Kou (Joost WELLENS, Nestor F. COMPAROE et D. Raes; K.U.Leuven)

10h00-10h30 : Pause café

10h30-12h30 : Présentation d'études de cas de recherche sur les ressources en eau par l'EIER (Babacar DIENG; directeur d'études EIER)

12h30-14h30 : Repas en commun

14h30-15h30 : Synthèse et essai de reformulation de la problématique de connaissance et gestion des ressources en eau dans le contexte du Burkina (De Marsily).

16h00-18h00 : table ronde : quels partenariats et quels financements pour une évolution significative de la situation dans le contexte du Burkina?

18h30 : Clôture par le DGIRH.

19h00 : Cocktail de clôture.



- Etudiants encadrés -

Etudiants encadrés

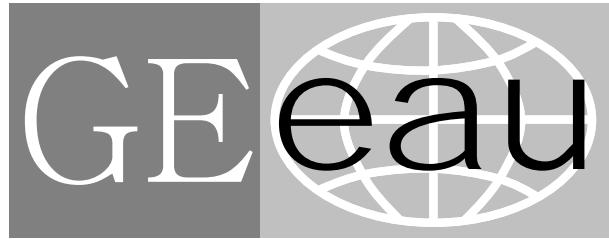
Chaque année le projet accueille et encadre des stagiaires ou étudiants de fin d'études avec lesquels qu'on mène des travaux en vue d'atteindre les objectifs du projet. Cette année 4 stagiaires ont été accueillis pour une période étalée sur 8 mois, de début mars jusqu'à fin octobre. Tous ces stages avaient comme but la collecte et le traitement des données. Les résultats de leurs travaux sont également inclus dans ce rapport (quelques encore dans leurs forme non-traitée).

De mars jusqu'à juin, Pahimi Teyabe, venu de Tchad et étudiant en dernière année de l'E.I.E.R., a fait son mémoire de fin d'études dans le projet. La théme de son mémoire portait sur la « Gestion des ressources en eau du Sud Ouest du Burkina Faso à des fins agricoles : Analyse des caractéristiques du climat (P et ET_p) ».

Sophie Rapenne est élève Ingénieur à l'ENGEES (Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg). Dans la deuxième année il leur faut un stage pratique de l'ingénierie. Puisque l'ENGEES est en partenariat avec l'E.I.E.R., il a été aisément de trouver un stage dans ce contexte. Son stage s'est déroulé de début Juin à fin Juillet. Elle a réalisé une compilation des cartes pédologiques, intégrées au SIG.

Sophie Rapenne était assistée par Marion Decay, qui faisait le même stage (même sujet, même période). Elle est étudiante à L'ENSAR (Ecole Nationale supérieure Agronomique de Rennes) et a sollicité directement au niveau de la DRH-HB pour son stage.

D'Août à Novembre, Sam Geerts et Maarten Deschamps, étudiants en dernière année d'agronomie de la K.U.L., ont fait une recherche pour leurs mémoires de fin d'étude dans le projet. Leurs travaux seront publiés en juin 2003 et titrés « Prédition régionale des récoltes des cultures pluviales dans l'Ouest de Burkina Faso: collection, estimation et validation des entrées modèles » et « Besoin en eau d'irrigation des rizières à la Vallée du Kou utilisant le logiciel BIRIZ ».



Renforcement de la capacité
de gestion des ressources en eau
dans l'agriculture moyennant
des outils de suivi-évaluation

Rapport de Mission

**15 - 23 Février 2002
Bobo-Dioulasso (DRH-HB),
Ouagadougou (EIER)
Burkina Faso**

Dirk RAES et Jos VAN ORSHOVEN
Katholieke Universiteit Leuven
Department Gestion des Terres
Vital Decosterstraat 102
B-3000 Leuven, Belgique
Dirk.raes@agr.kuleuven.ac.be
Jos.vanorshoven@agr.kuleuven.ac.be

Remerciements

Nous tenons à remercier Mons. Joost Wellens, coopérant scientifique et technique du projet à Bobo-Dioulasso, pour la préparation et organisation efficaces de la mission. Nos discussions et travaux ensemble ont rendu la mission très fructueuse et prometteuse pour une collaboration étroite et durable entre la K.U.Leuven, l'EIER et le DRH-HB, tant du point de vue scientifique, logistique que sur le plan humain. Nous remercions également toutes les personnes au DRH-HB, l'EIER et autres organismes qui ont pris le temps de nous recevoir, échanger des points de vue et concrétiser notre collaboration.

Table des matières

Remerciements.....	88
Table des matières.....	89
Abréviations et acronymes.....	90
1 Termes de référence de la mission.....	91
2 Orientation et objectifs généraux du projet.....	92
3 Mise à jour des objectifs spécifiques	93
3.1 L'approche bassin versant.....	94
3.2 L'approche 'aménagement hydro-agricole'	94
3.3 L'intégration des deux approches	94
4 Activités du projet (Décembre 2001-Janvier 2002).....	95
5 Planning des activités.....	96
5.1 SIG, modèles et outils	96
5.1.1 Approche bassin versant	96
5.1.2 Approche aménagements hydro-agricoles	102
5.1.3 Intégration des approches	108
5.2 Stages des étudiants	108
6 Actions à entreprendre par les promoteurs	111
Annexe 1 : Calendrier	113
Annexe 2 : Télédétection et traitement d'images (Action 5.1.1.4, Tâche 5)	115
6.1 Objectifs	115
6.2 Approche technique	115
6.2.4 Echelles spatiales	115
6.2.5 Implications du choix de l'échelle sur les images à utiliser.....	116
6.3 Sous-tâches pour cette tâche 5	117
Annexe 3 : Adresses utiles	118

Abbréviations et acronymes

ADRAO	Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
BD	Babacar Dieng, EIER
bd	Base de Données
CIRAD	Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
DGH	Direction Générale de l'Hydraulique
DMS	Degrees Minutes Seconds
DR	Dirk Raes, K.U.Leuven
DRH-HB	Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins
DRHA	Direction Régionale de l'Hydraulique Agricole
EIER	Ecole Inter-Etats des Ingénieurs en Equipment Rural
FED	Fonds Européen de Développement
GIRE	Projet de Gestion Intégré des Ressources en Eau du Burkina Faso
IGB	Institut Géographique du Burkina Faso
JVO	Jos Van Orshoven, K.U.Leuven
JW	Joost Wellens, K.U.Leuven
K.U.Leuven	Katholieke Universiteit Leuven
MNT	Modèle Numérique de Terrain
NC	Nestor Compaoré, DRH-HB
PAFR	Programme d'Actions Filière Riz
PNGIM	Programme National de Gestion de l'Information sur le Milieu
PSSA	Programme Spécial de Sécurité Alimentaire
RESO	Projet Ressources en Eau dans le Sud-Ouest
SAED	Société d 'Aménagement et d'Exploitaiton des périmètres irrigués dans le Delta et la vallée du fleuve Sénégal
SIG	Système d'Informations Géographiques
SPOT	Système français Pour l'Observation de la Terre
VLIR	Vlaamse Interuniversitaire Raad
VREO	

1 Termes de référence de la mission

Cette première mission de suivi du projet avait pour but :

- la prise de connaissance de l'état du projet,
- la concertation avec les partenaires de l'EIER et de la DRH-HB,
- la mise à jour des orientations et objectifs,
- la programmation des activités,
- la définition des besoins et possibilités pour stages
- la préparation des mesures logistiques nécessaires au bon déroulement du projet.

2 Orientation et objectifs généraux du projet

Le projet ‘Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l’agriculture’ tel qu’approuvé par le VLIR vise à contribuer à la définition, quantification et solution de deux problèmes pertinents liés à la production vivrière dans les bassins versants de la Comoé et du Mouhoun dans l’ouest et sud-ouest du Burkina Faso. Il s’agit notamment du manque

1. d’un système d’estimation précoce de la production des cultures,
2. de moyens de suivi-évaluation des aménagements hydro-agricoles, tant du point de vue technico-économique qu’environnemental.

Afin d’inscrire les activités du projet au maximum dans l’ensemble des efforts entrepris depuis plusieurs décennies par les autorités Burkinabé en collaboration avec des bailleurs de fonds bi- et multilatéraux, de réaliser un effet multiplicateur important au niveau du renforcement des capacités de formation et des savoir-faire locaux, il est question d’impliquer de façon directe deux partenaires: l’Ecole Inter-Etat des Ingénieurs en Equipement Rural et la Direction Régionale de l’Hydraulique (Région des Hauts Bassins). En effet, en impliquant dans le projet l’EIER, qui a comme mission la formation d’ingénieurs dans la matière, une voie prometteuse est ouverte pour l’intégration des résultats du projet dans les programmes de formation de l’Ecole ainsi que pour leur vulgarisation, même au delà des frontières du Burkina Faso. La DRH-HB, sous la tutelle du Ministère de l’Environnement et de l’Eau, intègre les acquis de plusieurs projets déjà entrepris dans le domaine (ex. RESO) et peut mettre à la disposition de ce projet, une connaissance du terrain ainsi qu’un SIG semi-opérationnel qui servira de base pour des développements ultérieurs.

3 Mise à jour des objectifs spécifiques

Afin de mieux prévoir les rendements des cultures vivrières (problème I), il est impératif de mieux comprendre les processus qui déterminent la répartition des eaux de pluie dans les paysages en général et dans les sols en particulier et la relation avec les décharges dans les rivières drainant les bassins versants couvrant la zone d'étude. Une approche spatialisée s'impose pour modéliser la relation entre les précipitations, les infiltrations et écoulements superficiels et les décharges dans le système hydrographique. Une échelle spatiale pertinente pour cette modélisation sera de l'ordre de 1 :100.000 à 1 :1.000.000.

Les aménagements hydro-agricoles, même si généralement ils sont de dimension relativement restreintes, sont de grands consommateurs d'eau, prélevée des rivières ou des retenues artificielles. La mise en valeur des bas-fonds donne lieu à la retenue des eaux de surface en saison sèche mais peut nécessiter un drainage accéléré en saison humide. Il est évident que de tels aménagements influent sur la disponibilité des eaux et sur ses qualités pour des aménagements hydro-agricoles et d'autres secteurs utilisateurs d'eau situés en aval. Afin de contrôler ces impacts, l'intensification du suivi et de l'évaluation de ces aménagements est nécessaire, ce qui, à son tour, nécessite des outils appropriés (Problème II). L'échelle spatiale devra être conforme aux dimensions des aménagements et sera de l'ordre de 1 :50.000.

Dans la formulation du projet, l'intégration de ces deux aspects de la recherche-développement était déjà prévue. Avec l'achèvement du programme RESO et le démarrage d'autres initiatives (ex. le Plan d'Action Filière Riz, le Programme Spécial de Sécurité Alimentaire, projet VREO), il s'avère utile d'accentuer l'importance de cette intégration dans les programmations générale et détaillée du travail à entreprendre. En plus, depuis la formulation du projet (fin 1998), des logiciels performants de modélisation et de simulation ont vu le jour sur lesquels le projet peut s'appuyer pour réaliser cette intégration.

Les objectifs plus spécifiques du projet peuvent alors être formulés suivant trois axes:

1. L'approche bassin versant
2. L'approche aménagement hydro-agricole
3. L'intégration des deux approches

3.1 L'approche bassin versant

Cette approche vise à réaliser l'objectif spécifique suivant:

L'élaboration du SIG présent à la DRH-HB en vue de son usage dans la modélisation de la relation entre les précipitations, les infiltrations et écoulements superficiels et les décharges. Il s'agit de

- compléter et raffiner les données et leur spatialisation, relatives aux précipitations et evapotranspirations, à la topographie (MNT), aux propriétés surtout physiques et physico-chimiques des sols, à l'utilisation des terres et l'hydrologie des rivières et
- calibrer et valider un modèle hydrologique qualifié.

Une attention particulière devra être attribuée à la mise à jour périodique de l'information sur la couverture et l'utilisation des terres. Le seul moyen pour ce faire consiste à l'exploitation systématique des images satellitaires appropriées.

3.2 L'approche 'aménagement hydro-agricole'

Celle-ci sera dévouée à l'étude du fonctionnement des aménagements hydro-agricoles déjà présents dans la zone d'étude, des bas-fonds déjà mis en valeur et des aménagements et bas-fonds pouvant être implantées resp. exploitées. Il s'agira de

- inventorier et faire une classification des aménagements présents et potentiels
- sélectionner, calibrer et valider des outils de suivi-évaluation adaptés aux types d'aménagements les plus pertinents afin de diagnostiquer les points forts et faibles et les approches de rémédiation.

3.3 L'intégration des deux approches

Cette intégration (bassin versant ou top-down et aménagement ou bottom-up) consistera en :

- l'intégration de la localisation et des caractéristiques des aménagements dans les bases de données du SIG
- le paramétrage de ces aménagements dans le modèle hydrologique.

Cette intégration donnera lieu à la possibilité d'évaluer l'impact des aménagements sur la disponibilité dans l'espace et dans le temps, des eaux dans les unités terrestres du bassin versant et dans les rivières en aval.

4 Activités du projet (Décembre 2001-Janvier 2002)

A partir du 1^{er} décembre le projet a engagé Joost Wellens comme coöpérant scientifique et technique. Pendant ce 1^{er} mois toutes les activités du projet étaient situées en Belgique. Joost Wellens s'est surtout occupé de l'étude du document de projet, de la recherche des documents intéressant pour le travail à faire (sur Internet, librairies et bibliothèques) et séances de travail avec les promoteurs Dirk Raes et Jos Van Orshoven. Ce travail a encore continué pour une partie en janvier, ensemble avec la préparation pratique du départ. Finalement Joost Wellens est parti le 14 janvier vers Ouagadougou, où il a séjourné pendant deux jours préparant son itinéraire vers Bobo-Dioulasso. Il s'est présenté et inscrit à l'ambassade de la Belgique.

Le 16 janvier il est arrivé à Bobo-Dioulasso. Pendant les premiers jours il a rencontré le directeur ainsi que ses futurs collègues de la DRH-HB. Après s'être installé comme résident à Bobo-Dioulasso, pendant le reste du mois et le début de février, il a démarré le projet (collecte des données et rapports, achat ou commande de matériel pour l'exécution du projet, mise en état d'une voiture, rencontre des autres organisations et instances travaillant dans le secteur hydro-agricole, préparation de la visite des promoteurs belges).

Du 28 au 30 janvier il est allé en mission à Ouagadougou pour rencontrer M. Dieng (EIER) et visiter l'EIER.

5 Planning des activités

5.1 SIG, modèles et outils

5.1.1 Approche bassin versant

5.1.1.1 Inventaire et mise en forme des données disponibles

Comme mentionné dans la section 4 le projet a entamé la mise ensemble des différentes données mises à sa disposition, à les inventorier et à étudier leur qualité.

Le projet RESO a construit plusieurs cartes numériques, mais a laissé surtout des fichiers en format .DBF, .XLS et Access contenant les données d'enquêtes. Ces données ont déjà été superficiellement étudiées par le projet et contiennent beaucoup de données intéressantes agrégées au niveau 'village' : type de barrage, nombre de puits, nombre de forages avec débits. Les coördonnées de chaque village en DMS sont également disponibles. Toutefois, ces données sont plutôt descriptives que quantitatives d'où leur valeur limitée pour exploitation directe moyennant un SIG. Néanmoins, cette base est très vaste et diverse. Le premier usage sera le support du choix du bassin versant pilote (voir 5.1.1.2).

Au niveau de la DRH et du FED, il faudra poursuivre la recherche et l'examen des cartes numériques de RESO.

Le PAFR (Plan d'Actions pour la Filière Riz) a commandé auprès de l'INERA une base de données des bas-fonds non-aménagés et aménagés. La base sera accompagnée d'une carte numérique de tous les bas-fonds. Cette base sera plus quantitative que la base de RESO et pourra probablement être mise à la disposition du projet.

La DGHA (Direction de l'Hydraulique Agricole) possède une base contenant des informations relatives aux petits barrages. Ces données n'ont pas encore été obtenues.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Compléter l'inventaire et la description des données disponibles. Regrouper les données et métadonnées sur l'ordinateur du projet	JW, NC	15-mar-02 + continu
2	Mise en forme des données disponibles pour exploitation moyennant ArcView-GIS	JW, NC	31-mar-02 + continu
3	Etablissement d'une base sommaire de métadonnées, basée sur le modèle SADL, PNGIM ou autre	JW	15-apr-02 + continu
4	Développement d'une procédure pour conversion des données WGS84/Decimal degrees dans le système de géo-références Burkinabé, Moyennant ArcView-GIS, Erdas-Imagine, ArcGIS	JW, NC	15-apr-02
5	Rédaction du rapport technique	JW	30-apr-02 + mise à jour continue
6	Suivi général	JVO	continu

5.1.1.2 Choix du bassin versant

L'étude des processus influant sur la répartition des teneurs en eau dans les sols et des décharges dans les rivières se fera essentiellement moyennant un modèle de simulation déjà développé. Afin de pouvoir juger la performance du modèle dans les conditions physiques du sud-ouest du Burkina Faso, un bassin versant sera sélectionné, permettant la calibration du modèle ainsi que l'étude de sa validité. Ce bassin versant sera de préférence d'une superficie de quelques milliers de kilomètres carrés, pas trop éloigné de Bobo-Dioulasso et facile à atteindre. Il est préférable que le bassin sélectionné soit aussi divers que possible en ce qui concerne la présence d'aménagements hydro-agricoles types divers (bas-fonds, sources, puits/forages, retenues, barrages, rizières et autres périmètres irrigués...). Des campagnes de mesure seront nécessaires pour compléter les données déjà disponibles dans les bases de données du SIG. En plus les caractéristiques et le fonctionnement des aménagements devront être suivis.

A l'aide de la base de données et du SIG décrit sous 5.1.1.1, il devrait être possible de pré-sélectionner des candidats bassins versants. Des visites de terrain seront faites pour assurer le bon choix.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Définition d'une analyse multi-critères dans le but de sélectionner un bassin versant comme zone d'étude du projet	JW	30-apr-02
2	Exécution de l'analyse et interprétation des résultats, en tenant compte de l'expertise locale	JW acc DRH	15-mai-02
3	Rapport technique avec sélection finale	JW acc DR, JVO	31-mai-02
4	Suivi général	DR, JVO, DRH-HB, EIER	Continu

5.1.1.3 Sélection et acquisition du modèle hydrologique

Le modèle hydrologique à sélectionner doit décrire de façon suffisamment détaillée les processus physiques qui interviennent dans la redistribution spatiale des eaux de pluie dans le bassin versant. Il s'agit :

- des processus déterminant le bilan d'eau dynamique des sols couverts de végétation naturelle ou cultivés à l'échelle ponctuelle (ou grid cell), y compris la production d'eau de ruissellement,
- du routing superficiel des eaux de ruissellement et découlement vers les zones plus basses et les cours d'eau,
- du routing des eaux dans les cours d'eau vers les bouches du bassin

Les processus dans la zone saturée ne devront pas être pris en compte par le modèle. La contribution des aquifères aux débits dans les cours d'eau sera considéré comme donnée d'entrée (boundary condition).

Comme la possibilité d'estimer la distribution spatiale de la teneur en eau du sol est cruciale pour la réalisation du premier objectif, i.e. contribuer à mieux prévoir les récoltes et rendements, le modèle doit impérativement être de nature distribuée et donc non de nature 'lumped'.

Quelques modèles-candidats sont repris dans le tableau suivant :

Tableau : Liste des modèles hydrologiques candidats

#	Nom	Origine	Description	Prix (EURO) et besoins en formation
1	MikeSHE	DK	Modèle dynamique mécaniste et distribué du cycle hydrologique complet (3D)	Elevé; élevés
2	Mike11-GIS	DK+USA	Modèle dynamique mécaniste décrivant	Elevé +

			la propagation des eaux dans des structures linéaires (1D) et dans les plaines d'inondation (quasi 2D), l'apport des eaux dans les structures linéaires devant être modélisé séparément. La modélisation distribuée 2D est supportée par le logiciel ArcView-GIS	license ArcView-GIS 3.X; élévés
3	MikeBASSIN	DK	A compléter	A compléter
4	AVSWAT	USA	Modèle dynamique distribué décrivant la rédistribution spatiale des eaux de pluie dans un bassin versant et les décharges dans le système hydrographique en tenant compte de la topographie, la rugosité du terrain, les propriétés d'infiltration des sols, ...	ArcView-GIS 3.2 + Extension SWAT (public domain); moins élevé que (1) et (2)
5	A compléter			

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Compléter la liste des modèles-candidats	JW acd. EIER, DR, JVO	15-mar-02
2	Inventorier plus en détail les caractéristiques de ces modèles, besoins en paramètres, disponibilité, prix	JW acd EIER, DR, JVO (Biesbrouck, Hubrechts, Tambuyzer, Campling, ...), Frerotte, ...	30-apr-02
3	Rapport technique avec sélection finale	JW acd DR, JVO	15-mai-02
4	Acquisition du modèle et démarrage des tests d'utilisation	DR, JVO	15-jui-02

5.1.1.4 Etablissement des bases de données en vue du paramétrage du modèle hydrologique

Cette action poursuit l'action 5.1.1.1 'Inventaire et mise en forme des données disponibles'.

Anticipant la sélection du modèle AVSWAT ainsi que la disponibilité du manuel accompagnant le modèle, il s'agira de rendre opérationnel pour le bassin versant sélectionné les couches d'information suivantes à partir des informations disponibles ou à acquérir.

#	Titre/description	Source	Traitement	Remarque
1	Modèle numérique de terrain	Courbes de niveau des cartes topographiques IGB (50.000 et 200.000)	Digitalisation ? Interpolation (TIN)	ArcGIS Help Etudiants
2	Propriétés physiques et physico-chimiques des sols	Cartes diverses des sols + descriptions de profils pédologiques	Compilation et harmonisation de données en provenance de plusieurs sources. Digitalisation ? Elaboration de ‘transfer rules’ entre l’information contenue dans la légende et celle requise par le modèle	Manuel AVSWAT Etudiants
3	Couverture et utilisation des terres (bas-fonds, autres, aménagements hydro-agricoles, cultures pluviales, végétation naturelle, ...)	Cartes topographiques de l’IGB, bas-fonds (INERA) Images SPOT-Végétation, Images LANDSAT	Digitalisation des cartes ? Interprétation visuelle et/ou classification supervisée ou non supervisée des images	Manuel ERDAS-Imagine ou autre logiciel traitement images J.Carpentier INERA Etudiants
4	Distribution spatio-temporelle des précipitations et de l’évapotranspiration potentielle	Enregistrements stations météo (RESO ?)	Mise en état, analyse de la fréquence, interpolation (Thiessen ?)	ArcGIS Help Etudiants
5	Réseau hydrographique	Cartes topographiques IGB	Disponible (suffisamment d’attributs ?)	A intégrer dans le MNT
6	Séries temporelles des décharges des rivières	DRH-HB ?	Contrôle de la consistance des séries (données manquantes, estimation des données manquantes, ...)	A synchroniser avec données météo ! Etudiants

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1.1	Suivi général de cette action (dans le cas où AVSWAT soit sélectionné)	K.U.Leuven (B.Biesbrouck), EIER	continu
1.2	Suivi du traitement des images	K.U.Leuven (S. Keijers)	continu
2	Mise en état des données disponibles (Action 5.1.1.1)	JW	30-jun-02
3	Acquisition des données manquantes sous forme élaborée ou brute	JW acd EIER, DRH-HB	30-sep-02
4	Traitemet des données brutes en données élaborées (excl. Traitement des images)	JW, Etudiants	31-oct-02
5	Traitemet des images satellitaires (y compris apprentissage du logiciel) Voir Annexe 4	JW, Etudiants	31-jan-03
6	Structuration des données pour usage flexible avec le modèle	JW	28-feb-03
7	Elaboration d'un rapport technique sur l'établissement de la b.d.	JW, JVO	31-mar-03 + mise à jour continue

TP = à temps partiel

5.1.1.5 Calibration du modèle hydrologique

Il s'agit de faire tourner le modèle pour la situation décrite par la base de données mise au point grâce à l'action 5.1.1.4. Une comparaison critique sera faite entre les débits calculés par le modèle et ceux mesurés. La répartition de la teneur en eau dans le sol et la durée de persistance d'une teneur plus grande que la teneur-seuil sera confrontée avec la localisation des zones culturales et l'état des cultures. Dans cette phase de calibration, une recherche sera faite des paramètres qui influent de façon significative sur les débits et teneurs en eau. Une approche systématique sera mise au point pour ajuster ces paramètres sensibles afin d'arriver à des correspondances suffisamment bonnes entre modèle et terrain.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Etude des paramètres du modèle ayant une forte influence sur les valeurs simulées	JW, Etudiants	30-nov-02
2	Comparaison critique des résultats du modèle, version standard, avec les mesures terrain	JW, Etudiants	30-nov-02
3	Calibration du modèle aux mesures terrain moyennant adaptation des	JW	31-mar-03

	paramètres sensibles		
4	Rédaction de rapport technique	JW	30-apr-03
4	Suivi Général	JVO, (B.Biesbrouck), EIER	

5.1.1.6 Validation du modèle hydrologique

Le modèle calibré pour le bassin versant sélectionné et pour un ou plusieurs hivernages ou années sera validé en le tournant pour le même bassin versant mais pour d'autres hivernages/années climatologiques.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Comparaison des valeurs simulées par le modèle calibré pour des scénarios climatiques et/ou occupation des terres qui n'ont pas été utilisés pour la calibration	JW	30-jui-03
2	Si nécessaire, retour à la calibration (action 5.1.1.5)	JW	
3	Rédaction du rapport final sur 5.1	JW	30-sep-03
4	Suivi Général	JVO, EIER	

5.1.2 Approche aménagements hydro-agricoles

Les aménagements hydro-agricoles seront décrits par différents types de modèles de simulation. Ces modèles simulent avec un pas de temps journalier le bilan d'eau à l'intérieur de l'aménagement et son interaction (flux d'eau) avec l'extérieur (bassin versant). En même temps ces modèles font des estimations de la productivité relative des cultures. Le type de sol, la culture et l'infrastructure de chaque aménagement est caractérisé par des qui de préférence sont des paramètres simples à obtenir. Des outils experts à l'intérieur des modèles traduisent ces paramètres dans des paramètres de simulation.

Ces modèles doivent être capables d'estimer pour des conditions climatiques (pluie et demande évaporative de l'atmosphère) et hydrologiques (flux d'eau à l'entrée) données :

- les besoins en eau de la culture en tenant compte de la demande d'évaporation de l'atmosphère et des caractéristiques de la culture ;
- les besoins en eau d'irrigation (si c'est un aménagement irrigué) en tenant compte de l'apport en eau (pluie, nappe phréatique), la demande en eau des cultures et du stockage d'eau dans la zone racinaire ;

- les périodes de stress hydrique (excès ou manque d'eau)
- la productivité relative des cultures (dérivée du stress hydrique) ;
- l'évacuation des excès d'eau par percolation profonde (drainage vertical) et par des drains (drainage horizontal)

5.1.2.1 Typologie des aménagements à étudier

Plusieurs types d'aménagement et en conséquence plusieurs types de modèles peuvent être distingués :

- aménagement (périmètre) irrigué
- rizière
- aménagement bas-fond
- aménagement pluvial (où l'irrigation est nihil)

Les retenus d'eau font l'objet d'un autre type de modèle qui simulera avec un pas de temps journalier les pertes en eau par évacuation, percolation et évaporation et les apports en eau par pluie et ruissellement de surface. Ainsi le volume d'eau stockée peut être estimé à tous les moments.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Typologie des aménagements à étudier	JW, DR, EIER,	31-mar-02

5.1.2.2 Sélection des outils

Plusieurs modèles de simulation ont déjà été développés et validés par le Département Gestion de Terres de la K.U.Leuven. Il s'agit de :

- BIRIZ (besoin en eau d'irrigation des rizières). Ce modèle a été développé, validé et intégré dans un SIG dans le cadre du projet 'Gestion de l'eau' (Collaboration scientifique entre la SAED et la K.U.Leuven dans le Delta et la Vallée du fleuve Sénégal).
- BUDGET (simulation du bilan d'eau, estimation de la productivité des cultures irrigués ou pluviales, élaboration de calendriers d'irrigation). Le modèle a été développé en 1984 déjà et depuis lors, a évolué continuellement. Il a été intégré dans le logiciel SIG ArcInfo en vue de permettre l'estimation de la productivité du riz pluvial dans le cadre d'un autre projet VLIR 'Small scale irrigation, Mtwarra, Tanzania'.

Ces modèles peuvent être utilisés comme modèle type des aménagements hydro-agricoles irrigués et pluviaux. En cas de besoin, des procédures existantes peuvent être adaptées et des nouvelles procédures peuvent être développées.

Pour les aménagements de type de bas-fond, la technique du 'flood routing' pour simuler le passage et la retenue de l'eau dans ces aménagements est envisageable. En plus, le

projet prendra contact avec l'ADRAO (Bouaké, Côte d'Ivoire), le CIRAD (Montpellier, France) et PAFR (Bobo-Dioulasso) pour étudier leur type de modèles.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Compléter l'étude de la littérature et documents disponibles	JW	31-mars-02
2	Sélection des outils	JW & DR	30-avr-02
3	Suivi Général	DR, EIER	

5.1.2.3 Collecte des paramètres des modèles

Caractéristiques du Climat

#	Description	Tache, Quand ?	Qui
1	Données climatiques (journalier ou décadaire) d'une vingtaine d'années (ou plus) des stations dans la zone d'intervention. Il s'agit de la température de l'air minimale et maximale, de l'humidité de l'air, du rayonnement solaire (ou heures d'ensoleillement) et de la vitesse de vent.	Collecter 1 ^{ère} année	JW Etudiants
2	Données journalières de la pluviométrie d'une vingtaine d'années (ou plus) des stations dans la zone d'étude	Collecter 1 ^{ère} année	JW Etudiants
3	Information sur l'intensité des pluies	Collecter 1 ^{ère} année	JW Etudiants
4	Evapotranspiration de référence à l'aide de la formule FAO Penman-Monteith (ETo). Voir FAO N°56 pour les procédures de calcul en cas d'absence des données	Calculer 1 ^{ère} année	JW Etudiants
5	Analyse statistiques de l'ETo (à l'aide de RAINBOW)	Calculer 1 ^{ère} année	JW Etudiants
6	Analyse statistiques des pluies décadiques (à l'aide de RAINBOW)	Calculer 1 ^{ère} année	JW Etudiants
7	Mesure de l'intensité des pluies pendant tout l'hivernage (3 ans) à l'aide d'un pluviomètre équipé avec un data logger (fréquence tous les 10 minutes)	Mesurer (3 hivernages)	JW
8	Comparaison entre ETo calculée et dérivée des bacs d'évaporation type Class A	Calculer 1 ^{ère} année	JW Etudiants
9	Développement et programmation d'une routine SIG et/ou Excel pour la délimitation des zones suffisamment contrastées ou pour l'interpolation en continu des données.	Développer 1 ^{ère} année	JW Etudiants

10	Estimation de l'efficacité des pluies à l'aide de BUDGET (voir Mémoire de fin d'études (Néerlandais) de Kobe Claessen ... - Juin 2002, et de (Anglais) Katrijn Holvoet – Juin 2002)	Calculer 2 ^{ème} année	JW Etudiants
11	Analyse du début et de la durée de l'hivernage (analyse statistique). Voir mémoire de fin d'études de Joost Wellens et article (anglais) présenté au séminaire Climatologie tropicale, Bruxelles, décembre 2001.	Analyser 2 ^{ème} année	JW Etudiants
12	Suivi Général		DR, EIER

Caractéristiques des sols

#	Description	Tache	Qui
1	Carte et description des différents types de sol dans les aménagements étudiés	Collecter 1 ^{ère} année	JW Etudiants
2	Caractéristiques physiques des horizons des différents types de sol dans la zone d'intervention : Granulométrie, perméabilité et rétention d'eau à la saturation, à la capacité au champs (0.10 et 0.33 kPa) et au point de flétrissement (1.5 MPa)	Mesurer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
3	Dérivation des caractéristiques physiques à partir de la granulométrie (fonctions de pedo-transfer). Par exemple méthode Saxton.	Calculer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
4	Suivi Général		DR, EIER, JVO

Caractéristiques des Cultures

#	Description	Tache	Qui
1	Calendrier cultural des différentes cultures	Collecter 1 ^{ère} année	JW Etudiants
2	Caractéristiques (Kc, profondeur d'enracinement, p) voir livres FAO et documents régionaux	Collecter 1 ^{ère} année	JW Etudiants
3	Mesure de l'évapotranspiration (ETc = Kc ETo) dans les champs irrigués pour validation de l'ETo : <ul style="list-style-type: none"> - dans les rizières (avec des règles graduées et des fûts). Période : hivernage et contre-saison - dans les champs bien irrigués (culture 	Mesurer (hivernage et contre-saison) 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants

	bien développé) (suivi de la variation du profile hydrique par échantillonnage). Période : hivernage et contre-saison - dans les champs non-irrigués. Période : pendant l'hivernage 1 ou 2 jours après une pluie abondante		
4	Calcul des besoins en eau de la culture	Calculer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
5	Suivi Général		DR, EIER

Caractéristiques des Aménagements

#	Description	Tache	Qui
1	Description des aménagements irrigués (rizières). Paramètres à collecter : (consulter BIRIZ)	Mesurer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
2	Description des aménagements irrigués. Paramètres à collecter : (consulter BUDGET)	Mesurer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
3	Description des aménagements des bas-fonds : Topographie, hauteur de la digue, dimensionnements des vannes	Mesurer (contre-saison) 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
4	Suivi Général		DR, EIER

Caractéristiques de l'irrigation

#	Description	Tache	Qui
1	Périmètres riz : Suivi de la mise en eau (durée et quantité d'eau). Evaluation des pertes par percolation et drainage.	Mesurer (hivernage et contre-saison) 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
2	Périmètres irrigués : Estimation de l'efficience de l'irrigation du périmètre (Besoin en eau (calculé) de la superficie irriguée/Débit entrant)	Collecter (les données) et Calculer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants
3	Evaluation des calendriers d'irrigation à l'aide de BUDGET.	Collecter (les données) et Calculer 1 ^{ère} + 2 ^{ième} année	JW Etudiants

4	Développement des fiches d'aide à l'irrigation	Collecter (les données) et Calculer 2 ^{ième} année	JW Etudiants
5	Suivi Général		DR, EIER

5.1.2.4 Développement, calibration et validation des outils

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Modèle aménagement bas-fond : développement et comparaison entre les débits mesurés et simulés	JW, étudiants	2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
2	Perfectionnement et validation de BIRIZ (modèle aménagement rizicole)	JW, Etudiants	2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
3	Modèle aménagement périmètre irrigué : Développement = intégration des caractéristiques de l'aménagement dans BUDGET	JW, Etudiants	2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
4	Modèle du bilan d'eau des cultures pluviales : suivi des profils hydriques dans la zone racinaire des cultures non irriguées et comparaison avec valeurs simulées	JW, étudiants	1 ^{ère} , 2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
5	Comparaison entre le rendement (relatif) simulé et observé pour des cultures non irriguées	JW, étudiants	1 ^{ère} , 2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
6	Rédaction de rapports techniques	JW, étudiants	Suivant progrès relatif aux différents outils
7	Suivi Général	DR/EIER	

5.1.2.5 Exploitaiton des outils

Les outils développés seront utilisés pour la formulation de consignes et la rédaction de fiches d'aide pratique à l'irrigation.

Tâche #	Description	Qui ?	Quand ?
1	Evaluation de l'irrigation pratiquée aux périmètres rizicoles, à l'aide de BIRIZ	JW, étudiants	2 ^{ième} + 3 ^{ième} année

2	Evaluation de l'irrigation des périmètres irrigués à l'aide de BUDGET	JW, Etudiants	2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
3	Développement de fiches d'aide au planning de l'irrigation	JW, Etudiants	2 ^{ième} + 3 ^{ième} année
4	Suivi Général	DR/EIER	

5.1.3 Intégration des approches

Suivant les actions planifiées pour les axes ‘bassin versant’ et ‘aménagements hydro-agricoles’, après environ 27 mois de travail, les méthodes, logiciels et outils seront opérationnels afin de pouvoir modéliser les flux des eaux superficielles (ruissellement et drainage par les cours d'eau) dans le bassin versant sélectionné d'une part et le fonctionnement hydraulique des types d'aménagements étudiés d'autre part.

Pendant les derniers 9 mois du projet, les activités viseront à intégrer les résultats obtenus pour les deux axes.

Il est prématué aujourd’hui d’entrer dans le détail des activités à entreprendre pour réaliser cette intégration. En grandes lignes, il s’agira d’intégrer les aménagements inventoriés et étudiés comme unités hydrologiques bien caractérisés dans le modèle hydrologique en vue de quantifier les effets concernant la redistribution spatiale des eaux de pluie et les évolutions spatio-temporelles des décharges.

5.2 Stages des étudiants

Cette section contient une description sommaire des sujets possibles des stages et mèmoires de fin d'études que le projet peut offrir pendant les 3 années aux étudiants de l'EIER et la .K.U.Leuven. Cette liste n'est pas finale. Des modifications sont possibles suivant les progrès encourus par le projet et suivant les priorités de recherche exprimées par les deux universités.

En principe, chaque sujet correspond avec une (partie de) ou plusieurs tâches définies dans la section 5.1. Chaque travail de fin d'études seront suivis par un promoteur de la K.U.Leuven et un de l'EIER.

1. Modèle aménagement bas-fond (tâche 5.1.2.4 (1)) : (Etude bibliographique, Mesure des caractéristiques, Développement d'un modèle hydrologique, Validation, Proposition des améliorations)

2. Besoin en eau des rizières et évaluation de l'irrigation des périmètres rizicoles à l'aide de BIRIZ (tâches 5.1.2.4 (2) et 5.1.2.5 (1)) : (Collecte et traitement des données climatiques, Mesure des caractéristiques des différents types des périmètres, Suivi de la mise eau, Mesure de l'évapotranspiration, des pertes par percolation et drainage, Calculs des besoins en eau et l'efficience de l'irrigation. Conclusions)

Exemples : Bulletins Techniques du projet Gestion de l'Eau (Saint-Louis, Sénégal)

3. Développement des fiches d'aide à la planification des irrigations (tâches 5.1.2.5 (2) et (3)) : Analyse des données climatiques et des caractéristiques des ol, des cultures et de l'irrigation. Développement de fiches techniques pour les principales cultures irriguées.

Exemples : Tunisie (article), Zimbabwe (Mémoire de fin d'études (Anglais) de Katrijn Holvoet – Juin 2002)

4. Développement d'un modèle aménagement pluvial (tâches 5.1.2.4 (4 et 5)). Validation des simulations BUDGET (teneur en eau de la zone racinaire + rendement relatif).

5. Analyse des caractéristiques du climat de la région d'étude

5a. (tâches 5.1.1.4 (4) et 5.1.2.3 climat (1,2,3,4,5,6 et 8)) : Niveau d'évapotranspiration, caractéristiques de la pluviométrie (intensité, analyse fréquentielle)

Exemples : Bulletins Techniques du projet Gestion de l'Eau (Saint-Louis, Sénégal) et de l'INAT /CGRE (Tunis)

5b (tâche 5.1.2.3 (9)) Développement et programmation d'une routine SIG et/ou Excel pour la délimitation des zones suffisamment contrastées ou pour l'interpolation en continu des données

5c (tâche 5.1.2.3 (10)) Estimation de l'efficacité des pluies à l'aide de BUDGET (voir Mémoire de fin d'études (Néerlandais) de Kobe Claessen ... - Juin 2002, et de (Anglais) Katrijn Holvoet – Juin 2002). L'EIER considère offrir ce sujet à ces étudiants pour la période mars-juin 2002.

5d (tâche 5.1.2.3 (11)) Analyse du début et de la durée de l'hivernage (analyse statistique). Voir mémoire de fin d'études de Joost Wellens et article (anglais)

6. Compilation d'une carte pédologique couvrant le bassin versant étudié, à l'échelle 1 : 200.000 et développement de règles de pédo-transfer (tâches 5.1.1.4 (2)) : Harmonisation et mise ensemble de cartes et esquisses existantes (en provenance de différents projets, atlas, FAO). Vérification sommaire sur le terrain et description de quelques profils type. Etude de la littérature en vue de la formulation de règles de pédo-transfer pour l'estimation de la succession des horizons et de la densité apparente, de la courbe de rétention d'eau et de conductivité hydraulique de ces horizons. Exemple : Mémoire de fin d'études (Français) d'Annemie Boden

7. Caractérisation des sols et du relief des zones occupées ou pouvant être visées par les différents types d'aménagement hydro-agricole, à l'échelle 1 :50.000 (tâche 5.1.2.3 sols (1,2,3)): Harmonisation et mise ensemble de données existantes. Mesures additionnelles de terrain (études à la tarrière et descriptions de profils, mesures de niveau). Développement de fonctions (à base de mesures au laboratoire) ou de règles (à base d'expertise) de pédo-transfer pour l'estimation des propriétés physiques des sols. Développement de cartes pédologiques sous formes digitale et de MNT moyennant des algorithmes d'interpolations SIG. Exemple : Mémoire de fin d'études (Français) d'Annemie Boden. L'EIER considère offrir ce sujet à ces étudiants pour la période mars-juin 2002.

8. Développement d'une procédure opérationnelle pour l'établissement de cartes d'occupation/utilisation des terres, couvrant le bassin versant étudié, à l'échelle 1 : 200.000, moyennant les images SPOT-Végétation (tâche 5.1.1.4 (3)) : Collecte de documents et de données terrain de référence. Comparaison de plusieurs techniques d'interprétation des images (i) interprétation visuelle en vraies et fausses couleur, (ii) classification non supervisée, (iii) classification supervisée. Programmation et documentation de routines pour traitement semi-automatique des images (en Erdas-Imagine). L'EIER considère offrir ce sujet à ces étudiants pour la période mars-juin 2002. Un logiciel autre que ERDAS devra être utilisé.

9. Délimitation de bas-fonds moyennant des images LANDSAT-TM à l'échelle 1 :50.000 (tâche 5.1.1.4 (3)) : Collecte de données de référence (cartes, terrain). Traitement des images LANDSAT-TM (correction, interprétation visuelle ou par classification (non-) supervisée). Essai de détermination des cultures. Programmation de routines pour le traitement semi-automatique (en ERDAS-Imagine).

10. Contrôle de la consistance et analyse de données de décharge disponibles (tâche 5.1.1.4 (6)) : Analyse des séries temporelles, développement d'une approche pour le remplacement des données manquantes. Etude (non spatialisée) de la corrélation entre les décharges et les précipitations et évapotranspirations.

11. Etude de la sensibilité des résultats de simulation du modèle AVSWAT pour les paramètres d'entrée (tâche 5.1.1.5 (1)) : Développement d'une approche systématique pour tester la sensibilité. Estimation des incertitudes concernant les données d'entrée. Quantification de la réponse uni- et multivariée des données de sortie pour cette incertitude.

6 Actions à entreprendre par les promoteurs

Qui ?	Description de l'action	Quand ?
DR	Coördination du recrutement des étudiants-stagiaires	
	Fourniture documentation BIRIZ, BUDGET, ...	
JVO	Fournir spécifications du système de gestion métadonnées	
	Mobiliser collaborateurs K.U.Leuven pour fourniture d'info sur modèles hydrologiques	
	Mobiliser collaborateur SADL pour information concernant système de gestion des métadonnées	
	Mobiliser B.Biesbrouck et S.Keijers pour le suivi des tâches relatif à AVSWAT et traitement d'images	
	Mobiliser R. Verwimp et investiger support anti-virus	
	Mobiliser J. Carpentier pour fournir Spot-VGT imagerie et information sur transpositions de projections	
	Arranger contrat de bail pour les logiciels ArcView-GIS, ArcGIS, Erdas-Imagine et ses manuels	
	Arranger la livraison de WINDISP et manuel	
	Fournir livres de cartographie (surtout sur projections et géo-référencier) et de télédétection.	
	Contacter FUL	
	Fournir les papers présentés dans le document du projet	
EIER	Arranger achats des ordonnateurs	
	Elaborer liste de besoins pour le labo du sol	

	Acheter pluviometer et data-logger	
DR	Fournir manuels sur Biriz, Budget et Rainbow	
	Fournir les coordonats ou personnes de contact de l'ADRAO et du CIRAD à JW	
	Fournir Chapter 2	
	Fournir catalogs ELI et Eikelkamp	
	Fiches d'irrigation	
	Mobiliser le secrétariat à Leuven pour trouver des magasins présentants des livres scientifiques.	
	Fournir les papers présentés dans le document du projet	

Annexe 1 : Calendrier

Vendredi 15 Février 2002 : Voyage : Leuven - Ouagadougou

- TGV : Bruxelles (12 :30) – Paris CDG (14 :00)
- AF : Paris (16 :20) – Ouagadougou (21 :40)
- Transfer à l'Hôtel ‘Les Manguiers’ (23 :30)

Samedi 16 Février 2002 (Ouagadougou – Bobo-Dioulasso)

- Voyage Ouagadougou (8:00) – Bobo-Dioulasso (9 :00)
- Installation à l'hôtel Le Pacha
- 9 :30 – 13 :00 et 17 :00-20 :00 Entretiens avec Joost Wellens (Coopérant Scientifique VLIR EI)

Dimanche 17 Février 2002 (Bobo-Dioulasso)

- 9 :00 – 13 :00 et 17 :00 – 20 :00 Discussions avec Joost Wellens sur la programme de recherche

Lundi 18 Février 2002 (Bobo-Dioulasso)

- 7 :30 Visite de la DRH-HB
- 8 :00-9 :30Entretien avec MM. Alain COMPAORE et Eric VERLINDEN de la Cellule de Gestion du Plan d'actions pour la Filière Riz (CG/PAFR)
- 10 :00-13 :00 Discussion sur l'approche basin versants et aménagement hydro agricoles
- 14 :00-17 :00 Rédaction du plan de travail et rapport de mission
- 17 :00-17 :30 Entretien avec M. Nestor COMPAORE (chef de la division informatique)

Mardi 19 Février 2002 (Bobo-Dioulasso)

- 7 :00 – 8 :00 Préparation de l'excursion de terrain
- 8 :00 – 15 :00 Excursion vers les provinces de Banfora et Leraba : visite de divers aménagements hydro-agricoles : périmètre irrigué de Douna, barrage de Douna, plusieurs bas-fonds
- 17 :00-20 :00 Rédaction du plan de travail et rapport de mission

Mercredi 20 Février 2002 (Bobo-Dioulasso)

- 7 :30 Entretien avec Mons. Ousséini THANOU, Directeur de la DRH-HB
- 8 :30 - 13 :30 Rédaction de plan de travail et rapport de mission
- 16 :30 – 19 :00 Rédaction de plan de travail et rapport de mission

Jeudi 21 Février 2002 (Bobo-Dioulasso - Ouagadougou)

- 8 :00 – 9 :00 Vol Bobo-Dioulasso à Ouagadougou par Air Burkina
- 9 :30 : Installation à l'hôtel des Manguiers
- 10 :00 – 12 :30 EIER : visite au directeur, à la cellule de formation permanente à l'ingénierie et à la cellule SIG. Session de travail avec Mons. Dieng

- 17 :00 – 18 :00 Entretien à l’Ambassade Belge avec Mons. R. Provot, conseiller, attaché aux affaires étrangères

Vendredi 22 février 2002 (Ouagadougou)

- 9 :00 – 10 :00 Visite à la DGH (Directeur-général, Conseiller technique, Projet GIRE)
- 10 :15-12 :45 Session de travail avec Mons. Dieng à l’EIER
- 14 :00-17 :00 Rédaction du planning de travail et du rapport de mission
- 23 :40- 6 :00 Vol Ouagadougou – Paris par Air France

Samedi 23 Février 2002

- 6 :00 Arrivé à Paris CDG
- 9 :15 Arrivée à Bruxelles Midi
- 10 :00 Arrivée à Leuven

Annexe 2 : Télédétection et traitement d'images (Action 5.1.1.4, Tâche 5)

6.1 Objectifs

Développement d'une méthodologie pour le monitorage efficace et durable de la couverture et de l'occupation des terres dans le but d'étudier:

1. moyennant le modèle hydrologique, l'effet des changements spatio-temporels de la couverture et l'occupation des terres sur la rédistribution spatiale des eaux de pluie et sur les décharges des rivières drainant le bassin versant. Il s'agit principalement d'extraire les grandes catégories d'occupation/utilisation des terres (pâturage, terres arables, savanne arborée, savanne arbustive, forêt, infrastructures, cases) afin d'estimer leurs besoins en eau (evapotranspiration) et d'en devier la rugosité du terrain,
2. moyennant les outils de suivi-évaluation des aménagements hydro-agricoles, l'effet de la mise en culture (spéculations et rotations, calendriers cultureaux, ...) des terrains aménagés sur le comportement hydrologique (sink, source) des aménagements. Ici, la détermination de la nature, densité et vigueur des cultures est importante.

6.2 Approche technique

6.2.4 Echelles spatiales

Au Burkina Faso, la cartographie officielle (IGB, cartes topographiques ou cartes de base) donne lieu à des produits cartographiques imprimées (et partiellement disponibles sous une forme digitale (à spécifier)) à deux échelles : 1 :200.000 et 1 :50.000. Dès lors il est recommandable d'utiliser ces geo-informations comme cartes ou couches de base dans la base de données spatiales à compiler et exploiter par le SIG.

Nous proposons d'axer le travail 'bassin versant' sur l'échelle 1 :200.000. Ceci implique que les données thématiques nécessaires aux simulations moyennant le modèle hydrologique (sols, couverture/utilisation des terres, hydrographie, ...), devront être choisi ou transformé de telle sorte qu'elles soient compatibles au maximum avec cette carte de base. Un travail important d'intégration horizontale (mise ensemble d'informations spatiales ne couvrant qu'une partie du bassin versant étudié, ex. en provenance de différentes planchettes cartographiques, MAPJOIN + EDGE MATCHING) et d'intégration verticale (transformation systématique TRANSFORM ou non-systématique (piece-wise rubber-sheeting) ADJUST), s'impose.

L'étude du fonctionnement des aménagements hydro-agricoles s'appuiera de préférence, vu les dimensions souvent assez modestes, sur les produits cartographiques 1 :50.000 (ou plus détaillée dans le cas où des informations de qualité suffisante seraient disponibles).

6.2.5 Implications du choix de l'échelle sur les images à utiliser

Trois types d'images sont disponibles : SPOT-Végétation, LANDSAT-MultiSpectral Scanner et LANDSAT-Thematic Mapper. Les caractéristiques générales de ces deux types sont présentées dans le tableau.

Type	Résolution spatiale	Bandes spectrales	Dates disponibles	Zone couverte	Prix et autres remarques
SPOT-VGT	1 km * 1 km	4 (Vert, Rouge, NIR, ?)	Synthèses décadiques à partir du début 1999	Compilation pour le continent Africain à partir d'images de 2000 km * 2000 km.	Gratuit, téléchargeables de www.vito.be . Corrections géométriques, atmosphériques et radiométriques déjà faites. Projection Plate Carrée/WGS84
LANDSAT-MSS	80 m * 80 m	< 3 ?	1984/mois ?	Images de 180 km * 180 km couvrant le Burkina Faso ?	Disponible auprès du DRH-HB, non-géoréférencé, non corrigé
LANDSAT-TM	30 m * 30 m	7 (Bleu, vert, rouge, NIR, ...)	1994/mois ? et 1999/décembre	Images de 180 km * 180 km couvrant le Burkina Faso ?	Disponible auprès du DRH-HB (1994) et PAFR (1999), non-géoréférencé, non corrigé

Pour cause d'absence de données complémentaires (météo, hydrologie, ...) pour la période pour laquelle les images LANDSAT-MSS de 1984 sont représentatives, nous proposons de ne pas investir dans le traitement de ces images, sauf si des opportunités convaincantes se proposent.

Les images LANDSAT-TM traitées se prêtent à être intégrées de façon satisfaisante dans une base de données axée sur une échelle 1 :50.000 à 1 :100.000 et seraient dès lors utilisables (mais avec précaution) dans l'étude des aménagements hydro-agricoles.

La résolution spatiale des images LANDSAT-TM (30 m * 30 m) est trop détaillée pour être utilisées à l'échelle 1 :200.000. Moyennant une technique de généralisation (RESAMPLING) elles pourraient convenir. Toutefois nous proposons d'utiliser les images SPOT-VGT pour cette échelle, quoique la résolution spatiale soit nettement trop grossière. En effet SPOT-VGT présente plusieurs avantages qui combinent l'inconvénient de la basse résolution spatiale :

- images décadiques synthétiques rendues ‘prêtes à l’emploi’ par le Centre de Traitement des Images Végétation (CTIV), basé au Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO), Mol, Belgique. Le ‘prêt à l’emploi’ réfère aux corrections géométriques, atmosphériques et spectrales déjà effectuées et sur le calcul du NDVI (Normalised Vegetation Index)
- images déjà compilées en couverture continue du continent africain. Pour étudier le bassin versant sélectionné, il suffira d’extraire celui-ci de l’image
- images gratuites, télédéchargeables de l’internet.

Ainsi il devient possible de mettre à jour la couverture/utilisation des terres tous les dix jours (ou 20 – 30 - ... jours). Il sera possible de suivre de façon générale les saisons en termes du NDVI (indicateur universellement reconnu de la biomasse vivante présente au sol), SAVI (soil adjusted vegetation index), corrigé pour les effets spectraux liés à la présence de sol nu entre les plantes (ex. en début de la saison culturelle) et autres restant à calculer. La quantité et l’état de la biomasse, extraits de l’images seront utiles pour :

- l’identification/validation des zones cultivées et/ou aménagées, par rapport aux informations présentes dans les b.d. du SIG, en provenance d’autres sources (e.g. INERA, IGB-cartes-topographique, analyses multi-critères moyennant le SIG (ex. déterminer les bas fonds sur base du MNT (voir 5.1.1.4).
- le suivi en temps quasi réel (?) de la couverture végétale (et la rugosité du terrain) sur toute la zone d’étude

6.3 Sous-tâches pour cette tâche 5

Sous-tâche #	Traitement des images (y compris apprentissage du logiciel)	JW	
5.1	Acquisition des images SPOT-VGT (sélection des périodes et fréquences) + metadata	JVO, J.Carpentier	31-mar-02
5.2	Acquisition des images LANDSAT (1984, 1994 et 1999) + metadata	JW, DRH, SOFRECO	31-mar-02
5.3	Clip de la zone d’intérêt, projection dans le système de référence du BF, correction géométrique, (atmosphérique) et radiométrique (LANDSAT uniquement)	JW	30-juil-02
5.4	Interprétation visuelle VGT & LANDSAT (fausses couleurs, NDVI)) Méthode INERA ?	JW	30-sept-02
5.5	Classification multi-spectrale/multi-temporelle (non) supervisée LANDSAT	JW	31-déc-02
5.6	Elaboration d’un rapport sur le traitement d’images	JW, JVO	31-jan-02

Annexe 3 : Adresses utiles

Alain COMPAORE
Adjoint au Chef de Cellule
Cellule de Gestion du Plan d'actions pour la filière Riz (CG/PAFR)
01 BP 1265
Bobo-Dioulasso 01
Burkina Faso
Tel. 97.40.28/ Fax 97.66.57
e-mail: cg.pafra@fasonet.bf

Patrick LAIGNEAU
Conseiller Technique DGH
Ministère de l'Environnement et de l'Eau
Direction Générale de l'Hydraulique
03 BP 7025
Ouagadougou 03
e-mail : laigneau@liptinfor.bf

Philippe Mangé
Directeur
Ecole inter-états des ingénieurs de l'équipement rural
03 BP 7023
Ouagadougou 03
Tel : 30.20.53
Fax : 31.74.24
e-mail : dir@eier.org
<http://www.eier.org>

Roland Provot
Ir. Conseiller, Attaché à la coopération internationale
01 BP 4388
Ouagadougou 01
Tél : 30.40.58/60
Fax : 30.40.70
e-mail : sbc.burk@fasonet.bf

Ousséini THANOU
Directeur
Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins
01 BP 179
Bobo-Dioulasso
Tel : 97.02.56
e-mail : drh.hb@fasonet.bf

Jérôme THIOMBIANO
Chef de Programme
Ministère de l'Environnement et de l'Eau
Direction Générale de l'Hydraulique
Gestion intégrée des Ressources en Eau du Burkina Faso
09 BP 240
Ouagadougou 09
Tel : 31.50.07
Fax : 31.50.06
e-mail : gire@liptinfor.bf

Abel Tigasse
Ingénieur de l'Equipement Rural
Directeur Général
Direction Générale de l'Hydraulique
Secrétariat Général
Ministère de l'Environnement et de l'Eau
03 BP 7025
Ouagadougou 03
e-mail : dgh@liptinfor.bf
Tél : 32.45.25
Fax : 31.50.06

Eric VERLINDEN
SOFRECO (Société Française de réalisation d'études et de conseils)
Cellule de Gestion du Plan d'actions pour la filière Riz (CG/PAFR)
01 BP 1265
Bobo-Dioulasso 01
Burkina Faso
Tel. 97.40.28/ Fax 97.66.57
e-mail: cg.pafr@fasonet.bf

Joost WELLENS
Coopérant scientifique
01 BP 3526
Bobo-Dioulasso
Tel +226-60.03.83
e-mail : ge.eau@fasonet.bf

Compte rendu de la mission à Leuven

24/06/02-06/07/02

Cette mission a eu lieu à cause de certains problèmes que le projet a eu pendant son démarrage. Une absence des ressources financières à la DRH-HB avait fondé un espoir trop élevé sur le projet. Trop de pression de la part de la DRH-HB sous le projet pour une révision de budget et plusieurs confiscations de la voiture de projet par la DRH-HB ont rendu la collaboration entre la DRH-HB et le projet défavorable pour le bien-être du projet¹.

Pendant cette mission plusieurs solutions étaient proposées, elles sont discuté dans ce compte rendu. En même temps J. Wellens a pu profiter de son séjour en Belgique de faire des achats pour le projet et rechercher de l'information utile pour son recherche.

Concernant les problèmes avec la DRH-HB :

On peut envisager de changer de partenaire locale si les problèmes financiers avec la DRH-HB continue. Il est impossible pour le projet de prendre tout un service en charge. Le VLIR a des procédures existantes pour de tels problèmes. Dès que J.Wellens sera de retour à Bobo-Dioulasso il lui faut investiguer les autres partenaires possibles en ce cas.

Concernant la demande de la DRH-HB de réviser notre budget :

Dans une première année il est interdit de changer la division du budget entre les différents postes. Le VLIR doit d'abord corriger et approuver la comptabilité de la première année avant que le projet peut proposer des modifications.

Concernant le problème de disponibilité de voiture de projet :

Le projet aurait avoir à tout moment une voiture à sa disponibilité. Différentes propositions restent à étudier pour résoudre ce problème de voiture :

- informer pour les frais d'importer une voiture d'occasion de Belgique
- louer une voiture de la DRH-HB, mais élaborer un reg
- acheter petite voiture pour le DR, et le projet garde le Nissan Patrol qu'il a laissé renouveler

En tout cas il faut mentionner à la DRH-HB que le projet a renouveler deux voitures et qu'on veut une voiture pour le projet 100% du temps.

Divers :

Quand J.Wellens rentre au Burkina Faso, SADL va le fournir les CD d'installation d'ArcView 3.2 avec Spatial Analyst, Erdas avec sa clé de protection et déjà télécharger les images SPOT-Végétation.

Pour l'an 2002 les deux mémoires de fin d'études seront titrés :

- Prédition régionale des récoltes des cultures pluviales dans l'Ouest de Burkina Faso: collection, estimation et validation des entrées modèles

¹ Note ajouté décembre 2002:

A partir d'août la DRH-HB était intégrée dans la DRA (Direction Régionale de l'Agriculture) et fait maintenant partie de la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. Ce changement a résolu le plus part des problèmes discuté pendant cette mission.

- Besoin en eau d'irrigation des rizières à la Vallée du Kou utilisant le logiciel BIRIZ

Calendrier

mardi 24 juin 2002 :	faire des courses + placer des commandes pour le projet
lundi 25 juin 2002 :	congé
mercredi 26 juin 2002 :	congé
jeudi 27 juin 2002 :	réunion avec D. Raes
vendredi 28 juin 2002 :	réunion avec D. Raes et J. Van Orshoven
mardi 1 juillet 2002 :	réunion avec D. Raes réunion avec les stagiaires M. Deschamps et S. Geerts
lundi 2 juillet 2002 :	faire des courses pour le projet recherche bibliographique et Internet
mercredi 3 juillet 2002 :	congé
jeudi 4 juillet 2002 :	congé
vendredi 5 juillet 2002 :	congé

Bibliographie

- Albert K.D., 2000. Système d'Information Géographique pour le Burkina Faso.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes. et M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO Rome, Italy.
- Bazzo, D., 2001. Appui à l'inventaire des Bas-fonds. PAFR (Plan d'Actions pour la Filière Riz), Ministère de l'Agriculture, Burkina Faso.
- Berthiaud, A., 2001. Contribution pour une évaluation des relations entre l'usage des eaux de surface et l'occupation de l'espace – Bassin du Moun-hou Supérieur. Université Paul VALERY, Montpellier III – France et DRH-HB – Burkina Faso.
- Boulet R., 1976. Carte des ressources en sol de Haute-Volta et notice. Ed. ORSTOM minis. coop. Paris, France.
- Bro Carl, 2001. Etat des lieux des ressources en eau du Burkina Faso et de leur cadre de gestion. GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau). Direction Régionale de l'Hydraulique, Burkina Faso – DANIDA.
- Buishand, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall. Journal of Hydrology 58: 11-27.
- Doorenbos J., 1976. Stations agrométéorologiques. FAO Bulletin d'Irrigation et de Drainage 27. FAO Rome, Italy.
- Doorenbos J., Pruitt, W.O., Aboukhaled, A., 1977. Guidelines for predicting corp water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO Rome, Italy.
- Guillet F., 1997. Troisième mission du Pédologue. Programme RESO / DRH Bobo Dioulasso ; Juin 1997.
- Guillet F., 1998. Rapport de synthèse préliminaire sur les ressources en sol du Sud-Ouest. Programme RESO / DRH Bobo Dioulasso ; Mars 1998.
- Hure A., 1998. Etude et modélisation du système d'eau de la Vallée du Kou. ORSTOM – ENSG (Ecole Nationale Supérieure de Géologie), Vandoeuvre Lès Nancy, France.
- Leprun, Moreau R., 1968. Etude pédologique de la Haute-Volta, Région Ouest-Nord. Rapport ORSTOM, carte 1/500 000.
- Oudib Lahcen, 2000. Exploitation et entretien des réseaux d'irrigation du périmètre rizicole irrigué de la Vallée du Kou. Cooperation Sud-Sud ; FAO-Maroc-Burkina Faso.

Pigeonnière, A.L., Ménager, M.T., Nikiema, D., Yerbanga, B., Meunier, A., 1996.
Burkina Faso. Jaguar, Paris, 59p.

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.

Raes, D., 2002. ETo calculation software package (<http://www.iupware.be>)

Rapport technique – 2 : Juillet 1983. Ministère du Développement Rural – Direction de la vallée du Kou – service hydraulique : courbes d'étalonnage du canal d'amenée et des canaux secondaires.

Rapport technique : Août 1986 : Mesures d'infiltration dans le périmètre rizicole de la vallée du Kou (Projet Vallée du Kou) mission Néerlandaise.

Rapport technique : Novembre 1986 : Besoins par mois : I des sections hydrauliques du périmètre rizicole de la vallée du Kou.

Rapport technique : Novembre 1986 : Besoin en eau par mois des section hydrauliques du périmètre rizicole de la vallée du Kou (mission Néerlandaise; Service Hydraulique).

Rapport technique : Mars 1988 : Fonctionnement du réseau hydraulique de la vallée du Kou – courbes débits-hauteurs des tronçons des canaux secondaires ; Tome 1, annexe III et IV.

Rapport technique : Octobre 1988 : Besoins en eau III (Projet Vallée du Kou), mission Néerlandaise ; (service hydraulique).

Rieffel J.M., Moreau R., 1969. Etude pédologique de la Haute-Volta, Région Ouest-Sud, Rapport ORSTOM, carte 1/500 000.

Sahelconsult/F.E.T., 1997 ; Inventaire des Ressources en eau, rapport final, Tome 1 – Rapport Général ; DRH-HB, Burkina Faso.

Sahelconsult/F.E.T., 1997 ; Inventaire des Ressources en eau, rapport final, Tome 2 – Données Générales ; DRH-HB, Burkina Faso.

Sahelconsult/F.E.T., 1997 ; Inventaire des Ressources en eau, rapport final, Tome 3 – Ressources en eau de surface ; DRH-HB, Burkina Faso.

Sahelconsult/F.E.T., 1997 ; Inventaire des Ressources en eau, rapport final, Tome 7 – Hydraulique Agricole ; DRH-HB, Burkina Faso.