



CALCUL DE LA PRODUCTIVITE DE L'EAU SUR DES PERIMETRES IRRIGUES DU BASSIN DU FLEUVE NIGER (MALI, NIGER), DU BASSIN DE LA VOLTA (AU BURKINA) ET DE CELUI DU FLEUVE SENEGAL (AU SENEGAL), Projet BFP Niger.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION
DU DIPLOME DE MASTER D'INGENIERIE
OPTION GENIE DE L'EAU

Présenté et soutenu publiquement par

Bouraima KOUANDA

Travaux dirigés par :

- Docteur Bruno **BARBIER**, CIRAD en poste au 2iE
- Docteur Yacouba **HAMMA**, Chef de l'UTER GVEA
- Monsieur Amadou **KEÏTA**, Enseignant chercheur

Jury d'évaluation du stage :

JUIN 2009

*D**édicace*

Jonché d'obstacles et de riches expériences, ma formation universitaire et d'ingénieur n'aurait été une réalité sans l'amour, l'affection et la grâce de Dieu à qui je dois énormément.

Je saisis également cette opportunité pour adresser ma profonde gratitude à :

- Mon père Issaka KOUANDA, à ma mère Mariam Kabré, qui n'ont jamais cessé de m'entourer de leur affection et soutien. Qu'ils trouvent ici, la récompense de leur sacrifice
- Mes petits frères et sœurs « Je vous aime beaucoup »
- Mon défunt oncle Rasmané KOUANDA pour ses multiples conseils et son soutien moral quand il était encore de ce monde, « je prie Allah pour que la terre te soit totalement légère ».
- Mon défunt Grand Père KOUANDA Kouka Idrissa pour ses bénédictions pour moi « Repose en paix et que la terre te soit totalement légère »

R*emerciements*

Que toutes les personnes m'ayant accueilli, aidé, enseigné, conseillé, guidé et suivi se sentent personnellement et sincèrement remerciées.

Je pense ici à M. Bruno BARBIER pour avoir dirigé cette étude, et avoir réussi à stimuler mes réflexes et réflexions au cours de nos différentes rencontres de travail et aussi pour sa disponibilité entière. Travailler sous sa direction a été tout aussi agréable qu'enrichissante.

Je tiens à remercier sincèrement du fond de cœur mes encadreurs; je nomme ici présent Monsieur Yacouba HAMMA, Monsieur Amadou KEÏTA, Monsieur Harouna KARAMBIRI pour leur entière disponibilité de tous les jours à nous faire des remarques pertinentes et nous faciliter l'accès aux informations qui nous sont nécessaires.

Je remercie pour finir Messieurs Marcelin KOUAKOU, TOROU Bio, Malick ZOROM, tous les doyens en Master Spécialisé de l'année 2008/2009 et tous mes amis du 2iE pour leurs multiples conseils et sympathie.

Je n'ai que ma reconnaissance à leur offrir en retour, mais elle ne me quitte pas.

Résumé

Cette étude à concerné le calcul de la productivité de l'eau sur 16 périmètres dont dix(10) périmètres sur le bassin du fleuve Niger, trois (3) respectivement sur la Volta et le Fleuve Sénégal. Parmi ces exploitations neufs concernent la riziculture dont cinq(5) au Mali, un(1) au Niger, un (1) au Sénégal et deux au Burkina Faso. Les sept (7) autre concerne les cultures maraichères dont quatre (4) au Niger, deux (2) au Sénégal et un Burkina.

Les résultats obtenus pour la riziculture varient entre 0,14 kg/m³ et 1,35kg/m³ et en terme économiques ces résultats varient entre 10,72 FCFA/m³et 121,66 FCFA/m³ ;

Pour les cultures maraichères les résultats varient entre 0,63kg/m³ et 6.61kg/m³ et en terme économique entre 53FCFA/m³ et 349FCFA/m³.

Les volumes d'eau utilisés pour les calculs correspondent à la capacité prélevée à la source.

Un autre indicateur à savoir le coefficient d'approvisionnement relatif en eau (RWS') a été calculé dans le but de rendre compte de la gestion de l'eau d'irrigation et de la pluie pour chaque périmètre. Pour cet indicateur une valeur moyenne de 2,44 (légèrement supérieur à la valeur de référence proposée par l'IIMI qui est de 2,3.) est obtenue sur les exploitations rizicoles avec un écart type assez élevé de 1,01.

Pour les cultures maraichères on obtient pour cet indicateur une valeur moyenne de 1,1(la valeur de référence définie par l'IIMI étant de 1,4) avec un écart type de 0,33.

On note aussi l'existence d'une corrélation significative entre la productivité de l'eau et les paramètres RWS' et l'efficacité du réseau.

Mots clés :

Productivité/Riziculture/Maraichage/Corrélation/efficacité/Approvisionnement

Sommaire

Dédicace.....	2
Remerciements.....	3
Résumé.....	4
Liste des tableaux.....	7
Chapitre 0 : INTRODUCTION GENERALE.....	8
I. Contexte de l'étude.....	8
II. Introduction.....	8
II.1. Cadre théorique : Définition de la Productivité de l'eau.....	9
Chapitre I : Revue de la littérature : les études sur la productivité de l'eau.....	12
I. Potentiel africain.....	12
II. Problèmes de la riziculture africaine.....	12
III. Le projet « Bonnes pratiques ».....	12
IV. Etude de l'INERA.....	14
V. Analyse diagnostic au Niger.....	14
VI. Analyse diagnostic au Burkina Faso.....	17
Chapitre II : Matériel et Méthodes.....	20
I. Le projet APPIA.....	21
II. Méthodes de calculs de la productivité de l'eau (PE) et de RWS'.....	22
II.1 Exploration de la base de données APPIA.....	22
II.2 Description des sites d'étude.....	23
II.3 Résumé des caractéristiques principales des exploitations en se basant sur la typologie APPIA.....	23
II.4 La productivité de l'eau.....	26
Chapitre III : Résultats et discussions.....	32
I. Résultats.....	32
II. Analyse et discussion.....	35
Conclusion.....	46
Références.....	47
Annexes.....	48

Liste des sigles et abréviations :

- CPWF**: Challenge Program on Water and Food,
OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement
PE : Productivité de l'eau
RWS : Water Relative Supply
INERA : L'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
APPIA : Amélioration des Performances des Périmètres Irrigués en Afrique
IWMI .International Water Management Institute
L'ILRI: International Livestock Research Institue
ARID : Association Régionale pour l'Irrigation et Drainage
2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
CILSS : Comité Internationale de lutte contre la sècheresse dans le Sahel

Listes des figures

- Figure 1** : Productivité économique de l'eau en riziculture (périmètres du Mali, du Burkina Faso et du Sénégal) 36
Figure 2 : Présentation de RWS' et comparaison avec une valeur de référence 38
Figure 3 : Représentation graphique de PE en fonction de RWS..... 39
Figure 4 : Graphe traduisant la proportionnalité entre PE(kg/m³) et PE(FCFA/m³) 42
Figure 5 : Productivité de l'eau (kg/m³) dans le maraichage 44
Figure 6 : Comparaison entre la productivité l'eau du riz et celle du maraichage 44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Performances sur les périmètres.....	15
Tableau 2 : Performances sur le périmètre de Kourani-Baria I.....	15
Tableau 3 : Productivité de l'eau d'irrigation-SH paddy (kg/m ³)	17
Tableau 4 : Productivité de l'eau d'irrigation (FCFA/m ³).....	18
Tableau 5 : Offre relative d'eau (indicateur RWS').....	18
Tableau 6 : Caractéristiques des périmètres	24
Tableau 7 : Typologie régionale des systèmes irrigué d'après l'ARID	25
Tableau 8 : La productivité de l'eau pour les cultures maraichères	33
Tableau 9 : Productivité de l'eau pour la riziculture	34
Tableau 10 : La matrice de corrélation des variables.....	40
Tableau 11 : Rapport détaillé.....	41
Tableau 12 : Coefficients de la régression linéaire	41

Liste des cartes

Carte : Cour d'eau transfrontaliers et périmètres irrigués.....	20
--	----

Liste des annexes

Annexe 1 : pluviométrie mensuelle et pluies efficaces mensuelles obtenue avec Cropwat pour les différentes zones d'études	49
Annexe 2 : Représentation de PE en tenant compte des périmètres étudiés par l'IIMI.....	52
Annexe 3 : Présentation des problèmes sur les périmètres rizicoles.....	54
Annexe 4 : Présentation des problèmes sur les périmètres maraichers.....	55

Chapitre :0 : INTRODUCTION GENERALE

I. Contexte de l'étude

Cette étude entre dans le cadre du Projet BFP Niger (basin focal Project) piloté par le Challenge Program on Water and Food (CPWF), un programme mondial de recherche pour le développement dont le mot d'ordre « More Crop Per Drop ». Ce programme privilégie les approches par bassin, désireuses de contribuer aux Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) : lutter contre la pauvreté en augmentant la productivité de l'eau agricole tout en cherchant à respecter durablement l'environnement.

II. Introduction

Selon le Directeur Général de la FAO, Jacques Diouf, l'agriculture irriguée qui « occupe 20% des terres arables dans le monde, ne représente que 7% en Afrique, contre 38% en Asie » Il a souligné par ailleurs que 4% seulement des réserves d'eau sont exploitées en Afrique contre 20% en Asie. Ces performances décevantes de l'agriculture en Afrique, avec une croissance inférieure à celle de la population, ont eu des conséquences "tragiques" pour le continent, a-t-il dit. Et pour se justifier ajoute-t-il en 2007, la crise alimentaire qui a frappé de plein fouet le continent, a eu pour effet « une augmentation de 24 millions du nombre de personnes en Afrique sub-saharienne souffrant de faim chronique », affirmant que "parmi les 36 pays affectés par la crise alimentaire dans le monde, 21 sont africains ». Parmi ces pays on a le Burkina Faso, le Niger et le Mali qui font partis des pays les moins avancés au monde. « Dans ces pays l'insuffisance d'infrastructures hydrauliques et une mauvaise gestion de la maintenance des ouvrages existant provoquant leur mauvaises performances économiques » (Vidal et al 2004), NBA, 2007).

L'un des indicateurs utilisé aujourd'hui pour évaluer les performances des exploitations agricoles est la productivité de l'eau. Dans cette étude nous nous intéressons particulièrement à cet indicateur de performance sur un ensemble d'exploitations agricoles réparties sur quatre pays Ouest africains à savoir le Niger, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal.

II.1 Cadre théorique : Définition de la Productivité de l'eau

L'expression productivité de l'eau est employée pour désigner la quantité ou la valeur du produit par rapport au volume ou à la valeur d'eau prélevée ou détournée. La valeur du produit peut s'exprimer sous différentes formes (biomasse, céréales, argent). Par exemple, la « perspective produire plus avec moins d'eau est axée sur la quantité de produit obtenue par unité d'eau » (FAO, 2003). Le terme de la productivité de l'eau peut être exprimé de diverses manières se référant aux différents types de termes «production végétale» (matière sèche totale ou le rendement des grains), et «la quantité d'eau utilisée (transpiration, l'évapotranspiration et de l'irrigation) » (Molden, 2001a). D'une façon plus simple, « la productivité de l'eau du système de production agricole est généralement exprimée en kg de matière sèche (MS) par m3 d'eau, et représente «la production agricole par unité de quantité d'eau utilisée » (Molden 1997). C'est cette productivité qui est généralement appelée productivité physique de l'eau agricole. Ex: rendement des cultures par hectare par mètre cube d'eau dérivée ou consommée par la plante.

Il faudrait également définir comment les retombées sociales de la productivité de l'eau en agriculture peuvent être exprimées. Toutes les définitions proposées peuvent se résumer aux expressions «nutriments par mètre cube d'eau», «nombre de bénéficiaires par mètre cube d'eau», «emplois par mètre cube d'eau» et «moyens d'existence par mètre cube d'eau». Il n'existe pas de définition unique de la productivité et la valeur considérée pour le numérateur peut dépendre de l'objectif envisagé et des données disponibles. « La productivité de l'eau en kilogrammes par unité d'eau est tout de même un concept utile lorsqu'il faut comparer la productivité de l'eau dans les différentes parties d'un même système ou bassin fluvial, ou encore la productivité de l'eau en agriculture avec d'autres utilisations possibles de l'eau » (FAO, 2003). « Elle est également exprimée en termes économiques: \$ par m3 d'eau utilisée. Cette souplesse dans l'expression de la productivité décrit les divers aspects de la gestion de l'eau tels que la production, l'utilisation, l'environnement et l'économie » (Kijne et al 2003) et, par conséquent, mérite d'obtenir une plus grande attention. Les expressions suivantes sont alors définies pour les calculs :

$$W_p = \frac{\text{rendement(USD)}}{I_r} \quad \text{où } I_r \text{ est l'eau d'irrigation et est exprimée en m3. (Burt, 1999)}$$

W_p productivité de l'eau (USD/m3)

$$W_p = \frac{\text{rendement(kg)}}{I_r + P} \quad \text{où } p \text{ désigne la pluie. (Dong, 2004)}$$

$$W_p = \frac{\text{rendement}(kg)}{I_r} \quad (\text{Dong, 2004})$$

Cette dernière étant appelée productivité de l'eau d'irrigation.

Améliorer la productivité de l'eau d'irrigation consiste à améliorer le rendu par mètre cube d'irrigation. Contrairement à ce qu'on croit cela ne passe pas forcément par une baisse des apports ou par une hausse de la valeur des productions. Par exemple on peut augmenter la productivité de l'eau en augmentant les apports, si ceux-ci étaient insuffisants. On peut aussi améliorer la productivité de l'eau en diminuant la production, par exemple en diminuant encore plus les apports d'eau. Le tout est que le gain économique par mètre cube augmente. Une autre idée reçue est qu'améliorer l'efficacité de l'irrigation augmente la productivité de l'eau. Bétonner des canaux en terres, qui augmentent nettement l'efficacité, peut réduire le gain économique net de l'opération à l'échelle d'un périmètre ou d'un bassin. La question de la productivité de l'eau d'irrigation est alors incontournable dès que la question de développement est évoquée dans le monde rural. C'est un vrai outil d'aide à la décision. et pourtant non calculé pour la plupart des exploitations agricoles de la zone.

Notre étude consistera donc à apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quelle est la productivité de l'eau dans les aménagements agricoles
- Comment peut-on expliquer ces résultats?
- Quelles politiques ou système faut-il mettre en place pour que l'eau soit d'avantage productive sur les exploitations agricoles ?

Afin de pouvoir répondre à ces questions nous nous sommes fixés des objectifs.

Objectif général

Calculer la productivité de l'eau sur les périmètres agricoles de l'Afrique de l'Ouest

Objectifs Spécifiques

- Calculer les types de productivité de l'eau par pays et par périmètre pour les aménagements agricoles concernés par le diagnostic du projet APPIA.
- Analyser les résultats et Identifier les contraintes et les causes qui permettent de mieux les expliquer
- Proposer des solutions pour une meilleure gestion de l'eau et pour augmenter sa productivité sur les aménagements agricoles concernés par notre étude.

Pour atteindre ces objectifs nous adoptons le plan suivant :

Le document est composé de 4 chapitres

Le premier chapitre est un rapport synthétique d'une revue de littérature dans laquelle nous présenterons le concept de la productivité de l'eau, la tendance générale de la productivité de l'eau agricole, voir des résultats d'autres études.

Dans un deuxième chapitre nous développerons la méthodologie proprement dite de calcul des types de productivité de l'eau agricole à l'aide des données fournies par les études du projet APPIA pour chacun des pays cités précédemment.

Dans le troisième chapitre il s'agira de présenter, d'analyser et de discuter les résultats obtenus

Nous terminons par une conclusion et des recommandations pouvant permettre de joindre de façon efficace les deux aspects les plus complexes et cependant incontournables pour parler de développement durable dans les pays du sud à savoir la gestion de l'eau et le développement d'une agriculture sans risque.

Chapitre I : Revue de la littérature : les études sur la productivité de l'eau

I. Potentiel africain

« En 1993, on estime que la proportion de terres irriguées sur les terres cultivées totales était de 5 pour cent en Afrique subsaharienne, 37 pour cent en Asie et 14 pour cent en Amérique latine. De plus, 68 pour cent des rares terres irriguées de la région étaient concentrées dans trois pays: Soudan (31 pour cent), Madagascar (17 pour cent) et l'Afrique du Sud (20 pour cent). Or, le potentiel d'irrigation de l'Afrique subsaharienne est estimé à 33 millions d'hectares environ, dont 16 pour cent seulement sont actuellement exploités » (FAO, 1996)

II. Problèmes de la riziculture africaine

La riziculture irriguée par pompage avec maîtrise de l'eau, collective et transférée aux usagers est souvent critiquée. « Les coûts d'investissements élevés, la dégradation des aménagements, leur faible taux de mise en valeur, la stagnation des rendements et la non compétitivité du riz local sont stigmatisés » (Vidal et al. 2004)

De nouvelles formes d'appui conseil seraient nécessaires pour aider les producteurs à soulever progressivement les contraintes et permettre d'améliorer les pratiques sur les périmètres irrigués. Ceci assurera la pérennité de ces périmètres et une meilleure gestion de ressources qui se raréfient. Les analyses doivent aussi cerner le contexte dans lequel évolue ces pratiques agricoles : la structure des périmètres, leur fonctionnalité, leur environnement naturel ainsi que leur environnement socio-économique. C'est pourquoi plusieurs projets se sont intéressés aux indicateurs de performances des périmètres dans les zones sahélo-soudaniennes.

III. Le projet « Bonnes pratiques »

Le projet d'identification et diffusion de bonnes pratiques sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest a été mis en œuvre par l'IPTRID, programme spécial de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture dans les années 1999-2000 (Vidal et al 2004).

Il couvre douze aménagements hydro-agricoles dans cinq pays sahéliens à savoir le Burkina Faso, le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Sénégal. Une équipe d'experts a identifié, caractérisé et évalué les pratiques (individuelles et collectives) pour dégager des principes d'amélioration des performances. Le projet avait pour objectif d'approfondir la notion de «bonne pratique», de dresser un bilan des filières rizicoles et de diffuser les connaissances requises.

Les conclusions de l'étude sont que vu les réussites obtenues sur certains périmètres, le potentiel d'amélioration de l'agriculture irriguée dans son ensemble est important. La riziculture peut être attractive pour les producteurs, compétitive, financièrement viable et durable. En riziculture irriguée l'objectif de sept tonnes par hectare de rendement moyen est réalisable. Par ailleurs de réelles opportunités de diversification des cultures, plus rentables que le riz, ne doivent pas être négligées. Les irrigants s'approprient progressivement leurs aménagements, renouvellent de manière autonome leurs équipements de pompage, alors que l'entretien reste souvent insuffisant. La productivité de l'eau d'irrigation, quoiqu'inférieure à certaines attentes, est relativement satisfaisante au regard de performances obtenues dans d'autres régions du monde. Tant sur les plans économique et financier, agronomique, hydraulique et organisationnel, cette analyse suggère de rompre avec la vision pessimiste de l'irrigation en Afrique sahélienne. Des expériences innovantes et encourageantes sont en effet menées par des projets, des organisations paysannes, des offices d'aménagement, des opérateurs privés. Cependant, on constate d'une part un manque de capitalisation de ces expériences et de suivi des performances, d'autre part un manque de diffusion des connaissances entre les différents acteurs de l'irrigation et aussi vers les agriculteurs. Une meilleure capitalisation, valorisation et diffusion de ces connaissances donnerait une meilleure cohérence aux actions menées et devrait contribuer à l'amélioration des performances des systèmes irrigués sahéliens. Le projet propose à cet égard une méthodologie de diagnostic comparatif rapide qui permet une analyse comparée des performances et des pratiques entre aménagements à un niveau régional. Elle pourrait favoriser la diffusion de connaissances par la constitution d'un réseau et d'un observatoire des systèmes irrigués.

L'amélioration des performances pourrait être facilitée par une nouvelle forme d'appui conseil qui répondrait à la demande existant. Cette structure jouerait un rôle clé d'une part pour combler un maillon faible et parfois manquant de diffusion de connaissances, d'autre part pour répondre aux multiples contraintes actuelles de l'irrigation et appuyer le processus

de professionnalisation des producteurs, des coopératives et des filières. Différentes expériences sont menées dans ce sens, privilégiant parfois les aspects techniques et organisationnels (agronomie, hydraulique au Niger et au Sénégal) ou au contraire les aspects de gestion et de finance (comptabilité, appui institutionnel au Mali).

Les deux acteurs clés d'un tel partenariat sont des cellules de prestation d'appui conseil et des organisations paysannes matures. La réorganisation et la professionnalisation des filières passent par la définition des rôles et poids respectifs de trois acteurs clé: Etat, organisations paysannes et secteur privé. Dans le cadre de ce «nouveau» partage des rôles, les irrigants d'Afrique de l'Ouest ont à relever le défi de façonner leurs propres institutions et organisations, qui ne soient pas calquées sur un modèle extérieur. Cela implique un engagement fort que tous les irrigants ne seront peut-être pas prêts à fournir et aussi un appui des pouvoirs public aux organisations paysannes sur les plans institutionnel, légal, fiscal et probablement financier dans les premières étapes du transfert. Il convient donc de développer les ressources humaines de ces irrigants pour ce processus, et d'accompagner le changement. C'est la notion de "transfert sans abandon" » (Vidal et al 2004).

IV. . Etude de l'INERA

L'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), et le 2iE (ex groupe EIER-*ETSHER*) ont analysé les performances des périmètres de Mogtedo, Itenga et Gorgo (Dembélé et al 2001). Les résultats montrent que la valeur globale de RWS en riziculture de saison humide est élevée (1.3) à Gorgo, moyenne (1.04) à Mogtedo et faible (0.75) à Itenga. Il en résulte que la productivité de l'eau, serait assez élevée (0.88 kg m⁻³) à Itenga; moyenne (0.65 kg m⁻³) à Mogtedo et faible (0.34 kg m⁻³) à Gorgo.

V. Analyse diagnostique au Niger

Une analyse similaire a porté sur quatre périmètres irrigués situés dans la vallée du fleuve Niger. La plus part des périmètres sont de taille moyenne qui dépendent du pompage dans le fleuve à partir de pompes électriques. Ces périmètres rizicoles produisent aussi du maraichage. Les quatre périmètres sont Saga, Kourani Baria I et II, et Tillakaina ayant respectivement pour surface cultivable 407; 425, 267 et 86 hectares.

Tableau 1 : Performances sur les périmètres

Nombre de parcelles échantillonnées	Dose moyenne d'eau livrée à la parcelle mm	Rendement moyen kg/ha	Productivité de l'eau kg/m ³
5	658,4	7,4	1,124
8	421,1	4,92	1,168
12	449,5	4,786	1,065
8	620,2	5,642	0,91
4	449,6	6,474	0,997
9	540,3	5,541	1,026
3	491,3	6,018	1,225
Système total	3630,4	40,781	7,515

Tableau 2 : Performances sur le périmètre de Kourani-Baria I

Nombre de parcelles échantillonnées	Dose moyenne d'eau livrée à la parcelle mm	Rendement moyen kg/ha	Productivité de l'eau kg/m ³
6	423	2,795	0.661
5	355,6	1.947	0.548
9	401,2	3.313	0.826
4	418,2	2.239	0.535
3	427,3	2.959	0.692
9	424,1	3.066	0.491
9	565,9	3.397	0.600
5	619,2	3.458	0.558
8	563,3	3.073	0.545
Système total 58	503.3	503.4	0.597

La colonne « productivité de l'eau » est basée sur les volumes d'eau délivrés aux parcelles échantillonnées. La productivité finale de l'eau pompée dans le périmètre sera d'environ 40 à 60% des valeurs présentées ci-dessus ; la quantité totale pompée n'arrive pas au niveau des parcelles mais est perdue à cause des fuites. La productivité économique dans ces périmètres se présente comme suit

Tableau 3 : Performance économique des périmètres

Périmètres	saisons	Valeur de la production (prix en saison sèche 1995) M. FCFA	Volume de l'eau pompé dans le système 000m3	Production par unité de l'eau pompée FCFA/m3
SAGA	SH	199.2	3.216	61.9
	SS	198.0	5.908	33.5
KOURANI-BARIA I	SS	116.9	7.634	15.3
	SH	102.1	4.334	23.6
	SS	99.1	6.475	15.3
KOURANI-BARIA II	SS	111.6		
	SH	66.0		
	SS	19.7	1.444	13.6
TILAKAINA	SH93- SS94	81.6		

Il faut noter que les données de pompage de Kourani-Baria I et II ne sont pas complètes. Certaines données manquantes ont été estimées à partir des données des autres années et des superficies cultivées. Pour le calcul des volumes d'eau délivrés la saison humide a été considérée de mi-juin à la fin Novembre » (rapport final de synthèses, IIMI 1998).

Le Projet a également comparé la fourniture d'eau et l'évapotranspiration et est arrivé à la conclusion qu'il n'y a aucune indication qui montre que beaucoup trop d'eau est utilisée sur des parcelles individuelles. La conclusion tirée a donc été la suivante que les raisons les plus vraisemblables pour ces faibles valeurs de productivité d'eau sont un

rendement bas des cultures en raison des pratiques culturales défectueuses, spécialement à Kourani Baria I et les pertes d'eau dans les canaux.

VI. Analyse diagnostic au Burkina Faso

Analyse diagnostic et performances de cinq périmètres irrigués autour de barrages au Burkina. Ce projet a été réalisé par l'IWMI (ex IIMI) entre 1991 et 1997 dans le cadre d'un appui institutionnel au Ministère de l'agriculture, de l'eau et des ressources halieutiques qui le temps était le ministère de l'environnement et de l'eau dans le cadre de la recherche développement en management de l'irrigation. Le projet a mené au cours de ses travaux de nombreuses activités dont principalement le diagnostic et l'évaluation des performances de cinq périmètres irrigués à l'aval de barrage au Burkina Faso. Durant cette étude le projet a pu faire le récapitulatif des points forts et des points faibles au niveau de la parcelle, du périmètre, des organisations paysannes, et l'appui institutionnel. Et pour mieux cerner les questions liées à la gestion de l'eau le projet a effectué le calcul de la productivité de l'eau et de l'indicateur de performance RWS (approvisionnement relatif en eau) pour les cinq périmètres concernés par l'étude. Nous présentons dans les tableaux suivants les résultats obtenus.

Tableau 3 : Productivité de l'eau d'irrigation-SH paddy (kg/m3)

Campagne	Gorgo	Itenga	Mogtedo	Savili	Dakiri	Ensemble
SH 1992	0.44	0.53	0.40	Sans objet		0.45
SS 92/93						
SH 1993	0.43	0.64	0.34	Sans objet	0.32	0.39
SS 93/94						
SH 1994	0.37	0.56	0.30	Sans objet	0.27	0.35
SS 94/95						
MOYENNE	0.41	0.58	0.37	Sans objet	0.29	0.39

Tableau 4 : Productivité de l'eau d'irrigation (FCFA/m3)

Campagne	Gorgo	Itenga	Mogtedo	Savili	Dakiri	Ensemble
SH 1992	33.1	40.0	29.9			33.4
SS 92/93		27.75	25.9	118.0		41.5
Total 92/93	33.1	37.7	27.7	118.0		37.0
SH 1993	32.4	48.0	25.2		23.8	29.2
SS 93/94		53.0	35.2	109.7	30.9	41.6
Total 93/94	32.4	49.2	30.8	109.7	27.6	35.3
SH 1994	33.3	50.7	27.1		24.2	31.2
SS 94/95		48.9		121.7	36.6	52.4
Total 94/95	33.3	50.3	27.1	121.7	30.9	39.9
Moyenne Annuelle	32.9	45.7	28.6	116.5	29.3	37.4

Tableau 5 : Offre relative d'eau (indicateur RWS')

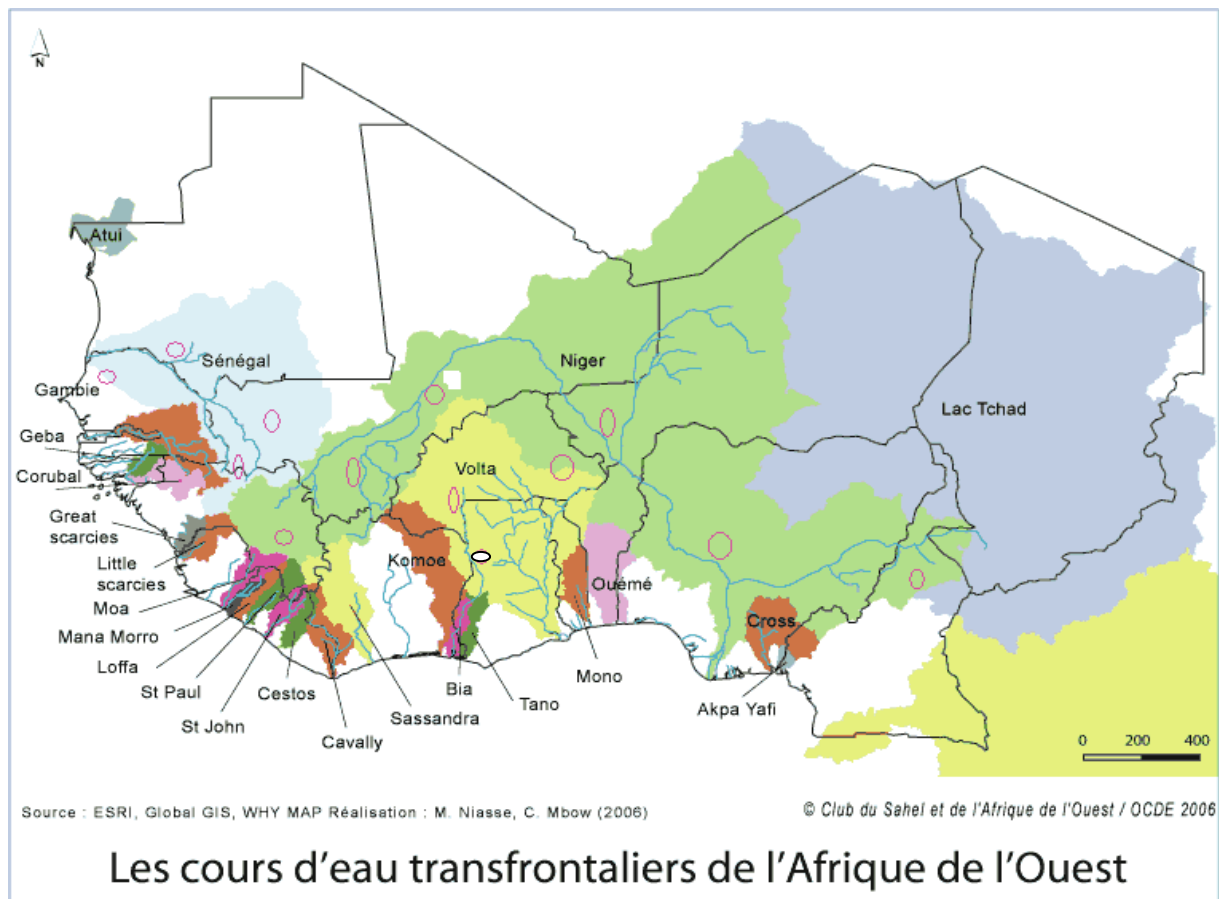
Gorgo	Itenga	Mogtedo	Savili	Dakiri	Moyenne
3.03	3.13	2.60			2.92
	2.54	1.82	2.23		2.2
3.25	2.91	2.52		2.15	2.71
	1.68	1.55	2.47	1.46	1.79
3.70	3.32	3.13		2.10	3.06
	1.82		2.44	1.31	1.86
3.33	3.12	2.75		2.12	2.90
	2.01	1.69	2.38	1.38	1.95
3.33	2.57	2.32	2.38	1.75	2.47

Les valeurs des productions par m3 d'eau prélevé sont en deçà de la référence proposée (80FCFA/m3), sauf à Savili où sont produites des cultures à haute valeur ajoutée comme le haricot. De même la productivité de l'eau réalisées sur les sites par m3 d'eau pour la riziculture sont généralement faibles par rapport à la valeur de référence 0,6 kg/m3 (Keïta, 1996) proposé. « Les volumes d'eau prélevés étant dans des proportions globalement

acceptables, les causes sont à rechercher au niveau des autres facteurs du rendement comme les calendriers culturaux, les doses d'engrais, les types de sols sont peut »(Sally et al 1997)

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Tout au long de notre étude nous avons eu a utilisé principalement des données fournies par le projet APPIA. La base de données APPIA est en fait le résultat d'un diagnostic effectué sur des périmètres de l'Afrique de l'Ouest notamment sur le bassin du fleuve Niger, de la volta, du fleuve Sénégal et celui de la Gambie et de l'Est. Les pays concernés par ce diagnostic en Afrique de l'Ouest sont le Niger, le Mali, le Burkina Faso, la Mauritanie et le Sénégal. Ceux de l'Afrique de l'Est sont l'Ethiopie et le Kenya.



Carte : Cours d'eau transfrontaliers et périmètres irrigués

I. Le projet APPIA

Le plus récent projet dans la zone sur le diagnostic des périmètres est le projet d'Amélioration des Performances des Périmètres Irrigués en Afrique (le projet APPIA) qui s'est déroulé entre 2002 et 2006. Il a eu également pour coordonnateur de programme International Water Management Institute (IWMI). Ce projet a eu un double objectif :

- Favoriser l'identification, la capitalisation, la diffusion et la mise en pratique de savoir en matière d'irrigation, et constituer un référentiel de performances et de pratiques innovantes, utilisable par tous les acteurs du développement
- participer à la modernisation de l'appui conseil aux irrigants, en contribuant à la réflexion engagée à ce sujet et en assistant la mise en place de structures d'appui à un niveau local.

Le projet APPIA a permis d'alimenter une base de données sur les aspects agronomiques, hydrauliques, économiques et organisationnels des périmètres étudiés. Des informations précises et récentes sur les performances économiques et techniques des périmètres rizicoles au Sahel y sont présentées. En effet la base de données APPIA est le résultat d'un diagnostic effectué sur des périmètres de l'Afrique de l'Ouest notamment sur le bassin du fleuve Niger, de la volta, du fleuve Sénégal et celui de la Gambie et de l'Est. Les pays concernés par ce diagnostic en Afrique de l'Ouest sont le Niger, le Mali, le Burkina Faso, la Mauritanie et le Sénégal. Ceux de l'Afrique de l'Est sont l'Ethiopie et le Kenya.

Il a eu pour coordonnateur de programme International Water Management Institute (IWMI) Basé à l'ILRI (International Livestock Research Institute) Addis Abeba et le Ministère Français des Affaires Etrangères français comme Administration de rattachement. Les Coordonnateurs pour l'Afrique de l'Ouest furent l'Association Régionale pour l'Irrigation et Drainage (ARID) et Ecole l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) basés à Ouagadougou.

Au cours des études effectuées sur le terrain le projet s'est intéressé à l'essentiel des indicateurs de suivis de la performance d'une campagne quelconque donnée. Il a alors élaborée une base de données dans laquelle ressort les indicateurs de performance liés aux éléments suivants :

- La structure du périmètre
- La fonctionnalité du périmètre

- L'environnement naturel
- L'environnement socio-économique

Nous avons résumé en annexes les principaux indicateurs du diagnostic des périmètres APPIA pour les pays concernés par notre étude à savoir le Niger, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal.

Notre rappelons que notre premier objectif dans l'exploitation de la base de données APPIA est de calculer la productivité de l'eau sur les périmètres agricoles. Nous ne pouvons aborder cette tâche sans avoir analysé les données à notre disposition.

Pour le calcul de la productivité nous nous intéressons principalement aux volumes d'eau prélevés sur les fleuves et à la production agricole physique ou monétaire obtenue avec ces volumes.

Ce qui nous amène à adopter la démarche suivante après avoir recherché les méthodes de calculs de la productivité de l'eau:

- Exploration de la base de données
- Analyse et Critiques des données
- Elaboration éventuelle d'hypothèses comme compléments de données
- Adaptation des calculs intermédiaires aux données disponibles et aux éventuelles hypothèses
- Calculs proprement dits de la productivité de l'eau
- Etude comparatives avec d'autres résultats déjà existant et explication des écarts éventuels

Ces éléments entrent dans notre méthodologie générale de travail.

II. Méthodes de calculs de la productivité de l'eau (PE) et de RWS'

II.1 Exploration de la base de données APPIA

Durant cette phase d'étude notre objectif était de comprendre les détails fournis par la base de données APPIA afin de faire ressortir les éléments nécessaires au calcul de la productivité de l'eau ainsi que les éléments nécessaires pour comprendre et interpréter les résultats que nous obtiendrons. A travers cette phase d'étude nous avons pu extraire les données nécessaires pour les calculs, faire le point des données manquantes et adopter des méthodes de calculs qui conviennent aux données disponibles.

II.2 Description des sites d'étude

Cette étude concerne 16 périmètres assez dispersés ; certains se trouvant sur le bassin du fleuve Niger, d'autres sur la Volta, et enfin quelque uns sur le fleuves Sénégal. Tous ces périmètres sont situés dans la zone sahélo-soudanienne qui sont des zones à faibles précipitations, avec des températures assez élevées. Au Burkina il s'agira du périmètre de Bagré l'une des plus grands périmètres rizicoles du pays, des aménagements agricoles de la vallée du Kou et les exploitations maraichères de Titoa dans le Loroum une province du Burkina se trouvant dans la partie sahéliennes. Au Mali notre étude concernera des exploitations agricoles irriguées dans le delta intérieur du fleuve Niger pour la plupart. Au Niger les exploitations concernés par notre étude sont situées dans les provinces suivantes Lata, Sakoirra, Tera, Gamkale, Mibida et ont tous pour source d'eau le fleuve Niger. Au Sénégal ont s'intéressera à l'exploitation rizicole de Boudoum un grand périmètre de surface 3362 ha, et à d'autres exploitations comme celles de Keur Mbir Ndao et Mbawane où l'on pratique le maraichage.

Ces sites sont caractérisés par une saison des pluies courtes (ou hivernage) de juin à octobre avec un maximum des précipitations en août. Cette période est favorable à la riziculture. La pluviométrie moyenne annuelle varie de 270 à 720 mm/an (CILSS, 1991). « Les pluies sont aléatoires et prennent la forme d'orages parfois violents. L'hivernage est suivi d'une saison sèche d'octobre à juin, décomposée en une saison sèche froide (favorable au maraîchage) et une saison sèche chaude (favorable à la riziculture). L'environnement pédoclimatique (eau - sol - températures - ensoleillement) confère à la zone sahélienne de l'Afrique une exceptionnelle potentialité de production rizicole. Seules les températures basses de la saison sèche froide peuvent constituer un facteur limitant pour la riziculture de contre-saison sèche » (Alain VIDAL et al. 2004).

II.3 Résumé des caractéristiques principales des exploitations en se basant sur la typologie APPIA

Le Tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des 16 périmètres retenus pour notre étude. Nous présenterons à la suite de ce tableau la typologie APPIA pour plus de détails sur les caractéristiques des exploitations

Tableau 6 : Caractéristiques des périmètres

Nom des périmètres	Typologie APPIA	Pays fleuves	Pluviométrie moyenne annuelle	Date de réalisation	Superficie équipée(en ha)	Superficie moyenne par exploitant (ha)	Culture principale	intensité culturale %
Lata	T1	Niger	756	1991	227,0	1,00	Riz	200
Kamaka	T2	Mali	451	1994	16,0	0,41	Riz	
Sinah	T2	Mali	449	1997	49,0	1,00	Riz	100
Saba 1	T3	Mali	410	2001	35,0	2,50	Riz	100
B1	T1	Mali	383	1951	576,7	20,00	Riz	151
Djidian	T1	Mali	553	1950	298,0	12,00	Riz	100
Boundoum	T1	Sénégal	250	1991	262,0	1,70	Riz	
Nakambe/ bagre	T1	Burkina Faso	910	1974	680,0	1,00	Riz	200
Vallée du Kou	T1	Burkina Faso	943	1970	1260,0	1,00	Riz	200
Sakoira	T3	Niger	379	1992	3,6	0,20	Oignon	180
Tera	T2	Niger	382	1981	46,0	1,00	oignon, tomate	125
Gamkale	T4	Niger	526	1980	200,0	0,16	choux, poivron, laitue	200
Mbida	T2	Niger	334	1997	17,0	0,07	Niébé	200
Keur Mbir Ndao	T4	Sénégal	326	1966	20,0	0,08	Oignon	
Mbawane	T4	Sénégal	366	1974	40,0	1,20	Oignon	
Titao	T3	Burkina Faso	588	1999	4,5	0,06	pomme de terre, oignon	200

Tableau 7 : Typologie régionale des systèmes irrigués d'après l'ARID

		Aménagement	Hydraulique	Mise en valeur							
		Investissement	Gestion	Taille	Maîtrise de l'eau	Ressource	Exhaure	Distribution	Spéculation	Parcelle	Main d'œuvre
T1	Grands et moyens périmètres irrigués d'initiative publique	Etat / bailleur	OP + Etat	> 100 ha à 55 000 ha	totale	fleuve retenue lac	dérivation, pompe, prise aval barrage	surface, réseau californien	riz, polyculture	< 5 ha	familiale + salariée
T2	Périmètres irrigués villageois d'initiative publique	Etat / bailleur / ONG	OP	< 100 ha	totale	fleuve retenue	pompe, prise aval barrage	surface	riz céréales polyculture	< 1 ha	familiale
T3	Petit périmètre irrigué collectif	Groupe d'exploitants	OP	< 50 ha	totale	fleuve retenue	pompe, prise aval barrage	surface	riz céréales polyculture	?	familiale
T4	Petit périmètre irrigué individuel	Exploitant individuel	Exploitant	< quelques ha	totale	fleuve retenue nappe	pompe, manuelle	surface, localisée	céréale fruit maraîchage	-	familiale
T5	Petits et moyens périmètres irrigués d'agro-business	Entrepreneur particulier	Salarié	qq dizaines à qq centaines	totale	fleuve retenue nappe	dérivation, pompe	surface, aspersion, localisée	riz, fruit, maraîchage	-	salariée
T6	Grands et moyens périmètres irrigués agro-industriels	Firme agro-industrielle	Salarié	qq centaines à qq milliers	totale	fleuve	dérivation, pompe	surface, aspersion, localisée	cane, fruits, maraîchage	-	salariée
T7	Cultures de décrue	Exploitant individuel	Exploitant	?	partielle	fleuve retenue lac	décrue	surface	céréales fourrages	-	familiale
T8	Cultures de bordure fluviale en submersion contrôlée	Etat / bailleur / ONG	OP + Etat	200 à 6000 ha	partielle	fleuve	crue	surface	riz	< 10 ha	familiale
T9	Cultures de bas-fonds en submersion contrôlée	Etat / bailleur / ONG	OP (+ Etat)	10 à 250 ha	partielle	eaux de ruissellement	ruissellement	surface	riz céréales	< 0,5 ha	familiale

II.4 La productivité de l'eau

En ce qui concerne la productivité nous avons fait trois calculs :

- $P_{pe/vp} = \frac{r}{V_p}$

$P_{pe/vp}$: Productivité de l'eau d'irrigation ou productivité physique de l'eau (kg.m^{-3})

V_p : Volume pompé ou Volume d'eau prélevé à la source pour l'irrigation m^3/ha

r : La production en kg/ha ou le rendement. Cette valeur correspond également à la productivité du sol en kg/ha .

Nous tirons les valeurs du rendement à l'ha par culture et pour chaque périmètre du projet APPIA.

- $P_{ee/vp} = \frac{P_r}{V_p}$

P_r = Produit (FCFA/ha)

Le produit en FCFA correspond à la valeur monétaire de la production, il est obtenu en multipliant la production à la parcelle exprimée en kg par le prix du kilogramme de la culture produite. Nous tirons également ces résultats de la base de données du projet APPIA.

$P_{ee/vp}$: Productivité économique de l'eau FCFA/ m^3

V_p : Volume pompé ou Volume d'eau prélevé à la source pour l'irrigation m^3/ha

- $P_{pe/va} = \frac{r}{P+I_r}$

$P_{pe/va}$: Productivité des apports d'eau à la parcelle

P = précipitations (mm); Nous utilisons uniquement la pluie efficace

Cette dernière valeur aura pour intérêt de montrer la productivité de l'eau qui arrive à la parcelle. Dans notre étude seuls les deux premiers de productivité ont fait l'objet d'analyse.

II.4.1 Méthode de calcul du volume d'eau prélevé à la source

Parlant de volume d'eau pompée il s'agit de l'eau qui a été prélevée que se soit directement ou indirectement à la ressource (dans notre cas la source d'eau est le fleuve Niger pour les périmètres du Mali et du Niger, le fleuve Sénégal pour ceux du Sénégal et la volta pour ceux du Burkina Faso).

En tenant compte des données dont nous disposons nous avons utilisé deux méthodes de calculs :

$$\blacksquare V_p = D_p * T_{Ir} * N_{Ir} \quad (1) \quad \text{ou}$$

$$\blacksquare V_p = \frac{d_g * N_{Ir}}{E_{ff}} \quad (2)$$

V_p : Volume d'eau prélevé à la source (m³/ha)

D_p : Débit de pompage en (m³/s/ha)

T_{Ir} : temps d'arrosage par irrigation (s)

N_{Ir} : Nombre d'irrigation par campagne

d_g : dose moyenne d'irrigation mesurée à la parcelle à chaque arrosage (m³/ha)

E_{ff} : Efficience du réseau

Notons que pour chaque périmètre retenu pour le calcul de la productivité il est précisé dans la base de donnée APPIA soit la durée de pompage, le nombre d'irrigation par campagne ainsi que les débits spécifiques Ce qui nous a permis d'utiliser la formule (1) pour le calcul du volume d'eau prélevé à la source ou soit il est précisé la dose d'irrigation constatée à la parcelle et alors nous utilisons la formule (2).

II.4.2 La proportion du volume d'eau pompé qui arrive à la parcelle

$$I_r = V_p * E_{ff}$$

I_r : La proportion du volume d'eau pompé qui arrive à la parcelle

II.4.3 Apport total à la parcelle

Nous avons considéré comme apport total d'eau à la parcelle la somme de la pluie et de la proportion d'eau pompée qui arrive à la parcelle.

$$V_a = I_r + P = V_p * E_{ff} + P$$

V_a : apport total d'eau à la parcelle

II.5 L'alimentation relative en eau

L'alimentation relative en eau (relative water supply, RWS) est un indicateur de performance qui est utilisé pour évaluer l'adéquation entre l'offre "irrigation et pluie" et les besoins en eau de la culture » (Dembélé et al. 2001);

« Au sens physique, RWS se définit comme le rapport entre l'offre en eau (apports d'eau) et la demande en eau (incluant les consommations d'eau) pour une unité d'irrigation et un intervalle de temps donné » (Dembélé et al. 2001). Cet indicateur peut être formulé, mathématiquement, pour la riziculture et pour une période donnée, comme suit:

$RWS = (I_r + P_{ef}) / (ET + P)$ (Dembélé et al. 2001); avec

RWS = alimentation relative en eau;

I_r = irrigation à la parcelle (mm);

P_{ef} = précipitations efficaces (mm);

ET = évapotranspiration (mm);

P = percolation et infiltration latérale (mm).

Dans nos calculs nous ne tiendrons pas compte de la percolation. En effet pour certains auteurs cela est bien possible ; Dembélé et al. en ont fait cas dans leur document (irrigation and drainage ,2001).

Keïta et al. (1997) propose $RWS = (I_r + P_{ef}) / ET$. Dans ce cas I_r correspond au prélèvement depuis la source d'eau et non le volume d'eau apportée à la parcelle. Ce qui fait que les valeurs de référence proposées par Keïta et al. dans le document PMI-BF diffèrent de celles proposées par Dembélé et al. dans leur ouvrage irrigation and drainage (2001) ou I_r désigne le volume d'eau apportée à la parcelle. Nous avons alors désigné par RWS' la valeur de l'alimentation relative en eau proposé par Keïta et al. afin de faire la distinction entre les deux expressions. Nous allons calculer uniquement la valeur de RWS' notre objectif étant de rendre compte de la gestion de l'eau de pluie et de l'irrigation. Certains auteurs considèrent la pluie totale au lieu de la pluie efficace mais Dembélé et al. ont fait cas des études de Bird et Gillot (1992) qui préconisent, l'utilisation de la pluie efficace en zone tropicale.

C'est ce qui a été fait par Kéita et al. Nous utiliserons alors la pluie efficace au lieu de la pluie totale dans toutes les zones concernées par notre étude.

Quand au calcul de la pluie efficace, nous nous sommes servis des logiciels Cropwat et Climwat. En effet Cropwat permet d'obtenir les pluies moyennes mensuelles et les pluies efficaces moyennes mensuelles pour plusieurs zones. Climwat nous a permis de déterminer la station que nous devons utiliser pour calculer la pluie efficace pour chaque périmètre. La durée de la campagne du riz pluvial est en moyenne de 120 jours d'après les précisions du projet APPIA et s'insère généralement entre la première décade du mois de juillet et la première décade du mois de novembre. Nous avons donc fait l'hypothèse que la campagne de riz pluvial débute en juillet et se termine en Novembre compte tenu du fait que nous ne disposons que des pluies efficaces mensuelles. On a alors évalué la pluie efficace durant cette période pour le calcul de RWS' sur les exploitations rizicoles.

Pour les cultures maraichères les durées de campagnes sont très variables et se situent dans l'intervalle de 90 à 150 jours selon le type de cultures. Nous avons tenu compte des durées précisées dans la base de données APPIA pour le calcul de la pluie efficace, de l'irrigation, de l'évapotranspiration, donc de RWS'.

Pour le calcul de la quantité totale d'eau évapotranspirée durant toute la campagne d'irrigation (ETM_{total}), dans les conditions climatiques de chaque zone, lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant et que les conditions agronomiques sont optimales (sol fertile, bon état sanitaire, etc..) nous avons utilisé la formule suivante :

$$ETM_{total} = ETM * D * 10 = (Kc * ETo) * D * 10$$

Kc : Coefficient cultural

ETM en mm/jours

D : la durée de la campagne en jours

ETo : Évapotranspiration potentielle en mm/jours

ETMtotal en m³/ha

Notons que la base de données APPIA nous renseigne sur l'ETo journalière pour la zone dans laquelle s'insère chaque périmètre. Nous avons donc utilisé ces valeurs pour le calcul de ETM.

Pour les valeurs de Kc nous nous sommes servis également de Cropwat pour la tomate. Pour les autres principales cultures sur les exploitations (le riz, l'oignon, la pomme de terre, choux) nous avons utilisé les indications du bulletin N° 33 de la FAO cités dans les cours de bases d'irrigation du 2iE (ex Groupe EIER/ETSHER).

II.6 Régression linéaire

Pour l'explication de la productivité de l'eau du riz nous avons utilisé un outil mathématique qui est la régression linéaire. A cet effet nous utilisons les logiciels Excel et Tanagra qui est un logiciel d'analyse de données et de statistique. D'abord nous avons cherché à savoir comment RWS' à lui seul pouvait expliquer la PE puis ensuite comment RWS' et l'efficacité du réseau peuvent expliquer simultanément la PE. Le choix de ces deux variables étant lié au fait que l'efficacité du réseau tiens compte des pertes dans le réseau et RWS' de la gestion ou le management de l'eau.

II.7 Problèmes rencontrés

Nous avons rencontré quelques problèmes dans l'exploration de la base de données APPIA. Le premier concerne le manque de données sur la durée de pompage ou les débits de pompes pour certains périmètres. Pour palier à cette difficulté nous étions obligés de réduire le nombre d'exploitations concerné par notre étude à 16. En effet au départ nous avions 26 périmètres pour le calcul de la productivité.

Un autre problème est qu'aucune distinction n'est faite entre les durées de pompage des saisons sèches et celles des saisons humides ; de même pas de distinction entre les débits de pompage en saison sèche et les débits de pompage en saison humide.

De plus il n'y a pas de distinction entre les rendements des cultures selon que nous sommes en saison sèche ou en saison pluvieuse. Cette distinction est cependant importante car la différence entre les rendements des cultures irriguées en saison sèche peut bien être différent

[JUIN 2009]

des rendements des cultures pluviales avec l'irrigation comme un complément. Nous avons donc faits les calculs de la productivité et de RWS' uniquement pour la saison pluvieuse.

Des problèmes d'unités ont été également constatés sur certaines valeurs (par exemple des doses d'irrigations exprimées en l/s comme étant des débits)

Certaines valeurs nous ont paru également douteuses (un exemple est le cas d'une main d'eau de $2,8\text{m}^3/\text{s}$ sur une exploitation rizicole)

Chapitre III Résultats et discussions

Dans cette partie nous présenterons par type de culture, par pays et par périmètre le volume d'eau pompé, les précipitations efficaces, les apports totaux à la parcelle, les besoins net des cultures, l'évapotranspiration, les valeurs de RWS, le rendement à l'hectare, la productivité par rapport au volume d'eau pompé (kg/m³ et FCFA/m³), la productivité par rapport au volume d'eau qui arrive à la parcelle (kg/m³). Les méthodes de calculs de tous ces paramètres ont été développées dans la partie matériel et méthodes. Ces résultats seront suivis d'analyses et de discussions.

I *Résultats*

Nous distinguons dans cette partie les résultats concernés par la riziculture de ceux qui concernent les cultures maraichères.

Tableau 8 : La productivité de l'eau pour les cultures maraichères

<i>Périmètre</i>	<i>Niger</i>					<i>Sénégal</i>		<i>Burkina Faso</i>		
	<i>Sakoira</i>	<i>Tera</i>		<i>Gamkale</i>		<i>Mbida</i>	<i>Keur Mbir Ndao</i>	<i>Mbawane</i>	<i>Titao</i>	
<i>Culture</i>	<i>oignon</i>	<i>tomate</i>	<i>oignon</i>	<i>Choux</i>	<i>poivron</i>	<i>oignon</i>	<i>oignon</i>	<i>oignon</i>	<i>Pomme de terre</i>	<i>Oignon</i>
<i>Volume d'eau pompé pour un ha (m³)</i>	9750	14400	14400	8375	8375	3000	2304	2920	4838	4838
<i>Précipitation efficace (mm)</i>	326	326	326	345	345	326	293	443	405	405
<i>Apports à la parcelle (mm)</i>	716	1046	1046	764	764	446	408	589	672	672
<i>Besoin net des cultures (mm)</i>	643	273	429	218	218	643	336	164	274	476
<i>Evapotranspiration (mm)</i>	969	599	755	563	563	969	629	607	679	881
<i>RWS'</i>	0,74	1,75	1,39	1,36	1,36	0,65	0,83	0,97	0,99	0,96
<i>Rendement kg/ha</i>	20000	16000	9000	35000	25000	14300	11400	8400	31990	15125
<i>Rendement FCFA/ha</i>	2496000	871500	1511111	454545	433000	723000	305181	590945	963321	2414000
<i>Ppe/vp</i>	2,05	1,11	0,63	4,18	2,99	4,77	4,95	2,88	6,61	3,13
<i>Pee/vp</i>	256	61	105	54	52	241	132	202	199	499
<i>Ppe/va</i>	27,93	15,29	8,6	45,81	32,72	32,05	27,94	14,25	47,58	22,5

Tableau 9 : Productivité de l'eau pour la riziculture

	Niger	Mali					Sénégal	Burkina Faso	
Périmètres	Lata	Kamaka	Sinah	Saba 1	B1	Djidian	Boundoum	Nakambe/ bagre	Vallée du Kou
Volume d'eau pompé pour un ha (m3)	4665	40000	17982	9079	40000	25250	4068	11128	12800
Précipitation efficace annuelle (mm)	326	335	335	335	414	414	272	427	405
Dose à la parcelle (mm)	560	2336	1234	789	2214	927	598	1262	1264
Besoin net des cultures (mm)	370	1171	1122	805	779	647	657	463	458
Evapotranspiration (mm)	692	1501	1452	1135	1188	1056	924	885	858
RWS'	1,15	3,23	1,67	2,11	3,71	3,14	0,75	2,68	3,55
Rendement kg/ha	5850	4300	4500	5500	3000	4950	5500	4500	3500
Rendement FCFA/ha	439000	428833	400000	390820	413950	575900	495000	400000	175300
Ppe/vp	0,64	0,18	0,35	0,67	0,14	0,20	1,35	0,4	0,27
Pee/vp	94,08	10,72	22,24	43,05	11,5	22,81	121,66	35,94	13,7
Ppe/va	1,04	0,18	0,36	0,70	0,14	0,53	0,92	0,36	0,28

II Analyse et discussion

Les productions agricoles réalisées sur les sites pour la riziculture par m³ d'eau sont généralement faibles par rapport à la valeur de référence 0.6kg/m³ proposée par l'IIMI/PMI-BF.

II.1 Les contraintes observables sur les périmètres

Avant toute analyse sur les résultats de la productivité de l'eau nous présentons d'abord en annexe les problèmes fondamentaux vécus sur les exploitations agricoles concernées par notre étude. Ces contraintes ont été recensées lors du projet APPIA pour chaque périmètre et leur hiérarchisation a été faite en concertation avec les exploitants.

Nous pouvons retenir que les contraintes de premier ordre citées par les exploitants tournent autour d'une seule expression : « difficulté d'irrigation » sur presque toutes les exploitations. Cette difficulté est justifiée tantôt par le mauvais état des canaux d'irrigation tantôt par le vieillissement des motopompes et la défectuosité des tuyauteries ou encore le mauvais planage des parcelles.

Sur l'ensemble des périmètres rizicoles du Mali nous remarquons que « l'expression dégradation des canaux » est la plus récurrente parmi les contraintes citées au premier rang. Cette dégradation est sans doute l'une des raisons principales du dysfonctionnement constaté sur certaines parties de ces réseaux hydrauliques. Ce dysfonctionnement peut à son tour engendrer une double conséquence : l'impossibilité d'alimenter certaines parties du réseau hydraulique et à l'opposer des inondations pour d'autres parties.

II.2 Comment peut-on expliquer les résultats de la productivité de l'eau

[JUIN 2009]

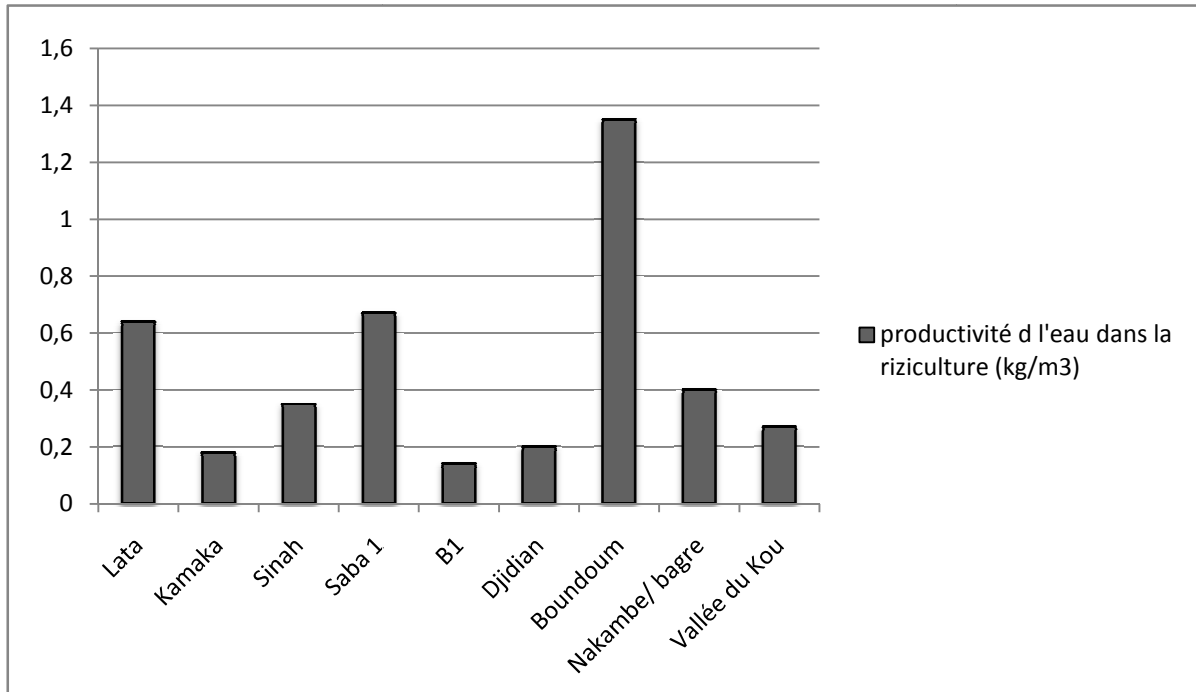


Figure 1 : Productivité de l'eau en riziculture (périmètres du Mali, du Burkina Faso et du Sénégal)

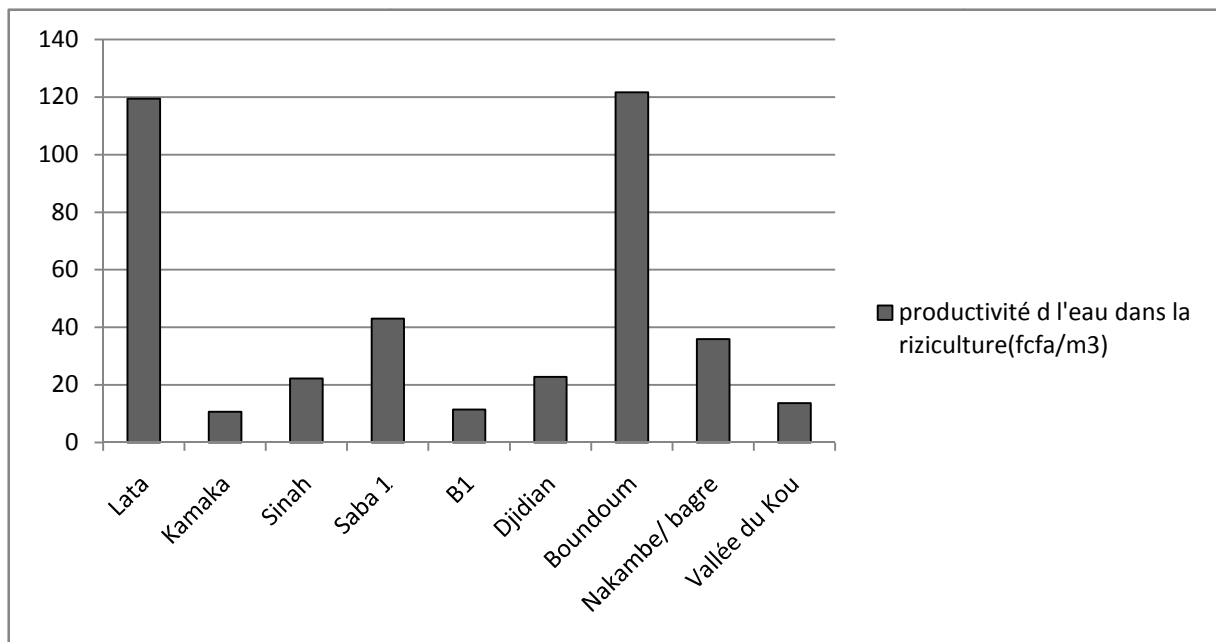


Figure 1 : Productivité économique de l'eau en riziculture (périmètres du Mali, du Burkina Faso et du Sénégal)

Globalement la productivité de l'eau en ce qui concerne la riziculture est assez faible. Mise à part le cas de Boundoum et de Lata et de Saba1 qui sont des périmètres rizicoles

respectivement du Sénégal et du Niger où la productivité de l'eau est très forte plus de 1,2 kg/m³, elle reste en deçà de 0.6kg/m³ pour les autres périmètres qui sont tous du Mali sauf le Bagré. Pour mieux expliquer l'indicateur PE voyons d'abord le cas de l'indicateur RWS' qui rend compte de l'adéquation entre besoin des cultures et apport dû à la précipitation et à l'irrigation.

II.3 Analyse des valeurs de RWS

II.3.1 La mauvaise gestion de l'eau d'irrigation et de la pluie efficace

La valeur de RWS' est également élevée pour le périmètre de Bagré (2.68) l'une des plus grandes exploitations rizicoles du Burkina Faso où le diagnostic du projet APPIA à révélé également le non respect du tour d'eau.

Quand on observe les valeurs de RWS' pour la riziculture (voir figure2) elle est beaucoup plus élevée pour trois exploitations maliennes sur les cinq concernées par notre étude. Ce sont les périmètres de Kamaka (3.23), le partiteur B1 de l'ON (3.71) et l'exploitation de Djidian (3.55). Ces valeurs sont suffisamment grandes par rapport à la valeur de référence (Keita et Sally, 1995) qui est de 2.3 pour la riziculture (saison sèche et humide) synonyme d'une mauvaise gestion de la combinaison eau d'irrigation + pluie efficace avec les besoins des cultures en place. Ces résultats ne sont pas surprenant au vu du diagnostic du projet APPIA qui témoigne une inexistence du tour d'eau à Djidian, une insuffisance de formation des pompistes à Kamaka et grave dysfonctionnement des ouvrages (absence d'ouvrages de régulation sur plusieurs prises) au niveau du partiteur B1 de l'ON. Ces handicaps ne permettent pas un contrôle de la gestion de l'eau d'irrigation et de la pluie. C'est ce que confirment les valeurs de RWS' sur les périmètres rizicoles du Mali qui sont concernés par notre étude.

Pour le cas du périmètre de la vallée du Kou la valeur de RWS' trouvée n'est pas forcément synonyme d'une mauvaise gestion de l'eau d'irrigation et de la pluie. En effet il existe plusieurs utilisateurs informels le long du canal principal, ce qui fait que les débits prélevés ne sont pas destinés uniquement aux superficies officiellement reconnues. La valeur de 3.5 pour RWS' peut donc être revue à la baisse de façon importante. (Ir+Peff étant destinée à une surface beaucoup plus importante).

II.3.2 L'incapacité à satisfaire les besoins en eau

Les grandes valeurs trouvées pour RWS' ne doit pas nous faire perdre de vue que les valeurs beaucoup inférieure à 2,3 constitue également un sérieux problème. Des valeurs beaucoup inférieures à celles de la référence justifieraient un faible apport d'eau aux cultures ce qui nécessite une augmentation de l'irrigation, la pluie efficace étant considérée en moyenne constante.

La valeur de RWS' n'est que de 0.75 pour Boundoum, 1,15 pour Lata et 1,67 pour Sinah. Sur l'ensemble de ces exploitations le diagnostic a révélé l'insuffisance de débit du principalement à l'insuffisance du nombre de motopompes pour assurer correctement un tour d'eau permettant de répondre correctement aux besoins des plantes, C'est uniquement pour Saba1 que la valeur de RWS est beaucoup proche de 2.3. En effet on note une valeur de 2.11 ce qui correspond à 92% de la valeur de référence. Bien que le vieillissement des pompes soit noté pour Saba1, la combinaison eau d'irrigation+pluie efficace est en adéquation avec les besoins des cultures en places.

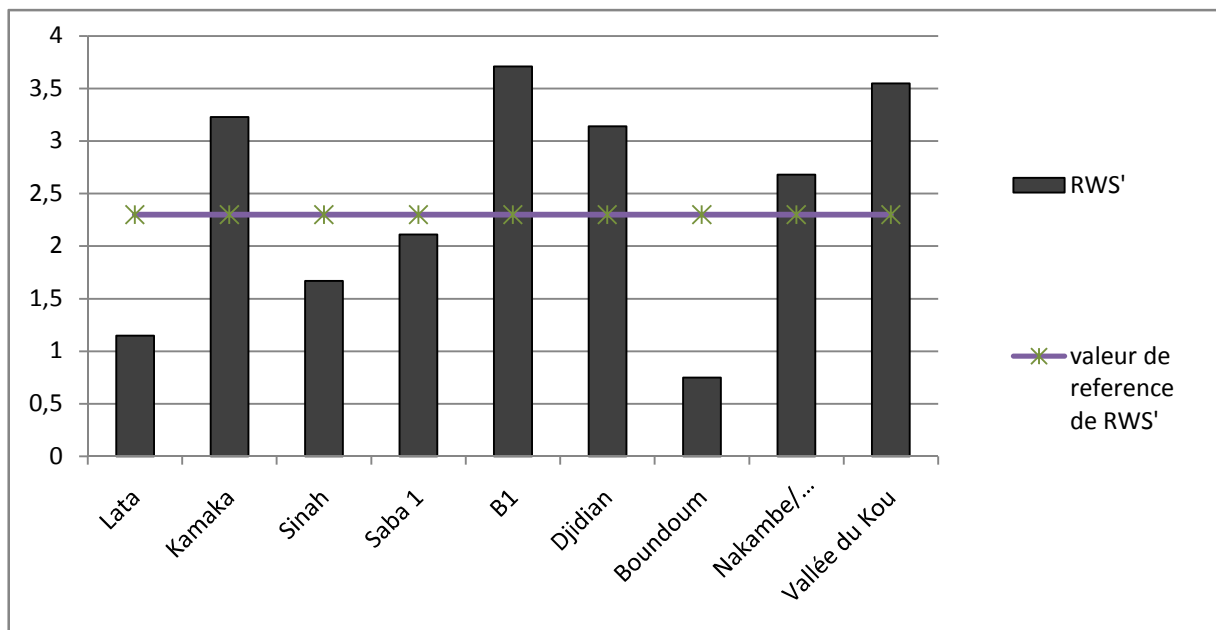


Figure 2 : Présentation de RWS' et comparaison avec une valeur de référence

De nombreuses contraintes nous ont permis de justifier les valeurs de RWS' qui est un indicateur de performance très intéressant car permettant rendre compte de la gestion de l'eau et de la pluie efficace.

On peut alors se poser la question suivante : Y aurait-il une relation directe entre RWS' et PE sur les exploitations rizicoles ?

II.3.4 Relation entre RWS' et PE

Pour répondre à cette question nous avons représenté graphiquement PE en fonction de RWS' puis vérifier l'existence d'une colinéarité. (Voir graphe.....)

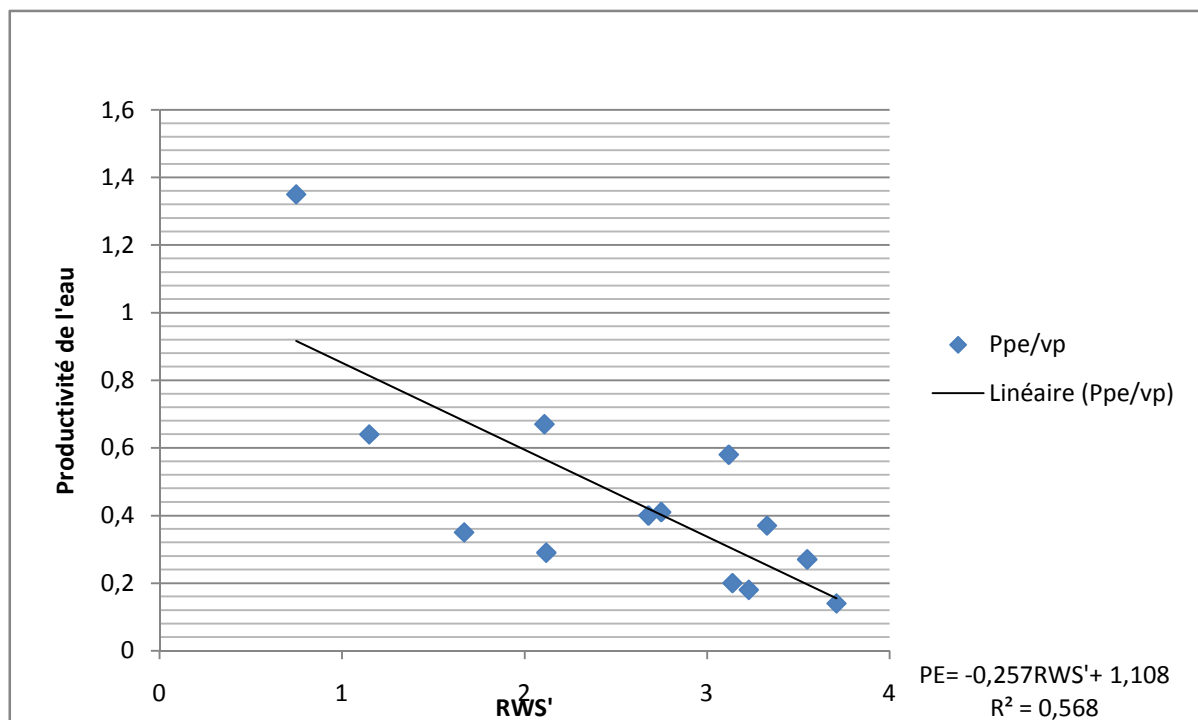


Figure 3 : Représentation graphique de PE en fonction de RWS

Les valeurs de RWS et de PE utilisées pour cette régression sont les périmètres rizicoles concernés par notre étude et celles réalisées par l'IIMI à l'aval de petits barrage au Burkina Faso.

Nous remarquons l'existence d'une fonction affine a pente négative permettant de lier PE et RWS'

$$PE = -0,257 * RWS' + 1,118 \text{ avec } R^2=0,568$$

Une augmentation de 1% de RWS' entraîne une diminution de 0.2% de PE. Cette fonction ne peut être considérée comme une fonction de référence pour évaluer la productivité de l'eau sur ces périmètres à chaque instant car les valeurs de PE sont ponctuelles. Elles ont été calculées pour une année de même que les valeurs de RWS'. Nous remarquons aussi dans notre cas que la plus grande valeur de PE est obtenue pour RWS' = 0.75, une valeur très petite par rapport à la valeur de référence définie par l'IIMI qui est de 2,3. Cela explique la difficulté de matérialiser la bonne gestion de l'eau par une fonction mathématique. Nous notons cependant que la valeur de 2,3 correspond à PE = 0.52. dans le cas de notre étude valeur assez proche de celle de la référence définie par l'IIMI qui est de 0.6. On remarque de plus que des valeurs trop grandes par rapport à la valeur de référence définie par l'IIMI correspondent à de très faibles valeurs de PE. Lorsque RWS' prend les valeurs 3,23 ; et 3,55 ; 3,71 on trouve de valeurs de productivité de l'eau égal respectivement à 0,18 ; 0,4 et 0,14.

II.3.5 Introduction de Eff pour l'analyse de la régression linéaire avec le logiciel Tanagra

L'efficacité du réseau qui tient compte du niveau ou de transfert ou d'écoulement de l'eau dans les canaux.

Tableau 10 : La matrice de corrélation des variables

	productivité de l'eau (PE)	la valeur de RWS	efficacité du réseau (Eff)
productivité de l'eau(PE)	1	*	*
la valeur de RWS	-0,7539	1	*
efficacité du réseau(Eff)	0,5825	-0,3084	1

D'après le tableau, la variable la plus corrélée avec la variable dépendante PE est RWS' La variable efficacité du réseau est aussi corrélée avec PE mais à un degré relativement inférieur à celui de RWS'. La variable RWS' varie en sens inverse avec PE et Eff dans le même sens que PE. Cela peut paraître évident mais l'important ici est de montrer le degré de dépendance entre PE et les variables RWS' et Eff.

Tableau 11 : Rapport détaillé

Endogenous attribute	Productivité de l'eau
Exemples	13
R ²	0,703754
Adjusted-R ²	0,644505
Sigma error	0,19022
F-Test (2,10)	11,8779 (0,002282)

Tableau 12 : Coefficients de la régression linéaire

Attribute	Coef.	std	t(10)	p-value
Intercept	0,389345	0,372455	1,045348	0,320473
la valeur de RWS	-0,216476	0,061719	-3,507452	0,005656
Eff	0,009974	0,004666	2,137723	0,058258

Notons que les deux variables sont significatives.

Le coefficient de détermination R²

Il donne une idée du % de variabilité de la variable PE, dans notre cas R² a pour valeur 0.70 cela signifie que 70% de la variabilité de PE est expliquée par RWS et Eff.

- les valeurs correspondantes à la colonne coef sont les coefficients de la droite de régression

$$PE = b_0 + b_1 \cdot RWS + b_2 \cdot Eff$$

$$b_0 = 0.389 \text{ (ordonnée à l'origine)}$$

$b_1 = -0.216$ (pente de la droite)

$b_2 = 0.001$

$PE = 0.389 - 0.216 * RWS' + 0.001 * Eff$

Quand RWS' vaut 2.3 (valeur de référence définie par l'IIMI) avec Eff égale 70% (qui est souvent considéré comme la meilleure efficacité que l'on peut avoir dans le gravitaire) on obtient une valeur de $PE = 0.592$ valeur très proche de la valeur de référence définie par l'IIMI. Les deux variables choisies nous paraissent alors très capital pour l'explication de la productivité de l'eau, bien que d'autres variables tenant compte de l'intensification culturale doivent y participer.

II. 4 Analyse de la productivité l'eau (valeur en FCFA/m3) pour la riziculture

Les valeurs trouvées sont assez proportionnelle aux valeurs de PE (kg/m3) voir graphe xxx. Les explications et les discussions autour de ces valeurs sont alors presque les mêmes que précédemment. En effet les prix de vente du riz varie peu d'une zone à l'autre.

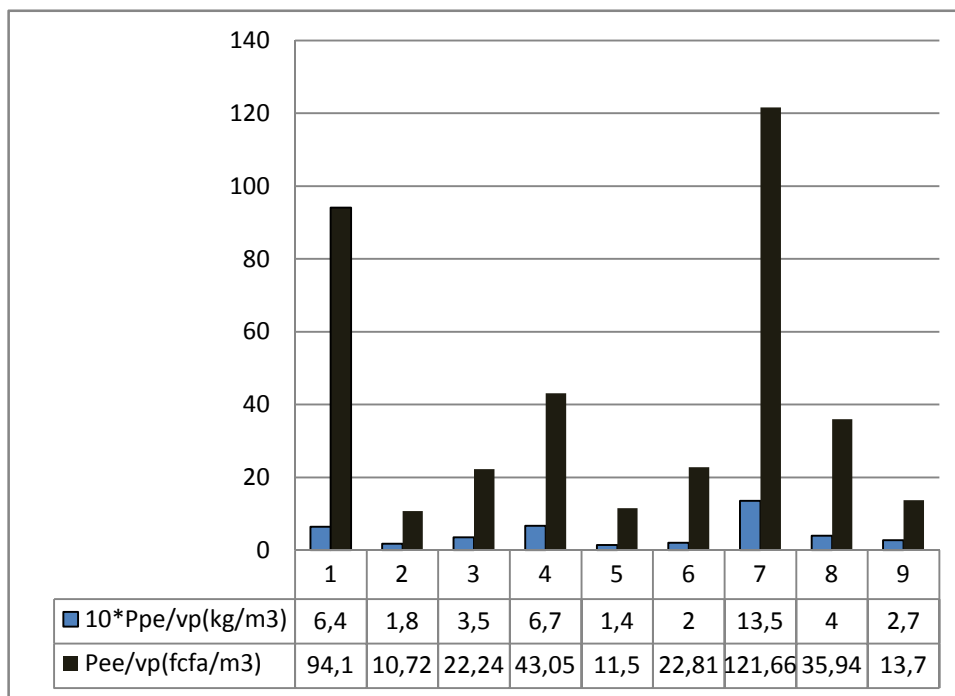


Figure 4 : Graphe traduisant la proportionnalité entre $PE(kg/m3)$ et $PE(FCFA/m3)$

Nous remarquons que le produit par mètre cube d'eau est beaucoup inférieur à 80 CFA (valeur de référence définie par l'IIMI) dans presque tous les périmètres sauf à Lata au Niger et à Boundoum au Sénégal où la productivité exprimée en kg par m3 est suffisamment grand.

On peut aussi expliquer le résultat obtenu à Boundoum par le fait que les cultures vivrières se vendent beaucoup plus chère au Sénégal que dans les autres pays concernés par cette étude.

II.5 Analyse des rendements du riz

En plus des contraintes liées à la gestion de l'eau il ya celles qui sont liées à la valorisation agricole. Le vieillissement des semences, le cout élevé des intrants et aussi les difficultés de s'en approvisionner, les attaques nuisibles des oiseaux, l'insuffisance d'outil de travail, des variétés de riz non tolérantes à la virose sont entre autres des facteurs qui expliquent le faible rendement du riz qui varie de 3 à 5.85tonnes sur l'ensemble des périmètres. Ce qui contribue sans doute à baisser la productivité de l'eau du riz.

III Productivité de l'eau dans le cas des cultures maraichères

Globalement la productivité de l'eau est beaucoup plus élevée pour les cultures maraichères comparativement à la productivité de l'eau du riz. (Graphe xxx) .Cela va de soit car les pratiques agricoles diffèrent quand on passe du riz aux cultures maraichères.

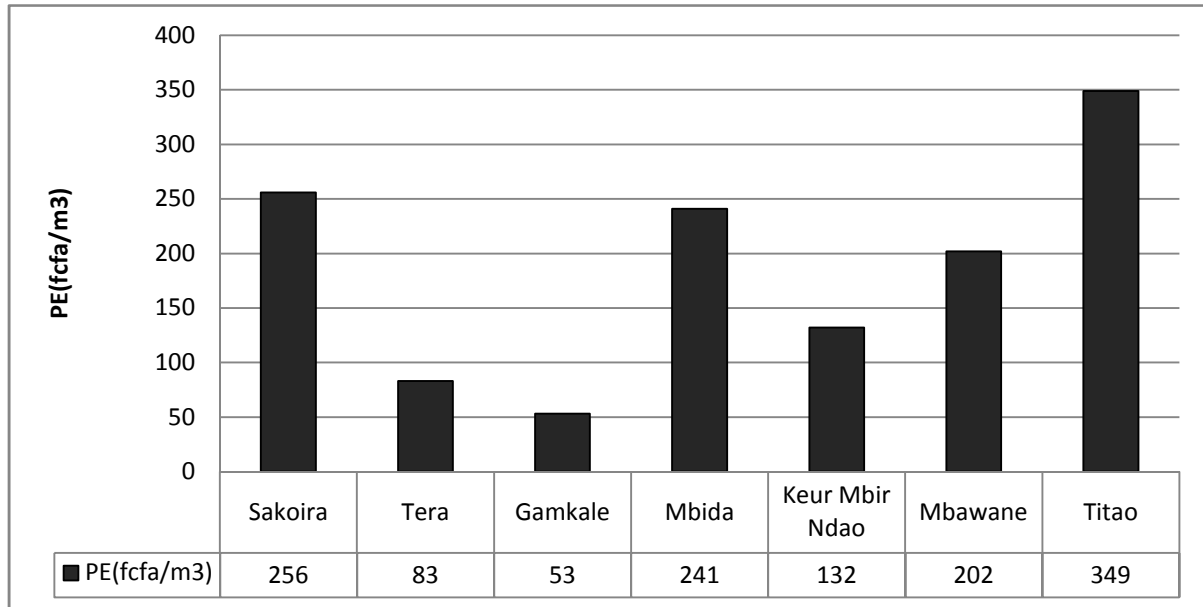


Figure 5: Productivité de l'eau (kg/m³) dans le maraichage

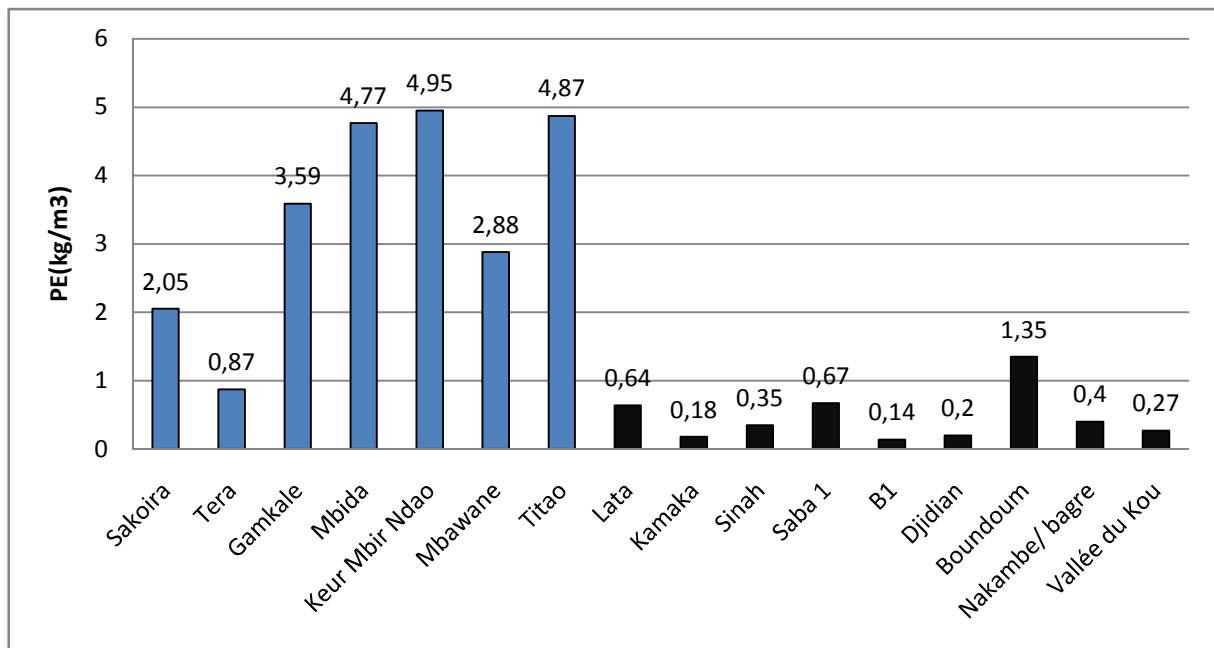


Figure 6 : Comparaison entre la productivité l'eau du riz et celle du maraichage

La productivité de l'eau des cultures maraichères est représentée à droite en noire et la productivité de l'eau du riz dans le maraichage à gauche en bleu.

La différence est très nette. On peut expliquer cette différence par le fait que la demande climatique totale pour amener le riz à maturation dépasse de façon générale celle des cultures maraichères. De plus les techniques culturales diffèrent, le riz se cultive généralement en submersion ce qui occasionne des pertes énormes par évaporation.

IV La gestion de l'eau sur les périmètres maraichers

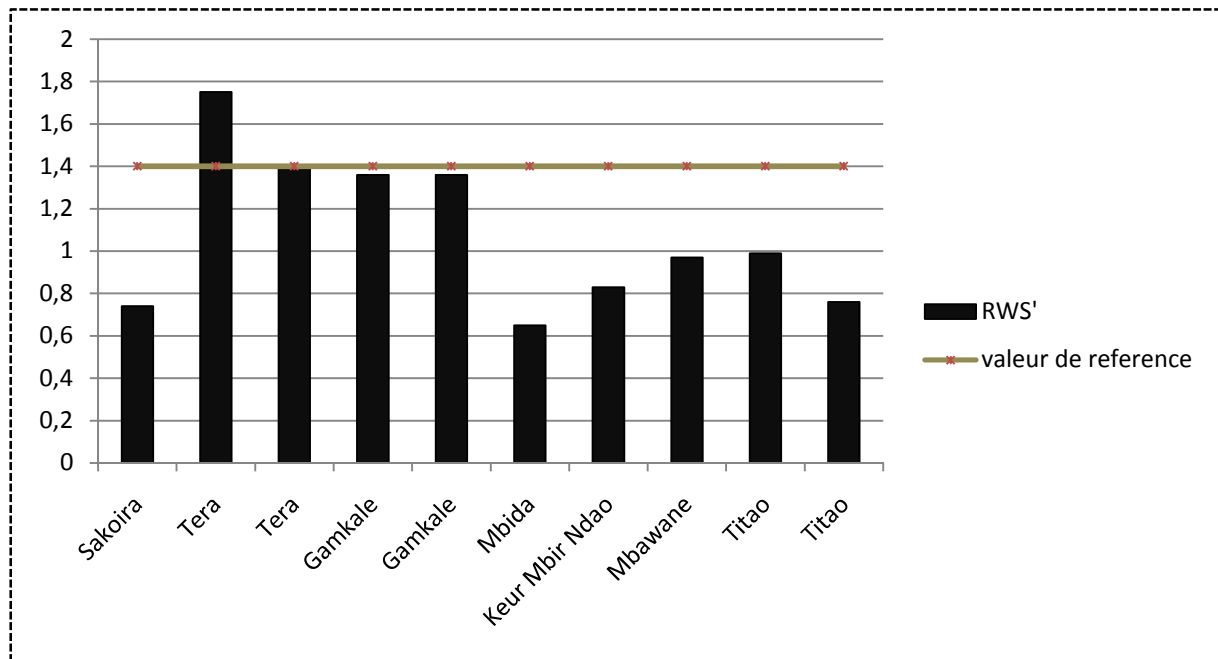


Figure 7 : RWS' et valeur de référence

Dans le maraichage

Le graphe ci-dessus montre que de façon générale les demandes en eau ne sont pas satisfaites sur les périmètres maraichers concernés par notre études. RWS reste en deçà de la valeur de référence définie par l'IIMI qui est de 1,4 sauf pour deux périmètres. On pourrait justifier ces résultats par le manque d'investissement conséquent dans le secteur de la production maraichère. Les exploitants ne disposent généralement que de quelques vieux motopompes de débits nominaux et d'HMT assez faibles. La surface moyenne pour une pompe dans le maraichage est d'environ 5ha.

Conclusion

La productivité de l'eau d'irrigation est de façon générale assez faible dans la zone de notre étude où l'irrigation se fait en maîtrise totale de l'eau. Les résultats de productivité de l'eau du riz à l'office du Niger étant les plus faibles constatés dans notre étude où l'on constate une variation des résultats entre 0,14 à 0,67. Cependant d'autres études montrent des écarts de variation encore plus importants avec un seuil minimal beaucoup plus bas « (0,05 à 0,6 kg/m³ pour le riz) » (déverrouiller FAO)

Les résultats que nous obtenons sont en fait la conséquence d'un système très complexe qui inclue le système d'irrigation, la valorisation agricole, la gestion de l'eau de l'irrigation et de la pluie à l'échelle du périmètre ainsi que l'organisation et l'appui institutionnelle faits autour de tout le système irrigué.

Nous avons prouvé par une régression linéaire que la productivité de l'eau du riz en saison pluvieuse pourrait s'expliquer à environ 70% par la combinaison de la gestion de l'eau (eau de pluie + irrigation) et de l'efficience des réseaux en places. Les 30 autres pourcents sont à rechercher dans les pratiques agricoles (les méthodes d'intensification culturales, les types de semences, les attaques nuisibles des oiseaux et de la virose qui est une maladie du riz, le retard dans le démarrage de la saison culturale et le retard pour le désherbage) qui expliquent les rendements assez faibles de la production.

Quand aux cultures maraichères, elles ont une productivité beaucoup plus élevée que celle du riz. De plus dans cette étude nous n'avons pas constaté des gaspillages d'eau sur les périmètres maraichers. Au contraire l'un des problèmes vécu est la non satisfaction des doses d'irrigations due au fait que le maraichage est fait dans des zones beaucoup plus sèches et avec des moyens beaucoup plus limités.

Nous savons tous cependant que l'irrigation est un système très complexe qui dépasse de loin un simple prélèvement d'eau qui coule sur une rivière pour arroser une plante au bord. C'est pourquoi l'important n'est pas seulement de mettre en place un réseau d'irrigation mais surtout d'accompagner de façon continue les acteurs directement impliqués dans la production et la gestion des périmètres. La productivité de l'eau serait nettement plus élevées par rapport aux valeurs trouvées si un accompagnement dans l'entretien des réseaux en places était effectif et si l'on avait développé à l'échelle des périmètres un management d'irrigation conséquent.

Vu la capacité de l'indicateur productivité de l'eau à traduire de façons simple la performance d'un périmètre tout en tenant compte de la production et de l'eau utilisée pour produire, il serait très important de penser à la mise en place d'une typologie des exploitations en fonction des indicateurs de performances tout en incluant ce paramètre. Il peut toutefois être important, d'un point de vue écologique plus général, d'étudier l'impact des eaux évacuées des périmètres rizicoles sur la productivité globale d'un écosystème.

Références bibliographiques

Dembélé, Y., S. Ouattara and A. Keïta (2001). Application des indicateurs "approvisionnement relatif en eau " et " productivité de l'eau" comme indicateurs des performances des petits périmètres irrigués au Burkina Faso. Irrigation and Drainage, CIID.

Kijne, J. W., R. Barker and D. Molden (2003). A water-productivity framework for understanding and action. Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. J. W. Kijne, R. Barker and D. Molden. London, International water Management institute: p1-19.

Molden, D. (1997). "Comptabiliser l'utilisation et la productivité de l'eau." Soil and Water Initiative Management (n° 1211).

Sally, H. (1997). Améliorer les Performances des Périmètres Irrigués. Les Actes du Séminaire Régional du Projet Management de l'Irrigation au Burkina Faso, Ouagadougou, IIMI, Colombo, Sri Lanka.

Sally, H., A. Keita and S. Ouattara (1997). Analyse diagnostic et performances de cinq périmètres irrigués autour de barrages au Burkina Faso. Ouagadougou, IIMI et Projet Management de l'Irrigation.

Vidal, A., C. Rigourd and A. Nepveu de Villmarceau (2004). Identification et diffusion de bonnes pratiques sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest. Projet GSP. Rome, FAO: 45p.

Burt, C. (1999). *Irrigation Water balance fundamentals. Conference on benchmarking Irrigation. System Performance Using Water Measurement and water balance, USCID.* Denver, Colorado, USA.

CILSS. (1991). *Le développement des cultures irriguées dans le sahel contrainte de la politique des irrigations et stratégies paysannes. Rapport de synthèse . Club du sahel.* Ouagadougou.

Dong, B. R. (2004). *Farm Level practices and water productivity in Zhanghe Irrigation System. Paddy Water.*

FAO. (1996). *Situation des récoltes et des approvisionnements en Afrique sub-saharienne .*

FAO, d. d. (2003). *Déverrouiller le potentiel de l'eau en agriculture .*

Keita, A. (1996). *Méthodologie d'évaluation des performances et de diagnostic des systèmes irrigués.*

Molden, D. R. (2001a). *Bassin-Level Use and Productivity of water.Examples from South Asia. Research report 49. International Water Management institute.* Colombo, Srilanka.

ANNEXES

Annexe 1 : Pluviométrie mensuelle et pluies efficaces mensuelles obtenue avec Cropwat pour les différentes zones d'études

Sénégal						
Tiès			Tambakounda		Boundoum	
Mois	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles
Janvier	0	0	0	0	1	1
Février	2	2	1	1	1	1
Mars	0	0	0	0	0	0
Avril	0	0	1	1	0	0
Mai	2	2	17	16,5	1	1
Juin	24	23,1	111	91,3	7	6,9
Juillet	122	98,2	198	135,3	44	40,9
Août	273	152,3	258	150,8	161	119,5
Septembre	206	138,1	229	145,1	97	81,9
Octobre	57	51,8	66	59	29	27,7
Novembre	3	3	2	2	2	2
Décembre	5	5	0	0	3	3
Total	694	475,5	883	602	346	284,9

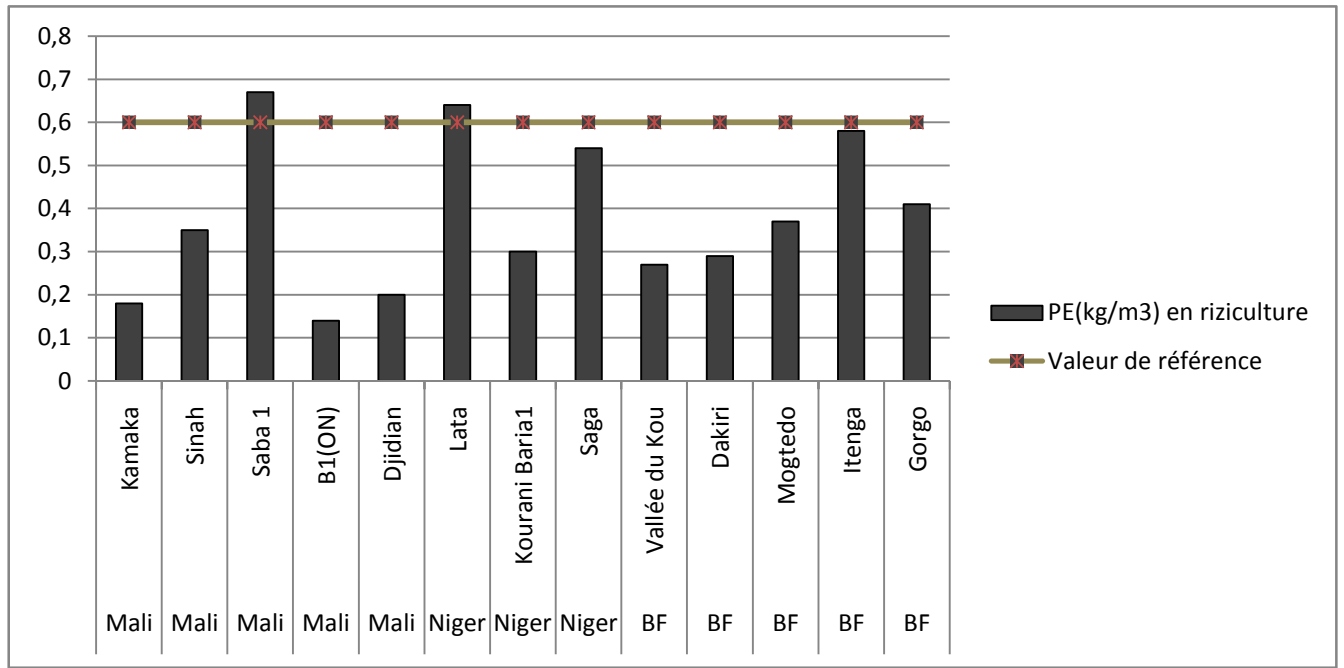
Burkina Faso						
Bobo Dioulasso			Fada N'Gourma		Ouahigouya	
Mois	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles
Janvier	0	0	0	0	0	0
Février	3	3	2	2	0	0
Mars	18	17,5	6	5,9	2	2
Avril	47	43,5	22	21,2	10	9,8
Mai	104	86,7	87	74,9	43	40
Juin	131	103,5	127	101,2	88	75,6
Juillet	225	144	171	124,2	185	130,2
Août	323	157,3	276	152,6	131	145,6
Septembre	200	136	171	124,2	126	100,6
Octobre	71	62,9	25	24	26	24,9
Novembre	8	7,9	2	2	4	4
Décembre	4	4	1	1	0	0
	1134	766,3	890	633,2	715	532,7

MALI				
Mopti			Segou	
Mois	Pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles
Janvier	0	0	0	0
Février	0	0	0	0
Mars	0	0	3	3
Avril	3	3	9	8,9
Mai	24	23,1	20	19,4
Juin	61	55	94	7,9
Juillet	139	108,1	202	136,7
Août	169	123,3	239	147,6
Septembre	95	80,6	127	101,2
Octobre	24	23,1	27	25,8
Novembre	0	0	3	3
Décembre	0	0	0	0
Total	515	416,2	724	453,5

Niger				
Tillabery			Niamey	
Mois	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles	pluies mensuelles	pluies efficaces mensuelles
Janvier	0	0	0	0
Février	1	1	0	0
Mars	2	2	2	2
Avril	1	1	4	4
Mai	18	17,5	33	31,3
Juin	55	50,2	75	66
Juillet	132	104,1	155	116,6
Août	203	137,1	195	134,2
Septembre	86	74,2	95	80,6
Octobre	11	10,8	14	13,7
Novembre	0	0	0	0
Décembre	0	0	0	0
Total	509	397,9	373,9	448,4

Annexe 2 : Représentation de PE en tenant compte des périmètres étudiés par l'IIMI

[JUN 2009]



[CALCUL DE LA PRODUCTIVITE DE L'EAU/PROJET BFP NIGER]

[JUIN 2009]

Annexe 3 : Présentation des problèmes sur les périmètres rizicoles

Pays	NIGER	Mali				Sénégal	Burkina Faso		
Province	Tillabéry	Mopti			Ndébougou	Macina	Dagana	Boulgou	Houet
Nom du périmètre	Lata	Kamaka	Sinah	Saba 1	B1	Djidian	Boundoum	Nakambe/ bagre	Vallée du Kou
Type de système	T1	T 2	T 2	T3	T1	T 1	T 1	T 1 grand périmètre irrigué collectif	T 1 gravitaire
Année mise en valeur	1991	1994	1997	2001	1951	1950	1991	2002	1970
Hierarchisation des problèmes sur les périmètres rizicoles									
1	Insuffisance de débit en saison sèche	<u>Système d'irrigation</u> Mauvais état des canaux d'irrigations, Manque de mécanicien, Insuffisance de formation, des pompistes	<u>Système d'irrigation</u> : Vieillessement GMP, tuyauterie défectueuse, Stagnation d'eau, faible planage, Digue de ceinture étroite, drains non fonctionnels	<u>Système d'irrigation</u> : Vieillessement du GMP (dégradation du réseau d'irrigation)	<u>Système d'irrigation</u> : Dysfonctionnement des ouvrages, Insuffisance d'entretien du réseau, hydraulique	<u>Système d'irrigation</u> : Insuffisance d'entretien du réseau hydraulique (affaissement, envasement, enherbement etc...). Inexistence de tour d'eau	Difficulté de commercialisation	Insuffisance d'équipement agricole	Utilisateurs informels le long du canal
2	difficulté de la gestion de l'eau	<u>Valorisation agricole</u> : Vieillessement des semences, présence de la bactériose	<u>Valorisation agricole</u> : Attaques des nuisibles, Insuffisance de superficies, Attelage incomplet, Manque de charrue et bœuf de labour	<u>Valorisation agricole</u> : Vieillessement des semences	<u>Valorisation agricole</u> : Variétés non tolérantes à la virose, Insuffisance de maîtrise des itinéraires, techniques	<u>Valorisation agricole</u> : Coût élevé des intrants, Insuffisance d'équipements	Difficulté d'extension des aménagements	Difficulté d'approvisionnement en intrants	Commercialisation
3	prix non rémunérateur	<u>Organisation</u> Insuffisance de formation des membres des comités de gestion, Mauvaise gestion	<u>Organisation</u> , Manque de formation, insuffisance de partenaires, Mauvaise gestion, insuffisance d'infrastructure/ équipement	<u>Organisation</u> , Insuffisance de formations	<u>Organisation</u> , Faible capacité organisationnelle de, l'OERT	<u>Organisation</u> , Pas d'organisation, fonctionnelle	Difficulté d'évacuation des produits	Problèmes d'irrigation (parcelles non dominées, inondées, non-respect du tour d'eau)	Baisse de la fertilité des sols
4		<u>Environnement Socio-économique</u> : Coût élevé des intrants, Insuffisance de partenaire financier pour l'appui conseil	<u>Environnement socio-économique</u> : Insuffisance de la production, manque de crédits/formels, Difficulté d'acheminement des intrants, taux élevé des int. du crédit informel, Insuffisance de sources d'information	<u>Environnement socio-économique</u> : Coût élevé des intrants	Environnement socio-économique: Taux élevé d'intérêt, Faible capacité de négociation de prix, Insuffisance de maîtrise de gestion, de revenu	Environnement socio-économique : Insuffisance de formation en gestion des réseaux, Taux d'intérêt des crédits élevé, Faible capacité de négociation des prix	Intensité culturelle faible	Manque d'aire de séchage	Etats défectueux des ouvrages et systèmes hydrauliques
5								Insuffisance de formation en technique de production du riz	Mauvaise répartition de l'eau dans certains blocs

Annexe 4 : Présentation des problèmes sur les périmètres maraichers

Pays	Niger				Sénégal		Burkina Faso
Province	Tillabéry	Tera	Cun	Sinder	Tivaouane	Thiès	Lorum
Nom du périmètre	Sakoira	Tera	Gankale	Mibida	Keur Mbir Ndao	Mbawane	Titao
Type de système	T3	T 2	T4	T 2	T 4	T 4	T 3 petit périmètre irrigué collectif
Année mise en valeur	1992	1981	1980	1997	1966	1974	1999
Hiérarchisation des problèmes sur les périmètres maraichers							
1	Difficultés d'irrigation : mauvais planage du site, absence de canaux secondaires et tertiaires, les tentatives d'organisation de tour d'eau ne sont pas toujours respectées, temps de pompage insuffisant	Difficultés de desserte en eau en période d'étiage de l'eau du barrage	Difficulté d'irrigation liée à une déficience de la tuyauterie, des motopompes et bassins.	Insuffisance de l'appui conseil	Baisse de la disponibilité en eau d'irrigation	Baisse de la disponibilité en eau d'irrigation, Faible niveau d'équipement	Motopompe (mauvaise manipulation, Pannes fréquentes, temps d'utilisation assez long.)
2	Mauvaise gestion : absence de compte d'exploitation, absence de charge d'entretien, pas de suivi financier et comptable	ensablement du barrage (réduction du volume de stockage), insuffisance de l'encadrement du périmètre	insuffisance d'eau d'irrigation sur le système collectif, difficulté d'accès aux intrants agricoles faute de moyens financiers	Difficulté d'irrigation	Difficulté d'évacuation des produits	Non maîtrise des techniques d protection contre les ravageurs	Insuffisance de parcelles
3	Dégâts d'animaux : Manque de clôture et mauvais emplacement de la digue de protection	Insuffisance de l'encadrement du périmètre	Difficulté d'accès aux intrants agricoles faute de moyens financiers.	insuffisance d'organisation des producteurs	Faible niveau de maîtrise des techniques culturales	Difficulté d'accès au crédit	Matériel de travail, fonds de roulement, Moutons de case : Le manque de matériel de travail, de fonds de roulement et de moutons de case ont occasionné l'insuffisance de moyens financiers, de même que la faiblesse des revenus
4	Absence de débouché commercial. La principale production est l'oignon difficile à conserver. Le produit est bradé à la récolte ou transformé (écrasé et séché) pour faire du « Gabou »		Mévente des produits due à la saturation du marché	faible accessibilité des intrants agricole	Coûts des intrants élevés	Faible niveau d'organisation des irrigants du site	Ecoulement +stockage : Le besoin de liquidité au moment de la récolte, la pourriture liée à l'absence de locaux adéquats de conservation, pourriture liées aux attaques des parasites
5	Insuffisance d'intrants agricole : semences améliorées, engrais, produits phytosanitaires		inondation du périmètre en période de crue du fleuve,		Difficultés de commercialisation		Problèmes Phytosanitaires : Les problèmes phytosanitaires sont occasionnés par les attaques de parasites qui proviennent de la mauvaise qualité des semences et des pépinières