

# EVALUATION D'ALTERNATIVES D'ECONOMIE D'EAU DANS LES SYSTEMES DE DOUBLE RIZICULTURE IRRIGUEE A L'OFFICE DU NIGER (MALI)

B. TANGARA<sup>1</sup>, M. DICKO<sup>1</sup>, M. CAMARA<sup>2</sup>, N. KAMISSOKO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut d'Economie Rurale (IER) Equipe Système et Gestion des Ressources Naturelles (ESPRN)

<sup>2</sup>Institut d'Economie Rurale (IER) Programme Riz Irrigué (PRI)

Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono (CRRRA-N), BP 12 Niono, Mali

E-mail : brehima.tangara@yahoo.fr

## RESUME

Face au besoin d'extension des superficies irriguées et la baisse de disponibilité en eau dans les grands cours d'eau, cette étude a été conduite sur un échantillon de sols représentatifs pour améliorer le service de l'eau à l'Office du Niger (ON). Les propriétés hydrodynamiques de chaque sol ont été préalablement caractérisées au niveau de l'horizon racinaire par la méthode gravimétrique au niveau d'un échantillon de canaux tertiaires. Les résultats montrent que les sols à l'Office du Niger sont peu perméables. Les doses théoriques moyennes d'humectation pour porter les sols des parcelles à leur capacité au champ sur la profondeur racinaire du riz varient de 24 mm sur les sols les plus sableux à 87 mm sur sols argileux. Ces résultats ont permis de définir de nouvelles normes d'irrigation en hivernage en fonction des calendriers culturaux de l'ON. Ils montrent que, compte tenu du stock d'eau important dans les sols, les besoins bruts annuels en eau d'irrigation peuvent être revus à la baisse quel que soit le type de sol pour un objectif de 10000 m<sup>3</sup>/ha, pour des débits fictifs continus en période de pointe variant de 1L/s/ha (hivernage) à 1,40 L/s/ha (contre-saison) en tête d'arroseur.

**Mots clés** : Double riziculture, propriétés hydrodynamiques, besoins en eau, normes d'irrigation, Office du Niger.

## ABSTRACT

### **ASSESSMENT OF WATER ECONOMY ALTERNATIVES IN THE DOUBLE RIZICULTURE SYSTEMS IRRIGATED IN OFFICE DU NIGER (MALI)**

*A study were conducted to face the extension of irrigated area and water scarcity in big irrigation scheme like Office du Niger (ON) in Mali. Soil hydrodynamics properties where fist characterized at roots depth level gravimetric method within a representative sample of tertiary canals. Results showed that soils have low permeability. The doses to bring soil at field capacity at roots depth, vary from 24 mm on sandy soils to 87 mm in clay soils. These results allowed defining new irrigation doses in wet season related to cropping calendar in Office du Niger. They showed that, related to the important water budget in the soils irrigation level can be decreased for all soils, with an objective of 10,000 m<sup>3</sup>/ha, for continuous water flow during peak period varying from 1l/s/ha (wet season) to 1.40 l/s/ha (dry season) at the tertiary canal head.*

**Keyword** : Double riziculture, hydrodynamics properties, water budget, irrigation doses, Office du Niger.

## INTRODUCTION

La problématique de la gestion efficiente de l'irrigation est aujourd'hui un des soucis majeurs que l'Office du Niger (ON) tente de corriger pour assurer la durabilité de son système de production d'eau. Le projet WAAPP-CNS-Riz, dans sa composante « Intensification de la riziculture et son impact sur l'environnement », a mis l'accent sur l'évaluation d'alternatives d'économie d'eau dans les systèmes de production de riz à l'Office du Niger.

L'objectif est de contribuer à l'échelle du réseau d'irrigation du tertiaire (arroiseur) à la parcelle rizicole, à l'amélioration du service de l'irrigation par une redéfinition et une application de nouvelles normes d'irrigation en fonction des caractéristiques actuelles des grands types de sols rizicoles et des calendriers cultureux rencontrés dans le système.

## MATERIEL ET METHODES

### MATERIEL

Le matériel utilisé est composé :

des sites d'étude pour la caractérisation et le suivi des paramètres de perméabilité stabilisée et du taux d'humidité des sols, ainsi que de l'évaluation des besoins en eau d'irrigation,

de la tarière pour les prélèvements d'échantillons de sol pour la reconnaissance des profils, et pour creuser un trou de 1m de profondeur pour le suivi de la perméabilité  $K_s$  stabilisée des sols,

des cylindres en acier à bord tranchant pour des prélèvements d'échantillons de sols non remaniés pour l'évaluation du taux d'humidité des sols.

### METHODES

Les travaux ont été effectués sur 3 sites représentatifs des principaux types de sols de riziculture rencontrés dans la zone de production rizicole de l'Office du Niger de Niono (Figure 1). Selon Dabin (1951) in Dicko (2005), Keita *et al.* (1991), Marlet et N'Diaye (1998), il s'agit des sols de hautes levées sableuses (sols de type *Seno*, sablo-limoneux), des sols de dépressions entre les hauteurs sableuses (sols de type *Danga* à textures limoneux et argilo-limoneux) et des sols situés dans des cuvettes de

décantation (sols de type *Moursi* et *Dian*, argileux). Ainsi, les 3 sites d'étude ont été choisis sur la base de leur représentativité en type d'arroiseur (Tableau 1) :

KL3 - 7d1 : un arroiseur de double culture riz du casier rizicole de Kolodougou. Les sols sont sablo-limoneux (*Séno*, *Danga*) en surface et du sable limoneux jusqu'à 50 cm de profondeur. C'est une zone réaménagée par le projet ARPON en 1990.

N9 - 8D - 1d : un arroiseur de double culture de riz du casier Retail réhabilité en 1990 par le projet Retail. Les sols sont limono-argileux (*Danga*).

G5 - 2d/2d bis : un arroiseur de double culture de riz du casier Grüber réhabilité par le projet ARPON. Les sols sont argileux (*Moursi*).

Pour chacun des sites, une évaluation décennale des besoins théoriques en eau d'irrigation a été faite. La détermination de ces besoins est basée sur le principe du bilan hydrique, en intégrant les termes spécifiques à la pratique de la riziculture :

$$BN = I = (ETM - P) \pm BES + P \pm \Delta h, \text{ où,}$$

ETM = KC\*ETP, ETM représente l'évapotranspiration maximale du riz (en mm) pendant la période indiquée, KC le coefficient cultural du riz pendant la période indiquée, et ETP, l'évapotranspiration de référence de la période considérée (en mm),

P, pluviométrie efficace, soit 80 % de la pluie tombée, en (mm),

I, lame d'eau d'irrigation (mm),

P, percolation ou taux d'infiltration en dessous de la zone racinaire (mm),

$\Delta h$ , variation de la lame d'eau superficielle (mm),

BES : besoins en eau relatifs aux phases culturales spécifiques à la riziculture (humidification ou humectation du sol, imbibition du sol, remplissage des casiers, entretien de la lame d'eau).

L'application de cette formule du bilan hydrique nécessite la connaissance des paramètres agro-climatiques (ETP, pluviométrie) de la zone de Niono, du paramètre de développement du riz (KC suivant le calendrier cultural de mise en place de cette culture pendant l'hivernage, ainsi que l'évaluation de certains paramètres hydrodynamiques des sols.

Les études de caractérisation des paramètres hydrodynamiques des sols ont été faites au niveau des échantillons d'arroseurs à travers :

La détermination de l'humidité pondérale au point de flétrissement : HPF (en %), et l'humidité pondérale à la capacité au champ HCR (en %) sur des échantillons de sols prélevés à la profondeur racinaire de 40 cm.

Pour le calcul des doses d'arrosage (CTGREF, 1979) l'eau utile (en %) que le sol peut contenir a été déterminée. Pour cela, deux valeurs de potentiel hydrique (pF) ont été déterminées : celle de la quantité d'eau retenue après ressuyage, ou appelée humidité pondérale à la capacité au champ HCR ou à la capacité de rétention HCR (environ pF 2,8), et celle de la quantité d'eau retenue au point de flétrissement appelée HPF (pF 4,2). La différence entre ces deux valeurs est l'eau utile, susceptible d'être stockée. Ensuite, les données exprimées en poids de sol ont été transformées en volume à l'aide de la densité apparente (da). Pour l'évaluation du taux d'infiltration journalière, la perméabilité des sols (caractérisée par la vitesse de l'infiltration du sol à la saturation) fut déterminée (MATR, 1977). Les études ont été répétées 3 fois par site sur les 2 sites, ceci a permis de retenir une valeur moyenne des paramètres investigués. Ainsi, au niveau de chaque point de mesures, des échantillons de sol sont prélevés à l'aide de petits cylindres métalliques (cylindres d'acier à bord tranchant) dont on connaît le volume intérieur. Ce cylindre est enfoncé lentement dans le sol. On obtient un échantillon de sol non remanié. Cet échantillon est ensuite conditionné pour analyses au laboratoire en vue d'évaluer l'humidité du sol par la méthode gravimétrique qui consiste à peser l'échantillon frais, puis après séchage à l'étuve pendant 24 heures à 105 °C, à déterminer le poids sec. Ainsi, HCR est donnée par la formule suivante :

$$\text{HCR} = \frac{(\text{Poids sol humide} - \text{Poids sol sec})}{\text{Poids sol sec}} \times 100, \text{ (en \%)}.$$

La détermination de HPF étant délicate, elle est déduite de HCR par la formule :

$$\text{HPF} = 1/2 * \text{HCR}.$$

Ce qui a permis d'évaluer la dose théorique d'humectation (capacité d'absorption du sol ou différence entre l'humidité équivalente HE ou HCR et le point de flétrissement HPF) de chaque type de sol par la formule ci-dessous :

$$\text{Dose théorique d'humectation (mm)} = 0,45 * z * da * \text{HCR}, \text{ où}$$

da est la densité apparente du sol et Z (en cm) la profondeur racinaire des 40 cm du riz.

Ces paramètres ont servis à calculer théoriquement les doses d'irrigation nécessaires aux opérations culturales d'imbibition des sols pour la mise en boue (MB) ou encore Réserve en eau Utilisable (RU) des sols pour le repiquage du riz et à l'entretien de la lame d'eau (Réserve en eau Facilement Utilisable : RFU) dans les parcelles repiquées en riz. Les formules suivantes ont été utilisées pour la détermination de ces doses d'irrigation :

$$\text{MB} = \text{RU} = da * (\text{HCR} - \text{HPF}) * Z, \quad \text{(en mm)}$$

Dose d'entretien ou RFU =  $\alpha$  RU, (en mm) avec  $0,5 \leq \alpha < 1$  (valeur la plus couramment utilisée = 2/3),

La détermination de la perméabilité à saturation Ks (en m/s ou en mm/j) par la méthode de PORCHET pour mieux apprécier le taux d'infiltration journalier des sols. Pour cela, des essais d'infiltration ont été réalisés sur chaque site et au niveau de chaque point de mesure, permettant ainsi d'évaluer la perméabilité (vitesse d'infiltration), Ks des sols. Pour cette méthode, facile à utiliser, il s'agit de creuser un trou cylindrique (par exemple à la tarière), de 10 cm de diamètre et de 50 cm de profondeur environ. Après l'avoir rempli d'eau, on observe la variation du niveau. On note la hauteur h1 de l'eau à l'instant t1 et la hauteur h2 à l'instant t2. Soit r le rayon du trou ; la vitesse d'infiltration K (m/s) est donnée par la formule :

$$K = \frac{R * \log(h1/h2)}{2(t2 - t1)}; \text{ où,}$$

R : rayon du trou (m) ;

h1 et h2 : hauteurs de la colonne d'eau au temps t1 et t2 ; (t1 et t2 sont pris après 20 mn pour s'éloigner de la période correspondant à la saturation propre du terrain).

Par l'application de la formule du bilan hydrique, les valeurs expérimentales de ces paramètres (taux d'infiltration, doses d'humectation, RU, RFU) de chaque site d'étude, intégrées aux coefficients culturaux KC du riz et aux paramètres agro-climatiques (Evapotranspiration potentielle : ETP, pluies efficaces) de la zone de production rizicole de Niono ont permis par une évaluation expérimentale des besoins nets et bruts en eau d'irrigation, ainsi qu'à celle des

débits fictifs continus (en l/s/ha) au niveau de chaque site, de trouver de nouvelles normes d'irrigation calées aux trois types de sols de riziculture dominants à l'Office du Niger.

Ces nouvelles normes d'irrigation sur ces sols de double culture de riz ont été testées au cours de la campagne d'hivernage 2011. Les paramètres collectées (temps d'irrigation, hauteurs d'eau ajustées au-dessus des seuils

des ouvrages de prise d'eau, débits d'eau enregistrés sur ces prises), saisis et traités sous le tableur Excel ont permis d'évaluer les apports (besoins) décennaires pratiques nets en eau d'irrigation pendant la période de suivi. Ces apports d'eau pratiques et théoriques (obtenus par expérimentation) ont été comparés à l'aide d'un modèle simple de corrélation linéaire développé par le logiciel GenStatDiscovery.

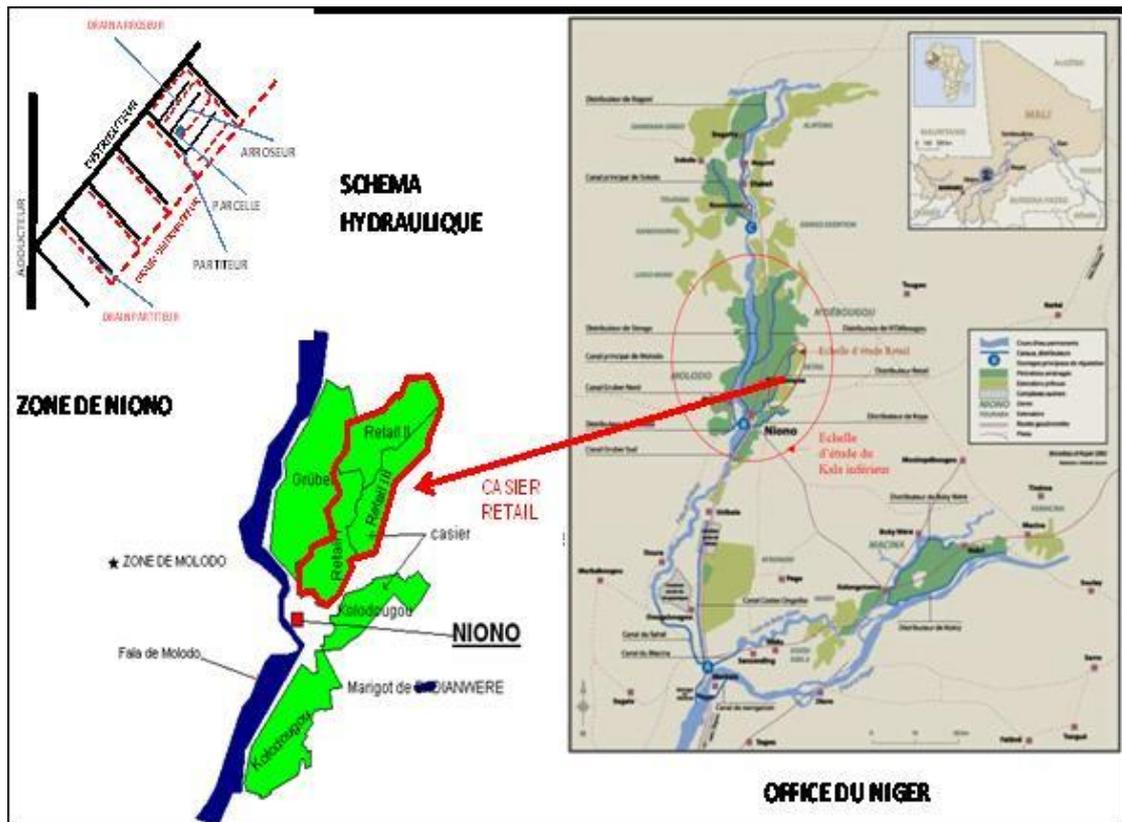


Figure 1 : Carte de la zone de production rizicole de l'Office du Niger de Niono

*Map of the rice production area of the Niger Office of Niono*

**Tableau 1** : Récapitulatif des paramètres hydrodynamiques et des doses théoriques d'irrigation en fonction des phases culturales du riz au niveau des sites d'étude  
*Summary of hydrodynamic parameters and theoretical irrigation doses according to the rice growing phases at the study stations*

Site/arroseur	Numéros échantillon de sol	Longitude X	Latitude Y	Perméabilité à saturation (m/s)	Classe de perméabilité	Humidité à pF2,8 (%)	Humidité à pF4,2 (%)	Dose théorique d'humectation (mm)	Dose d'imbibition RU (mm)	Dose d'entretien RFU (mm)
KL3-7d1	KL3-7d1_1	005°59' 48,9"	14°11' 02,8"	9,53E-06	Peu	6,94	3,47	23	25	17
	KL3-7d1_2	005°59' 47,7"	14°11' 03,9"	7,02E-06	impermeable	13,02	6,51	38	42	28
	KL3-7d1_3	005°59' 47,3"	14°10' 58,3"	2,15E-06		29,48	14,74	69	77	51
Moyenne N9-8D-1d	N9-8D-1d_1	005°55' 38,9"	14°20' 52,5"	6,23E-06		16,48	8,24	43	48	32
	N9-8D-1d_2	005°55' 40,7"	14°20' 54,7"	1,87E-07	impermeable	10,92	5,46	27	30	20
	N9-8D-1d_3	005°55' 42,4"	14°20' 56,0"	1,74E-07		7,50	3,75	22	24	16
Moyenne G5-2d/2dbis	G5-2d/2dbis_1	005°59' 52,8"	14°20' 56,0"	1,50E-07		8,97	4,49	23	26	17
	G5-2d/2dbis_2	005°59' 52,6"	14°20' 52,8"	1,70E-07		9,13	4,57	24	27	18
	G5-2d/2dbis_3	005°59' 49,8"	14°20' 12,8"	8,33E-08	impermeable	32,48	16,24	72	80	53
Moyenne				2,66E-07		58,25	29,13	115	128	85
				8,73E-08		32,90	16,45	74	82	55
				1,45E-07		41,21	20,61	87	97	64

## RESULTATS

### Perméabilité et taux d'humidité des sols

Il ressort (Tableau 1) de l'étude pratique de la caractérisation hydraulique des sols, que les types de sols dominants à l'Office du Niger sont peu perméables (sols de type « *séno* » : levées sableuses du KI 3 - 7d1) à imperméables (sol de type « *Danga* » : limono-argileux du N9 - 8D - 1d et de type « *Moursi* » : très argileux du G5 - 2d/2dbis) avec des taux d'humidité importants. Les doses théoriques moyennes d'humectation des parcelles sur les 4 dm de profondeur racinaire du riz, en fonction du type de sol et du taux d'humidité, varient de 24 mm (sol *Danga* : limono-argileux), 43 mm (sol *séno* : levées sableuses) à 87 mm (sol *Moursi* : très argileux).

### Besoins en eau et normes d'irrigation théoriques

Les résultats de l'étude de caractérisation hydrodynamique des sols à l'Office du Niger ont permis de redéfinir de nouvelles normes d'irrigation (besoins d'irrigation, débits fictifs continus, etc...) en rapport avec les calendriers culturels de saison d'hivernage et de contre-saison à l'Office du Niger (Tableau 2). Ces résultats montrent des besoins en eau bruts d'irrigation variables de 3300 à 8130 m<sup>3</sup>/ha en

hivernage et de 6000 à 9200 m<sup>3</sup>/ha en contre-saison pour des apports d'eau continus en période de pointe de 1,03 l/s/ha en hivernage et de 1,4 l/s/ha en contre-saison.

### Rapport entre besoins pratiques et théoriques en eau d'irrigation

Au niveau de chaque site d'étude, les apports d'eau décennaux pratiques et théoriques pour la satisfaction des besoins en eau d'irrigation pour l'hivernage 2011 ont été comparés et illustrés dans les figures 2, 3 et 4. Il ressort de ces illustrations qu'il y a dans l'ensemble 99 % de probabilité que les besoins nets pratiques décennaux en eau d'irrigation se rapprochent des besoins nets théoriques décennaux en eau au niveau de tous les sites d'études. Donc les valeurs expérimentales se rapprochent des réalités de terrain.

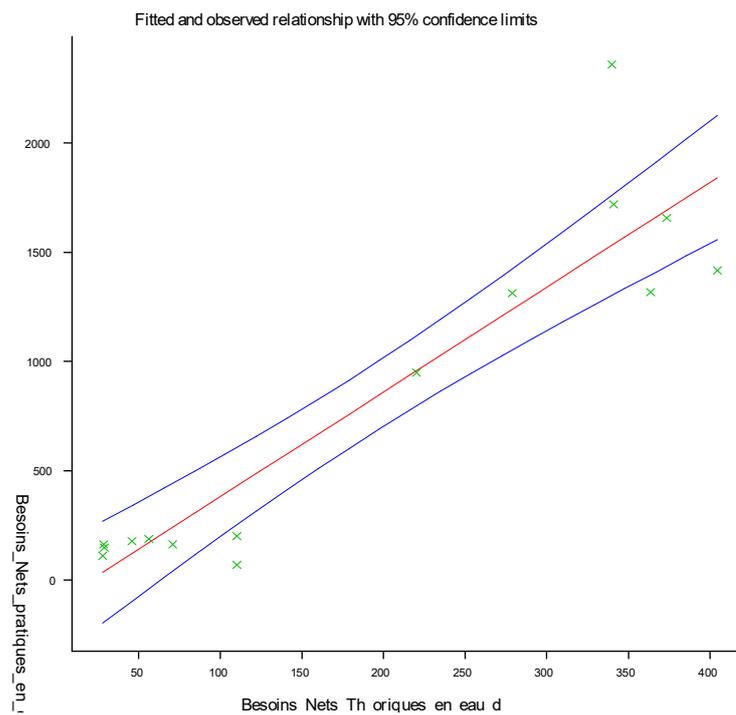
### Normes et planning d'irrigation en tête d'un arroseur de double culture de riz en hivernage

La presque similitude des besoins nets pratiques et théoriques décennaux en eau d'irrigation a permis de dresser un planning d'irrigation décennal du riz en hivernage sur nos échantillons d'arroseurs (Tableau 3). Les besoins en eau d'irrigation décennal étant connus en m<sup>3</sup>/ha, il revient au gestionnaire de l'eau d'imposer un débit à la prise d'arroseur et d'évaluer le temps nécessaire à l'irrigation complète de sa superficie.

**Tableau 2** : Récapitulatif des nouvelles normes d'irrigation théoriques en fonction des caractéristiques hydrodynamiques des sols et du calendrier cultural de l'Office du Niger.

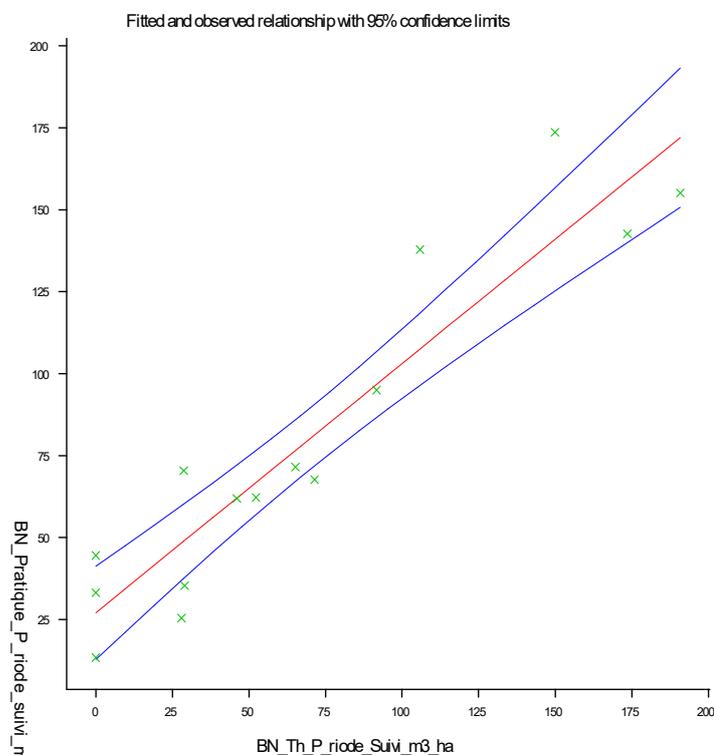
*Summary of the new theoretical irrigation standards according to the hydrodynamic characteristics of soils and the cultural calendar of the Office du Niger.*

Site arroseur/ (type sol)	Efficience du réseau (%)	Besoins Nets d'irrigation en hivernage (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins Nets d'irrigation en contre-saison (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins bruts d'irrigation en hivernage (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins bruts d'irrigation en contre-saison (m <sup>3</sup> /ha)	Débit fictif continu de pointe en Hivernage (l/s/ha)	Débit fictif continu de pointe en contre- saison (l/s/ha)
KL3-7d1 (Sablo Limoneux)	0,7	5700	6410	8130	9200	1,21 (3 <sup>ème</sup> décade de mai)	1,60 (2 <sup>ème</sup> décade de février)
N9-8D-1d (Limono- Argileux)	0,7	2300	4200	3300	6000	0,78 (3 <sup>ème</sup> décade de mai)	1,08 (2 <sup>ème</sup> décade de février)
G5-2d/2dbis (Argileux)	0,7	4080	5300	5830	7600	1,11 (3 <sup>ème</sup> décade de mai)	1,42 (2 <sup>ème</sup> décade de février)



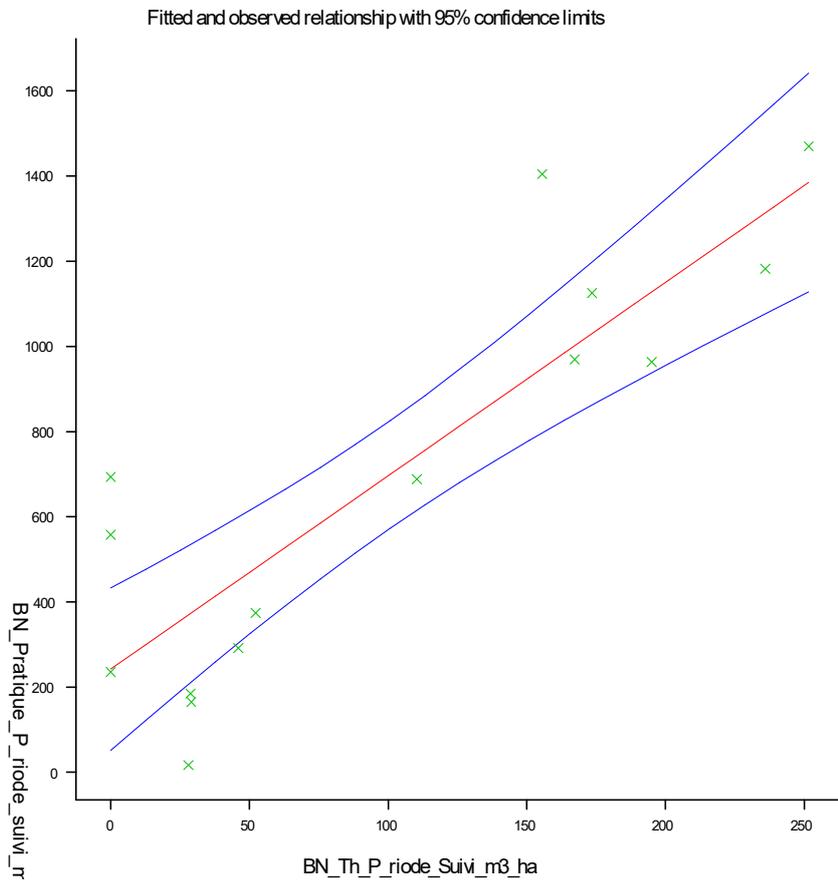
**Figure 2 :** Rapport entre les besoins nets pratiques et théoriques en eau d'irrigation décadaire au niveau de l'arroseur KL3-7d1 (hiver 2011).

*Ratio between the practical and theoretical water requirements for 10-day irrigation water at KL3-7d1 sprinkler (winter 2011).*



**Figure 3 :** Rapport entre les besoins nets pratiques et théoriques en eau d'irrigation décadaire au niveau de l'arroseur N9-8D-1d (hiver 2011)

*Ratio between the practical and theoretical water requirements for 10-day irrigation water at N9-8D-1d sprinkler (winter 2011)*



**Figure 4 :** Rapport entre les besoins nets pratiques et théoriques en eau d'irrigation décadaire au niveau de l'arroseur G5-2d/2dbis (hivernage 2011)

*Ratio between the practical and theoretical water requirements for 10-day irrigation water at G5-2d/2dbis sprinkler (winter 2011)*

**Tableau 3 :** Normes et planning d'irrigation décadaire pratique à la prise d'un arroseur de double culture riz d'hivernage à l'Office du Niger  
*Practical ten-day irrigation standards and planning for a double wintering rice sprinkler at the Office du Niger*

Mois	Décade	Besoins Nets d'irrigation sur sol sablo-limoneux (m <sup>3</sup> /ha)	Débits arroseur sur sol sablo-limoneux (séno) (l/s)	Temps d'irrigation par ha sur sol sablo-limoneux (heures)	Besoins Nets d'irrigation sur sol limoneux argileux (m <sup>3</sup> /ha)	Débits arroseur sur sol limoneux argileux (l/s)	Temps d'irrigation ha sur limoneux argileux (heures)	Besoins Nets d'irrigation sur sol argileux (m <sup>3</sup> /ha)	Débits arroseur sur sol argileux (l/s)	Temps d'irrigation par ha sur sol argileux (heures)
Avril	3	92,7	5	5	66	5	4	154,7	15	3
	1	71,5	5	4	44,8	5	2	133,5	10	4
	2	89	5	5	62,3	5	3	151	15	3
Mai	3	803,7	40	6	516,4	30	5	740,3	50	4
	1	551,5	30	5	290,3	15	5	493,8	40	3
	2	653,5	35	5	392,3	20	5	595,8	45	4
Juin	3	565,4	30	5	290,5	15	5	539,1	40	4
	1	367,1	20	5	119	10	3	278,8	20	4
	2	340	20	5	94,9	10	3	1469,3	60	4
Juillet	3	341	20	5	137,9	10	4	1404,8	60	7
	1	188	10	5	33,2	5	2	693,1	60	7
	2	69,3	10	2	13,4	5	1	235,2	10	3
Août	3	162,8	10	5	44,5	10	1	557	30	7
	1	1312,9	60	6	71,5	10	2	687,4	30	5
	2	1317,9	60	6	173,7	10	5	963	60	6
Septembre	3	1417,6	60	7	155,2	10	4	1182	60	4
	1	1657	60	8	142,7	10	4	1125,4	60	5
	2	201,3	10	6	62,2	5	3	374,2	30	5
Octobre	3	177,9	10	5	61,9	5	3	291,5	30	3
	1	163,1	10	5	70,4	5	4	184,2	30	2
	2	112,1	10	3	25,4	5	1	16,5	5	1
Novembre	3	177,9	10	5	61,9	5	3	291,5	30	3
	1	163,1	10	5	70,4	5	4	184,2	30	2
	2	112,1	10	3	25,4	5	1	16,5	5	1

## DISCUSSION

Le suivi et la collecte des données caractéristiques de l'irrigation ont été effectifs sur le terrain. L'étude a permis d'actualiser les paramètres hydrodynamiques essentiels des principaux types de sols de riziculture et spécifiquement ceux de double culture de riz à l'Office du Niger pour une meilleure prise de décision lors de nouveaux aménagements hydro-agricoles sur des zones de mêmes caractéristiques. Ces informations permettent de comprendre et de mieux orienter les dispositions techniques à prendre dans un système où l'amélioration de la gestion de l'eau est un défi majeur au niveau local et régional face à l'extension des surfaces aménagées et au développement des cultures de contre-saison (Tangara, 2011).

Les paramètres hydrodynamiques des sols (perméabilité, taux d'humidité) ont permis de caractériser de nouvelles normes d'irrigation, besoins en eau d'irrigation au cours de la campagne de saison d'hivernage et de contre-saison, débits fictifs continus pouvant servir de base, non seulement pour des irrigations continues de 24 heures sur 24, mais aussi pour le dimensionnement du réseau hydraulique lors de l'exécution d'un projet d'irrigation. Les valeurs de débits fictifs continus en tête des prises d'arroiseurs pendant les périodes de pointe en hivernage et en contre-saison ont été respectivement de 1,5 à 1,4 fois plus faibles que celles en tête d'arroiseurs au cours du Projet. En début de projet en 1986 (Retail 1) jusqu'au Retail 3, la main d'eau a respectivement diminué de 30, 20 à 15 l/s, ce qui dénote une fois de plus une appréciation assez élevée des besoins en eau d'irrigation.

Les valeurs de taux d'humidité importants sont imputables à la faible profondeur de la nappe phréatique (moins de 2 m de la surface du sol) (Tangara, 2011), et sont dans la même fourchette de valeurs données par le projet BEAU (1981) et Dabin (1951) pour les sols argileux. Par contre, elles ont été un peu plus faibles, 2 fois pour les sols limono-argilo-sableux où Dabin (1951) a trouvé 50 à 60 mm de RU (Réserve Utile). Cette différence s'explique aisément, car la nappe n'a cessé de monter son niveau, ce qui augmenterait davantage et permanemment le taux d'humidité actuel des sols. Ceci a pour conséquence de diminuer la demande en eau pour satisfaire la RU.

Les besoins théoriques en eau d'irrigation et les débits fictifs continus évalués et confirmés par cette étude montrent que les niveaux de consommation d'eau à l'échelle de l'arroiseur à la parcelle rizicole peuvent être revus à la baisse. Cette situation est dépendante du statut hydrique des sols de l'Office du Niger (nappe phréatique sub-affleurante pendant toute l'année, stocks d'eau important). Ceci permet d'atteindre un objectif moyen de 10000 m<sup>3</sup>/ha d'apport d'eau d'irrigation annuel brut, dans la mesure où les résultats d'expérimentation sont dans la fourchette de 5000 à 9000 m<sup>3</sup>/ha. Cet objectif, aussi approuvé par les recherches du Pôle Régional de recherche sur les Systèmes Irrigués (PSI)-Mali/CORAF (Ouvry *et al.*, 1999) est d'autant plus réaliste. Face à certains facteurs notamment la baisse tendancielle de 20 à 55 % des écoulements en eau de la ressource principale qu'est le fleuve Niger à cause de son ensablement (Dessouassi, 2011), la gestion concertée tant recherchée par nos pays au sein du bassin du fleuve Niger et la prévention de la dégradation des facteurs de production eau/sol, l'amélioration de la gestion de l'eau à l'Office du Niger s'avère nécessaire.

## CONCLUSION

En réponse à la baisse du niveau d'eau, due aux impacts des changements climatiques, cette étude contribue à améliorer l'efficacité de l'irrigation de l'arroiseur jusqu'à la parcelle pour une satisfaction des besoins en eau du riz irrigué dans les parcelles de double culture riz. Il a permis de dresser un planning d'irrigation calé aux saisons culturales du riz irrigué et aux trois grands types de sols de riziculture à l'Office du Niger.

Sur cette base, un support pédagogique est disponible, aidant ainsi les services d'encadrement techniques (ONGs, appui-conseil, vulgarisateurs, associations d'irrigants) et les opérateurs privés évoluant dans le domaine de l'agriculture irriguée, à améliorer leurs savoirs faire en matière d'irrigation, d'aménagement et ou de réhabilitation du système.

Les résultats de cette étude pourront servir à tous les périmètres irrigués répondant (i) aux mêmes caractéristiques agro climatiques, (ii) aux mêmes types de sols avec les mêmes paramètres hydrodynamiques, (iii) aux mêmes calendriers culturaux que les aménagements hydro-agricoles de l'Office du Niger.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les chefs d'arroseurs et les aiguadiers (responsables en charge de la gestion de l'eau à l'échelle de l'arroseur) de l'Office du Niger pour leurs efforts dans la collecte des données. Ils remercient également le Centre National de Spécialisation Riz (CNS-Riz) pour la coordination de toutes les activités des projets WAAPP au Mali et spécifiquement celles du projet WAAPP-Intensification de la riziculture dans lesquelles s'inscrivent ces activités de recherche. Les auteurs remercient enfin la Banque Mondiale et le CORAF pour respectivement le financement des activités de recherche et l'organisation d'un atelier de rédaction scientifique, qui nous a permis la réalisation de ce travail.

## REFERENCES

- Dabin B. 1951. Contribution à l'étude des sols du delta central Nigérien ; extrait des N° 11 - 12 Novembre - Décembre 1951.
- Beau 1981. Besoins en eau au niveau arroseur. Riz, Canne. Rapport d'études.
- Dicko M. 2005. Analyse du fonctionnement d'une parcelle de riz irrigué sur sol alcalin. Application à la gestion intégrée de la fertilisation azotée et du calendrier cultural dans le delta intérieur du fleuve Niger (Mali), Thèse. 153 pages + annexes.
- MATTR (Mémento de l'Adjoint Technique des Travaux Ruraux) 1977. In : Collection techniques rurales en Afrique. Editions du Ministère de la Coopération, pp 340 - 341.
- Keita B., Kounkandi B. et Dioni L. 1991. Etude morphopédologique du Kala inférieur au 1/20000, IER/MALI : 77 pages + annexes.
- Ministère de l'Agriculture CTGREF 1979. Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations. Groupement d'Aix-en-Provence, Division Irrigation.
- Ouvry F., Marlet S. et Tangara B. 1999. Suivi de l'irrigation et du drainage. Etude des règles de gestion de l'eau et bilans hydro-salins à l'Office du Niger (cas de la zone de Niono, Mali). Tome 1 : Synthèse des résultats. Tome 2 : Compte-rendu d'expérimentation - Annexes. Travaux et études N°8 PSI-Mali.
- Ouvry F., Marlet S., Tangara B., et Berete O. 1999. Analyse du fonctionnement hydraulique d'un grand aménagement, proposition d'amélioration des performances de la gestion de l'irrigation à l'Office du Niger. JC. Legoupil, C. Dancette, P. Godon et IM. Maïga (Eds.).
- Dessouassi R. 2011. Le processus de la vision partagée pour une gestion concertée des ressources du bassin du Niger. Forum « Solidarité pour l'Eau dans les pays du Bassin du Niger. Bamako, 17 - 18/10/2011 ».
- Tangara B. 2011. Conséquences du développement des cultures de contre-saison sur l'irrigation et la dynamique de la nappe phréatique à l'Office du Niger (Mali). Thèse, 175 P.