



**GROUPE DES ÉCOLES
EIER - ETSHER**

ÉCOLE INTER-ÉTATS D'INGÉNIEURS DE

L'ÉQUIPEMENT RURAL

03 B.P. 7023 OUAGADOUGOU 03
BURKINA FASO

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 2004



Présenté par :

BARRO Mamadou

THEME :

**Besoin en eau des rizières et évaluation
de l'irrigation des périmètres rizicoles à
l'aide de BIRIZ**

52

MENTION :

BIEN

Encadrement :

Bénin - Burkina Faso - Cameroun - Centrafrique - Congo - Côte d'Ivoire - Gabon
Guinée - Mali - Mauritanie - Niger - Sénégal - Tchad - Togo

M.L. COMPAORE

5
5
/
0
4



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 2004

Présenté par :

BARRO Mamadou

THEME :

Besoin en eau des rizières et évaluation
de l'irrigation des périmètres rizicoles à
l'aide de BIRIZ

MENTION :

Encadré par :

M.L. COMPAOR

DEDICACES

Au DIEU tout puissant,

A mon frère aîné, Ady

A Mme Patricia BUSSONE

A tous mes amis

Je dédie ce mémoire de fin d'étude.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble de la direction du groupe EIER-ETSHER pour m'avoir accepté dans l'effectif de la 33^e promotion..

Mes sincères remerciements à :

- ✦ Monsieur André MUHET pour m'avoir aidé dans mes démarches pour l'obtention d'une bourse.*
- ✦ M. COMPAORE et M. PAYEN pour tout le travail préliminaire effectué pour me permettre de mieux comprendre mon thème.*
- ✦ M, J. WELLENS pour ses conseils et pour tous les moyens mis à ma disposition au cours de cette étude.*
- ✦ M. DEMBELE de l'INERA pour les documents mis à ma disposition*
- ✦ Tout le personnel de la DRAHRH*
- ✦ Tout le personnel de l'EIER*
- ✦ Toute la 33^e promotion...*

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	1
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	4
LISTE DES TABLEAUX.....	5
LISTE DES FIGURES.....	6
LISTE DES ANNEXES.....	7
RESUME.....	8
INTRODUCTION.....	9
1- CONTEXTE DE L'ETUDE.....	10
2- PROBLEMATIQUE.....	10
3- OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	10
4- DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	11
5- CONTENU DU RAPPORT.....	12
6- PRESENTATION DU PROJET GE-EAU.....	13
6.1- PRESENTATION DU PROJET GE-EAU.....	13
6.1.1- Contexte de création du projet.....	13
6.1.2- Objectifs du projet.....	13
6.1.3- Les finalités du projet.....	13
7- MATERIELS ET METHODES.....	15
7.1- PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE.....	15
7.1.1- Situation géographique.....	15
7.2- LE CLIMAT.....	15
7.2.1- Les températures.....	16
7.2.2- L'hydrographie.....	16
7.2.3- Les sols.....	17
7.2.4- La végétation.....	17
7.2.5- Le milieu humain.....	17
7.2.6- Les activités socio-économiques.....	17
7.3- PRESENTATION DU PERIMETRE IRRIGUE DE LA VALLEE DU KOU.....	18
7.3.1- Généralités sur les aménagements au Burkina Faso.....	18

7.3.2-	<i>Historique du périmètre irrigué de la vallée du kou</i>	18
7.3.3-	<i>Structure du périmètre</i>	19
7.3.4-	<i>La prise d'eau</i>	19
7.3.5-	<i>Le réseau d'irrigation</i>	19
7.3.6-	<i>Le réseau de colature</i>	20
7.3.7-	<i>Le réseau de circulation</i>	22
7.3.8-	<i>Les ouvrages ponctuels</i>	22
7.4-	LES SUPERFICIES.....	23
7.5-	ASPECTS ORGANISATIONNELS.....	26
7.6-	EXPLOITATION ET ENTRETIEN.....	27
7.7-	ASPECTS REGLEMENTAIRES.....	27
7.8-	ASPECTS INSTITUTIONNELS.....	28
7.9-	METHODE D'EVALUATION DES EFFICIENCES.....	28
7.10-	CALCUL DES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE.....	32
7.10.1-	<i>Les composantes des besoins en eau d'une riziére</i>	32
7.10.2-	<i>Présentation du logiciel « BIRIZ »</i>	33
7.10.3-	<i>principe de calcul avec le logiciel BIRIZ</i>	34
7.10.4-	<i>Les paramètres d'entrée du logiciel</i>	34
7.10.5-	<i>Les calculs possibles avec le logiciel BIRIZ</i>	36
7.11-	CONNAISSANCES GENERALES SUR LE RIZ.....	37
7.11.1-	<i>Généralités sur le riz au Burkina</i>	37
7.11.2-	<i>Cycle végétatif du riz</i>	37
7.11.3-	<i>Les variétés de riz</i>	38
7.11.4-	<i>Comportement hydrique de la plante</i>	40
7.11.5-	<i>Les types de rizicultures</i>	40
7.11.6-	<i>Les coefficients culturaux du riz</i>	41
7.12-	ANALYSE DES DONNEES CLIMATIQUES.....	41
7.12.1-	<i>La pluviométrie dans la vallée du Kou</i>	41
7.12.2-	<i>Analyse fréquentielle</i>	43
7.12.3-	<i>Les précipitations efficaces</i>	43
7.12.4-	<i>Méthode d'estimation de l'évapotranspiration de référence ET0</i>	44
7.13-	LES DONNÉES PÉDOLOGIQUES.....	45
7.13.1-	<i>Caractéristiques physiques du sol</i>	46
8-	RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	49
8.1-	DIAGNOSTIC DU PERIMETRE.....	49
8.1.1-	<i>Etat général des équipements</i>	49

8.1.2-	<i>Evaluation des efficiences.....</i>	52
8.1.3-	<i>Les pratiques de la gestion.....</i>	54
8.1.4-	<i>les pratiques à l'amont du périmètre.....</i>	56
8.1.5-	<i>les interférences entre les coopératives :.....</i>	56
8.1.6-	<i>Les difficultés de répartition équitable de l'eau d'irrigation.....</i>	56
8.2-	RESULTATS DU CALCUL DES BESOINS EN EAU.....	57
8.2.1-	<i>Résultats des études préliminaires.....</i>	57
8.2.2-	<i>Synthèse sur les paramètres d'entrée du logiciel.....</i>	63
8.2.3-	<i>Résultats et discussions sur le calendrier de l'irrigation.....</i>	65
8.3-	DISCUSSION SUR LES RENDEMENTS.....	67
	CONCLUSION.....	68
	BIBLIOGRAPHIE.....	69
	ANNEXES.....	72

SIGLES ET ABREVIATIONS

APPIA :	Amélioration des Performances des Périmètres Irrigués en Afrique Sahélienne
BOAD :	Banque Ouest Africaine de Développement
CERCI :	Centre d'Etude et de Recherche des Cultures Irriguées
CIR-B :	Comité Inter-Professionnel du riz au Burkina
CNRST :	Centre National de la Recherche Scientifique et Technique
DRAHRH-HB :	Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts Bassins
EIER :	Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GE-eau :	Renforcement de la capacité de gestion de l'eau moyennant des outils de suivi évaluation
GIRE :	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
INERA :	Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole
K.U.Leuven :	Université catholique de Louvain (Belgique)
ORD :	Organisation Régionale de Développement
ORSTOM :	Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
VREO :	valorisation des Ressources en Eau du Sud-Ouest
SOGETHA:	Société Générale des Techniques Hydro-Agricole
USDA :	United State Department of Agriculture

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques du réseau hydraulique du périmètre aménagé de la Vallée du Kou.....	23
Tableau 2 : Durée des différentes phases du cycle du riz (saison chaude).....	39
Tableau 3 : Durée des différentes phases du cycle du riz (saison froide).....	40
Tableau 4: efficacité moyenne de transport des différents types de canaux.....	52
Tableau 5: proportion des différentes textures sur le périmètre.....	60
Tableau 6 : humidités caractéristiques du sol considéré.	60
Tableau 7 : valeurs d'évapotranspiration du riz et Percolation (en mm/j)	61
Tableau 8 : Valeurs de percolation pour différents types de sols (en mm/j).....	61
Tableau 9: comparaison entre les valeurs de kc FAO et celles de Mogtedo	62
Tableau 10: calendrier agricole 1 ^{ère} campagne 98-99 (du 25/12/98 au 25/05/99).....	62
Tableau 11: calendrier agricole 2 ^{ème} campagne 2003 (du 17/06 au 30/11)	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Région du Sud-Ouest du Burkina.....	15
Figure 2: Précipitations moyennes annuelles (mm) sur une période de 30 ans (1966-1995)	16
Figure 3: – Vue générale du périmètre irrigué de la Vallée du Kou	21
Figure 4: périmètre équipé et parcellaire.....	25
Figure 5: Organigramme des coopératives de quartier dans la vallée du Kou (Dicko D., février 2004)	26
Figure 6 : les points de mesure pour un canal donné.	29
Figure 8: organigramme des calculs	34
Figure 9 : organigramme des écoulements selon le logiciel BIRIZ.....	35
Figure 10: calendrier cultural avec les paramètres utilisés par défaut.....	36
Figure 11 : carte des sols	47
Figure 12 : dispositif lysimétrique pour la mesure de la percolation.	48
Figure 13: Evolution des pluies annuelles dans la Vallée du Kou (1993-2003).	57
Figure 14: Pluies décennales de fréquence de dépassement 20%, 50% et 80%.....	58
Figure 15 : Evolution décennale de l'évapotranspiration de référence moyenne dans la Vallée du Kou (1998-2002).....	59
Figure 16 : Entrée des valeurs par défaut du calendrier cultural	65
Figure 17 : besoin brut de la première campagne en fonction du début de l'irrigation.....	66
Figure 18 : Besoins bruts de la 2 ^{ème} campagne en fonction des dates de semis.....	66
Figure 19 : Evolution des rendements entre 1970 et 2003.....	67

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Les superficies équipées.....	1
ANNEXE 2 : Structures en relation avec les coopératives de la Vallée du Kou.....	2
ANNEXE 3 : Fiche variétale du riz (FKR28).....	3
ANNEXE 4 : Exemples de calendriers agricoles (1 ^{ère} et 2 ^{ème} campagne).....	4
ANNEXE 5 : Détermination de l'efficiences globale des pluies.....	5
ANNEXE 6 Questionnaire adressé aux aiguadiers du périmètre de la vallée du Kou.....	6
ANNEXE 7 : Enquête sur le calendrier cultural.....	8
ANNEXE 8 : Quelques captures d'écran.....	9
ANNEXE 9 : Notes de calcul des efficacités de transport.....	11

AUTEUR : BARRO Mamadou

Professeur responsable : M.L.COMPAORE

Organisme encadreur : GE-eau

THEME

**Besoins en eau des rizières et évaluation de l'irrigation des périmètres
rizicoles à l'aide de BIRIZ**

RESUME

Depuis la rétrocession des aménagements aux paysans réunis en coopératives, la question de leur pérennité devient cruciale. En plus, quelle que soit leur taille, ces aménagements constituent de gros consommateurs d'eau et posent souvent des difficultés pour une gestion efficace de la ressource.

Cette étude porte sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou qui est confronté à des problèmes récurrents d'eau depuis sa rétrocession aux coopératives paysannes. L'étude vise à analyser les possibilités de réduire le volume d'eau consommé par ce périmètre.

Le logiciel de calcul des besoins en eau BIRIZ a été utilisé pour évaluer le calendrier d'irrigation à travers des simulations. Une économie d'eau est possible en démarrant la première campagne le 01 décembre et la seconde le 10 juin.

Des calculs d'efficacités ont été effectués sur le périmètre. Il en ressort qu'une réduction du volume d'eau consommé est possible à travers la réhabilitation des canaux d'irrigation. Cependant le faible niveau actuel de gestion ne permet pas de garantir la pérennité des ouvrages. Des propositions d'améliorations simples et efficaces ont été formulées pour corriger les dysfonctionnements et accroître l'efficacité de transport de l'eau.

Mots clés : besoins en eau / riz / efficacité / irrigation / BIRIZ / canaux d'irrigation

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, comme les autres pays du Sahel éprouve d'énormes difficultés pour la réalisation de sa politique d'autosuffisance alimentaire à cause des aléas climatiques rendant souvent précaire la situation alimentaire. La consommation céréalière ne fait qu'augmenter pendant que la production tend à stagner ou même à baisser. Le riz prend de plus en plus une place prépondérante dans cette consommation. Malheureusement la production nationale du riz présente une tendance générale à la baisse avec de grandes fluctuations au fil des années. Le riz représente environ 1,5% des superficies cultivées en céréales et 3% des productions. Face à une telle situation l'Etat est obligé d'importer d'énormes quantités de riz. En 1998, la Caisse Générale de Péréquation a importé 78.451 tonnes de riz décortiqué au prix de dix milliards six cent cinquante trois millions (10.653.000.000) de francs CFA .

Ce ne sont pourtant pas les potentialités qui manquent en matière d'agriculture. En 2002, le potentiel irrigable est estimé à près de 165.000 ha dont 40.000 ha de bas-fond. La raison essentielle de l'insuffisance des productions est le caractère aléatoire des précipitations et la péjoration climatique qui frappe de façon générale l'ensemble du pays. Dans un tel contexte, la maîtrise de l'eau constitue pour le Burkina l'un des axes principaux pour atteindre son objectif global de sécurité alimentaire. Cette maîtrise de l'eau concerne autant les aménagements prévus dans le plan quinquennal que les aménagements existants pour la sécurisation de la production agricole.

La présente étude porte sur le périmètre irrigué de la Vallée du Kou qui est l'un des plus grands aménagements à double riziculture du Burkina. L'étude s'intitule : « **Besoin en eau des rizières et évaluation de l'irrigation des périmètres rizicoles à l'aide de BIRIZ** » .

1- CONTEXTE DE L'ETUDE

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet « Renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation (GE-eau) ». A travers cette étude, le projet vient en appui à la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins (DRAHRH-HB) dans son vaste programme de valorisation des ressources en eau du Sud-Ouest dénommé « VREO » (Valorisation des Ressources en Eau du Sud-Ouest). Ce programme est un sous-programme du programme GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau).

2- PROBLEMATIQUE

La zone du Sud-Ouest est bien connue pour ses importantes potentialités hydrauliques et ses vastes plaines alluviales. Elle constitue de nos jours une des importantes zones pourvoyeuses en céréales des parties nord et centre du pays. Malheureusement, cette zone est aussi sujette aux caprices d'une pluviométrie globalement abondante mais mal répartie. L'un des gros consommateurs d'eau de la zone est le périmètre irrigué de la Vallée du Kou. La faible productivité de ce périmètre et la mauvaise gestion de l'eau font qu'en terme de perspectives à moyen et long terme, ce périmètre risque de ne plus pouvoir jouer son rôle dans le Sud-Ouest et de se retrouver en situation de déficit si des mesures idoines ne sont prises. En effet, depuis sa rétrocession aux coopératives, le périmètre de la Vallée du Kou connaît un problème récurrent d'eau.

3- OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif est de mieux comprendre et de modéliser le fonctionnement des aménagements hydro-agricoles afin de permettre un meilleur suivi de l'utilisation de l'eau, une meilleure évaluation de l'efficacité de cette utilisation et la formulation de propositions. Quelle que soit leur taille, les aménagements hydro-agricoles constituent de gros consommateurs d'eau, prélevée des rivières ou des retenues artificielles. La présence des

aménagements influe sur la disponibilité et la qualité des ressources en eau. L'étude vise l'élaboration d'outils conviviaux de suivi-évaluation basés sur des modèles (éventuellement simplifiés). Le travail à effectuer permettra de répondre aux questions suivantes :

- quel impact aura un changement du calendrier de l'irrigation sur les rendements et le volume d'eau consommé ?
- quel sera l'impact de la réfection des canaux primaires, secondaires, tertiaires ou d'amenée sur le volume d'eau consommé ?
- comment organiser le tour d'eau afin de satisfaire au maximum les besoins en eau des cultures et de minimiser les pertes ?

4- DEROULEMENT DE L'ETUDE

Pour répondre aux différents besoins spécifiés dans les termes de référence, cette étude s'est déroulée selon les étapes suivantes :

- la recherche documentaire : dans un premier temps elle a consisté en la collecte d'informations sur le périmètre et le logiciel proposé pour mieux délimiter tous les contours du problème et analyser la faisabilité de l'étude dans le temps imparti. Cette étape a permis de faire quelques critiques sur les termes de référence. Dans un second temps, la recherche documentaire a permis de prendre en compte un certain nombre d'approches pour l'obtention de certaines données indispensables pour cette étude.
- La visite de terrain : cette visite a permis de connaître l'organisation spatiale du périmètre et de recenser les différents ouvrages qui y sont présents . A la suite de cette visite, une fiche d'observation a été élaborée pour mieux décrire l'état des équipements.
- La compréhension du logiciel BIRIZ : des simulations des besoins en eau ont été effectuées avec les données existant dans la base de données du logiciel pour mieux comprendre son fonctionnement et les principes théoriques qu'il utilise. Cela a permis de recenser un certain nombre de paramètres à rechercher sur le terrain.
- Les entretiens : l'étude a nécessité un entretien avec les aiguadiers et des exploitants pour mieux comprendre les problèmes d'eau sur le périmètre et la pratique de la riziculture sur le périmètre. Un questionnaire a été élaboré à cet effet.
- Les enquêtes sur le calendrier agricole : pour les besoins de la simulation avec le logiciel BIRIZ, un questionnaire sur le calendrier agricole a été préparé et administré aux exploitants du périmètre.

- Les mesures de terrains : ces travaux portent essentiellement sur les mesures de débits dans les différents canaux. Ces mesures ont permis de calculer l'efficacité de transport des canaux pour mieux diagnostiquer le réseau d'irrigation. Le suivi de la mise en eau des parcelles en notant le débit et le temps d'irrigation a permis d'apprécier l'efficacité d'application de l'eau.
- L'analyse des données : les différentes données collectées sur le terrain ont permis d'abord d'établir un diagnostic du périmètre en « superposant » état des équipements et niveau de gestion et ensuite de calculer les besoins en eau du périmètre en prenant en compte certaines contraintes du calendrier agricole.

5- CONTENU DU RAPPORT

L'ensemble du rapport s'articule autour de trois grandes parties essentielles:

- la première partie porte sur la présentation du projet.
- dans la seconde partie nous présentons les matériels et méthodes utilisés pour faire le diagnostic du périmètre. D'abord nous présentons la zone d'étude de façon générale. Ensuite nous faisons une présentation du périmètre irrigué de la Vallée du Kou à travers son historique, l'organisation spatiale différents ouvrages, les superficies irrigables, les superficies équipées, les aspects organisationnels, son contexte institutionnel. Enfin nous présentons les principes utilisés pour les mesures d'efficacités, les analyses préliminaires pour le calcul des besoins en eau avec quelques hypothèses simplificatrices.
- dans la troisième partie, nous faisons une analyse diagnostique du périmètre sur la base des résultats obtenus dans la partie précédente .
- enfin dans la dernière partie, nous faisons des propositions sur la base des trois parties précédentes.

6- PRESENTATION DU PROJET GE-EAU

6.1- Présentation du projet GE-eau

Le projet GE-eau " renforcement de la capacité de gestion des ressources en eau dans l'agriculture moyennant des outils de suivi-évaluation " est une initiative de l'université catholique de Louvain en Belgique. Le projet s'étend sur trois ans (de janvier 2002 à décembre 2004) avec un budget de 300.000 euros.

6.1.1- Contexte de création du projet

Deux préoccupations majeures ont motivé la création du projet :

- le manque d'un système d'estimation précoce des productions des cultures, donnant lieu en cas de mauvaise récolte, à une intervention de l'Etat souvent tardive.
- en l'absence de suivi, principalement la gestion de l'eau, ce qui compromet l'évaluation objective des performances technico-économiques des aménagements et leur impact sur l'environnement.

Le projet vient en appui au programme VREO (Valorisation des ressources en eau du Sud-Ouest) à travers le développement d'outils d'aide à la décision et un système de prévision précoce des productions agricoles.

6.1.2- Objectifs du projet

Le projet a pour objectif de développer des outils informatiques qui peuvent aider à mieux gérer l'eau et qui ont la capacité de formuler une estimation précise du rendement des cultures pluviales dans la région du Sud-Ouest. Le développement, calibrage et validation de ces types d'outils dans la zone d'intervention de la Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts-Bassins (DRH-HB) pourra aider au renforcement de la capacité de gestion des exploitants des systèmes agricoles irrigués et non-irrigués.

6.1.3- Les finalités du projet

A travers les différentes études menées avec ses outils, le projet vise à doter la DRH-HB :

- d'un ensemble de processus automatisés pour la collecte et le contrôle de la qualité des données pertinentes pour la gestion de l'eau.
- d'un instrument du type SIG comprenant les données mentionnées sous forme opérationnelle ainsi que divers outils informatiques et modèles de simulation. Cet instrument permettra d'analyser et de visualiser à l'échelle régionale la

disponibilité, la demande et l'utilisation de l'eau. Cet instrument permettra également de planifier et d'optimiser la gestion des ressources en eau.

A travers stages et mémoires organisés en partenariat avec l'EIER, les outils pourront être connus dans les différents Etats membres de l'EIER.

7. MATERIELS ET METHODES

7.1- Présentation générale de la zone d'étude

7.1.1- Situation géographique

La Vallée du Kou est une vaste plaine de 9700 ha située dans le bassin du Mouhoun. Le périmètre est situé à 25km au nord de la ville de Bobo-Dioulasso, entre les latitudes 11°22' et 11°24' Nord et les longitudes 4°24' et 4°26' Ouest. Le canal principal constitue une boucle pour le périmètre sur sa partie Ouest et Nord. A l'Est la rivière Kou constitue une limite naturelle pour le périmètre.

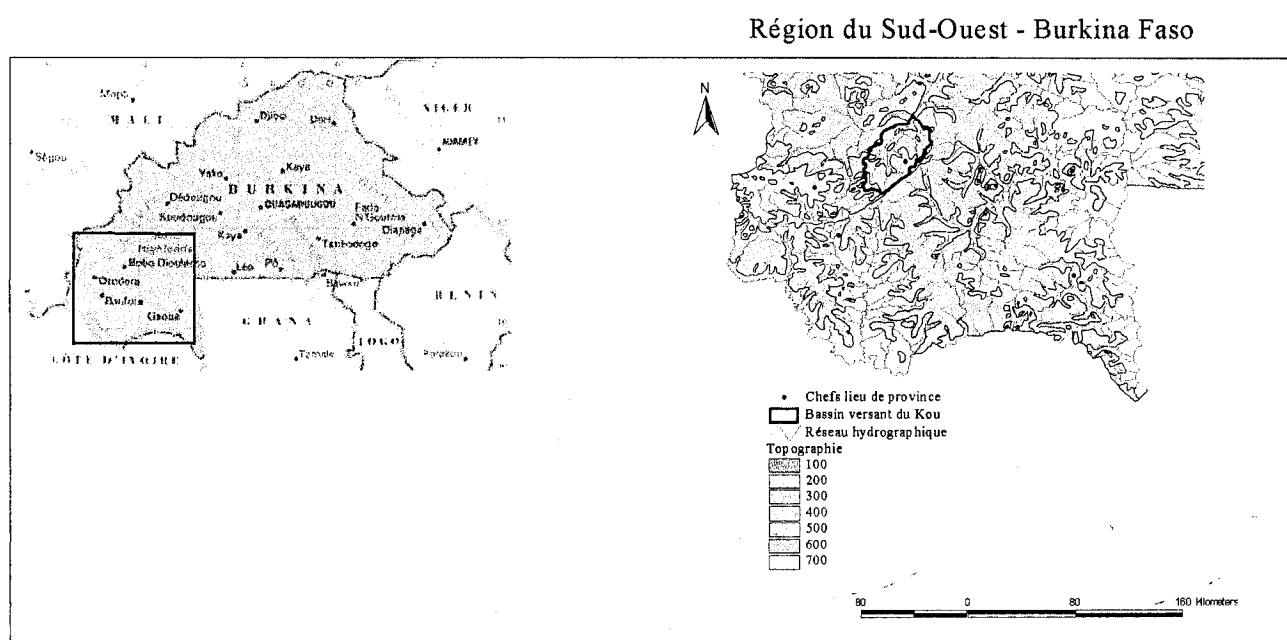


Figure 1 : Région du Sud-Ouest du Burkina

7.2- Le climat

Du point de vue climatique, le périmètre est situé entre les isohyètes 900mm et 1100mm. Le climat est du type soudanien avec deux saisons :

- une saison pluvieuse allant de mai à octobre avec des pointes de pluies en août.
- Une saison sèche allant de novembre à avril caractérisé par l'harmattan (vent sec soufflant depuis les hautes pressions sahariennes).

Entre les deux saisons il existe une période de transition entre mars et avril, caractérisée par des pluies appelées « pluies des mangues ».

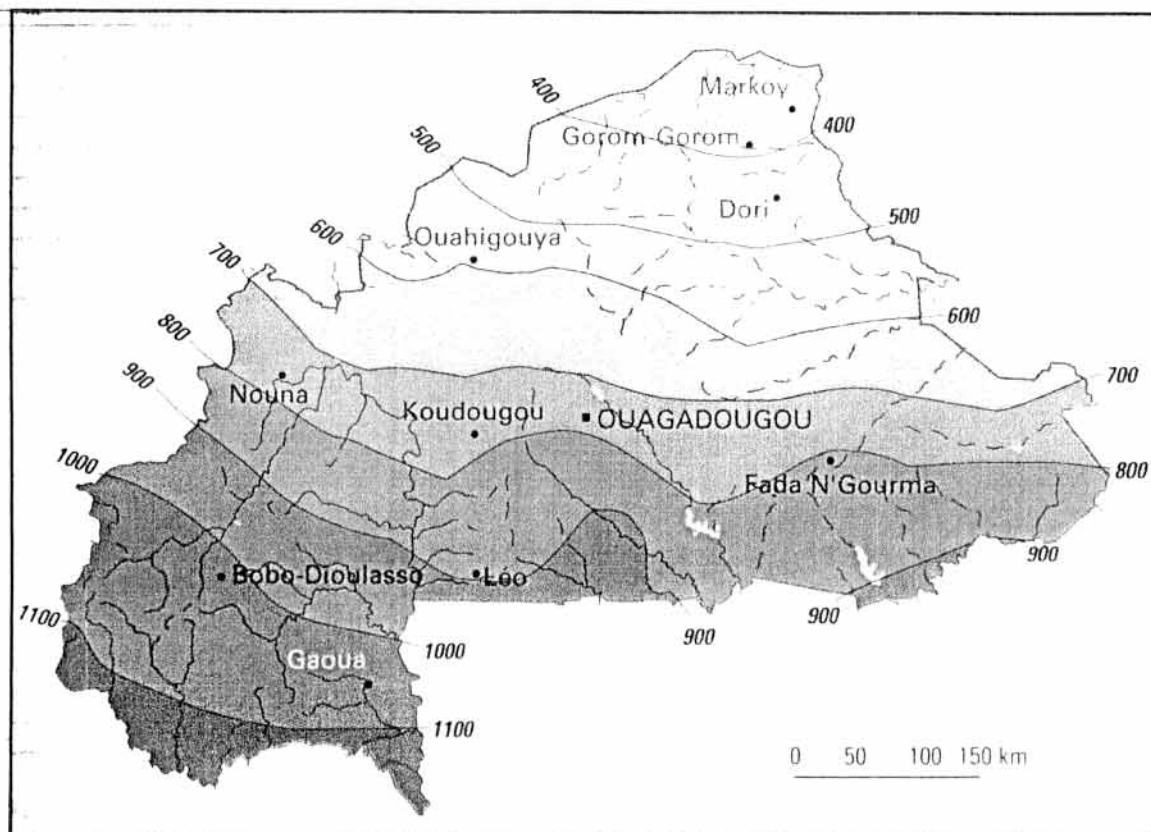


Figure 2: Précipitations moyennes annuelles (mm) sur une période de 30 ans (1966-1995)

Source: Direction de la météorologie nationale de Burkina Faso.

7.2.1- Les températures

Cette partie de la zone soudano- sahélienne est caractérisée par une amplitude thermique annuelle assez faible. Pendant la saison sèche, les températures maximales varient de 33 à 37°C et les minimales de 17° à 22°C.

Pendant la saison des pluies, les maxima se situent entre 29 et 31°C et les minima autour de 21°C.

7.2.2- L'hydrographie

Le Kou ou Baoulé est le premier affluent important de rive droite du Mouhoun. Il s'écoule vers le Nord-Est et est formé par la jonction de deux marigots : Kiéné et Farakoba qui prennent leur source dans le plateau de Banfora à une altitude de 500 m. Son cours, grossi après les sources de Kokorowé et de Dindéresso reçoit en rive gauche, le marigot de Yengué et à son entrée dans la plaine, celui de Suo. En aval de la plaine, le Kou reçoit le marigot de Niamé.

7.2.3- Les sols

On distingue essentiellement trois unités pédologiques

Unité 1 : elle est relativement hétérogène et comprend des sols dont la morphologie exprime un engorgement temporaire par l'eau. On y trouve des sols sur alluvions fluviales ainsi que des sols développés sur certaines roches mères. Ces sols sont localisés le long de la bordure orientale des grès.

Unité 2 : Elle correspond aux régions qui dominent les cuirasses anciennes et leur produit de démantèlement.

Unité 3 : Elle comprend les sols ferralitiques qui apparaissent sur certains matériaux, dans la coupure Ouest-Sud.

7.2.4- La végétation

La végétation du bassin est fonction des unités morpho structurales :

Sur les plateaux cuirassés, elle est du type arbustif clair.

Sur les glacis, elle est du type arbustif plus ou moins dense et du type arboré.

Dans les bas-fonds, la végétation est du type forêt galerie plus ou moins claire selon les zones.

7.2.5- Le milieu humain

L'aménagement du périmètre rizicole a favorisé la mise en place de huit petits villages devenus aujourd'hui des quartiers. Plusieurs ethnies sont rencontrées dans la zone. Les plus nombreux restent les mossi et les bobo. Les principales religions dans la zone sont : l'islam, le christianisme

7.2.6- Les activités socio-économiques

L'agriculture et la pêche constituent les principales activités socio-économiques de la Vallée du Kou. L'élevage y est extensif et le bétail surtout pour la culture attelée. La riziculture occupe la première place dans l'agriculture de la Vallée du Kou. Les autres cultures céréalières et les cultures maraîchères en saison sèche viennent au second rang et une bonne partie de la production est vendue dans la ville de Bobo-Dioulasso. La vente de fruits (mangues, papayes, bananes,...) commence à prendre de l'ampleur dans la zone.

7.3- Présentation du périmètre irrigué de la Vallée du Kou

7.3.1- Généralités sur les aménagements au Burkina Faso

Il existe au Burkina Faso quatre principaux types d'aménagements selon la ressource en eau :

- les aménagements de bas-fonds : l'alimentation en eau est assurée par la pluie qui inonde la zone aménagée. On distingue les bas-fonds à maîtrise partielle de l'eau (bas-fond amélioré, bas-fond simple) et les bas-fonds sans maîtrise de l'eau (bas-fond traditionnel, pluvial strict).
- Les périmètres irrigués par dérivation au fil de l'eau : l'alimentation en eau est assurée par une dérivation sur un cours d'eau. Ils couvrent une superficie de 6179 ha et permettent une double campagne agricole.
- Les aménagements en aval de barrage (exemple : périmètre de Mogtado) : l'eau d'irrigation provient du barrage. Ils couvrent une superficie de 3894 ha et permettent parfois de réaliser 2 récoltes.
- Les périmètres irrigués par pompage dans les cours d'eau (exemple : périmètre du Sourou) ; ils ont une superficie de 1102 ha et permettent la double campagne agricole.

Le périmètre de la Vallée du Kou appartient au type d'aménagement par dérivation au fil de l'eau. L'eau d'irrigation provient de la rivière Kou (d'où le nom Vallée du Kou). L'irrigation est gravitaire.

7.3.2- Historique du périmètre irrigué de la vallée du kou

Les travaux de base du réseau hydraulique ont débuté en 1969 grâce à une coopération taïwanaise. Les cent premiers hectares aménagés ont été mis en exploitation en 1970. en 1974, la mission taïwanaise a été remplacée par celle de la République de Chine qui a poursuivi les travaux de l'aménagement jusqu'en 1976 où il a été transféré à l'Etat voltaïque à l'époque. La gestion du périmètre est assurée par l'ORD (Organisation Régionale de Développement) qui poursuit l'encadrement agricole des exploitants jusqu'en 1979. Dès 1980 le périmètre a bénéficié d'un financement de la Banque Ouest Africaine de développement (BOAD) destiné à promouvoir la culture attelée et l'élevage en tant qu'activité économique complémentaire. Le second vient des Pays-Bas à travers une mission d'assistance programmée en trois phases dont la dernière s'est achevée en 1993. Cette mission avait pour but essentiel la réhabilitation du réseau hydraulique, l'amélioration de la gestion au plan organisationnel et l'intégration de l'élevage.

En 1995 la grande coopérative s'est disloquée en 8 petites coopératives regroupant les 8 villages devenus des quartiers. Depuis cette période le périmètre connaît des difficultés de tous ordres et fait l'objet de plusieurs études.

7.3.3- Structure du périmètre

Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou comprend de façon générale :

- un réseau d'irrigation qui se compose d'une prise d'eau en rivière, un canal d'amenée, un canal principal, des canaux secondaires, des canaux tertiaires et des canaux quaternaires
- un réseau de circulation
- des ouvrages ponctuels
- un réseau de colatures.

7.3.4- La prise d'eau

Elle est réalisée sur la rivière Kou qui est un affluent du fleuve Mouhoun. La prise est constituée d'une digue, d'une section de contrôle qui est un muret anti-érosif, d'un seuil de dérivation, de trois vannes de chasse, plates du type à glissière comportant un mécanisme à vis et manœuvrées par des volants, d'une vanne de prise pour le canal d'irrigation. L'ouverture de ces vannes est réglée de sorte à dériver un débit qui n'excède pas $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit maximal admissible dans le canal d'amenée). Le débit affluent varie entre $14.2 \text{ m}^3/\text{s}$ en août et $3.09 \text{ m}^3/\text{s}$ en Mars (IWACO, 1986). A l'étiage, tout le débit du Kou est dévié pour l'irrigation du périmètre, ce n'est qu'à la saison des pluies que la rivière retrouve un écoulement continu.

7.3.5- Le réseau d'irrigation

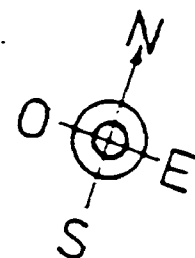
Le canal d'amenée, le canal principal, les canaux secondaires et tertiaires sont tous revêtus en béton. Ils sont de section trapézoïdale de façon générale. Les changements de section (passage d'une section trapézoïdale à une section rectangulaire ou vice versa) sont observés uniquement au niveau des ouvrages de franchissement et à l'entrée des secondaires et tertiaires. A ces endroits précis la section est rectangulaire sur une longueur allant de 3 à 10m selon le type d'ouvrage ponctuel et selon le canal concerné.

Une distinction est faite entre les canaux secondaires. Certains sont appelés canaux secondaires auxiliaires. Ils sont au nombre de 8 tout comme les autres canaux secondaires . Ils sont à peu près de même section que les tertiaires et dominent une superficie allant de 14 à 54 ha.

Les canaux quaternaires constituent les arroseurs des parcelles. Ils sont en terre et n'ont pas une section bien précise car souvent modifiée lors des travaux d'entretien. Ils sont équipés d'une vannette mobile à leur entrée.

7.3.6- Le réseau de colature

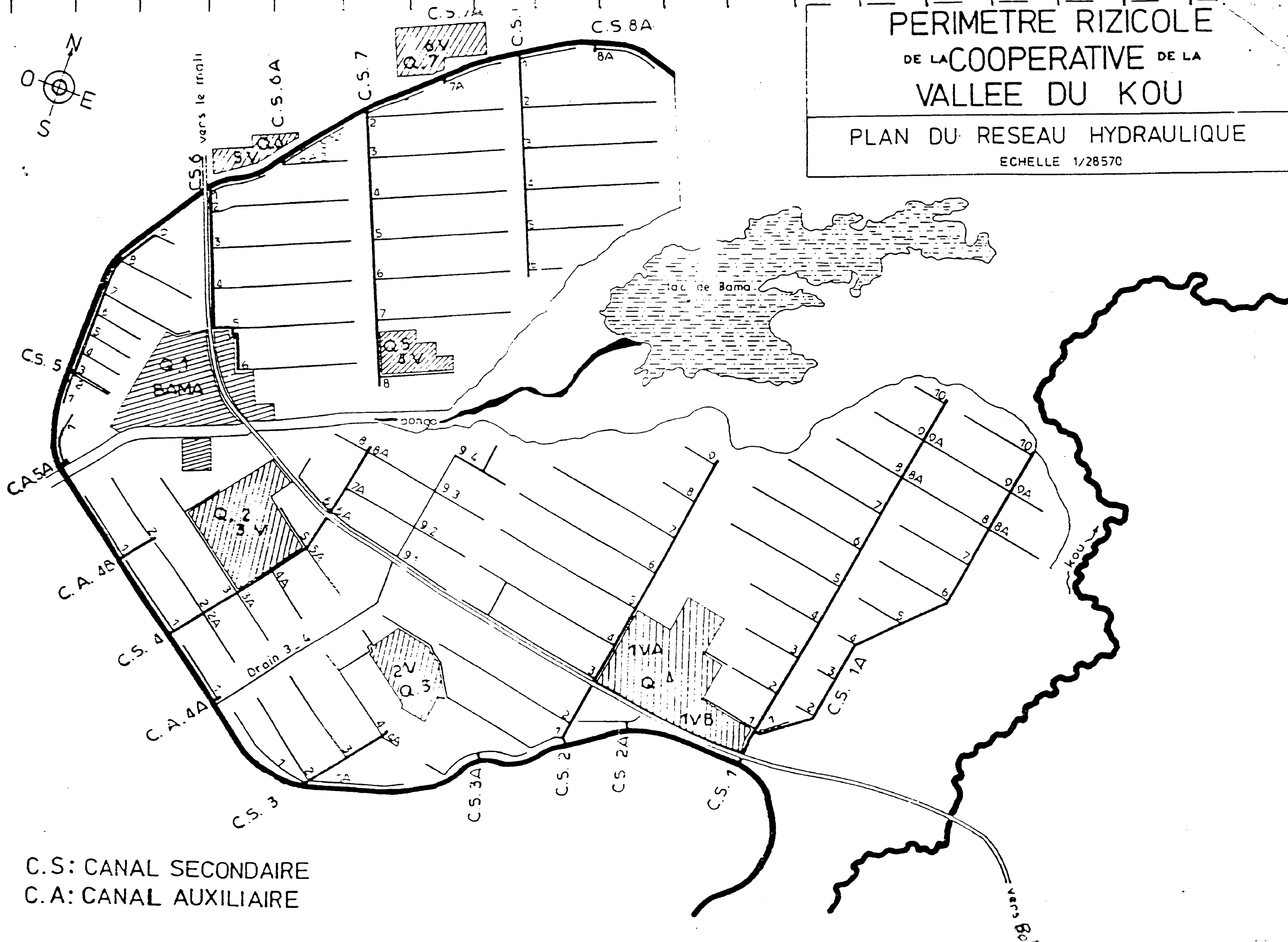
Il existe un réseau de colatures constitué de fossés quaternaires, tertiaires, secondaires et principaux. Ce réseau assure le drainage des eaux excédentaires et nuisibles vers le lac Bama. Les eaux d'inondation du périmètre sont drainées par le marigot Bongo et conduites également vers le lac. L'excès d'eau du lac est vidé au moyen d'un canal émissaire qui est relié à la rivière en aval du périmètre.



PERIMETRE RIZICOLE DE LA COOPERATIVE DE LA VALLEE DU KOU

PLAN DU RESEAU HYDRAULIQUE

ECHELLE 1/28570



C.S: CANAL SECONDAIRE
C.A: CANAL AUXILIAIRE

7.3.7- Le réseau de circulation

Il existe sur le périmètre un réseau de circulation permettant d'accéder aux différents ouvrages et aux parcelles. Les pistes sont des pistes pour véhicules sans croisement (4m de large) et des pistes piétonnes (à peine 1.50 m de large).

7.3.8- Les ouvrages ponctuels

Les ouvrages de régulation amont : la régulation amont est assurée par une succession de déversoirs dans le canal primaire et dans les canaux secondaires. Ces déversoirs sont implantés en aval des prises des canaux secondaires ou tertiaires . Ils sont pour la plupart des déversoirs longitudinaux . Au niveau des canaux secondaires, ils sont implantés tous les 100m. Le déversoir type Giraudet se rencontre uniquement sur le canal principal. Les déversoirs du canal principal comportent des passes fermées par des vannettes.

Les ouvrages de prise : ce sont des modules à masque implantés à l'entrée de tous les tertiaires. Ils comportent quatre orifices calibrés (5,10,15,et 30 l/s) permettant de transiter un débit maximum de 60 l/s. Les prises étaient initialement assurées par des vannes de prise. Les modules à masques ont été implantés par la suite à environ 2m après les vannes de prise.

Les ouvrages de franchissement : au niveau des canaux secondaires et tertiaires, les obstacles à franchir sont essentiellement des pistes. Le franchissement se fait par-dessous par des dalots. Au niveau du canal principal et du canal d'amenée, en plus des dalots, il y a des siphons inversés équipés d'une grille de protection à leur entrée.

Les ouvrages de sécurité : la fonction de sécurité est assurée par des déversoirs latéraux implantés sur le canal d'amenée. Leur rôle est d'écarter les débits excédentaires du canal d'amenée.

Autres ouvrages : il existe des ouvrages de raccordement entre les canaux et les ouvrages de franchissement. Le canal principal et les canaux secondaires comportent sur chaque bief des chutes de faible hauteurs (20 cm). Les différents canaux comportent dans leur partie amont des échelles de lecture permettant de contrôler le débit lâché. Au niveau du canal d'amenée une prise aménagée au moyen d'une buse bétonnée, placée en amont du siphon inversé , permet d'effectuer des prélèvements pour l'alimentation d'un périmètre supplétif sur la rive gauche. Cette prise n'était pas prévue dans l'aménagement initial.

7.4- les superficies

Selon Tran-Minh Duc (1995) on distingue :

- le périmètre dominé qui est l'ensemble de superficie pouvant recevoir l'eau du réseau par gravité ; il comprend en plus des terres exploitées, les zones non agricoles et les zones d'emprise du réseau
- le périmètre irrigable qui est la partie du périmètre dominé pouvant être cultivée et irriguée avec profit ;
- le périmètre équipé qui est la partie du périmètre irrigable desservie par le réseau d'irrigation.

Les superficies irriguées par les différents tertiaires ont été mesurées dans le cadre du projet "Vallée du Kou" en 1988 (annexe1). Le périmètre équipé a une superficie totale estimée à 1295.2 ha.

Le tableau 1 présente les superficies dominées.

Tableau 1: Caractéristiques du réseau hydraulique du périmètre aménagé de la Vallée du Kou

Canal	Nombre de tertiaires	Débit maximum (m ³ /s)	Longueur (m)	Pente (‰)	Profondeur (m)	Surface dominée (ha)	Quartier
Amenée		3.2	11000	0.40	1.40	1470	
Principal		3.1	11000	0.4	1.30	1371	
1A	12		2500		0.46	105	Quartier 4-1
1	12	2.1	2500	1.5	0.85	216	Quartier 4-1
2	9	1.4	1000	1.8	0.63	231	Quartier 4-2
3	6	0.6	600	4.1	0.60	100	Quartier 3
4	12	1.8	1625	0.67	0.83	215	Quartier 2
5	9	0.75	1000	2.5	0.60	62	Quartier 1
6	6	2.2	1150	5	0.82	134	Quartier 6
7	8	1.6	1650	5	0.70	178	Quartiers 5,6,7
8	6	1.3	1250	4.8	0.60	130	Quartiers 5,6,7
Auxiliaire		0.06 -0.30	250 - 500	0.4 à 0.7	-		
Tertiaire		0.06 - 0.3	100 - 1200	0.3 à 0.6	-		
Emissaire		3	5450	0.6	1.50	300	tougagama

Source : Rapport technique du projet « Vallée du Kou » (1988).

NB : les débits et les surfaces indiquées ne sont que des maxima et donc différents des débits et surfaces utiles.

L'ensemble de la superficie irrigable est divisé en 9 blocs secondaires délimités par des canaux secondaires ; chaque bloc secondaire est subdivisé en blocs tertiaires bordés par les canaux tertiaires qui à leur tour sont divisés en parcelles de 1 ha. Chaque parcelle comporte des casiers 20 m x 25 m . La disposition des parcelles est indiquée dans la figure ci-après.

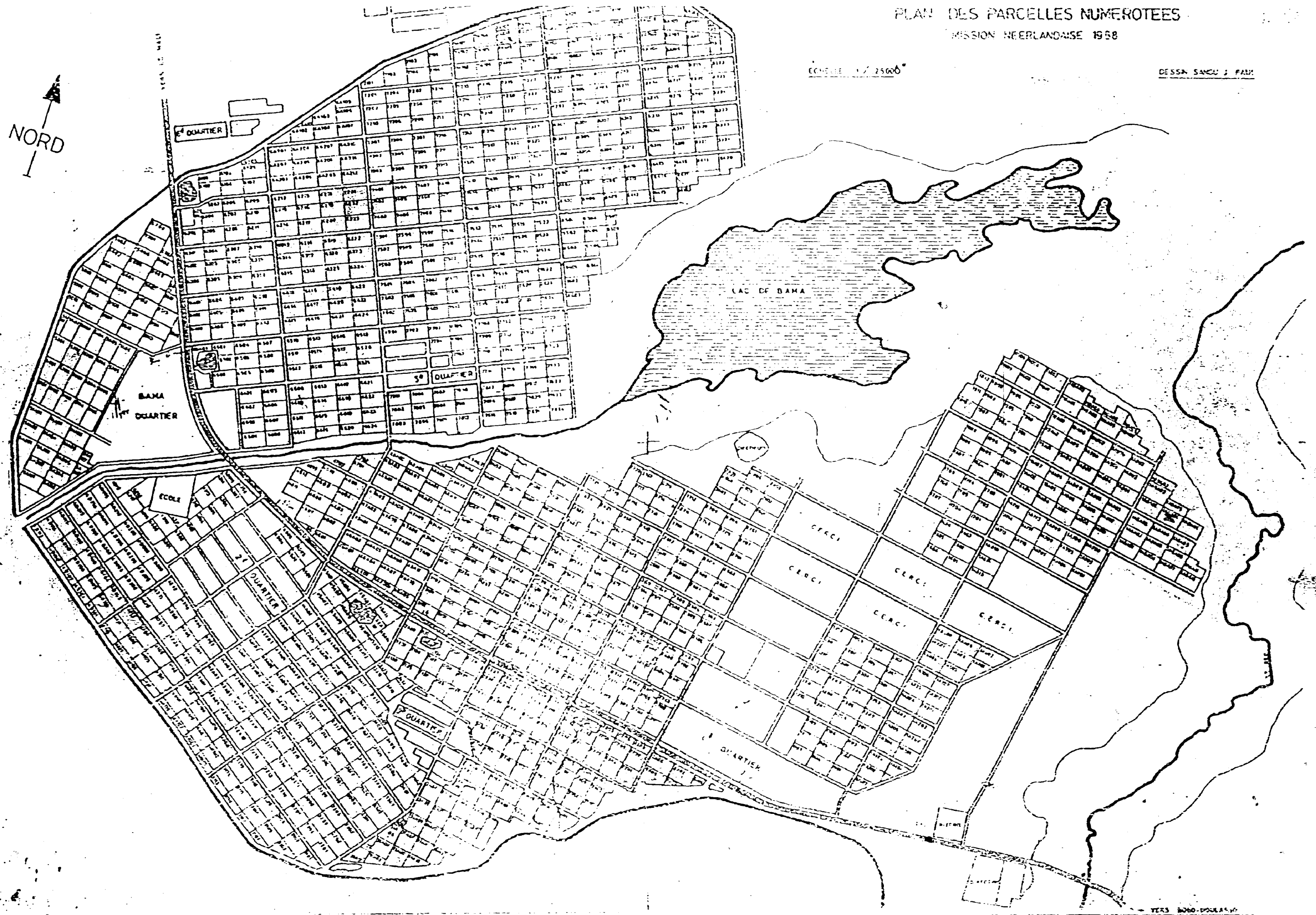
PLAN DES PARCELLES NUMEROTEES

MISSION NEERLANDAISE 1958

ECHELLE 1/25000

DESSIN SANCHE & FAUPEL

NORD



VERS BOBO-DIOULASSO

7.5- Aspects organisationnels

Dès le début de sa mise en valeur le périmètre était géré par « La Grande Coopérative ». A la création de cette coopérative, l'adhésion était obligatoire pour tous les exploitants. Cette coopérative s'est disloquée 1994. Chaque quartier s'est doté de sa propre coopérative. Ces coopératives de quartier ont vu le jour en 1995 après une campagne sans coopérative. Chaque coopérative de quartier a à sa charge l'organisation de l'acquisition en intrants de son quartier ainsi que la recherche de clients pour l'écoulement des produits d'après récolte. L'organigramme des coopératives est donnée sur la figure 5.

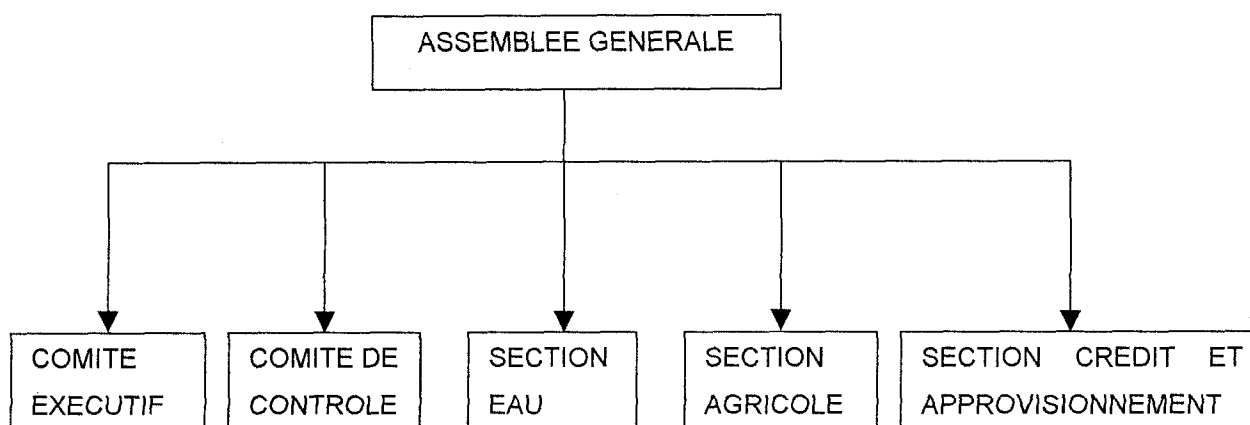


Figure 5: Organigramme des coopératives de quartier dans la vallée du kou (Dicko, 2004)

En 2001, les différentes coopératives de quartiers se sont regroupés pour former l' « Union des Coopératives » avec les objectifs suivants :

- amélioration de la production de paddy,
- amélioration de la productivité,
- la réalisation des opérations de crédits et approvisionnement au profit de ses membres.

L'Union des Coopératives comprend les instances suivantes :

- ✓ l'Assemblée Générale (AG) composée de huit (8) représentants de chaque coopérative, soit au total soixante-quatre (64) membres,
- ✓ le conseil de gestion ou comité exécutif composé d'un bureau de neuf (9) membres;
- ✓ le comité de contrôle comprenant trois (3) membres;
- ✓ le comité de Gestion Eau avec deux (2) membres;
- ✓ le comité approvisionnement et crédit avec deux (2) membres;
- ✓ le comité agricole avec deux (2) membres.

Les différentes coopératives font des emprunts à la caisse populaire pour l'achat d'intrants en début de campagne. Ces emprunts sont remboursés à la fin de chaque campagne en pesant directement la valeur correspondante en riz paddy. Il faut que la coopérative rembourse toutes les dettes pour accéder à un nouveau crédit. Seuls les exploitants à jour du remboursement de leurs crédits sont pris en charge dans la coopérative.

7.6- Exploitation et entretien

Le périmètre irrigué de la Vallée du Kou est la propriété de l'Etat Burkinabé. Les terres sont concédées aux exploitants venus de tous les horizons.

Depuis la rétrocession du périmètre aux exploitants de la Vallée du Kou, il est entièrement géré par ces derniers. Chaque coopérative est responsable d'un bloc de secondaire. Les différentes coopératives fonctionnaient de façon indépendante jusqu'à la création de l'Union des Coopératives.

L'attribution des parcelles était basée sur un certain nombre de critères (nombre d'actifs dans la famille, possession d'équipements agricoles,...). Chaque exploitant avait droit à une parcelle de 1 ha.

Chaque coopérative s'occupe de l'entretien des équipements de son bloc. Il est prévu pour chaque campagne trois entretiens :

- Le premier a lieu au démarrage de chaque campagne et porte sur le nettoyage des canaux avec réfection des pistes et des diguettes.
- Les deux autres se font en pleine campagne et portent essentiellement sur le désherbage et curage des drains, réfection des diguettes.

7.7- Aspects réglementaires

Dans chaque coopérative il existe un cahier de charge hérité de l'époque de la Grande Coopérative. Il est prévu des sanctions (amendes) en fonction de la nature de la faute. Les principaux points faisant l'objet d'une sanction sont :

- endommagement d'un équipement : la hauteur de l'amende dépend de l'équipement endommagé (tertiaire, secondaire, primaire et principal, vannettes, chaîne, cadenas, échelle de lecture)
- absence aux nettoyages
- baignade dans le canal
- lessive ou vaisselle dans le canal
- bagarre pour l'eau sans raison

7.8- Aspects institutionnels

Il existe au Burkina Faso un cadre institutionnel de production, de diffusion des semences améliorées et d'appui technique et des organismes dont un certain nombre interviennent sur le périmètre de la Vallée du Kou :

- l'Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA)
- le Comité Inter-Professionnel du riz au Burkina (CIR-B)
- la Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des ressources Halieutiques (DRAHRH)

Le tableau de l'annexe 2 présente en détail les différentes institutions ainsi que la nature de leurs relations avec les coopératives de la Vallée du Kou.

Cette présentation du périmètre permet d'élaborer une méthodologie d'analyse diagnostique adéquate.

7.9- Méthode d'évaluation des efficacités

L'efficacité désigne la fraction de la quantité d'eau totale qui sera bénéfique pour la plante.

Les pertes d'eau se produisent à différents niveaux :

- au niveau des canaux, durant le transport de l'eau entre la prise et les champs
- au niveau de la parcelle, après l'application d'eau
- au niveau de la plante lors de l'application d'eau au sol

L'efficacité est calculée par la formule suivante :

$$E = \frac{Q_{utile}}{Q_{reçue}} \times 100$$

Avec :

E : efficacité (en %)

Q_{utile} : quantité d'eau utile (en mm ou en m³)

Q_{reçue} : quantité d'eau reçue exprimée dans la même unité que *Q_{utile}*

▪ Méthode de calcul des efficiences

❖ Au niveau des ouvrages de transport

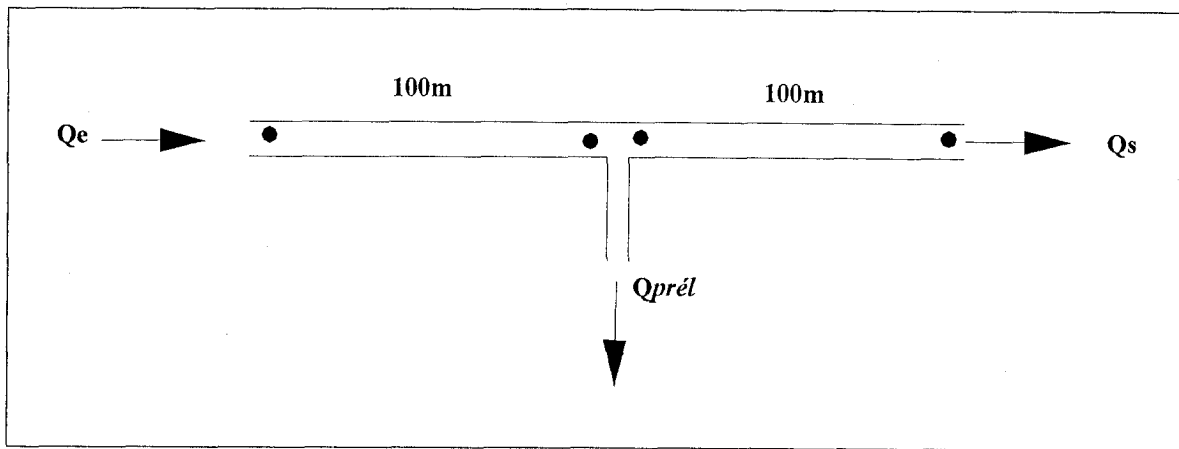


Figure 6 : les points de mesure pour un canal donné.

Nous allons estimer l'efficiency de transport des différents canaux du périmètre de la manière suivante :

- estimation des vitesses à l'entrée et à la sortie des canaux par la méthode du flotteur : on mesure le temps mis par un corps flottant pour parcourir une distance fixée. La distance est de 10 à 15m pour les canaux secondaires et principal, et de 3 à 5m pour les canaux tertiaires. Le corps flottant est une bouteille lestée pour les canaux secondaires et canal principal, et un objet flottant trouvé sur place (noyau de mangue) pour les canaux tertiaires.

On calcule la vitesse par la formule suivante :

$$U = \frac{D(m)}{t(s)} \text{ en m/s}$$

Avec :

U : vitesse du corps flottant (en m/s)

D : la distance parcourue par le corps flottant (en m)

t : le temps mis (en s)

La vitesse moyenne de l'eau est obtenue en appliquant à la vitesse du flotteur un coefficient de correction 0.82 tenant compte de l'inégale répartition des vitesses dans les différents points de la section.

$$V = 0.82 \times U$$

avec :

V : vitesse moyenne de l'eau dans le canal (en m/s)

U : vitesse du flotteur (en m/s)

Nous ferons ce test 5 fois dans chaque cas puis nous prendrons la moyenne des vitesses.

- mesures de la section mouillée : nous allons mesurer le tirant d'eau , la largeur au miroir (b), la largeur au plafond (l) puis nous en déduisons la section mouillée par la formule :

$$S = \frac{(b+l) \times y}{2}$$

Avec :

S : la section mouillée (en m²)

b : largeur au miroir (en m)

l : largeur au plafond (en m)

Le débit est alors calculé par la formule :

$$Q = V \times S$$

Avec :

Q : débit (en m³/s)

V : vitesse moyenne de l'eau (en m/s)

S : section mouillée du canal

Connaissant le débit à l'entrée (Q_e) , le débit à la sortie (Q_s) et le débit prélevé par les canaux dérivés (Q_{prél}) on détermine l'efficience du canal par la formule

$$E = \left(1 - \frac{Q_e - Q_s - Q_{prél}}{Q_e}\right) * 100$$

Avec :

E : efficience de transport du canal (en %)

Q_e : débit à l'entrée du canal (en l/s)

Q_s : débit à la sortie (en l/s)

Q_{prél} : débit prélevé (en l/s)

Remarques :

- pour le calcul de l'efficacité de transport de canal principal, nous avons fait des lectures de débits au niveau des échelles respectivement à l'entrée du canal, et à l'entrée des canaux secondaires
- au niveau du canal d'amenée, une mesure de vitesse a été effectuée à l'entrée et une autre à l'amont immédiat du canal principal (à peu près une distance de 11 km après le premier point de mesure).

❖ au niveau de la parcelle

L'efficacité d'application est donnée par la formule :

$$E(\%) = \frac{DN}{DB} \times 100$$

avec :

DN : dose nette (en mm)

DB : dose brute (en mm)

Remarque : les rigoles de distribution n'ayant pas une section bien définie (rectangulaire ou trapézoïdale), il est difficile d'effectuer des mesures de débit à ce niveau. Nous avons alors utilisé une méthode regroupant les pertes de transport des canaux quaternaires et les pertes d'application à la parcelle. Nous avons suivi la mise en eau d'une parcelle pour évaluer l'efficacité : il faut 2h d'irrigation avec un débit de 20 l/s pour établir une lame d'eau de 5cm sur un ensemble de 5 casiers (20 m x25 m) déjà saturés, situés à l'aval de la parcelle en dérivant tout le débit de la rigole.

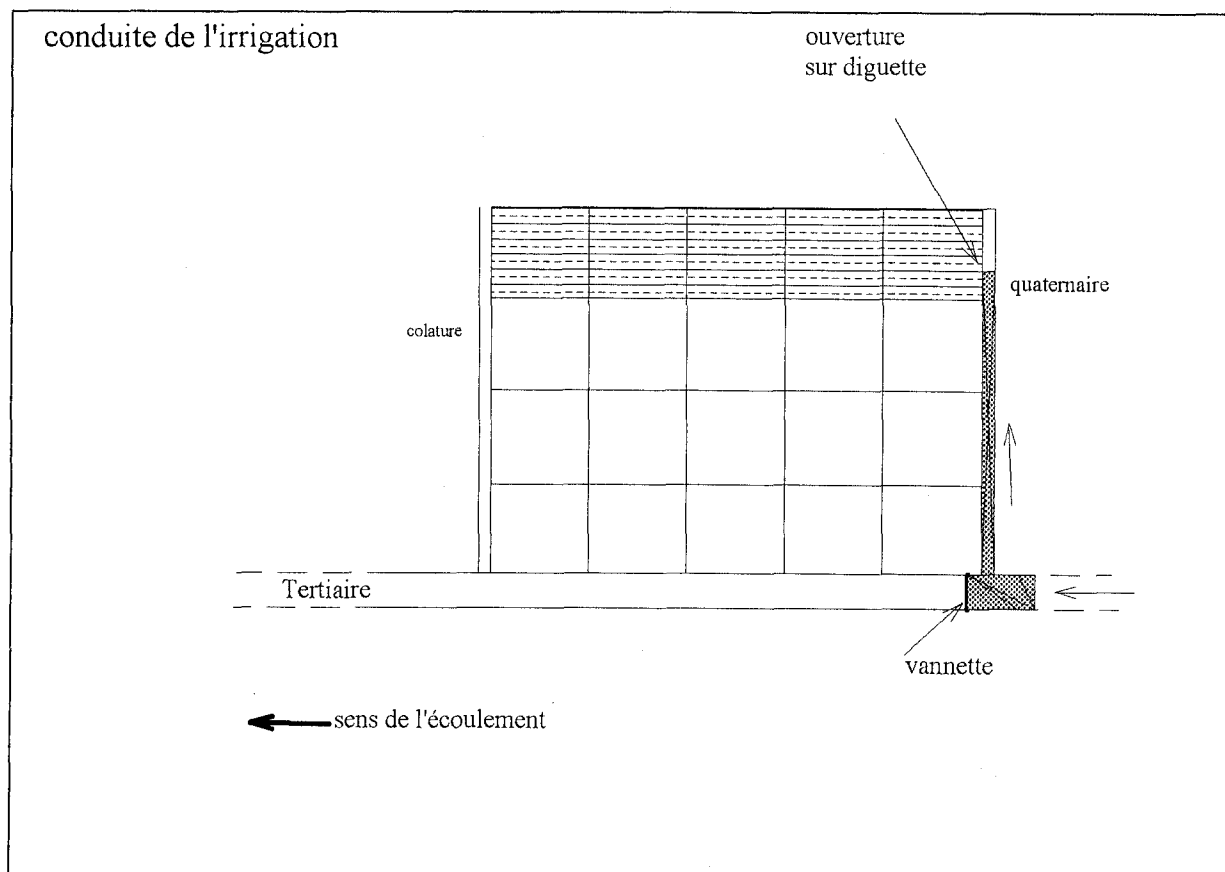


Figure 7: remplissage de 5 casiers par une rigole

7.10- Calcul des besoins en eau du périmètre

7.10.1- Les composantes des besoins en eau d'une rizière

Les besoins en eau d'une rizière comprennent les volumes nécessaires aux usages et processus suivants (Kampen, 1970) :

- La préparation du sol (dans laquelle on inclut les besoins en eau de la pépinière). La quantité d'eau requise pour cette opération dépend de la texture et de la porosité du sol, de son état de saturation initial, de la profondeur de la nappe phréatique et de l'épaisseur de la couche à saturer qui est généralement inférieure à 50 cm et souvent limité à 25-30 cm (De Datta et Barker , 1978).
- L'évapotranspiration du riz (ET_{riz}) qui est régie par les conditions climatiques (influence de la période de culture) et par le développement du riz (Yukawa ,1992)

- La percolation (P_{erc}), très variable dans le temps et dans l'espace, comprend l'infiltration latérale (Walker et Rushton, 1986) et dépend des caractéristiques physiques du sol, de la profondeur de la nappe phréatique (Talsma et Van Der Lelij, 1992).

Pour obtenir les besoins en eau d'irrigation du riz, il faut soustraire des besoins en eau du riz, les pluies efficaces (P_{eff}). Ces précipitations efficaces dont l'importance dépend de la hauteur des diguettes (Kopec et al, 1984) sont souvent calculées à partir d'un pourcentage constant de la pluie totale (Smith, 1992). Mais plusieurs méthodes de calcul existent dont la description a été faite par la FAO (Dastane, 1977).

Pour le calcul des besoins en eau du périmètre rizicole de la Vallée du Kou nous allons utiliser le logiciel BIRIZ qui tient compte des différents besoins évoqués ci-dessus qu'il adapte au calendrier agricole.

7.10.2- Présentation du logiciel « BIRIZ »

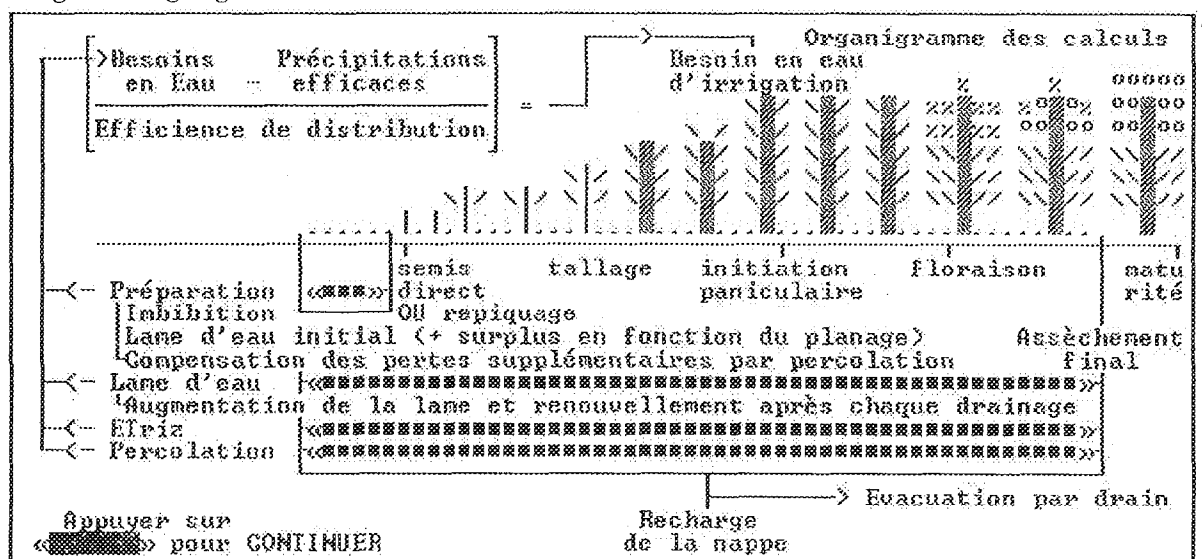
Le logiciel est composé de deux programmes BIRIZ et BIRIZINP.

BIRIZ est un logiciel informatique développé par Dirk Raes pour l'estimation des besoins en eau d'irrigation d'une rizière ou une série de rizières. Il permet aussi de calculer les besoins en drainage ainsi que la quantité d'eau perdue par percolation profonde pendant une saison de culture. Le modèle peut aussi être utilisé pour estimer les futures demandes ou évaluer les quantités d'eau utilisées lors des saisons précédentes.

BIRIZINP est un programme qui permet d'effectuer des modifications dans la base de données du logiciel. Les données utilisées par défaut pour le calcul des besoins en eau et des pertes en eau vers la nappe sous-jacente peuvent être mises à jour ou modifiées par l'utilisateur. Les valeurs mises à jour ou modifiées sont stockées dans des fichiers par BIRIZ. Les paramètres climatiques et culturels de la région ainsi que les données climatiques d'une période déterminée ou d'une année particulière sont aussi spécifiées et mises à jour par le biais de BIRIZ.

7.10.3- principe de calcul avec le logiciel BIRIZ

Figure 8: organigramme des calculs



BIRIZ calcule pour chaque jour de la saison culturale les besoins en eau d'irrigation (I_{rr}) en tenant compte des besoins en eau pour la préparation du terrain (imbibition (SAT)+ couche d'eau initiale + quantité supplémentaire pour compenser les pertes d'eau dans les fissures au début de la saison) pour l'établissement d'une lame d'eau ($LAME$), pour la compensation des pertes par évapotranspiration (ET_{riz}) et par percolation profonde ($PERC$) et en tenant compte de la contribution des précipitations (Pe_{eff}) et des pertes de distribution ($LOSS$). Le besoin en eau d'irrigation brut est obtenu en divisant le besoin net par l'efficacité de distribution (E).

$$I_{rr} = \frac{SAT + LAME + ET_{riz} + PERC - Pe_{eff}}{E}$$

Les besoins en drainage sont donnés par la quantité d'eau évacuée hors des champs pendant la saison de culture et avant la récolte. Une partie de la pluie inefficace et les pertes de répartition sont aussi évacuées par le système de drainage. Les pertes par percolation des champs inondés et du réseau de canaux de drainage plus une partie des pluies inefficaces rechargeant la nappe d'eau sous-jacente.

7.10.4- Les paramètres d'entrée du logiciel

Les différents besoins en eau pris en compte dans le calcul du besoin net d'irrigation (SAT , $LAME$, ET_{riz} , Pe_{eff} , $PERC$) sont des données complexes dont l'estimation se fait par BIRIZ à l'aide de données relativement plus simples utilisées comme paramètres d'entrée pour le logiciel.

▪ Les valeurs par défaut

Ce sont des valeurs qui sont considérées comme fixes tout le long de la simulation. Elles comprennent :

- les quantités d'eau requises pendant la préparation du terrain. Les connaissances sur les caractéristiques physiques du sol, la hauteur des diguettes et l'évolution de la lame d'eau durant le cycle permettent de déterminer ces quantités.
- l'organigramme des écoulements dans lequel sont mentionnées les différents niveaux où les pertes se produisent ainsi que les pourcentages perdus.

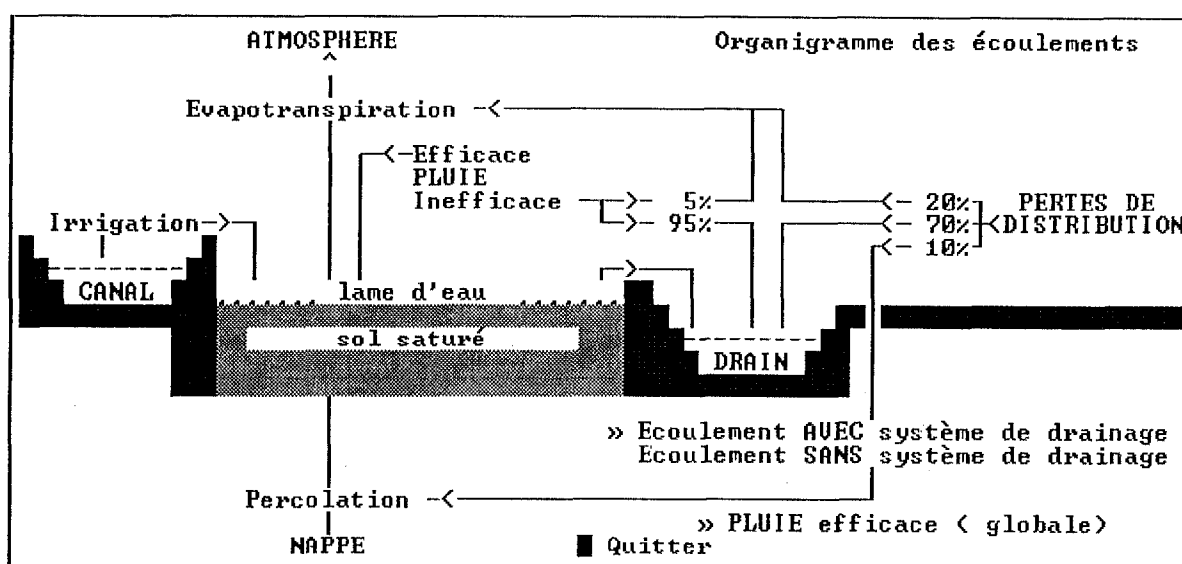


Figure 9 : organigramme des écoulements selon le logiciel BIRIZ

- le calendrier cultural adapté aux façons culturales (semis direct ou repiquage) et dans lequel sont indiqués les coefficients culturaux correspondant à chaque phase du cycle, le temps de séjour en pépinière, le temps de reprise après repiquage et la longueur du stade de mi-saison.

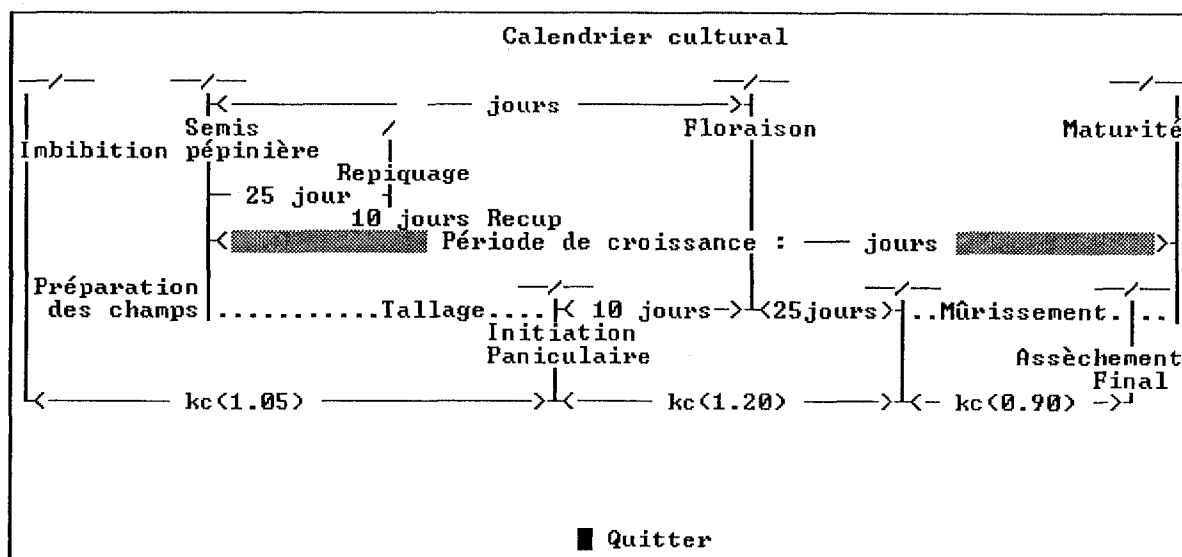


Figure 10: calendrier cultural avec les paramètres utilisés par défaut

la description du périmètre

La description du périmètre pour le logiciel consiste à spécifier :

- le climat de la zone (pluies fiables et valeurs de ET0)
- la percolation (utilisée par le logiciel pour décrire le type de sol)
- la qualité du planage du terrain (la valeur à entrer est la quantité d'eau supplémentaire qu'engendre le mauvais planage).
- l'efficience de distribution
- la présence ou non de canaux de drainage
- les paramètres du riz : ce sont essentiellement la longueur du cycle, la surface cultivée en riz, la durée de chaque phase, depuis le démarrage des travaux de préparation jusqu'à la maturation, les dates de renouvellement de la lame d'eau (pour apport d'engrais ou autres travaux). Il est possible à ce niveau d'utiliser trois cultures différentes (se distinguant par leur longueur de cycle et leurs coefficients culturels). Enfin, pour une culture donnée, le logiciel permet de préciser la longueur de chaque phase du cycle en fonction de la date de semis.

7.10.5- Les calculs possibles avec le logiciel BIRIZ

Après avoir introduit tous les paramètres d'entrée, le logiciel BIRIZ calcule (selon l'option choisie par l'utilisateur) soit les besoins en eau d'irrigation, soit les besoins en drainage, soit les pertes par percolation. Ces calculs sont faits sur une période précisée par l'utilisateur (toute la saison d'irrigation ou la période de croissance d'une culture précise).

Il est possible avec ce logiciel, de faire une évaluation d'un périmètre sur une période donnée de son « histoire ». Il est également possible de « superposer » plusieurs périmètres pour comparaison. Les résultats des calculs peuvent être exprimés respectivement en mm, en m³, en milliers de m³.

7.11- Connaissances générales sur le riz

Une connaissance, même sommaire, des différentes étapes de la croissance du riz, nous paraît nécessaire pour mieux comprendre son comportement et les exigences culturales qui en découlent. Certains détails sur les exigences en eau du riz pourront permettre une utilisation efficiente du logiciel BIRIZ pour le calcul des besoins en eau.

7.11.1- Généralités sur le riz au Burkina

Le riz occupe la 4^{ème} position parmi les céréales cultivées au Burkina Faso et tient une place stratégique importante dans l'économie (bulletin trimestriel du CNRST n°41). Sa consommation connaît une augmentation rapide du fait de la démographie galopante et du changement des habitudes alimentaires lié à l'urbanisation. Les études sur les besoins en eau permettent de rationaliser les pratiques d'irrigation du riz (fourniture d'eau limitée au besoins de la culture) par une augmentation de la productivité des terres et de l'eau et un accroissement des superficies irriguées (Dembélé et Duchesne, 1999).

7.11.2- Cycle végétatif du riz

Le riz est une plante des climats chauds avec une température optimale comprise entre 28°C et 35° en fonction du stade végétatif (cf. Memento de l'Agronome).

Entre le semis et la maturité, la vie de la plante peut se diviser en quatre phases :

- la germination
- le tallage
- la floraison ou épiaison
- la maturité

Il est souvent fréquent de voir la vie de la plante se poursuivre après la récolte avec l'émission de nouveaux talles fertiles pouvant donner lieu à une seconde récolte de faible importance (Dobelmann, 1976).

La phase la plus importante dans le cycle du riz est le tallage. C'est la période de croissance où le riz a la possibilité d'émettre des tiges secondaires et tertiaires donnant naissance à autant de panicules. C'est durant cette phase que le riz est plus sensible aux soins culturaux, notamment aux sarclages et aux apports d'engrais azotés en couverture.

Pour une même variété, le cycle végétatif peut être profondément modifié par plusieurs facteurs :

- les facteurs climatiques : le facteur thermique est celui qui modifie le plus le cycle du riz
- les techniques culturales : elles peuvent modifier la longueur du cycle végétatif de quelques jours. C'est le cas du repiquage qui a une action retardatrice en raison du temps de reprise nécessaire après les transplantations et aussi du fait d'un tallage beaucoup plus développé qu'en semis direct.

Souvent on classe les variétés de riz (cf. Memento de l'Agronome) en riz précoce (jusqu'à 120 jours de cycle végétatif), riz de saison (aux environs de 160 jours), riz tardif (au-delà de 170 jours).

Le logiciel BIRIZ que nous utiliserons pour le calcul des besoins en eau reconnaît un autre type de classification suivant la longueur du cycle : le cycle très court ("very short"), cycle court ("short") et cycle moyen (medium). Compte tenu du caractère subjectif de l'appréciation des longueurs de cycle nous allons nous contenter d'introduire les longueurs de cycle au lieu de choisir l'une ou l'autre des classifications.

La hauteur maximale de la plante varie entre 0.90 m et 1m. La profondeur racinaire a été mesurée sur plusieurs parcelles en réalisant une excavation près des souches de riz déjà récolté. Il apparaît que les racines sont peu profondes, voir superficielles avec la quasi-totalité située dans la tranche de 0 à 20 cm. Toutefois la valeur de 30 cm comme couche à saturer nous paraît raisonnable.

7.11.3- Les variétés de riz

Il existe au monde deux espèces de riz cultivé :

- *Oriza glaberrima*, originaire d'Afrique de l'Ouest
- *Oriza sativa*, originaire de l'Inde et de la Chine.

Il existe une multitude de variétés dérivées suivant différents critères (morphologie du grain, longueur de cycle, importance du tallage,...).

Sur le périmètre rizicole de la Vallée du Kou la variété reconnue officiellement est le FKR28 dont les caractéristiques ont été étudiées par l'INERA. Plusieurs variétés sont rencontrées sur le périmètre. Depuis la disparition de la grande Coopérative, les riziculteurs de la Vallée du Kou utilisent toute sorte de semences suivant des critères qui leur sont propres (rendement à l'hectare, gonflement à la cuisson,...), pour peu que la longueur du cycle leur permette de respecter le calendrier d'irrigation. C'est ainsi que la durée du cycle végétatif peut varier de 100 jours pour certaines variétés (riz hâtif) à 130 jours, voire plus pour d'autres.

Compte tenu des habitudes sans cesse changeantes des producteurs en matière de semence et surtout dans le souci d'éviter de calculer les besoins en eau avec les caractéristiques d'une variété éphémère (on ne peut pas être sûr de retrouver la même

variété la campagne suivante), nous allons utiliser les caractéristiques du FKR28 pour cette étude. Le tableau ci-dessous indique quelques informations utiles pour la simulation avec le logiciel BIRIZ.

Tableau 2 : Durée des différentes phases du cycle du riz (saison chaude)

Dénomination :FKR28					
Genre : <i>Oriza</i>					
Espèce : <i>Sativa</i>					
Longueur de cycle : 120 jours					
Longueur des différentes phases du cycle végétatif					
Levée+plantule		Tallage + développement	Epiaison	maturation	
Installation		Végétation	Floraison	Formation du produit	mûrissement
pépinière	Rizière				
25 jours	10 jours	40 jours	10 jours	25 jours	10 jours

Remarque : Pour une même variété la longueur du cycle peut varier en fonction des conditions climatiques, surtout de température (cf. paragraphe précédent). Cette remarque apparaît à travers les entretiens avec les exploitants et les aiguadiers. Ces modifications affectent surtout la première campagne (riziculture de saison sèche) où certaines phases du cycle se déroulent pendant la période froide (décembre à février). Selon les producteurs du quartier 2 (l'un des quartiers les mieux organisés selon l'enquête menée en février) ce facteur joue sur la durée de la pépinière (retard d'une dizaine de jours) et sur le temps de reprise après repiquage.

Pour tenir compte de ce facteur dans le calcul des besoins en eau avec le logiciel BIRIZ, nous allons utiliser deux longueurs de cycle différents pour la même variété (FKR28). La longueur de cycle indiquée dans le catalogue du CILSS (cf.annexe3) est de 135 jours pour la saison froide.

Tableau 3 : Durée des différentes phases du cycle du riz (saison froide)

Dénomination :FKR28					
Genre : <i>Oriza</i>					
Espèce : <i>Sativa</i>					
Longueur de cycle : 135 jours					
Longueur des différentes phases du cycle végétatif					
Levée+plantule		Tallage + développement	Epiaison	maturation	
installation		Végétation	Floraison	Formation du produit	mûrissement
pépinière	Rizière				
35 jours	15 jours	40 jours	10 jours	25 jours	10 jours

7.11.4- Comportement hydrique de la plante

Le riz réalise ses meilleures performances agronomiques lorsqu'on maintient une lame d'eau permanente dans la parcelle (Maity et Sarkar , 1990) dont le rôle principal est le contrôle des mauvaises herbes (Moody , 1993). Cependant, bien que le riz soit beaucoup plus exigeant en eau que beaucoup d'autres cultures, il craint beaucoup plus l'excès d'eau que la sécheresse (cf. Amélioration des plantes tropicales).

Pour mieux comprendre la pratique de la riziculture dans la Vallée du Kou, nous avons réalisé un entretien avec les exploitants de la coopérative du quartier 2 (coopérative la mieux organisée selon l'enquête socio-économique effectuée en mars 2004). Pour le calcul des besoins en eau avec BIRIZ, nous allons considérer l'évolution de la lame d'eau telle qu'elle a été décrite par les producteurs de la Vallée du Kou.

7.11.5- Les types de rizicultures

En fonction de l'alimentation hydrique, on distingue plusieurs types de rizicultures (CIRAD-ORSTOM) :

- lorsqu'il y a submersion, la riziculture est dite irriguée s'il y a contrôle (ou encore maîtrise totale) de l'eau et inondée dans le cas contraire.
- Lorsqu'il n'y a pas submersion pendant la culture et qu'il existe une nappe phréatique proche de la surface du sol, la riziculture est dite pluviale sur nappe ; si cette nappe est absente, on parle de riziculture pluviale stricte.

Selon cette classification, la riziculture de la Vallée du Kou est une riziculture avec maîtrise totale de l'eau.

7.11.6- Les coefficients cultureux du riz

Le coefficient cultural traduit l'effet de la culture sur l'évapotranspiration, c'est-à-dire sur les besoins en eau de la culture. C'est un facteur de rationnement de la demande évaporative qui dépend des caractéristiques de la culture elle-même (stade de développement, taille de la culture), des conditions climatiques (humidité, fréquence des pluies, vitesse des vents,...).

7.12- **Analyse des données climatiques**

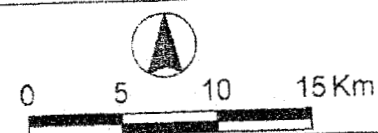
7.12.1- La pluviométrie dans la vallée du Kou

Les données pluviométriques proviennent de la station agro-météorologique de la Vallée du Kou. Cette station est implantée sur le périmètre de la Vallée du Kou. Pour tenir compte de l'hétérogénéité spatiale des données pluviométriques nous avons établi le polygone de Thiessen sur l'ensemble du bassin du Mouhoun .

Bassin Versant du Kou



- Stations pluviométriques
- Périimètre irrigué
- Polygones de Thiessen
- Bassin du Kou



GEeau

7.12.2- Analyse fréquentielle

L'analyse des fréquences des pluies a été effectuée par la méthode statistique.

- trier les (n) données (P_i) par ordre décroissant
- attribuer un numéro (r) à chaque valeur (P_i) avec $r=1$ pour la plus grande valeur (P_1) et $r=n$ pour la plus petite (P_n)
- les fréquences de dépassement (Fr) se calculent par la formule suivante :

$$Fr = (r - 0.5) / n$$

7.12.3- Les précipitations efficaces

▪ Le concept

La notion de précipitation efficace a été introduite pour tenir compte des apports de la pluie dans la programmation des irrigations. La quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation doit être calculée en tant que complément des précipitations.

Les précipitations ne sont pas nécessairement utiles ou souhaitables selon le moment, l'intensité et le volume de leur réception. Les précipitations efficaces représentent les précipitations utiles ou utilisables (Raes, 2001). Le terme « précipitation efficace » se réfère à la fraction utile de la précipitation totale reçue. Il existe plusieurs appréhensions de la notion de précipitation efficace selon les usages faits de l'eau. Selon Dastane (1977), en agriculture, « les précipitations efficaces, pour autant que sont concernés les besoins en eau des cultures, devraient être perçues comme la portion des précipitations totales, annuelles ou saisonnières, qui sont utiles, directement et/ou indirectement, pour la production de récolte là où elles tombent, mais sans pompage et sans causer aucun dommage au rendement ou à la qualité des cultures ».

▪ Méthodologie

Il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation des précipitations efficaces basée sur des formules empiriques. Parmi ces méthodes, nous utiliserons celle proposée par le Service de Conservation des Sols l'USDA (U.S.Département of Agriculture). Cette méthode utilise le rapport évapotranspiration sur précipitation. Elle est jugée satisfaisante pour des objectifs généraux de planification (Dastane, 1977). La formule utilisée est une formule empirique basée sur la précipitation et l'humidité du sol pour 22 stations expérimentales et sur une période de 50 ans. Elle s'énonce comme suit :

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{tot}}(125 - 0.2 P_{\text{tot}})/125 \text{ pour } P_{\text{tot}} < 250 \text{ mm}$$

et $P_{\text{eff}} = 125 + 0.1 P_{\text{tot}} \quad \text{pour } P_{\text{tot}} > 250 \text{ mm}$

avec :

P_{eff} : précipitation efficace (en mm)

P_{tot} : précipitation totale (en mm)

▪ Pourcentage de pluie efficace

Le logiciel BIRIZ calcule les pluies efficaces comme étant un pourcentage fixe de la pluie totale pour une période donnée. Ce pourcentage peut être une valeur mensuelle (à chaque mois de la période de végétation on affecte un pourcentage fixe), ou une valeur « globale » pour toute la saison.

Pour le calcul avec BIRIZ, nous avons utilisé une valeur globale. Ce pourcentage a été déterminé par la méthodologie exposée par Dirk Raes (2001) dans « Irrigation Agronomy » :

- sur la base d'une analyse des fréquences de dépassement, on calcule par la méthode de l'USDA, les pluies efficaces de chaque mois respectivement en année sèche (fréquence de dépassement 80%), en année normale (50%) et en année humide (20%).
- Le pourcentage de pluie efficace correspondant à chaque fréquence de dépassement est donné par le rapport de la pluie totale efficace sur la pluie totale sur l'ensemble de la saison.

7.12.4- Méthode d'estimation de l'évapotranspiration de référence ET_0

Sur la base des résultats de plusieurs études, notamment celle de Jensen et al.(1990), la consultation des experts de la FAO sur les méthodologies d'estimation des besoins en eau des cultures (Smith et al.,1992) a conduit à recommander la méthode de Penman-Monteith comme méthode privilégiée d'estimation de ET_0 du gazon, et donc pour servir de base à la détermination des coefficients culturaux.

La formule de Penman-Monteith s'énonce comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{moy} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad [\text{mm/jour}]$$

Avec:

ET_o	Evapotranspiration de référence [mm j^{-1}]
R_n	Rayonnement net à la surface de la culture [$\text{MJ m}^{-2} \text{j}^{-1}$]
G	Densité de flux de chaleur dans le sol [$\text{MJ m}^{-2} \text{j}^{-1}$]
T_{moy}	Température moyenne mesurée à 2 m du sol [$^{\circ}\text{C}$]
u_2	Vitesse du vent mesurée à 2 m du sol [m s^{-1}]
e_a	Pression de vapeur de l'air [kPa]
e_s	Pression de vapeur saturante de l'air [kPa]
Δ	Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
γ	Constante psychrométrique de l'air [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]

L'utilisation de la Formule de la 'FAO Penman-Monteith' nécessite les données climatiques standard suivantes :

- la température,
- la radiation solaire
- l'humidité de l'air
- la vitesse du vent.

Afin de garantir l'homogénéité des calculs, les mesures de ces paramètres climatiques doivent être réalisées à 2 m (ou converties à cette hauteur) au-dessus d'une surface étendue de gazon couvrant totalement le sol et sous des conditions d'alimentation en eau non restrictives.

7.13- Les données pédologiques

Les principaux objectifs visés à travers l'étude pédologique sont (cf. Traité d'irrigation) :

- évaluer la capacité des sols du secteur étudié à assurer un bon développement végétatif des cultures. Les aptitudes culturales (Boiffin, 1980 ; Boiffin et Sebillotte, 1982) sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles et les propriétés des sols. La carte pédologique conduit à un zonage du territoire en fonction de ses aptitudes et contraintes.
- estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer. Il est alors possible de recommander le type d'aménagement souhaitable.
- choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions de sol et de culture.

- fixer les règles à respecter pour une bonne conduite des arrosages dans les systèmes sols-cultures pratiqués. Il s'agit non seulement d'économiser l'eau et d'adapter les apports aux besoins des cultures mais aussi de protéger les eaux des nappes phréatiques contre les risques de pollution (Rned, 1995).

7.13.1- Caractéristiques physiques du sol

Nous allons nous astreindre dans cette partie aux seules données indispensables pour le calcul des besoins en eau de la rizière.

▪ **Les humidités caractéristiques du sol**

La connaissance des humidités caractéristiques du sol permet de calculer la quantité d'eau nécessaire pour la saturation du sol. Cette valeur qui constitue un des paramètres d'entrée du logiciel BIRIZ s'obtient par la formule suivante :

$$\text{Imbibition} = (H_{\text{sat}} - H_{\text{pfp}}) \times d_a \times z$$

Avec :

Imbibition : quantité d'eau nécessaire pour porter le sol à saturation (en mm)

Hsat : humidité à la saturation (en % vol.)

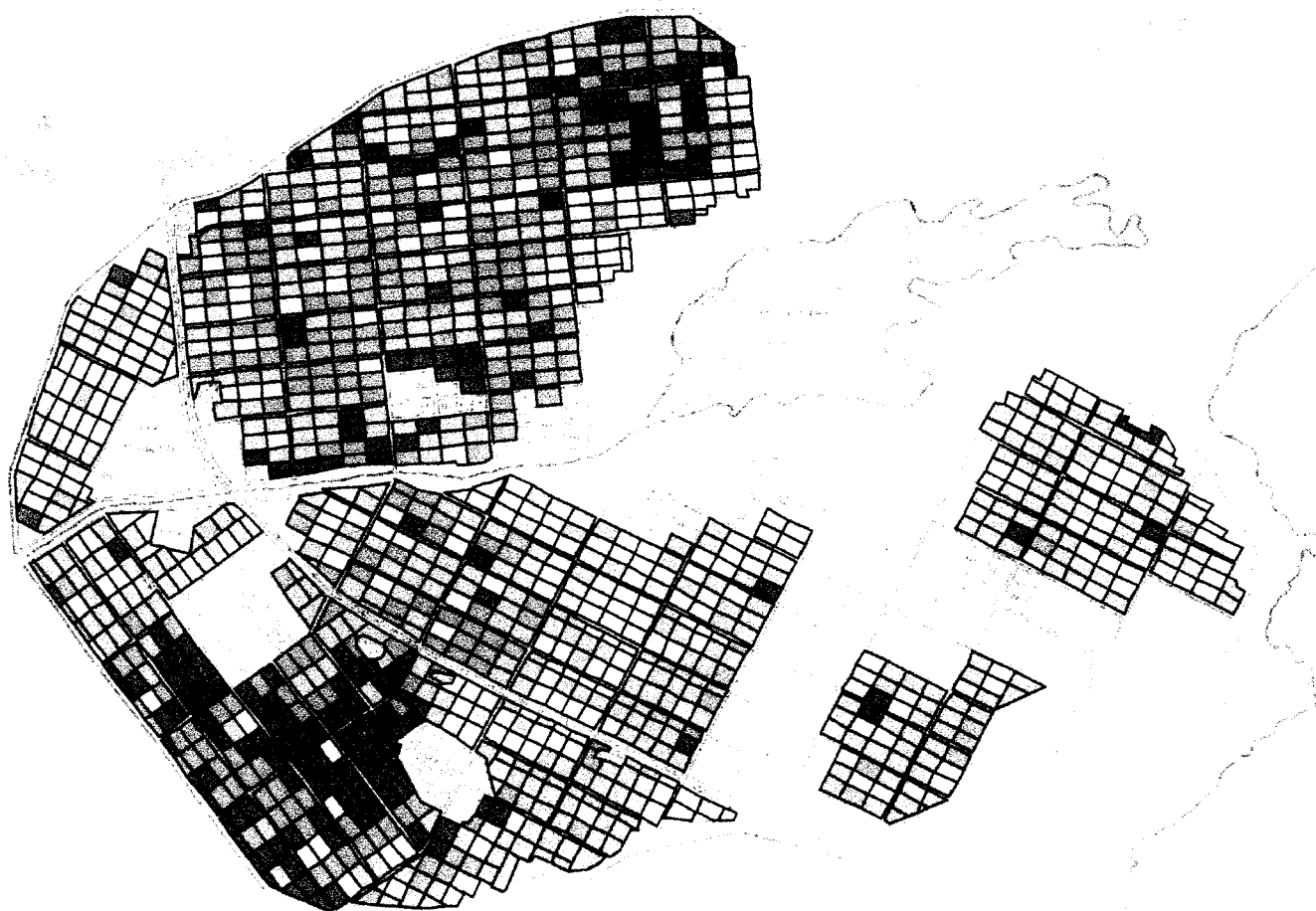
Hpfp : humidité au point de flétrissement (en % vol.)

da : densité apparente

z : épaisseur de la couche à saturer (en mm)

Pour les calculs des besoins en eau nous allons utiliser les humidités caractéristiques du type de sol dominant sur le périmètre. La texture dominante sur le périmètre peut être connue à travers une analyse de la carte pédologique ci-après :

Carte du Sol - Vallée du Kou-



-  sablo limoneux
-  sablo argileux limoneux
-  sablo argileux
-  limoneux
-  argilo limoneux
-  argileux

GEeau

▪ La percolation

La percolation représente la quantité d'eau qui s'infiltre au-delà de la zone racinaire. Elle dépend des caractéristiques physiques du sol, de la profondeur de la nappe phréatique.

C'est un paramètre important pris en compte pour le calcul des besoins en eau avec le logiciel BIRIZ.

La percolation a été déterminée par la méthode lysimétrique.

Principe :

On installe dans une parcelle deux lysimètres contenant du riz repiqué. Un premier lysimètre à fond fermé (pour empêcher les pertes par percolation) mesure l'évapotranspiration du riz. Un second sans fond mesure en plus de la quantité perdue par évapotranspiration, la quantité perdue par percolation. Une règle graduée placée sur chaque lysimètre permet de faire des lectures quotidiennes.

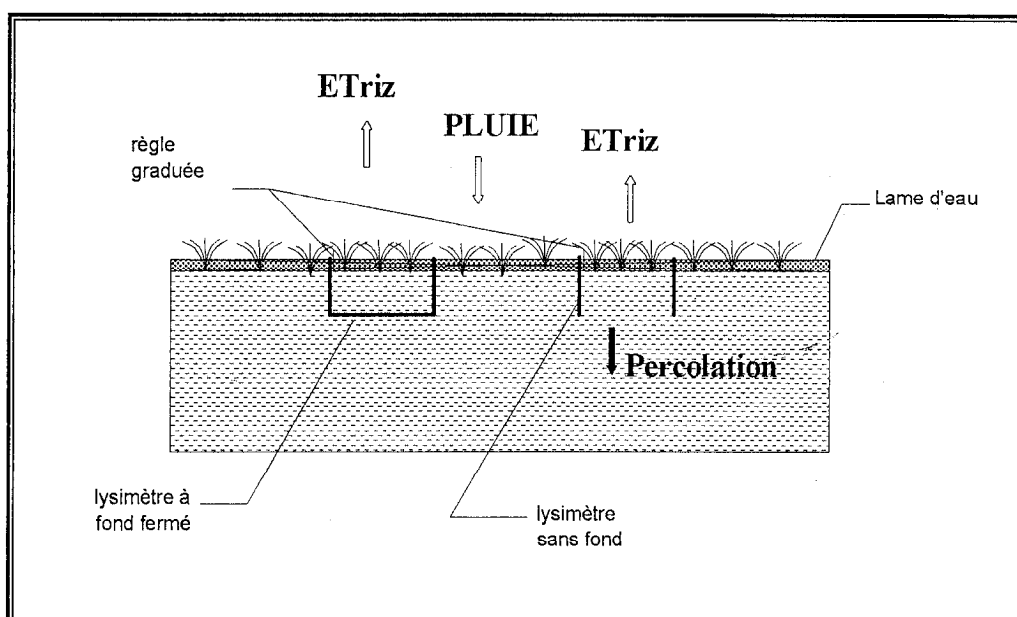


Figure 12 : dispositif lysimétrique pour la mesure de la percolation.

Le logiciel utilisé pour le calcul des besoins en eau ne permet pas d'entrer toutes les valeurs de percolation correspondant aux différentes textures. Nous allons donc utiliser une moyenne des différentes valeurs de percolation, pondérée des surfaces des sols qu'ils représentent.

8- RESULTATS ET DISCUSSIONS

8.1- Diagnostic du périmètre

Les problèmes d'eau sur le périmètre peuvent être liés au mauvais état des équipements. Nous tenterons à travers l'analyse de l'état des équipements d'apprécier l'impact d'une éventuelle réhabilitation des équipements du périmètre sur la réduction des pertes. Cette analyse portera essentiellement sur le réseau de canaux, les ouvrages ponctuels et le réseau de drainage.

Deux approches seront utilisées pour la présentation de l'état des équipements : la première approche est purement qualitative. Elle est basée sur des observations faites sur l'ensemble du périmètre. Dans une seconde approche nous présenterons les ouvrages de transport à l'aide de données chiffrées (les efficacités).

8.1.1- Etat général des équipements

▪ Etat des canaux

Malgré son âge, le béton utilisé pour le revêtement des différents canaux semble encore assez solide. Quelques canaux tertiaires présentent quand même un fond abîmé. Un certain nombre de problèmes témoignent d'un manque d'entretien :

- l'envasement des canaux : ce phénomène est observé surtout au niveau des canaux secondaires et tertiaires. Il est dû au transport de sable depuis le canal principal, à l'éboulement des cavaliers dans les canaux. Certains tertiaires au niveau du bloc 8 sont littéralement comblés.

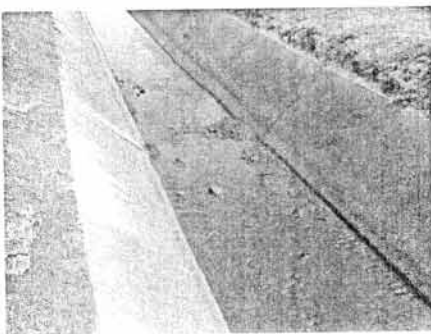


Photo 1 : transport de matériaux grossiers



Photo 2 : canal tertiaire ensablé

- l'enherbement : ce phénomène est étroitement lié au phénomène d'envasement. les herbes poussent généralement dans la partie envasée. Mais les racines de ces

~~herbes~~ ne traversent pas le béton dans la plupart des cas observés. L'enherbement est accentué au niveau des quaternaires qui sont en terre. En plus ~~des mauvaises herbes~~, il y a aussi du riz dans certains quaternaires.



Photo 3 : canal ensasé et enherbé

- la prolifération des arbustes sur les cavaliers des canaux : certains arbustes ont leurs racines implantées dans les cavaliers mais leurs branches sont plongées dans le canal. Cela entraîne une diminution de la vitesse de l'eau.



Photo 4 : présence d'arbustes sur berge de canal tertiaire

Tous ces éléments auront sans doute une conséquence sur la qualité de transport des ouvrages.

▪ Etat des ouvrages ponctuels

Des observations faites au niveau des ouvrages ponctuels, il ressort un certain nombre d'éléments pouvant justifier l'hypothèse du gaspillage d'eau sur le périmètre ou l'insuffisance des débits dans certains canaux :

- l'absence de vannettes à la prise des quaternaires : pratiquement toutes les vannettes ont disparu. Selon les aiguadiers, l'insuffisance des débits pourraient justifier ces vols. La fréquence de la rotation ne permettait plus de satisfaire les besoins en eau au niveau des parcelles. La conséquence directe de cette

~~absence~~ des vannettes est le gaspillage d'eau. L'absence de ces vannettes empêche une bonne organisation du tour d'eau. Les vannettes sont remplacées par des briques ou de petits barrages en terres. Ce qui entraîne des pertes ~~inévitables~~ et un ensablement des canaux.



Photo 5: utilisation de cailloux à la place de la vannette



Photo 6: absence de vannette

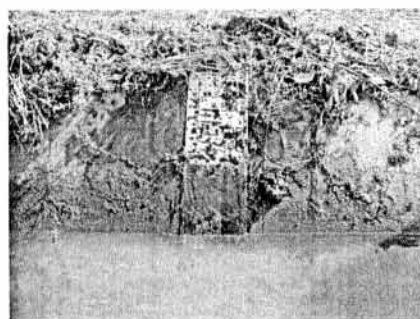
- l'absence de cadenas : ce constat a été fait au niveau des modules à masques. Ces ouvrages, conçus pour délivrer des débits variables entre 5 l/s et 60 l/s, sont souvent réglés sur leur débit maximum par les exploitants. Cela va entraîner des déficits au niveau des tertiaires situés un peu plus en aval.
- les pertuis réalisés sur les déversoirs en "Z " : cette observation est faite au niveau du canal secondaire 1 (CS1) vers l'aval. Ces pertuis vont entraîner un marnage important au droit de la prise de tertiaire située juste avant le déversoir. L'état du déversoir révèle une mauvaise connaissance sur le rôle de ce type d'ouvrage. L'ensablement de l'amont de ces déversoirs dénote un manque d'entretien.



Photo 7 : pertuis sur déversoir (aval CS1)

- la dégradation de la peinture au niveau des échelles de lectures : cela rend difficile le contrôle du débit à l'entrée des secondaires qui effectuent leur prise par des vannes manœuvrées à l'aide de volants.

Photo 8 : échelle de lecture illisible



▪ Etat du réseau de drainage

L'ensemble du réseau de drainage souffre d'un sérieux problème d'entretien. De par leur emplacement au-delà des zones qui intéressent les exploitants (c'est-à-dire les parcelles), les colatures préoccupent moins ces derniers que les canaux qui desservent leurs parcelles. Certains exploitants vont même jusqu'à semer du riz ou planter des papayers dans les colatures. Ce cas s'observe un peu partout sur le périmètre. On n'observe pratiquement pas d'écoulement dans les drains. La conséquence du manque d'entretien de ces ouvrages se voit surtout en saison pluvieuse où les fortes pluies provoquent des inondations sur le périmètre.



Photo 9 : colature contenant du riz

8.1.2- Evaluation des efficacités

▪ Efficacité de transport

Tableau 4: efficacité moyenne de transport des différents types de canaux.

Canal	Efficacité moyenne (%)	Nombre de canaux
Tertiaires	82	
Secondaires	94	7 ^(*)
Principal	87	1
Amenée	75	1
Efficacité de transport : 50%		

^(*) les canaux secondaires 5A et 6A ne sont pas représentatifs à cause de leur courte longueur.

▪ **Efficienc e d'application**

Dose nette : DN = 5cm = 50 mm

Dose brute : surface arrosée : S= 20x25x5 =2500 m²

Volume apporté : V = 20(l/s)*3.6*2 = 144 m³

$$DB(mm)=\frac{V}{S}*1000=\frac{144}{2500}*1000=57.6mm$$

Efficienc e : $E(\%)=\frac{50}{57.6}=87$

▪ **Efficienc e globale du réseau**

Il s'obtient en faisant le produit des différentes efficienc es : E = Et . Ed . Ea

Avec : Et efficienc e de transport

Ed efficienc e de distribution

Ea efficienc e d'application à la parcelle

Dans notre cas Ed x Ea = 87%

E= 0.50 x 0.87 = 44 %

Efficienc e globale du réseau : 44%

Commentaire : l'efficienc e globale d'un réseau d'irrigation gravitaire à canaux revêtu est de l'ordre de 50 à 60 % (Compaoré,1999). En plus des pertes inévitables prises en compte dans la conception, Il y a un manque à gagner de 6 à 16%.

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

Pour tenir compte de ce fait, on pourra admettre une efficienc e de transport du canal d'amenée au moins égale à l'efficienc e de transport du canal principal, soit 87%. Ce qui donne une efficienc e globale de 51%.

Il est possible d'améliorer l'efficienc e globale du réseau à travers une réfection du réseau. Mais la décision de réhabiliter le réseau doit tenir compte du niveau de gestion des équipements.

8.1.3- Les pratiques de la gestion

Les aspects organisationnels ont été étudiés par Dicko (2004) dans le cadre du projet APPIA (Amélioration des Performances sur les Périmètres Irrigués en Afrique). Nous en présenterons les principaux points dans cette partie.

L'année 1994 est assez évocatrice pour les exploitants du périmètre de la Vallée du Kou. C'est au cours de cette année que la Grande Coopérative s'est disloquée pour donner place à 8 petites coopératives de quartiers qui évoluent séparément. Actuellement le périmètre connaît de sérieux problèmes dont un certain nombre peuvent expliquer l'état actuel du périmètre et justifier l'hypothèse du gaspillage d'eau :

8.1.3.1 Les problèmes liés à l'organisation

- non paiement des redevances eau :
- non participation aux travaux d'entretien du réseau : cela explique l'état d'enherbement et d'envasement de certains canaux (colatures comprises).
- non respect des calendriers agricoles : le déphasage entre les dates de semis a un impact sur les besoins en eau de l'ensemble du périmètre.
- non application des sanctions : sa conséquence est l'utilisation de l'eau à des fins non agricoles.
- non respect des conditions d'attribution des parcelles : 20% des exploitants sont sans équipement
- non paiement des honoraires des aiguadiers : c'est l'aiguadier principal qui en souffre le plus car il parcourt chaque jour deux fois 11km (longueur du canal principal) à mobylette pour contrôler les débits de tous les secondaires. Les paiements se font le plus souvent en nature.

8.1.3.2 les dégâts et transformations sur les équipements

- vols de cadenas, destruction de certaines vannes
- pertuis réalisés sur les parois des canaux : les débits prélevés peuvent aller jusqu'à 10 l/s (estimé en faisant la différence des débits avant et après les pertuis
- pertuis réalisés sur les déversoirs en 'Z '.
-
- lessives et vaisselles dans les canaux d'irrigation
- baignades dans les canaux
- utilisation de l'eau d'irrigation pour des travaux de construction
- confection de briques en terre sur le périmètre avec de l'argile prélevée dans les parcelles

- ~~construction~~ de "seuils" dans le canal principal pour dévier le maximum de débits : des sacs remplis de sables ou des pierres sauvages sont utilisés pour élever le niveau de l'eau ~~au~~ droit de certaines dérivations.
- installation de cultures maraîchères sur les cavaliers du canal principal et irrigation avec l'eau du canal.
- prélèvements par des siphons pour l'entretien des bananeraies et des champs de maïs hors du périmètre.

Les images qui suivent illustrent mieux ces pratiques.



Photo 11 : culture sur cavalier du canal principal

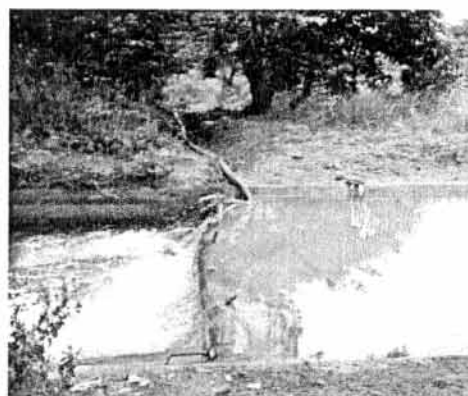


Photo 10 : branche jetée dans le canal pour prélèvement au siphon



Photo 12 : brique provenant des parcelles

8.1.4- les pratiques à l'amont du périmètre

Un certain nombre des pratiques constatées se retrouvent dans le périmètre informel^(*). Les prélèvements effectués sur le canal d'amenée ont pour conséquence la baisse des débits entre la prise et l'entrée du canal principal. A ce niveau aussi les sanctions sont difficiles à appliquer. Toutefois, des sorties sont souvent organisées dans la zone pour ramasser les siphons et autres outils utilisés pour le prélèvement de l'eau du canal d'amenée.

8.1.5- les interférences entre les coopératives :

Nous entendons par là les contradictions entre les coopératives pour la résolution de certains problèmes. Avant la dislocation de la Grande Coopérative, l'aiguadier disposait d'un document lui permettant de faire sanctionner les auteurs des dégâts causés sur un quelconque ouvrage. Actuellement cette décision appartient seulement à la coopérative à laquelle appartient l'auteur du dégât. Il arrive parfois que la sanction ne soit pas appliquée par une coopérative, quel que soit l'avis des autres. La cohésion est en train de s'installer avec la création de l'Union des coopératives.

8.1.6- Les difficultés de répartition équitable de l'eau d'irrigation

En dépit des nombreuses modifications apportées à l'organisation du tour d'eau, les problèmes d'eau persistent. La tendance actuelle est la distribution à la demande quand bien même les conditions ne sont pas réunies pour cela. En effet on peut relever :

- le nombre relativement élevé d'exploitants souhaitant irriguer au même moment conduit inévitablement à des conflits entre usagers. En général, l'adoption de ce mode de distribution se fait par consensus. Plusieurs cas de conflits ont été mentionnés par les aiguadiers qui sont souvent sollicités pour trancher : d'un côté il y a les exploitants qui attendent leur tour pour irriguer et de l'autre, il y a ceux qui ne supportent pas de voir leurs plantes « mourir », faute d'eau.
- l'absence de dispositifs de régulation automatiques indispensables pour ce mode de distribution, complique la tâche des aiguadiers qui d'ailleurs ne reconnaissent que la distribution au tour d'eau établie de façon officielle. L'inadéquation du réseau pour la distribution à la demande pourrait être à l'origine des dégâts causés sur certains ouvrages et des vols de vannettes, cadenas,...

^(*) on appelle ainsi l'ensemble des superficies situées à l'amont du périmètre rizicole, non reconnues officiellement et irriguées par l'eau prélevée dans le canal d'amenée.

8.2- Résultats du calcul des besoins en eau

Nous allons présenter d'abord les résultats des analyses préliminaires. Ces résultats sont utilisés comme paramètres d'entrée du logiciel. Ensuite nous allons présenter les résultats des calculs des besoins en eau.

8.2.1- Résultats des études préliminaires

8.2.1.1 La pluviométrie

La pluviométrie annuelle varie entre 600 mm et 1200 mm avec une évolution en « dents de scie ». Geert (2002) avait établi à travers un test d'homogénéité que les pluviométries dans cette zone étaient sans tendance significative contrairement à Bobo-Dioulasso où la tendance est à la baisse. Cette évolution est illustrée à travers le graphique suivant :

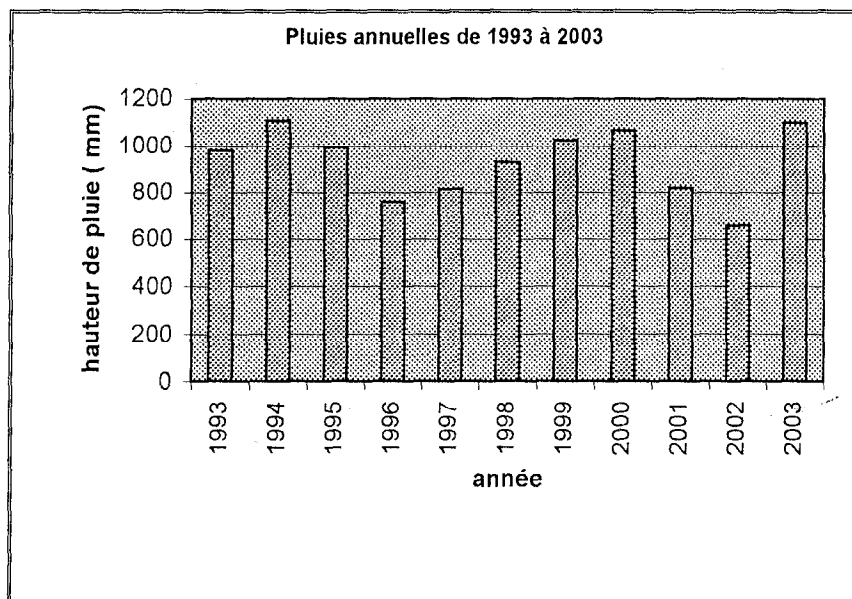


Figure 13: Evolution des pluies annuelles dans la Vallée du Kou (1993-2003).

source : station agro-météorologique de la Vallée du Kou.

Nous pensons après l'analyse du polygone de Thiessen qu'un ajustement des données pluviométriques (avec prise en compte des stations voisines) n'est pas nécessaire. Les données pluviométriques collectées à la station de la Vallée du Kou ont été par conséquent utilisées pour l'analyse fréquentielle.

8.2.1.2 L'analyse fréquentielle

Le graphique qui suit présente les pluies décadaires respectivement pour l'année sèche (80% de dépassement), l'année normale (50% de dépassement) et l'année humide (20% de dépassement).

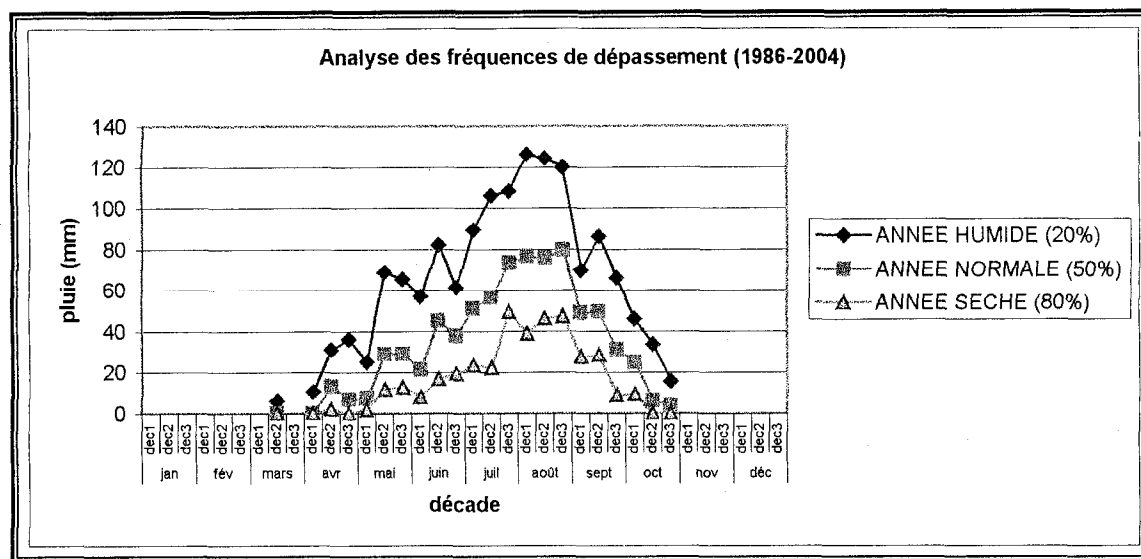


Figure 14: Pluies décadaires de fréquence de dépassement 20%, 50% et 80%.

Remarque : que ce soit pour l'année sèche, l'année normale ou l'année humide, les hauteurs maximales de pluies se situent dans le mois d'août. On pourrait donc dans une première approche chercher à faire coïncider la phase du cycle où les besoins de la plante sont les plus élevées (moment du tallage) avec le mois d'août. Cette solution permettra de tirer le maximum de profit des pluies.

8.2.1.3 Les précipitations efficaces

Les calculs sont présentés dans l'annexe 4. Par cette méthode, il apparaît que les pluies efficaces représentent :

- 80% de la pluie en année sèche
- 73% de la pluie en année normale
- 66% de la pluie en année humide

Pour les calculs avec BIRIZ, nous allons utiliser la valeur globale(*) 80% comme il est recommandé dans la plupart des projets au Burkina Faso.

(*) cette terminologie est utilisée dans le logiciel BIRIZ pour désigner une efficacité fixe pour toute la saison.

8.2- Résultats du calcul des besoins en eau

Nous allons présenter d'abord les résultats des analyses préliminaires. Ces résultats sont utilisés comme paramètres d'entrée du logiciel. Ensuite nous allons présenter les résultats des calculs des besoins en eau.

8.2.1- Résultats des études préliminaires

8.2.1.1 La pluviométrie

La pluviométrie annuelle varie entre 600 mm et 1200 mm avec une évolution en « dents de scie ». Geert (2002) avait établi à travers un test d'homogénéité que les pluviométries dans cette zone étaient sans tendance significative contrairement à Bobo-Dioulasso où la tendance est à la baisse. Cette évolution est illustrée à travers le graphique suivant :

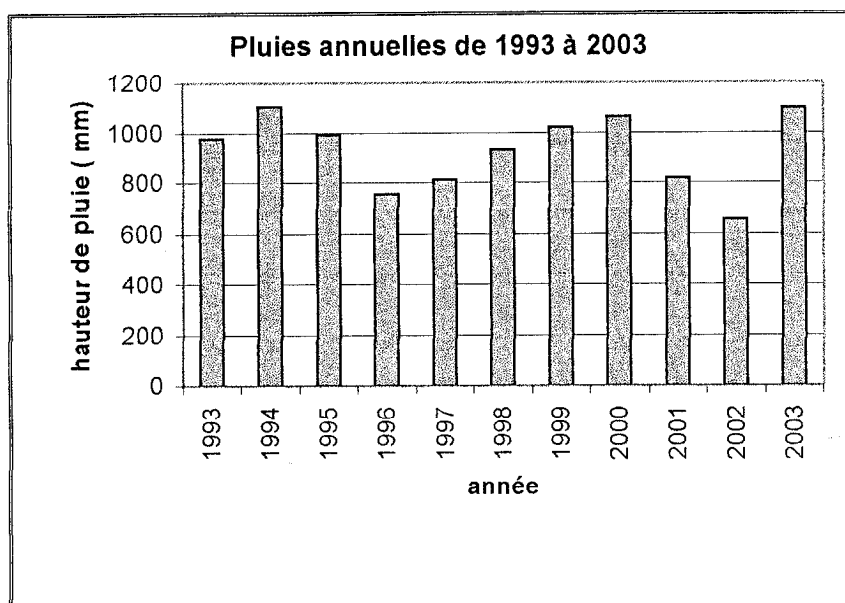


Figure 13: Evolution des pluies annuelles dans la Vallée du Kou (1993-2003).

source : station agro-météorologique de la Vallée du Kou.

Nous pensons après l'analyse du polygone de Thiessen qu'un ajustement des données pluviométriques (avec prise en compte des stations voisines) n'est pas nécessaire. Les données pluviométriques collectées à la station de la Vallée du Kou ont été par conséquent utilisées pour l'analyse fréquentielle.

Remarque : En prenant pour efficacité des pluies le minimum de ces trois valeurs (c'est-à-dire 66%), on sous-estime l'apport des pluies pour l'année sèche. Cela va entraîner un complément d'eau d'irrigation plus élevé, donc un gaspillage d'eau en année sèche.

8.2.1.4 L'évapotranspiration de référence ET_0

Les valeurs ayant servi de paramètres d'entrée pour le logiciel sont des valeurs décadaires.

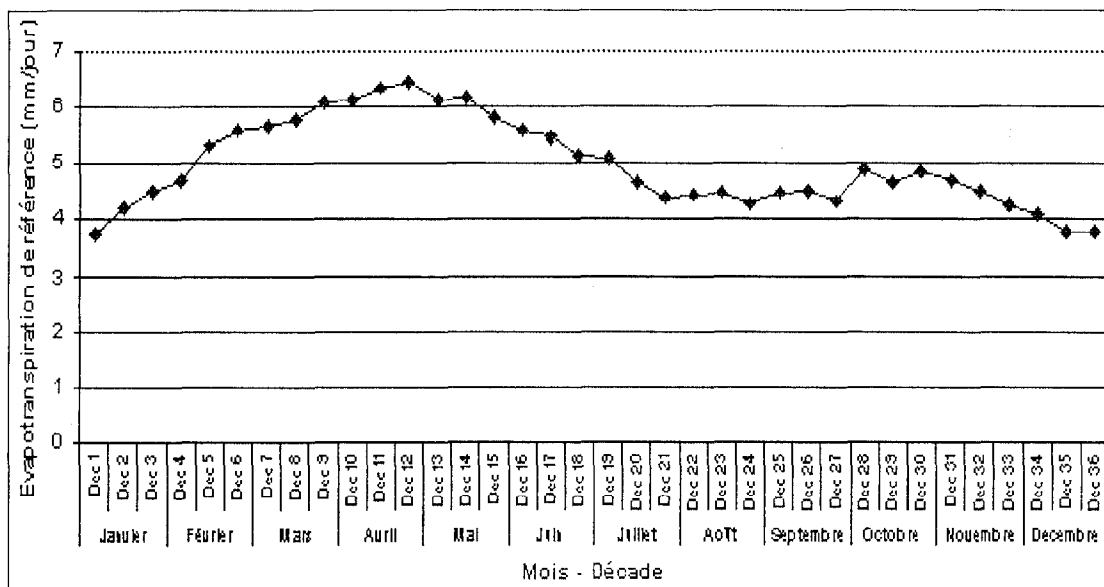


Figure 15 : Evolution décadaire de l'évapotranspiration de référence moyenne dans la Vallée du Kou (1998-2002)

Source : thèse de Maarten Deschamps

▪ **Les percolations :**

Tableau 7 : valeurs d'évapotranspiration du riz et Percolation (en mm/j)

Mois	ET _{riz}	ET _{riz} +percolation	Percolation
Septembre	5	12	7
Octobre	8	11	3
Novembre	6	11	5
Moyenne	6	11	5

Source : GE-eau, Rapport Annuel N°2 (2003)

Remarque : ces mesures ont été faites sur un sol sablo-argilo-limoneux. Le tableau suivant indique les valeurs de percolation correspondant aux autres textures :

Tableau 8 : Valeurs de percolation pour différents types de sols (en mm/j)

Nature du sol	Percolation (mm/j)
Argileux	2
Sablo-limoneux	7.6
Sablo-argileux	6.3
Argilo-limoneux	4
limoneux	3

Source : Projet Vallée du Kou : Rapport technique (1986)

La valeur de percolation que nous utiliserons comme paramètre d'entrée pour le logiciel est la moyenne des différentes valeurs de percolation des tableaux ci-dessus, pondérées des surfaces des unités de sols.

$$\text{Percolation} = 0.38 \times 5 + 0.24 \times 4 + 0.18 \times 3 + 0.10 \times 2 + 0.06 \times 7.6 + 0.04 \times 6.3 = 4,3 \text{ mm/js}$$

8.2.1.6 Choix des coefficients cultureux

Faute d'étude sur les coefficients cultureux sur le périmètre, nous avons comparé les valeurs de K_c obtenues sur la rizière de Mogtedo (région du centre du Burkina) et celles proposées par la FAO dans le bulletin N° 56 intitulé " Crop evapotranspiration ". Les valeurs de K_c proposées par la Fao sont des valeurs expérimentales obtenues sous des conditions

climatiques bien précises ($Rh_{min} \cong 45\%$ et $U2 \cong 2m/s$). Les valeurs de k_c à Mogtado ont été obtenues par la méthode lysimétrique (Dembélé, 1991).

Tableau 9: comparaison entre les valeurs de k_c FAO et celles de Mogtado

Phases de croissance	Kc FAO	Kc Mogtado
levée	1.05	1.04
floraison	1.20	1.20
maturation	0.60 à 0.9	1.03

Remarque : les valeurs de k_c obtenues pour Mogtado reflètent mieux le contexte climatique du Burkina que celles proposées dans les bulletins de la FAO. Nous allons donc utiliser ces valeurs pour les calculs.

8.2.1.7 Le calendrier agricole

Certaines informations, tirées du calendrier agricole ont été utilisées pour le calcul des besoins en eau. Il s'agit de la durée de la phase de préparation du terrain, la durée du repiquage, les période de mise à sec des casiers. Le temps consacré aux différents travaux varie selon la campagne rizicole. C'est pourquoi nous avons utilisé deux calendriers différents pour la détermination de ces paramètres. Les tableaux 10 et 11 présentent le calendrier agricole respectivement pour la première et la deuxième campagne.

Tableau 10: calendrier agricole 1^{ère} campagne 98-99 (du 25/12/98 au 25/05/99)

Date	Tâche
Du 10/12 au 19/12	Nettoyage des canaux d'irrigation
20/12	Ouverture officielle du canal
22/12	Trempage de la semence, désinfection suivi de l'inondation de la semence
27/12	Semis de la pépinière, irrigation régulière de saturation, épandage de la fumure organique puis labour et hersage, réfection des diguettes, mise en boue et planage.
Du 23/01/99 au 12/02/99	Repiquage
20/02 au 10/03	Entretien des canaux d'irrigation
Du 9/02 au 24/02	Epandage de 75kg d'urée sur sol humide
17/02 au 3/03	Entretien puis sarclo-binage, entretien des canaux et drains, nettoyage des diguettes.
20/05	Fermeture du canal
Du 25/05 au 10/06	Pose des carrés de rendements

Tableau 11: calendrier agricole 2^{ème} campagne 2003 (du 17/06 au 30/11)

Date	Tâche
Du 14/06 au 25/06	Nettoyage des canaux d'irrigation
26/06	Ouverture du canal, trempage de la semence
30/06	Semis de la pépinière, irrigation régulière de saturation, épandage de la fumure organique, labour et hersage, réfection des diguettes, mise en boue et planage
Du 20/07 au 10/08	Repiquage
Du 05/08 au 15/08	1 ^{er} épandage d'engrais NPK
Du 15/08 au 20/08	Entretien des canaux et diguettes, curage des drains
20/08	Réunion des responsables eau et responsables agricoles
Du 25/08 au 30/08	2 ^{ème} épandage (urée)
Du 14/09 au 19/09	Entretien des canaux et drains, nettoyage des diguettes.
30/11	Fermeture du canal
01/12	Réunion des responsables

Source : registre de l'aiguadier principal

8.2.1.8 Les hypothèses de base des calculs

Un certain nombre d'hypothèses simplificatrices ont été indispensables pour le calcul des besoins en eau avec le logiciel BIRIZ:

- Les travaux de préparation du terrain démarrent le même jour sur tout le périmètre (situation inespérée dans la réalité).
- Les semis ainsi que les repiquages se font dans le respect strict des calendriers.
- Les sols sont considérés à l'état sec au démarrage de chaque campagne : cet état correspond à la situation la plus défavorable et va donc dans le sens de la sécurité.
- La profondeur d'enracinement maximum est fixée à 30 cm (quoique inférieur dans la plupart des profils observés) : cela tient compte des zones sableuses où les racines pourraient être plus profondes.
- La superficie à irriguer est la superficie totale équipée (1295 ha).
- La seule variété utilisée est le FKR28 (une autre situation inespérée) : nous adopterons les longueurs de cycle respectives de 135 jours pour la 1^{ère} campagne et 120 jours pour la 2^{ème} campagne.
- Les coefficients culturaux utilisés sont ceux obtenus à Mogtêdo

8.2.2- Synthèse sur les paramètres d'entrée du logiciel

Les différentes informations collectées ont été organisées selon l'organigramme du logiciel BIRIZ en prenant en compte les différentes hypothèses faites (cf.§ 7.7)

8.2.2.1 La préparation du terrain

Pour cette phase nous allons estimer les différentes quantités d'eau requises. La phase dure 35 jours pour la première campagne et 25 jours selon les calendriers agricoles.

- Imbibition : 127 mm
- Percolation totale pour la phase : 60mm
- lame d'eau initiale : c'est la quantité d'eau prévue pour le trempage des semences (ou l'humectation du sol avant les labours). Nous la fixerons à 15mm.
- Surplus pour mauvais planage : pendant les travaux de planage la parcelle doit être maintenue à l'état boueux. Nous allons prévoir un apport supplémentaire de 10 mm

8.2.2.2 Evolution de la lame d'eau

Nous allons prévoir conformément aux pratiques dans la rizière de la Vallée du Kou :

- une lame d'eau initiale de 15mm pendant toute la phase de pépinière (25 jours en saison chaude et 35 jours en saison froide)
- 20 mm d'eau pendant la phase de récupération (10 jours en saison chaude et 15 jours en saison froide)
- une augmentation progressive de 20mm à 100mm entre le début de la phase de croissance et sa fin (40 jours)
- un entretien de la lame d'eau à 100 mm jusqu'à la formation du produit (25 jours)
- un assec depuis le début de la phase de mûrissement jusqu'aux récoltes.

Deux renouvellements sont prévus respectivement 15 et 30 jours après le repiquage.

8.2.2.3 Choix par défaut

- efficacité des pluies : valeur globale 80%
- technique culturale choisie : repiquage
- système de drainage présent
- temps prévu pour imbiber toute la surface : 35 jours pour la première campagne et 20 jours pour la deuxième campagne

8.2.2.4 coefficients cultureux

- kc début : 1.04
- kc mi-saison : 1.20
- kc arrière-saison : 1.03

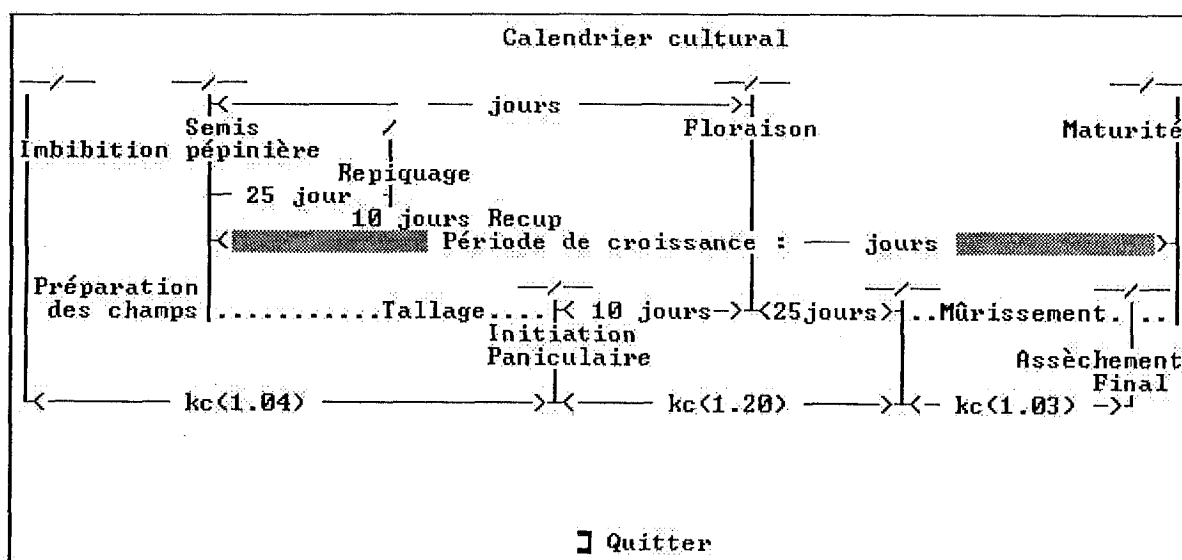


Figure 16 : Entrée des valeurs par défaut du calendrier culturel

8.2.2.5 Description du périmètre

- zone climatique : vallée du kou (ET0 et pluies décadaires)
- type de sol : sol admettant une percolation de 4.3 mm/j
- qualité du planage : nécessite un apport d'eau supplémentaire de 10 mm

8.2.2.6 paramètres de la culture

- type de cycle : short (réglé sur 120 jours)
- surface irriguée : surface totale équipée (1295ha)
- riziculture avec repiquage
- premier jour d'imbibition : nous choisirons plusieurs dates pour connaître la solution qui permet une économie d'eau.

8.2.3- Résultats et discussions sur le calendrier de l'irrigation

Nous avons calculé à l'aide de BIRIZ les volumes d'eau consommés sur l'ensemble du périmètre pour chacune des deux campagnes et pour différentes dates de démarrage de l'irrigation (c'est-à-dire le premier jour d'imbibition). Le calcul est fait en prenant en compte les différentes conditions climatiques (année sèche, année normale et année humide).

➤ Cas de la première campagne

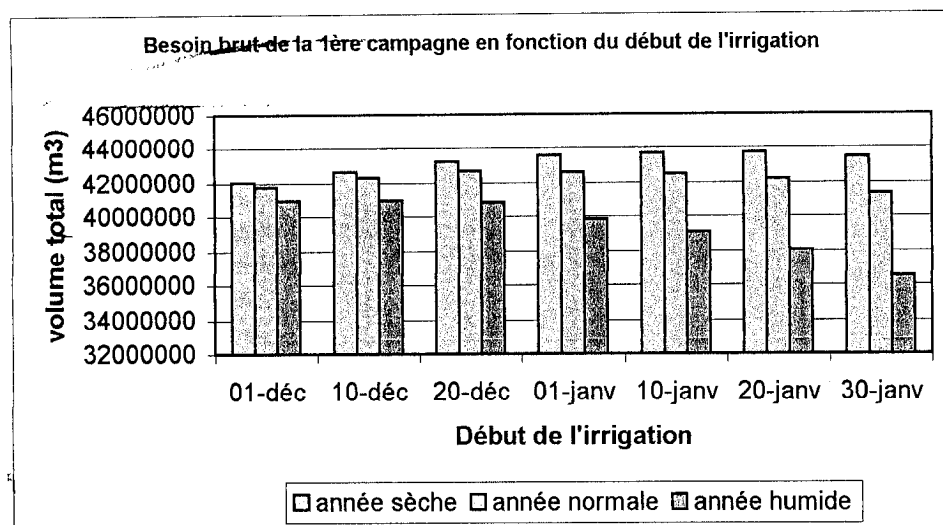


Figure 17 : besoin brut de la première campagne en fonction du début de l'irrigation

Les volumes prélevés pour la première campagne sont moins importants pour un démarrage de l'irrigation le 01 décembre. Une modification du calendrier d'irrigation permettra de réduire le volume prélevé.

➤ Cas de la deuxième campagne

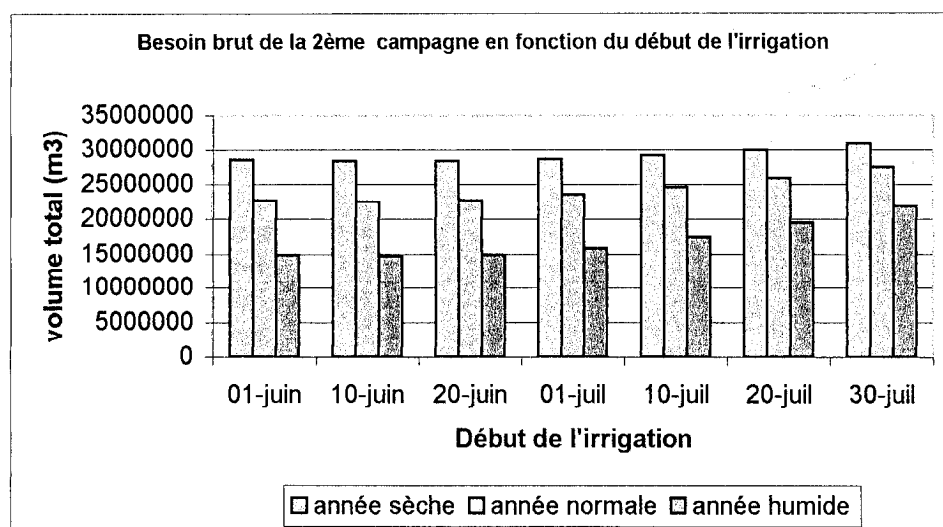


Figure 18 : Besoins bruts de la 2^{ème} campagne en fonction des dates de semis

- Pour une année sèche l'impact du changement de calendrier n'est pas important. Le changement est pratiquement sans effet sur le volume prélevé
- En année normale et en année humide on gagnerait à démarrer l'irrigation le 10 juin.

8.3- Discussion sur les rendements

Les rendements constituent l'un des principaux indicateurs de performance sur le périmètre de la Vallée du Kouy, c'est en effet à travers l'évolution des rendements que l'on peut apprécier le niveau de performance du périmètre. La figure 8.3.1-1 présente l'évolution des rendements depuis la mise en exploitation.

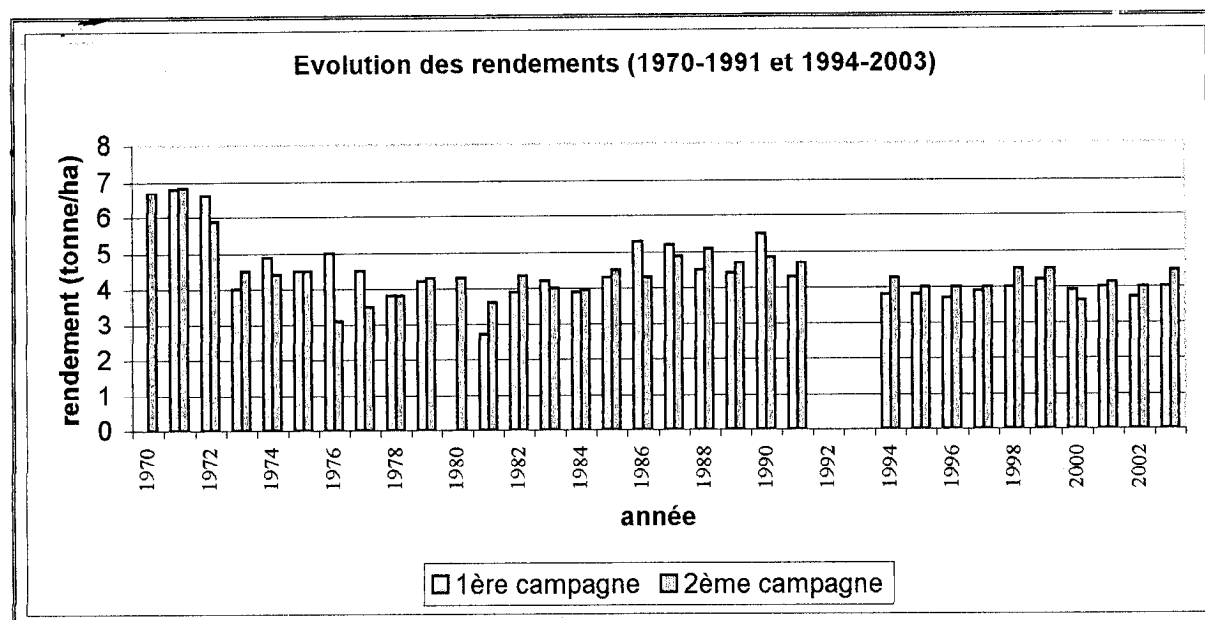


Figure 19 : Evolution des rendements entre 1970 et 2003

Les trois premières années qui ont suivi la mise en exploitation du périmètre ont été marquées par des rendements élevés, proches de sept tonnes par hectare (7 t/ha). Depuis 1972, cette performance n'a plus jamais été atteinte. Les rendements ont connu une longue période d'instabilité allant de 1973 à 1991 pour se stabiliser à partir de 1994 avec un rendement moyen annuel de 4t/ha.

Remarque : - les faibles rendements existaient bien avant la dégradation du réseau. On ne peut pas par conséquent affirmer qu'une réhabilitation du réseau va améliorer les rendements.

- certaines années ont été marquées par une moyenne pluviométrique assez élevée, mais les rendements de la deuxième campagne n'ont pas augmenté sensiblement par rapport à la première campagne. Cela peut s'expliquer soit par une mauvaise gestion de l'eau (les exploitants ne profitent pas bien des pluies), soit par un problème de fertilité des sols car le rendement n'est pas lié uniquement au climat mais à l'ensemble du système sol-plante-climat.

CONCLUSION

Les différents outils et méthodes utilisés dans cette étude ont permis d'évaluer de façon qualitative et quantitative le périmètre de la Vallée du Kou.

Une réhabilitation du périmètre peut permettre d'améliorer l'efficacité globale du périmètre et donc de réduire le volume d'eau consommé sur le périmètre. Mais les faiblesses de gestion constatées et les dégâts causés sur les équipements posent le problème de durabilité des équipements. Ces problèmes peuvent être évités à travers :

- le renforcement des capacités de l'Union des Coopératives en terme de pouvoir d'action pour résoudre les cas de non-paiement de redevance, de non-participation aux travaux en groupe, bref, pour faire face à toute violation des règlements.
- la concertation entre les différents usagers du périmètre irrigué et ceux installés en amont du périmètre pour éviter les conflits d'intérêts.
- la normalisation des prélèvements dans le canal d'amenée. Cela est possible en autorisant uniquement des siphons pour le prélèvement d'eau. Une évaluation des besoins en eau peut être faite sur ce périmètre.

Pour ce qui est du calendrier du calendrier d'irrigation, les volumes prélevés peuvent être réduits en démarrant les activités le 1^{er} décembre pour la première campagne et le 10 juin pour la campagne humide.

BIBLIOGRAPHIE

Allen et al. : *Crop evapotranspiration : Guideline for computing crop water requirement*
FAO irrigation and drainage paper 56. Rome. 300p.

Burkina Faso : *Rapport séminaire national sur les problèmes spécifiques de la filière riz.*
Ministère de l'agriculture et de l'élevage. 52p.

Burkina Faso : *Séminaire national sur les problèmes spécifiques de la filière riz.*
Bobo-Dioulasso. 21-23 Déc.1989. 52p.

CERCI : *Fiches techniques du riz, des cultures irriguées et des cultures fourragères.*
CERCI, 1978. 72p.

Charrier A., Jacquot M. : *L'amélioration des plantes tropicales*
ORSTOM. – CIRAD. 623p.

Compaoré M.L. : *Les données de base de l'irrigation. 2^e édition*
Polycopié EIER, mars 1999. 176p.

Dastane N.G. : *Précipitations efficaces*
FAO : bulletin d'irrigation et drainage n°25 ; Rome, 1977 . 115p.

De Boissezon : *Cours d'hydraulique: Ecoulement à surface libre*
Polycopié EIER. 1984. 102p.

De Datta S.I : *Principles and practices of rice production*
Wiley, New-York, 1981. 618p.

Dembélé Y. : *Etudes des besoins en eau du riz irrigué dans différentes conditions*
pédoclimatiques du Burkina Faso
Actes séminaires de Ouagadougou. CTA/ISESCO. 1991. 118-27.

Dembélé Y., J. Duchesne, Ouattara S., Zida Z. : *Evolution des besoins en eau du riz irrigué en fonction des dates de repiquages.*
Cahiers d'agricultures n°8 . 1999 ; 93-100.

Dicko D. : *Evaluation des performances sur le périmètre de la Vallée du Kou*
Projet APPIA - EIER, Mars 2004. 39p.

Dobelman J.P : Riziculture pratique : tome1-riz irrigué

Presses universitaires de France. 1976. 229p.

Doorenbos J., Pruitt W.O. Crop water requirements

Rome, FAO Irrigation and drainage paper 24; 1977 .143p.

EURÉKA : Le riz au Burkina Faso : production, commercialisation, consommation,
recherche

CNRST. Bulletin trimestriel n°41/42.Avril-septembre 2002. 77p.

FAO : Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation

Rome. FAO : bulletin pédologique n°42. 182p.

FAO : Evaluation des terres pour l'agriculture irriguée : directives

Rome ,1989. Bulletin pédologique n°55 : 290p.

GE- eau : Agro-climatologie

GE-eau. bulletin technique n°2. 2003.

GE- eau : Physique du sol

GE-eau. bulletin technique n°3. 2003

Guinaudeau M., Gineste P. : Cours d'hydrologie. Tome1 : Hydrométrie et Hydrologie statistique

Polycopié EIER. 1984. 138p.

Hecq J. : Périmètres irrigués villageois en Afrique sahélienne.

CTA. 234p.

Kampen J. : Water losses and water balance studies in lowland rice irrigation.

Thèse de doctorat. New-York : Cornell univ., Ithaca, 1970. 416p.

Lahcen, O. : Exploitation et entretien des réseaux d'irrigation du périmètre irrigué de la Vallée du Kou.

Programme spécial pour la sécurité alimentaire, FAO-Maroc-Burkina. 2001.

Nébié B. : Etude des facteurs agro-pédologiques déterminant la production du riz irrigué
dans la Vallée du Kou au Burkina Faso.

Université de Côte d'Ivoire, 1995. 209p.

Projet Vallée du Kou : Les membres de la coopérative des exploitants de la Vallée du Kou

Bama (BF). 1988.

Raes, D. : Irrigation Agronomy

IUPWARE. Belgique, 2001. 288 p

République Française : Memento de l'agronome

Ministère de la coopération : 4^{ème} édition. 1635p

SOGETHA: Aménagement hydro-agricole de la Vallée du Kou : Avant-Projet Général.

Paris (FR). 1960. 81p.

SOGREAH : Irrigation gravitaire par canaux

Ministère de la coopération , Paris. 1976. 296p.

Téyabé, P. : Gestion des ressources du Sud-Ouest à des fins agricoles : analyse des caractéristiques du climat (P et ETP).

Mémoire de fin d'études, EIER, 2002. 29p.

Tiercelin J-R : Traité d'irrigation.

Lavoisier. Paris (FR). 1998. 1011p.

Tran Minh D. : Conception et ouvrages d'un réseau d'irrigation gravitaire.

Polycopié EIER .1995. 135p.

Walker SH., Rushton KR. Water losses through the bunds of irrigated rice fields interpreted through an analogue model.

Agric Water Management n°11; 1986. 89-97.

William P. : Guide de la réhabilitation et de la modernisation et de la modernisation des projets d'irrigation

CIID, New Delhi, 2001. 41p.

Yukawa K. The fluctuation of irrigation requirement for paddy fields. in: Soil and water ingeneering for paddy field.

Paddy Field Water Management, 20-28 janv. 1992. Bangkok : AIT, 1992: 32-42.

Quelques sites :

www.fao.org

www.agroecologie.cirad.fr/pdf/columa.pdf

www.brg.prd.fr/brg/ecrans/rgvpi_riz.htm

www.icid.org/f_guide_rech.pdf :

www.irrimed.org/sudmed/documents/bibliotheque/docs/cours_du_chemin0603.pdf

ANNEXES

ANNEXE 1 : Les superficies équipées

Canal secondaire	Tertiaire	Surface (ha)
Canal secondaire 1	1-1	9.0
	1-2	18.0
	1-3	24.0
	1-4	24.0
	1-5	24.0
	1-6	23.0
	1-7	21.0
	1-8	15.0
	1-8A	9.0
	1-9	12.0
	1-9A	6.0
	1-10	-
Total		185
Canal secondaire 2A	-	54.0
TOTAL		54.0
Canal secondaire 2	2-1	32.6
	2-2	23.8
	2-3	22.8
	2-4	22.8
	2-5	23.4
	2-6	24.0
	2-7	24.0
	2-8	9.0
	2-9	-
TOTAL		182.4
Canal secondaire 3A	-	22.4
TOTAL		22.4
Canal secondaire 3	3-1	13.0
	3-1A	9.1
	3-2	17.3
	3-3	17.3
	3-4	18.7
TOTAL		75.4

Canal secondaire	tertiaire	Surface (ha)
Canal secondaire 6A	6A-1	7.0
	6A-2	11.3
Total		18.3
Canal secondaire 7	7-1	18.6
	7-2	23.0
	7-3	23.0
	7-4	23.0
	7-5	23.0
	7-6	23.0
	7-7	20.0
	7-8	11.4
Total		165.0
Canal secondaire 8	8-1	27.6
	8-2	22.6
	8-3	22.8
	8-4	17.0
	8-5	11.0
	8-6	6.0
Total		107.0

Canal secondaire	Tertiaire	Surface (ha)
Canal secondaire 4	4-1	10.6
	4-2	10.6
	4-2-A	11.8
	4-3	14.8
	4-3A	11.8
	4-4A	11.8
	4-5	5.1
	4-5A	14.7
	4-6	12.7
	4-6A	19.6
	4-7	22.9
	4-8	2.5
	4-8A	22.5
	4-9	14.6
Total		186.0
Canal secondaire 4A	-	10.6
total		10.6
Canal secondaire 4B	4B-1	13.6
	4B-2	14.4
Total		28.0
Canal secondaire 5	5-1	4.3
	5-2	4.3
	5-3	4.4
	5-4	4.4
	5-5	14.9
	5-6	15.0
Total		47.3
Canal secondaire 5A	-	14.8
Total		14.8
Canal secondaire 6	6-1	6.1
	6-2	22.5
	6-3	22.5
	6-4	22.5
	6-5	19.2
	6-6	22.7
Total		115.5

Canal secondaire	tertiaire	Surface (ha)
Canal secondaire1A	1A1	4.0
	1A2	6.0
	1A3	6.0
	1A4	8.3
	1A5	12.9
	1A6	13.0
	1A7	15.5
	1A8A	4.5
	1A8 ¹	-
	1A9A ²	6.0
TOTAL	1A9	-
	1A10	6.0
TOTAL		83.5

Surface totale irriguée : 1295.2 ha

Source : Projet Vallée du Kou (1986)

¹ Les surfaces des tertiaires 1A8 et 1A9 sont incluses dans le secondaire 1

ANNEXE 2 : Structures en relation avec les coopératives de la Vallée du Kou

QUARTIERS	STRUCTURES	RELATIONS
1	✓ DRAHRH , DPAHRH ✓ CESAO	✓ Service de tutelle et d'appui technique ✓ Formation des producteurs dans l'élaboration de bilans financiers
2	✓ DRAHRH , DPAHRH ✓ CESAO , PSSA ✓ Rizerie RELWENDE de Kôdeni ✓ AFVP ✓ GIPD	✓ Service de tutelle et d'appui technique ✓ Appui en formation des producteurs ✓ Achat du riz paddy ✓ Subvention en outils de travail ✓ Formation dans les nouvelles techniques de production
3	✓ DRAHRH , DPAHRH ✓ Caisse populaire BAMA	✓ Service de tutelle et appui technique ✓ Compte et crédit agricole
4-1	✓ DPAHRH ✓ CESAO ✓ CAISSE POPULAIRE DE BAMA ✓ Rizerie Wend yam CODENIE	✓ Service de tutelle et d'appui technique ✓ Appui en formation dans l'élaboration de bilans financiers ✓ Compte et crédit agricole ✓ Achat du riz paddy
4-2	✓ DPAHRH ✓ Caisse populaire BAMA ✓ GIPD	✓ Service de tutelle et appuis technique ✓ Compte et crédit agricole ✓ Formation dans les nouvelles techniques de production
5	✓ DPAHRH ✓ CESAO ✓ Caisse populaire BAMA ✓ CIRB ✓ CVGT du PNGT	✓ Service de tutelle et appuis technique ✓ Formation en gestion administrative et financière ✓ Compte et crédit agricole ✓ Subvention en Intrants et matériel agricole ✓ Appui en formation et en matériel agricole
6	✓ DPAHRH ✓ CIRB ✓ CAISSE POPULAIRE DE BAMA	✓ Service de tutelle et appui technique ✓ Subvention en Intrant et matériel agricole ✓ Compte et crédit agricole
7	✓ DPAHRH ✓ FENOP, CIRB ✓ INERA ✓ Rizerie de KODENI ✓ Caisse populaire BAMA ✓ AFVP	✓ Service de tutelle et appui technique ✓ Appui au développement ✓ Approvisionnement et contrôle des semences ✓ Achat du riz paddy ✓ Compte et crédit agricole ✓ Subventions pour matériel agricole

Source : « Evaluation des performances du périmètre irrigué de la Vallée du Kou » (Dicko D., mars 2004)

ANNEXE 3 : Fiche variétale du riz (FKR28)

Identification			
Nom	ITA123		
Autres noms	FKR28 (Burkina Faso) ;Kadiaka (Sénégal)		
Espèce	<i>Oriza Sativa L.</i>		
Type variétale	Japonica		
Pédigré	forme mutante de OS 6		
Nature génétique	Lignée pure		
Origine géographique	IITA, Nigéria		
Année d'obtention	1983		
Caractère agronomique			
Zone préférentielle de culture	Périmètres irrigués, bas-fonds		
Cycle semis-épiaison	90 jours		
Cycle semis-maturité	Hivernage : 120 jours Saison sèche : 135 jours		
Rendement potentiel	5-7t/ha		
Poids de 1000 grains	22-25g		
Résistance aux maladies	Tolérante à la pyriculariose, à la rhynchosporiose, sensible à la RYMV		
Résistance aux insectes	Sensible aux foreurs de tige, cécidomyie		
Autre caractère particulier	Photosensible, résistante à la verse		
Caractère morphologique spécifique			
Plante	Hauteur moyenne : 95-100 cm		
	Tallage : bon		
	<table> <tr> <td>Feuilles</td><td> Couleur : vert Pilosité : pubescente Port : érigé Port de la feuille paniculaire : érigé </td></tr> </table>	Feuilles	Couleur : vert Pilosité : pubescente Port : érigé Port de la feuille paniculaire : érigé
Feuilles	Couleur : vert Pilosité : pubescente Port : érigé Port de la feuille paniculaire : érigé		
Panicule	Type : lâche Exertion : bonne Longueur : 24 mm		
Graine	Longueur : 9.7-10.2 mm Largeur : 2.5-2.8 mm Format : long Couleur de la glumelle : paille Présence de barbe : non barbu Pilosité de la glumelle : légèrement velue Coloration de l'apex : incolore Couleur du caryopse : blanc		
Caractère organoleptique et technologique			
Teneur en amylose	27.9%		
Rendement à l'usinage	67.7%		
Qualités culinaires	Température de gélatinisation : intermédiaire Bonne tenue à la cuisson		
Pays où la variété est vulgarisée : Burkina Faso, Sénégal			

Source : Catalogue Régional des variétés de semences vulgarisées dans les pays membres du CILSS. Fiche
12 : RIZ. CILSS

ANNEXE 4 : Exemples de calendriers agricoles (1^{ère} et 2^{ème} campagne)

Tableau : calendrier agricole 1^{ère} campagne 98-99 (du 25/12/98 au 25/05/99)

Date	Tâche
Du 10/12 au 19/12	Nettoyage des canaux d'irrigation
20/12	Ouverture officielle du canal
22/12	Trempage de la semence, désinfection suivi de l'inondation de la semence
27/12	Semis de la pépinière, irrigation régulière de saturation, épandage de la fumure organique puis labour et hersage, réfection des diguettes, mise en boue et planage.
Du 23/01/99 au 12/02/99	Repiquage
20/02 au 10/03	Entretien des canaux d'irrigation
Du 9/02 au 24/02	Epandage de 75kg d'urée sur sol humide
17/02 au 3/03	Entretien puis sarclo-binage, entretien des canaux et drains, nettoyage des diguettes.
20/05	Fermeture du canal
Du 25/05 au 10/06	Pose des carrés de rendements

Tableau : calendrier agricole 2^{ème} campagne 2003 (du 17/06 au 30/11)

Date	Tâche
Du 14/06 au 25/06	Nettoyage des canaux d'irrigation
26/06	Ouverture du canal, trempage de la semence
30/06	Semis de la pépinière, irrigation régulière de saturation, épandage de la fumure organique, labour et hersage, réfection des diguettes, mise en boue et planage
Du 20/07 au 10/08	Repiquage
Du 05/08 au 15/08	1 ^{er} épandage d'engrais NPK
Du 15/08 au 20/08	Entretien des canaux et diguettes, curage des drains
20/08	Réunion des responsables eau et responsables agricoles
Du 25/08 au 30/08	2 ^{ème} épandage (urée)
Du 14/09 au 19/09	Entretien des canaux et drains, nettoyage des diguettes.
30/11	Fermeture du canal
01/12	Réunion des responsables

ANNEXE 5 : Détermination de l'efficacité globale des pluies

CALCUL DES POURCENTAGES DE PLUIE FIABLES

Fréquence de dépassement	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	Σ mm/an
	mm/mois												
80% (année sèche)	0	0	0	6	36	78	146	178	97	17	0	0	558
50% (année normale)	0	0	6	38	81	125	202	257	145	53	0	0	907
20% (année humide)	0	0	18	66	125	172	257	327	193	89	10	0	1257

mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ
	mm/mois												
ETriz	89	153	137	158	99	0	107	148	161	96	0	0	1148
pluie (80%)	0	0	0	6	36	78	146	178	97	17	0	0	558
pluie efficace	0	0	0	6	34	68	112	127	82	17	0	0	446
pourcentage de pluie efficace													80
besoin net	89	153	137	152	65	,	-5	21	79	79			
pluie (50%)	0	0	6	38	81	125	202	257	145	53	0	0	907
pluie efficace	0	0	6	36	71	100	137	151	111	49	0	0	659
pourcentage de pluie efficace													73
besoin net	89	153	131	122	28	,	-30	-3	50	47	0	0	
pluie (20%)	0	0	18	66	125	172	257	327	193	89	10	0	1257
pluie efficace	0	0	17	59	100	125	151	158	133	76	10	0	829
pourcentage de pluie efficace													66
besoin net	89	153	120	99	-1	,	-44	-10	28	20	-10	0	

ANNEXE 6 Questionnaire adressé aux aiguadiers du périmètre de la vallée du Kou

Identification

1. Nom :
2. prénom :
3. lieu de résidence :
4. Depuis combien de temps exercez-vous ce métier ? / ____ / ans / ____ / mois
5. Avez-vous reçu une formation pour cela ?
6. Avez-vous une activité parallèle ? si oui laquelle ?
7. quel type de canal gérez-vous ?
 - ☐ Canal d'amenée
 - ☐ Canal primaire
 - ☐ Canal secondaire N°....
 - ☐ Canal tertiaire (nombre)

CONDITIONS D'ACCES AU PERIMETRE

8. quelle distance parcourez-vous pour vous rendre sur le périmètre ?
9. par quel moyen de déplacement vous rendez-vous sur le périmètre?
 - ☐ A pied ☐ à vélo à mobylette ☐ Autre (préciser).....

GESTION DES EQUIPEMENTS

10. disposez-vous d'un registre d'exploitation ? oui ☐ non ☐
11. Disposez-vous d'un registre d'entretien ? oui ☐ non ☐
12. parvenez-vous à manœuvrer facilement les ouvrages de régulation manuelle ? (si non dites pourquoi). Correction ☐
 - ☐ Fuite
 - ☐ Mauvais fonctionnement
 - ☐ Autre raison (préciser).....
13. Que faites-vous en cas de panne de ces ouvrages ?
14. A travers vos observations quotidiennes quelles remarques faites-vous sur l'état des canaux ?
 - ☐ Fissures
 - ☐ Enherbement
 - ☐ Décollement des revêtements

- ☐ Envasement du fond
☐ Autres (préciser)

15. A quelle(s) autorité(s) rendez-vous des comptes ?

.....
.....

16. Vos remarques sont-elles prises en compte ?

GESTION DE L'EAU

17. disposez-vous d'un calendrier d'irrigation ? ☐ oui ☐ non

18. le calendrier subit-il souvent des modifications ? si oui combien de fois a-t-il été modifié depuis la rétrocession aux coopératives ?

19. La durée du tour d'eau permet-il de remplir tous les casiers ?

- en période sèche ☐ oui ☐ non
- en période pluvieuse ☐ oui ☐ non

20. Avez-vous déjà enregistré des cas de conflits entre les exploitants ?

☐ oui ☐ non

21. Existe-t-il une association d'usagers ? si oui quelles sont vos relations avec cette association ?

.....

22. vous arrive-t-il de modifier le tour d'eau à la demande des producteurs ?

☐ oui ☐ non

23. quelles sont les différentes cultures que vous observez sur le périmètre ?

☐ riz ☐ maïs ☐ cultures maraîchères ☐ autre

24. fréquence d'apparition des cultures autre que le riz ?

☐ Chaque campagne

☐ une fois par an (☐ saison sèche ☐ saison pluvieuse)

25. la présence de ces cultures pose-t-elle des problèmes au niveau de la gestion de l'eau ?

ANNEXE 7 : Enquête sur le calendrier cultural

Campagne :
Quartier :
Exploitant :
Variété cultivée :
Superficie cultivée :

Préparation du sol

Désherbage :
Labour :
Concassage :
Hersage :
Inondation (après les opérations ci-dessus) :
La pépinière a-t-elle toujours été inondée après levée ?
Hauteur de la lame d'eau :
Nombre de jours d'asec (sans eau) :
Durée de la pépinière :

Préparation et entretien de la rizière

Nombre de jours d'inondation avant repiquage :
Date de mise en boue (hersage et planage) :
Qualité de mise en boue et planage :

- bonne
- moyenne
- médiocre

Repiquage

date de repiquage :
nombre de jours pour repiquer un hectare :

Irrigation

Début des irrigations après repiquage :
Hauteur de la lame d'eau :
Fréquence de l'irrigation

Entretien de la rizière

Désherbage : 1^{er} désherbage
2^e désherbage
3^e désherbage
4^e désherbage

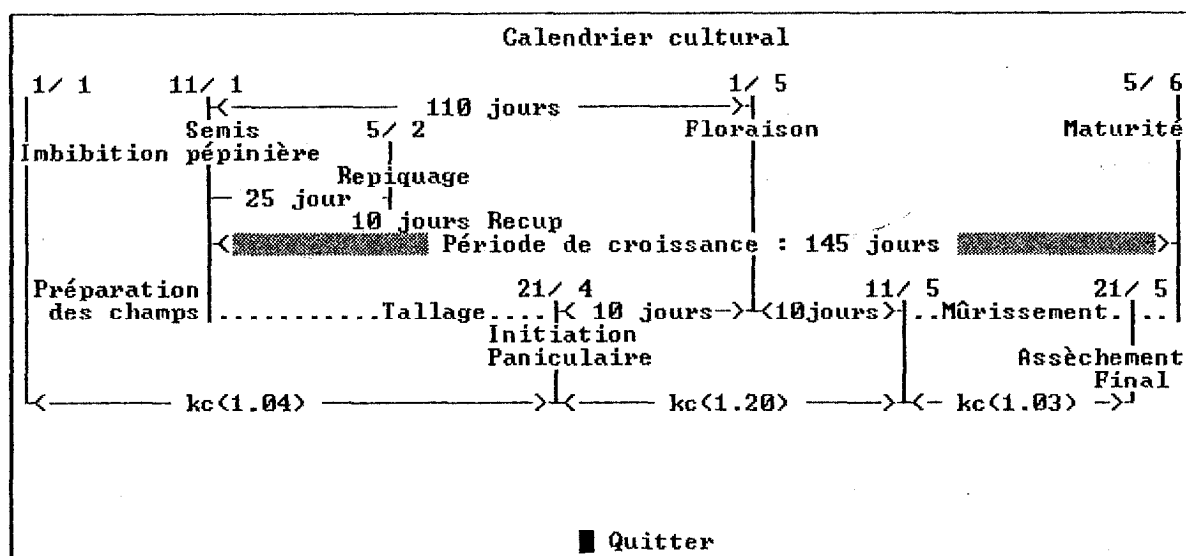
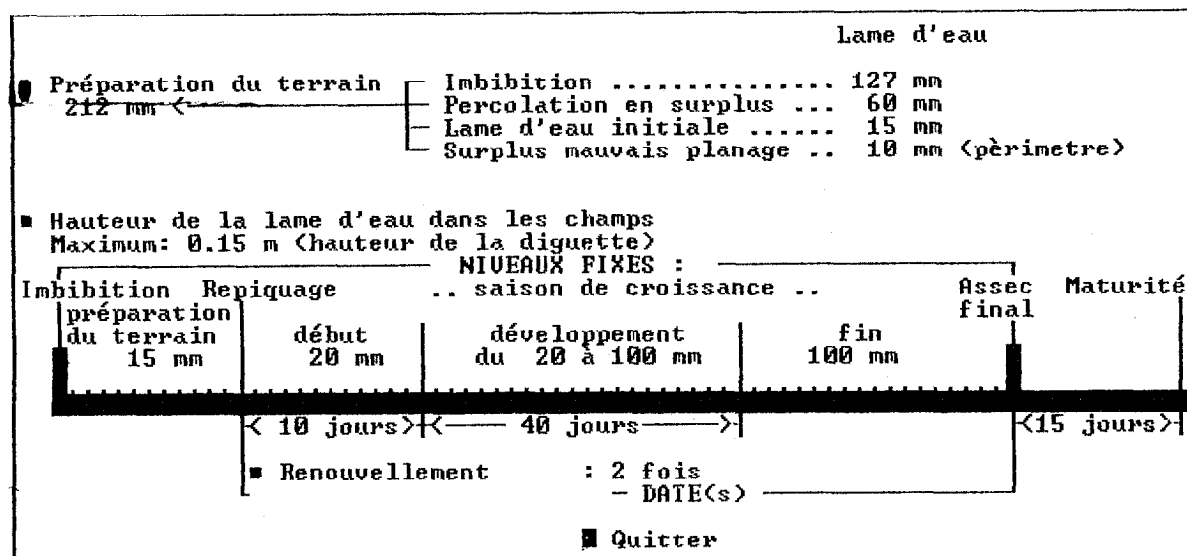
Nombre de jour pour désherber un hectare :
Etat de la rizière au traitement :

- Très enherbé
- Peu enherbé
- Stade des adventices

Récolte

Date de récolte
Cycle semi-maturité :
Nombre de jours pour récolter un hectare :
Nombre de jours de séchage :

ANNEXE 8 : Quelques captures d'écran



Annexe 8 (suite)

Résultat pour la première campagne

Paramètres	Condition météorologique		
	Sèche mm	Normale mm	Pluvieuse mm
Imbibition		127	
Évapotranspiration de riz		766	
Lame d'eau		150	
Pertes par percolation		602	
→ Besoin net en irrigation	1645	1645	1645
- Précipitation efficace	-16	-52	-160
+ Pertes de distribution	1629	1593	1485
Somme Besoin en irrigation	3258	3186	2970
Besoin en drainage	1283	1265	1210
Ecoulement vers la nappe	779	775	764

- Information des périmètres
= Quitter

NOTES DE CALCUL

CALCUL DE DEBITS
CANAL SECONDAIRE 1 (CS1)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
T1,1	10,00	24,70	0,90	0,40	0,25	0,33	0,34	55,94	10,00	26,50	1,00	0,35	0,26	0,31	0,30	53,38
	10,00	23,00				0,36			10,00	26,20				0,31		
	10,00	24,60				0,33			10,00	27,60				0,30		
	10,00	24,60				0,33			10,00	26,40				0,31		
	10,00	22,40				0,37			10,00	28,20				0,29		
T1,2	7,00	30,00	0,95	0,40	0,25	0,19	0,20	33,55	5,00	22,40	0,95	0,40	0,26	0,18	0,17	30,05
	7,00	30,00				0,19			5,00	27,30				0,15		
	7,00	27,70				0,21			5,00	23,80				0,17		
	7,00	30,10				0,19			5,00	22,80				0,18		
	7,00	26,90				0,21			5,00	24,00				0,17		
T7,1	5,00	15,10	0,65	0,30	0,18	0,27	0,29	24,62	5,00	22,90	0,75	0,30	0,24	0,18	0,18	22,78
	5,00	13,10				0,31			5,00	22,00				0,19		
	5,00	13,80				0,30			5,00	23,10				0,18		
	5,00	13,80				0,30			5,00	23,15				0,18		
	5,00	15,70				0,26			5,00	22,30				0,18		
T7,2	5,00	16,40	0,75	0,55	0,14	0,25	0,24	22,13	5,00	13,00	0,63	0,40	0,12	0,32	0,35	21,84
	5,00	16,70				0,25			5,00	10,80				0,38		
	5,00	16,80				0,24			5,00	11,00				0,37		
	5,00	19,20				0,21			5,00	12,70				0,32		
	5,00	15,60				0,26			5,00	10,90				0,38		
T6,1	5,00	10,90	0,80	0,40	0,20	0,38	0,41	49,14	5,00	8,30	0,66	0,32	0,18	0,49	0,47	41,42
	5,00	9,30				0,44			5,00	8,70				0,47		
	5,00	9,80				0,42			5,00	9,10				0,45		
	5,00	10,00				0,41			5,00	9,00				0,46		
	5,00	10,20				0,40			5,00	8,60				0,48		
T5,1	10,00	13,80	0,73	0,40	0,17	0,59	0,59	56,62	10,00	17,80	0,80	0,43	0,20	0,46	0,45	55,77
	10,00	14,20				0,58			10,00	18,30				0,45		
	10,00	14,40				0,57			10,00	18,05				0,45		
	10,00	13,40				0,61			10,00	20,30				0,40		
	10,00	13,80				0,59			10,00	16,40				0,50		
T5,2	5,00	11,50	0,70	0,40	0,17	0,36	0,39	36,93	5,00	18,40	0,70	0,34	0,21	0,22	0,23	24,74
	5,00	10,80				0,38			5,00	17,20				0,24		
	5,00	10,20				0,40			5,00	17,10				0,24		
	5,00	9,70				0,42			5,00	19,40				0,21		
	5,00	9,90				0,41			5,00	18,60				0,22		
T3,1	5,00	15,47	1,04	0,43	0,32	0,27	0,26	61,86	5,00	21,56	1,26	0,40	0,38	0,19	0,19	58,71
	5,00	16,33				0,25			5,00	22,03				0,19		
	5,00	15,26				0,27			5,00	22,30				0,18		
	5,00	15,92				0,26			5,00	22,90				0,18		
	5,00	15,03				0,27			5,00	21,40				0,19		
T2,1	5,00	14,10	0,80	0,50	0,20	0,29	0,31	40,87	5,00	17,60	0,92	0,30	0,26	0,23	0,24	37,85
	5,00	12,80				0,32			5,00	17,40				0,24		
	5,00	13,30				0,31			5,00	17,90				0,23		
	5,00	11,40				0,36			5,00	16,80				0,24		
	5,00	14,00				0,29			5,00	16,30				0,25		
CS1,1	15,00	15,70	1,45	0,78	0,35	0,78	0,75	291,21	10,00	17,80	1,86	0,80	0,46	0,46	0,47	285,15
	15,00	17,80				0,69			10,00	17,40				0,47		
	15,00	17,00				0,72			10,00	17,60				0,47		
	15,00	15,80				0,78			10,00	17,10				0,48		
	15,00	16,30				0,75			10,00	18,10				0,45		
CS1,2	10,00	9,70	1,22	0,60	0,32	0,85	0,83	242,28	10,00	16,70	1,53	0,73	0,42	0,49	0,51	239,92
	10,00	10,20				0,80			10,00	15,20				0,54		
	10,00	9,60				0,85			10,00	16,20				0,51		
	10,00	9,00				0,91			10,00	16,50				0,50		
	10,00	11,00				0,75			10,00	16,60				0,49		
CS1,4	10,00	12,90	1,10	0,60	0,26	0,64	0,66	146,02	10,00	18,30	1,28	0,58	0,35	0,45	0,45	145,64
	10,00	12,20				0,67			10,00	18,10				0,45		
	10,00	12,50				0,66			10,00	17,80				0,46		
	10,00	11,90				0,69			10,00	18,20				0,45		
	10,00	12,60				0,65			10,00	19,30				0,42		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 1 (CS1) suite

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
CS1,5	10,00	9,00	0,90	0,50	0,21	0,91	0,90	132,26	10,00	32,20	1,57	1,00	0,35	0,25	0,27	119,93
	10,00	9,10				0,90			10,00	29,10				0,28		
	10,00	9,50				0,86			10,00	32,20				0,25		
	10,00	8,80				0,93			10,00	30,30				0,27		
	10,00	9,20				0,89			10,00	30,20				0,27		
CS1,6	10,00	12,30	0,70	0,50	0,15	0,67	0,65	58,28	10,00	51,70	1,20	0,70	0,30	0,16	0,18	50,39
	10,00	14,00				0,59			5,00	22,00				0,19		
	10,00	12,00				0,68			5,00	25,20				0,16		
	10,00	12,80				0,64			5,00	21,20				0,19		
	10,00	12,40				0,66			5,00	22,40				0,18		
CS1,7	10,00	14,40	0,63	0,45	0,14	0,57	0,61	46,22	10,00	24,30	0,80	0,50	0,15	0,34	0,35	33,68
	10,00	12,60				0,65	0,62		10,00	23,20				0,35	0,35	
	10,00	13,50				0,61	0,61		10,00	24,00				0,34	0,35	
	10,00	14,30				0,57	0,61		10,00	22,20				0,37	0,35	
	10,00	12,50				0,66	0,66		10,00	25,20				0,33	0,33	

CALCUL DE DEBITS

CANAL SECONDAIRE 1A (CS1A)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
T8,1	5,00	11,63	0,67	0,35	0,17	0,35	0,41	35,29	5,00	12,47	0,75	0,30	0,19	0,33	0,34	33,70
	5,00	9,96				0,41			5,00	11,43				0,36		
	5,00	9,87				0,42			5,00	12,00				0,34		
	5,00	10,03				0,41			5,00	12,31				0,33		
	5,00	9,18				0,45			5,00	12,53				0,33		
T7,1	3,00	6,96	0,90	0,30	0,28	0,35	0,36	60,34	5,00	14,53	0,90	0,45	0,22	0,28	0,30	44,59
	3,00	7,28				0,34			5,00	13,03				0,31		
	3,00	6,81				0,36			5,00	14,21				0,29		
	3,00	7,34				0,34			5,00	13,10				0,31		
	3,00	6,03				0,41			5,00	13,53				0,30		
T7,2	3,00	7,28	0,86	0,40	0,21	0,34	0,31	41,50	3,00	5,75	0,68	0,40	0,15	0,43	0,39	31,88
	3,00	7,84				0,31			3,00	6,31				0,39		
	3,00	8,21				0,30			3,00	6,03				0,41		
	3,00	7,75				0,32			3,00	6,87				0,36		
	3,00	8,21				0,30			3,00	6,40				0,38		
T6,1	5,00	5,72	0,70	0,40	0,20	0,72	0,71	78,29	5,00	6,40	0,74	0,40	0,18	0,64	0,62	63,58
	5,00	5,63				0,73			5,00	6,53				0,63		
	5,00	5,72				0,72			5,00	6,47				0,63		
	5,00	5,90				0,69			5,00	6,60				0,62		
	5,00	5,84				0,70			5,00	7,13				0,58		
CS1A,	10,00	11,00	0,87	0,40	0,20	0,75	0,75	95,39	5,00	13,80	1,23	0,40	0,38	0,30	0,30	93,9
	10,00	11,34				0,72			5,00	13,25				0,31		
	10,00	10,94				0,75			5,00	12,53				0,33		
	10,00	10,87				0,75			5,00	13,96				0,29		
	10,00	10,47				0,78			5,00	14,22				0,29		
CS1A,	10,00	5,75	0,75	0,40	0,15	1,43	1,46	126,3	10,00	6,10	0,77	0,36	0,16	1,34	1,37	124,0
	10,00	5,45				1,50			10,00	6,28				1,31		
	10,00	5,53				1,48			10,00	5,75				1,43		
	10,00	5,69				1,44			10,00	5,75				1,43		
	10,00	5,60				1,46			10,00	6,05				1,36		
CS1A,	10,00	5,47	0,82	0,40	0,21	1,50	1,49	191,0	10,00	5,43	0,78	0,40	0,20	1,51	1,53	180,1
	10,00	5,40				1,52			10,00	5,23				1,57		
	10,00	5,57				1,47			10,00	5,43				1,51		
	10,00	5,40				1,52			10,00	5,47				1,50		
	10,00	5,66				1,45			10,00	5,31				1,54		
CS1A,	10,00	6,06	0,93	0,50	0,24	1,35	1,35	231,0	10,00	19,00	1,63	0,73	0,43	0,43	0,45	225,9
	10,00	5,96				1,38			10,00	18,16				0,45		
	10,00	6,06				1,35			10,00	18,30				0,45		
	10,00	6,18				1,33			10,00	17,80				0,46		
	10,00	6,21				1,32			10,00	18,90				0,43		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 3 (CS3)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
T1,1	3,00	6,25	0,93	0,40	0,28	0,39	0,42	77,73	5,00	18,78	1,05	0,40	0,35	0,22	0,23	58,23
	3,00	5,78				0,43			5,00	18,56				0,22		
	3,00	5,78				0,43			5,00	16,06				0,26		
	3,00	5,69				0,43			5,00	18,98				0,22		
	3,00	6,00				0,41			5,00	17,31				0,24		
T1,2	3,00	5,94	0,75	0,35	0,24	0,41	0,42	55,10	3,00	6,63	0,80	0,35	0,25	0,37	0,36	51,23
	3,00	5,43				0,45			3,00	6,63				0,37		
	3,00	6,06				0,41			3,00	7,60				0,32		
	3,00	6,03				0,41			3,00	7,25				0,34		
	3,00	6,06				0,41			3,00	6,53				0,38		
T2,1	3,00	4,34	0,52	0,30	0,16	0,57	0,55	35,77	5,00	14,16	0,76	0,30	0,22	0,29	0,29	33,36
	3,00	4,75				0,52			5,00	14,03				0,29		
	3,00	4,56				0,54			5,00	13,56				0,30		
	3,00	4,53				0,54			5,00	14,96				0,27		
	3,00	4,40				0,56			5,00	15,06				0,27		
T3,1	5,00	10,94	0,93	0,35	0,32	0,37	0,37	76,34	5,00	15,78	1,10	0,50	0,35	0,26	0,26	74,04
	5,00	11,16				0,37			5,00	15,60				0,26		
	5,00	11,10				0,37			5,00	15,56				0,26		
	5,00	10,65				0,38			5,00	15,67				0,26		
	5,00	11,16				0,37			5,00	14,94				0,27		
T3,2	5,00	15,60	0,95	0,40	0,25	0,26	0,28	46,79	5,00	19,18	1,08	0,48	0,33	0,21	0,21	53,39
	5,00	14,47				0,28			5,00	20,08				0,20		
	5,00	14,42				0,28			5,00	19,37				0,21		
	5,00	14,28				0,29			5,00	20,03				0,20		
	5,00	15,26				0,27			5,00	20,22				0,20		
T4,1	5,00	5,21	0,92	0,45	0,24	0,79	0,76	125,0	3,00	6,81	1,05	0,50	0,28	0,47	0,46	93,0
	5,00	5,43				0,76			3,00	7,05				0,45		
	5,00	5,34				0,77			3,00	7,54				0,46		
	5,00	5,47				0,75			3,00	7,75				0,45		
	5,00	5,53				0,74			3,00	7,37				0,44		
T4,2	3,00	6,56	1,10	0,60	0,30	0,38	0,37	94,94	3,00	6,72	1,10	0,50	0,32	0,37	0,36	91,4
	3,00	7,03				0,35			3,00	7,34				0,34		
	3,00	6,53				0,38			3,00	6,72				0,37		
	3,00	6,53				0,38			3,00	7,10				0,35		
	3,00	6,42				0,38			3,00	6,64				0,37		
CS3,1	10,00	9,00	0,98	0,50	0,28	0,91	0,95	197,0	10,00	14,63	1,32	0,66	0,36	0,56	0,55	196,5
	10,00	8,54				0,96			10,00	15,03				0,55		
	10,00	9,03				0,91			10,00	15,06				0,54		
	10,00	8,06				1,02			10,00	15,04				0,55		
	10,00	8,56				0,96			10,00	14,63				0,56		
CS3,2	10,00	11,60	1,03	0,65	0,29	0,71	0,72	175,4	5,00	11,03	1,42	0,80	0,43	0,37	0,36	171,0
	10,00	11,42				0,72			5,00	11,34				0,36		
	10,00	11,21				0,73			5,00	11,67				0,35		
	10,00	11,66				0,70			5,00	11,63				0,35		
	10,00	11,06				0,74			5,00	11,56				0,35		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 4 (CS4)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
T4A,1	5,00	12,02	0,70	0,42	0,17	0,34	0,35	34,40	3,00	7,10	0,70	0,32	0,18	0,35	0,35	31,96
	5,00	11,53				0,36			3,00	6,72				0,37		
	5,00	12,37				0,33			3,00	7,21				0,34		
	5,00	10,23				0,40			3,00	7,37				0,33		
	5,00	12,40				0,33			3,00	6,96				0,35		
T5,1	5,00	12,57	0,60	0,40	0,15	0,33	0,32	23,63	5,00	16,23	0,63	0,32	0,17	0,25	0,26	20,99
	5,00	12,84				0,32			5,00	15,87				0,26		
	5,00	13,46				0,30			5,00	16,08				0,25		
	5,00	13,90				0,29			5,00	15,42				0,27		
	5,00	12,41				0,33			5,00	15,31				0,27		
T6A,1	5,00	9,25	0,68	0,40	0,19	0,44	0,42	43,27	5,00	10,53	0,70	0,37	0,19	0,39	0,38	38,36
	5,00	10,25				0,40			5,00	12,13				0,34		
	5,00	10,13				0,40			5,00	10,84				0,38		
	5,00	9,72				0,42			5,00	10,03				0,41		
	5,00	9,34				0,44			5,00	11,00				0,37		
T6A,2	5,00	11,28	0,72	0,33	0,18	0,36	0,36	34,02	5,00	20,00	0,92	0,42	0,24	0,21	0,21	33,31
	5,00	11,53				0,36			5,00	19,43				0,21		
	5,00	11,00				0,37			5,00	20,43				0,20		
	5,00	11,03				0,37			5,00	18,90				0,22		
	5,00	12,18				0,34			5,00	20,28				0,20		
T6,1	5,00	8,13	0,70	0,32	0,17	0,50	0,46	40,06	5,00	18,96	0,87	0,43	0,24	0,22	0,23	35,20
	5,00	9,66				0,42			5,00	17,31				0,24		
	5,00	8,94				0,46			5,00	17,94				0,23		
	5,00	9,34				0,44			5,00	19,25				0,21		
	5,00	8,47				0,48			5,00	17,56				0,23		
T7,1	3,00	8,03	0,81	0,42	0,22	0,31	0,31	42,32	3,00	9,37	0,85	0,40	0,20	0,26	0,27	33,29
	3,00	7,69				0,32			3,00	8,40				0,29		
	3,00	7,34				0,34			3,00	9,16				0,27		
	3,00	8,03				0,31			3,00	9,69				0,25		
	3,00	8,31				0,30			3,00	9,69				0,25		
T8A,1	3,00	7,63	0,85	0,35	0,22	0,32	0,32	42,68	3,00	8,21	0,84	0,43	0,21	0,30	0,29	38,52
	3,00	7,86				0,31			3,00	8,90				0,28		
	3,00	7,66				0,32			3,00	8,63				0,29		
	3,00	7,51				0,33			3,00	8,31				0,30		
	3,00	7,40				0,33			3,00	8,56				0,29		
T8A,2	5,00	12,21	0,84	0,40	0,18	0,34	0,33	36,58	5,00	8,53	0,59	0,35	0,15	0,48	0,47	33,03
	5,00	11,60				0,35			5,00	9,12				0,45		
	5,00	12,94				0,32			5,00	9,13				0,45		
	5,00	13,06				0,31			5,00	8,46				0,48		
	5,00	12,86				0,32			5,00	8,57				0,48		
T8A,3	3,00	7,43	0,74	0,40	0,18	0,33	0,32	32,59	5,00	13,06	0,74	0,45	0,17	0,31	0,31	31,23
	3,00	7,47				0,33			5,00	12,47				0,33		
	3,00	8,03				0,31			5,00	14,21				0,29		
	3,00	7,78				0,32			5,00	13,96				0,29		
	3,00	8,06				0,31			5,00	12,87				0,32		
cs4	10,00	16,78	1,64	0,60	0,53	0,49	0,51	301,6	5,00	7,25	0,85	0,55	0,17	0,57	0,53	63,2
	10,00	17,25				0,48			5,00	8,23				0,50		
	10,00	16,16				0,51			5,00	7,89				0,52		
	10,00	15,06				0,54			5,00	7,31				0,56		
	10,00	15,63				0,52			5,00	8,05				0,51		

NOTES DE CALCULS

CANAL SECONDAIRE 5 (CS5)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
T2,1	5,00	21,75	0,90	0,55	0,18	0,19	0,18	24,01	5,00	27,69	0,97	0,55	0,21	0,15	0,15	23,63
	5,00	21,75				0,19			5,00	26,75				0,15		
	5,00	24,36				0,17			5,00	27,43				0,15		
	5,00	21,87				0,19			5,00	28,87				0,14		
	5,00	21,90				0,19			5,00	27,78				0,15		
T4,1	3,00	6,87	0,60	0,30	0,16	0,36	0,36	25,63	3,00	10,00	0,76	0,35	0,18	0,25	0,23	23,20
	3,00	6,60				0,37			3,00	11,10				0,22		
	3,00	7,25				0,34			3,00	11,00				0,22		
	3,00	6,87				0,36			3,00	10,47				0,23		
	3,00	7,00				0,35			3,00	10,47				0,23		
T4,2	3,00	10,06	0,60	0,28	0,19	0,24	0,23	19,04	3,00	11,18	0,62	0,35	0,17	0,22	0,23	18,76
	3,00	11,84				0,21			3,00	10,06				0,24		
	3,00	10,34				0,24			3,00	10,81				0,23		
	3,00	10,69				0,23			3,00	10,72				0,23		
	3,00	11,25				0,22			3,00	11,40				0,22		
T6,1	3,00	11,90	0,91	0,40	0,31	0,21	0,21	41,73	3,00	12,03	0,91	0,35	0,30	0,20	0,21	39,17
	3,00	11,53				0,21			3,00	12,24				0,20		
	3,00	12,03				0,20			3,00	11,56				0,21		
	3,00	12,06				0,20			3,00	12,05				0,20		
	3,00	12,36				0,20			3,00	11,50				0,21		
CS5,1	5,00	9,25	1,36	0,78	0,31	0,44	0,46	151,5	5,00	10,56	1,37	0,50	0,43	0,39	0,37	148,2
	5,00	8,75				0,47			5,00	10,34				0,40		
	5,00	9,47				0,43			5,00	11,78				0,35		
	5,00	8,90				0,46			5,00	11,87				0,35		
	5,00	8,56				0,48			5,00	11,25				0,36		
CS5,2	5,00	13,21	1,30	0,65	0,37	0,31	0,31	112,8	5,00	14,81	1,35	0,55	0,42	0,28	0,28	110,9
	5,00	12,31				0,33			5,00	16,13				0,25		
	5,00	12,66				0,32			5,00	13,40				0,31		
	5,00	13,69				0,30			5,00	14,40				0,28		
	5,00	13,84				0,30			5,00	15,28				0,27		
CS5,3	5,00	10,63	0,96	0,52	0,26	0,39	0,39	75,24	5,00	14,16	1,02	0,53	0,30	0,29	0,31	72,42
	5,00	10,53				0,39			5,00	12,31				0,33		
	5,00	10,87				0,38			5,00	13,10				0,31		
	5,00	9,75				0,42			5,00	12,69				0,32		
	5,00	10,72				0,38			5,00	13,72				0,30		
CS5,4	5,00	9,06	0,92	0,38	0,23	0,45	0,47	70,34	5,00	13,87	1,03	0,33	0,32	0,30	0,30	66,2
	5,00	8,94				0,46			5,00	12,83				0,32		
	5,00	9,25				0,44			5,00	13,73				0,30		
	5,00	8,90				0,46			5,00	13,56				0,30		
	5,00	7,63				0,54			5,00	13,46				0,30		
CS5,5	5,00	9,53	0,78	0,32	0,26	0,43	0,46	65,57	3,00	11,53	1,05	0,40	0,36	0,21	0,20	52,44
	5,00	9,63				0,43			3,00	13,53				0,18		
	5,00	8,72				0,47			3,00	11,69				0,21		
	5,00	8,37				0,49			3,00	11,47				0,21		
	5,00	8,60				0,48			3,00	13,33				0,18		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 5A (CS5A)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
CS5A	3,00	16,72	0,90	0,55	0,24	0,15	0,16	29,17	3,00	17,03	0,90	0,43	0,26	0,14	0,14	24,80
	3,00	14,23					0,17		3,00	15,97					0,15	
	3,00	14,96					0,16		3,00	18,03					0,14	
	3,00	16,69					0,15		3,00	17,87					0,14	
	3,00	15,63					0,16		3,00	17,00					0,14	

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 6 (CS6)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
T2,1	10,00	20,07	0,80	0,45	0,17	0,41	0,44	46,34	10,00	21,10	0,68	0,45	0,18	0,39	0,39	39,62
	10,00	18,10				0,45			10,00	22,00				0,37		
	10,00	18,70				0,44			10,00	19,70				0,42		
	10,00	18,00				0,46			10,00	20,80				0,39		
	10,00	19,30				0,42			10,00	21,80				0,38		
T1,1	10,00	34,20	1,03	0,40	0,28	0,24	0,24	48,43	10,00	13,70	0,50	0,40	0,13	0,60	0,59	34,27
	10,00	36,00				0,23			10,00	14,50				0,57		
	10,00	35,00				0,23			10,00	14,90				0,55		
	10,00	35,00				0,23			10,00	13,30				0,62		
	10,00	30,00				0,27			10,00	13,70				0,60		
T3,1	10,00	17,00	0,64	0,30	0,18	0,48	0,51	43,01	10,00	17,70	0,64	0,30	0,17	0,46	0,50	39,81
	10,00	17,00				0,48			10,00	19,50				0,42		
	10,00	16,60				0,49			10,00	16,30				0,50		
	10,00	15,50				0,53			10,00	15,00				0,55		
	10,00	14,80				0,55			10,00	14,70				0,56		
T3,2	10,00	18,50	0,60	0,30	0,15	0,44	0,50	33,54	10,00	18,90	0,54	0,30	0,15	0,43	0,44	27,80
	10,00	17,80				0,46			10,00	16,60				0,49		
	10,00	15,30				0,54			10,00	18,30				0,45		
	10,00	15,90				0,52			10,00	19,80				0,41		
	10,00	15,50				0,53			10,00	19,70				0,42		
T3,3	10,00	21,20	0,57	0,30	0,15	0,39	0,42	27,15	10,00	18,10	0,55	0,30	0,13	0,45	0,42	23,32
	10,00	19,10				0,43			10,00	21,40				0,38		
	10,00	18,60				0,44			10,00	18,40				0,45		
	10,00	20,70				0,40			10,00	21,40				0,38		
	10,00	19,20				0,43			10,00	18,40				0,45		
CS6	15,00	19,00	1,40	0,60	0,36	0,65	0,56	200,7	10,00	21,14	0,80	0,40	0,19	0,39	0,41	46,24
	15,00	23,00				0,53			10,00	19,66				0,42		
	15,00	23,60				0,52			10,00	20,53				0,40		
	15,00	22,80				0,54			10,00	20,03				0,41		
	15,00	22,60				0,54			10,00	19,80				0,41		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 6A (CS6A)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
CS6A	10,00	10,50	0,50	0,40	0,10	0,78	0,78	35,08	10,00	45,00	0,80	0,40	0,20	0,18	0,18	21,45
	10,00	10,40				0,79			10,00	42,30				0,19		
	10,00	10,40				0,79			10,00	43,90				0,19		
	10,00	10,70				0,77			10,00	49,50				0,17		
	10,00	10,60				0,77			10,00	49,60				0,17		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 7 (CS7)

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (l/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (l/s)
T7,1	5,00	12,56	0,76	0,40	0,18	0,33	0,35	36,61	5,00	9,28	0,57	0,30	0,15	0,44	0,44	28,63
	5,00	10,94				0,37			5,00	9,25				0,44		
	5,00	12,34				0,33			5,00	8,84				0,46		
	5,00	11,31				0,36			5,00	10,53				0,39		
	5,00	11,47				0,36			5,00	9,00				0,46		
T6,1	5,00	9,56	0,93	0,40	0,30	0,43	0,37	74,32	5,00	8,34	0,74	0,40	0,23	0,49	0,51	66,89
	5,00	11,72				0,35			5,00	7,81				0,52		
	5,00	12,31				0,33			5,00	8,53				0,48		
	5,00	10,53				0,39			5,00	7,75				0,53		
	5,00	11,34				0,36			5,00	7,81				0,52		
T5,1	5,00	8,81	0,82	0,50	0,19	0,47	0,43	54,48	5,00	10,06	0,80	0,40	0,21	0,41	0,41	51,14
	5,00	11,31				0,36			5,00	11,13				0,37		
	5,00	9,21				0,45			5,00	10,40				0,39		
	5,00	9,63				0,43			5,00	10,78				0,38		
	5,00	8,66				0,47			5,00	8,56				0,48		
T4,1	5,00	12,69	0,72	0,40	0,14	0,32	0,34	26,57	5,00	14,29	0,65	0,36	0,16	0,29	0,30	23,95
	5,00	11,18				0,37			5,00	13,63				0,30		
	5,00	12,72				0,32			5,00	13,82				0,30		
	5,00	12,21				0,34			5,00	12,96				0,32		
	5,00	11,84				0,35			5,00	14,56				0,28		
T4,2	3,00	7,90	0,70	0,40	0,15	0,31	0,30	24,57	3,00	9,81	0,78	0,40	0,15	0,25	0,27	23,89
	3,00	7,72				0,32			3,00	8,06				0,31		
	3,00	10,25				0,24			3,00	9,50				0,26		
	3,00	8,13				0,30			3,00	9,56				0,26		
	3,00	7,78				0,32			3,00	8,87				0,28		
T3,1	5,00	13,21	0,83	0,50	0,21	0,31	0,32	44,60	5,00	8,63	0,70	0,45	0,16	0,48	0,48	43,90
	5,00	13,21				0,31			5,00	9,60				0,43		
	5,00	12,25				0,33			5,00	7,81				0,52		
	5,00	11,53				0,36			5,00	9,37				0,44		
	5,00	14,34				0,29			5,00	7,87				0,52		
T3,2	5,00	6,81	0,55	0,35	0,11	0,60	0,57	28,33	5,00	10,87	0,67	0,35	0,14	0,38	0,37	26,45
	5,00	7,21				0,57			5,00	11,37				0,36		
	5,00	7,47				0,55			5,00	10,28				0,40		
	5,00	7,16				0,57			5,00	12,00				0,34		
	5,00	7,20				0,57			5,00	10,96				0,37		
T2,1	5,00	8,94	0,75	0,55	0,14	0,46	0,46	42,08	5,00	8,90	0,70	0,40	0,15	0,46	0,42	34,49
	5,00	8,60				0,48			5,00	10,43				0,39		
	5,00	9,03				0,45			5,00	9,53				0,43		
	5,00	8,82				0,46			5,00	11,03				0,37		
	5,00	8,96				0,46			5,00	9,43				0,43		
CS7,6	3,00	10,84	1,30	0,60	0,35	0,23	0,25	82,99	5,00	8,37	0,80	0,50	0,17	0,49	0,46	50,73
	3,00	10,66				0,23			5,00	10,00				0,41		
	3,00	10,50				0,23			5,00	8,13				0,50		
	3,00	9,16				0,27			5,00	8,56				0,48		
	3,00	8,56				0,29			5,00	9,94				0,41		
CS7,5	5,00	9,31	1,25	0,55	0,35	0,44	0,43	136,6	5,00	10,78	1,22	0,60	0,32	0,38	0,39	112,8
	5,00	10,25				0,40			5,00	9,84				0,42		
	5,00	8,94				0,46			5,00	10,66				0,38		
	5,00	10,06				0,41			5,00	10,78				0,38		
	5,00	8,87				0,46			5,00	10,94				0,37		

NOTES DE CALCUL

CANAL SECONDAIRE 7 (CS7) suite

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	h (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (l/s)	D (m)	t (s)	b (m)	h (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (l/s)
cs7,3	10,00	6,47	0,97	0,55	0,24	1,27	1,30	238,0	5,00	6,31	1,22	0,78	0,30	0,65	0,71	214,0
	10,00	6,66				1,23			5,00	6,50				0,63		
	10,00	6,63				1,24			5,00	5,28				0,78		
	10,00	6,21				1,32			5,00	5,47				0,75		
	10,00	5,59				1,47			5,00	5,40				0,76		
cs7,2	10,00	6,66	1,10	0,55	0,30	1,23	1,24	306,7	10,00	6,96	1,02	0,50	0,30	1,18	1,25	285,5
	10,00	6,40				1,28			10,00	6,50				1,26		
	10,00	6,78				1,21			10,00	6,72				1,22		
	10,00	6,66				1,23			10,00	6,31				1,30		
	10,00	6,60				1,24			10,00	6,30				1,30		

NOTES DE CALCUL

CANAL D'AMENEE

N°	ENTREE								SORTIE							
	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)	D (m)	t (s)	b (m)	l (m)	Y (m)	v (m/s)	Vmoy	q (L/s)
	5,00	8,31	4,00	1,60	1,20	0,49	0,59	1972,79	10,00	12,60	3,50	1,70	0,90	0,65	0,63	1474,62
	5,00	6,60				0,62			10,00	13,00				0,63		
	5,00	6,25				0,66			10,00	13,62				0,60		
	5,00	6,32				0,65			10,00	12,72				0,64		
	5,00	7,94				0,52			10,00	13,17				0,62		

Efficiencie = 74,75

CANAL PRINCIPAL

lecture débit entrant lecture débit secondaires

	CS4B	50
	CS5A	20
1600	CS5	150
	CS6	250
	CS6A	40
	CS7	350
	CS1	450

debit aval canal principal : 87L/s (avant la prise du secondaire 8)

ASSEMBLAGE DES DEBITS

canal	Q_entrée	Q_sortie	canal	Q_entrée	Q_sortie
T1,1	55,94	53,38	CS6A	35,08	21,45
T1,2	33,55	30,05			
T7,1	24,62	22,78	T2,1	46,34	39,62
T7,2	22,13	21,84	T1,1	48,43	34,27
T6,1	49,14	41,42	T3,1	43,01	39,81
T5,1	56,62	55,77	T3,2	33,54	27,80
T5,2	36,93	24,74	T3,3	27,15	23,32
T3,1	61,86	58,71	CS6	222,96	46,24
T2,1	40,87	37,85			
CS1,1	291,21	285,15	T7,1	36,61	28,63
CS1,2	242,28	239,92	T6,1	74,32	66,89
CS1,4	146,02	145,64	T5,1	54,48	51,14
CS1,5	132,26	119,93	T4,1	26,57	23,95
CS1,6	58,28	50,39	T4,2	24,57	23,89
CS1,7	46,22	33,68	T3,1	44,60	43,90
			T3,2	28,33	26,45
T8,1	35,29	33,70	T2,1	42,08	34,49
T7,1	60,34	44,59	CS7,6	82,99	50,73
T7,2	41,50	31,88	CS7,5	136,63	112,79
T6,1	78,29	63,58	cs7,4	152,32	154,69
CS1A,8	95,39	93,89	cs7,3	237,95	213,95
CS1A,7	126,25	123,98	cs7,2	306,68	285,50
CS1A,6	191,05	180,10			
CS1A,5	230,95	225,87	Principal	1600	87
T1,1	77,73	58,23	Amenée	1972,79	1474,62
T1,2	55,10	51,23			
T2,1	35,77	33,36			
T3,1	76,34	74,04			
T3,2	46,79	53,39			
CS3,1	197,03	196,47			
CS3,2	175,45	171,05			
T4A,1	34,40	31,96			
T5,1	23,63	20,99			
T6A,1	43,27	38,36			
T6A,2	34,02	33,31			
T6,1	40,06	35,20			
T7,1	42,32	33,29			
T8A,1	42,68	38,52			
T8A,2	36,58	33,03			
T8A,3	32,59	31,23			
CS4	301,62	63,15			
T2,1	24,01	23,63			
T4,1	25,63	23,20			
T4,2	19,04	18,76			
T6,1	41,73	39,17			
CS5,1	151,55	148,17			
CS5,2	112,77	110,93			
CS5,3	75,24	72,42			
CS5,4	70,34	66,18			
CS5,5	65,57	52,44			
CS5A	29,17	24,80			

NOTES DE CALCUL

CALCUL DES EFFICIENCES

secondaire	n° tertiaire	amont	prélèvement	aval	pertes	efficience (%)
CS1		291	264	0	27	91
	1	56	20	30	6	89
	2	41	0	38	3	93
	3	62	0	59	3	95
	5	57	19	25	13	77
	6	49	0	41	8	84
CS1A		231	174	34	23	90
	6	78	0	64	15	81
	7	60	0	32	28	53
	8	35	0	34	2	96
CS3		197	190	0	7	96
	1	78	0	51	26	66
	2	36	0	33	2	93
	3	76	0	53	23	70
CS4		302	226	63	12	96
	4A	34	0	32	2	93
	5	24	0	21	3	89
	6	40	0	35	5	88
	6A	43	0	33	10	77
	7	42	0	33	9	79
	8A	43	0	31	11	73
CS5		152	91	52	8	95
	2	24	0	24	0	98
	4	26	0	19	7	73
	6	42	0	39	3	94
CS5A		29	0	25	4	85
CS6A		35	0	21	14	61
CS6		200	138	46	16	92
	1	48	0	34	14	71
	2	46	0	37	9	81
	3	43	6	23	13	69
CS7		307	279	22	6	98
	2	42	0	34	8	82
	3	45	16	26	3	94
	4	27	0	24	3	90
	5	54	0	51	3	94
	6	74	0	67	7	90
	7	37	0	29	8	78
principal		1600	1310	87	203	87
amenée		1973	0	1475	498	75

NOTES DE CALCUL

canaux tertiaires

secondaire	tertiaire	efficience (%)	moyenne
CS1	1	89	82
CS1	2	93	
CS1	3	95	
CS1	5	77	
CS1	6	84	
CS1A	6	81	
CS1A	8	96	
CS3	2	93	
CS4	4A	93	
CS4	5	89	
CS4	6	88	
CS4	6A	77	
CS4	7	79	
CS4	8A	73	
CS5	2	98	
CS5	4	73	
CS5	6	94	
CS6	1	71	
CS6	2	81	
CS7	2	82	
CS7	3	94	
CS7	4	90	
CS7	5	94	
CS7	6	90	
CS7	7	78	
principal		87	
amenée		75	

canaux secondaires

	amont	prélèvement	aval	pertes	efficience	moyenne
CS1	291	264	0	27	91	94
CS1A	231	174	34	23	90	
CS3	197,03	190	0,00	7	96	
CS4	302	226	63	12	96	
CS5	151,55	91	52	8	95	
CS6	200,07	138	46,24	16	92	
CS7	307	279	22	6	98	