RET

BCEOM - Société Française
d'Ingénierie
Département Aménagements
Hydrauliques
et Développement Rural
Parc Scientifique d'Agropolis
34980 MONTFERRIER-SUR-LEZ
Tél. 67 61 13 80
Fax 67 41 24 24

ENGREF
19, Avenue du Maine
75231 PARIS cédex 15
Tél. (1) 45 49 88 00
Fax (1) 45 49 88 27

PROJET RETAIL
664
Recherche
Développement
Office du Niger

Périmètre rizicole du distributeur RETAIL
Réhabilitation d'une 3ème tranche de 1 500 ha
Analyse du réseau et des critères de dimensionnement

Jean-Michel MALÉ
Elève-Ingénieur Fonctionnaire de l'ENGREF
Promotion 1990 - 1992

Stage en entreprise réalisé du 11 février 1991 au 27 mars 1991
Responsable BCEOM : M. Bernard LEBLOND
Responsable ENGREF : M. Jean-Robert TIERCELIN

BCEOM

ENGREF : ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS

AVERTISSEMENT AUX LECTEURS

La reproduction de ce document ou d'une partie des informations contenues dans ce document est autorisée sous réserve d'en préciser la référence exacte :

MALÉ J.-M., Mars 1991

"Périmètre rizicole du distributeur RETAIL
Réhabilitation d'une 3ème
tranche de 1500 ha
Analyse du réseau et des
critères de dimensionnement"

BCEOM (SOCIETE FRANÇAISE D'INGENIERIE), ENGREF, 50 PAGES

REMERCIEMENTS

Je remercie MM.Bernard LEMOINE (Directeur du Département Aménagements Hydrauliques et Développement Rural, BCEOM Montpellier-Agropolis) et Bernard LEBLOND (Responsable du Secteur Afrique) de m'avoir fait confiance pour cette courte mission. J'espère avoir répondu à leurs attentes et je souhaite que d'autres étudiants connaissent le même plaisir que moi.

Je remercie les membres de la Mission BCEOM de Surveillance et de Contrôle de la deuxième tranche des travaux de réhabilitation du Projet RETAIL pour l'accueil qu'ils m'ont réservé à NIONO (MALI) :

- M.Maurice PISSARELLO (Chef de mission) et son épouse qui ont veillé à ce que les conditions matérielles de mon séjour soient les meilleures possibles ;

- Frédéric HAYOIS (Ingénieur aménagiste) et Jean-Michel DAUGE (Ingénieur chargé du Contrôle des Travaux) pour l'amitié qu'ils m'ont témoignée, leur disponibilité et leur précieuse collaboration à la réalisation de ce travail.

Je remercie enfin toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, d'une façon ou d'une autre, pendant le stage et tout particulièrement un grand merci à Moïse DEMBELE.

SOMMAIRE

Introduction 1

Première partie : Principes de fonctionnement et du mode de gestion de l'eau au Projet RETAIL

1. Présentation de la zone d'étude 3
11. Localisation géographique
12. Milieu physique
13. Environnement humain 4
2. Schéma d'aménagement du réseau d'irrigation
21. Infrastructures hydrauliques en amont de RETAIL 5
22. Organisation du périmètre et principes de gestion de l'eau
3. Problèmes constatés lors de la mise en eau de RETAIL 2 8

Deuxième partie : Proposition de critères de projet pour RETAIL 3

1. Besoins en eau 9
11. Critères étudiés
12. Problèmes soulevés
13. Méthode de calcul
14. Proposition de débits spécifiques pour RETAIL 3 10
15. Etude de la satisfaction des besoins en eau
16. Gestion de l'eau
2. Besoins en drainage 12
21. Buts du drainage
22. Problèmes liés au drainage
23. Proposition de normes de drainage pour RETAIL 3 13
24. Expérimentation drainage profond 14
3. Planage des bassins rizicoles 16
31. Comparaison des méthodologies et des coûts de planage RETAIL-ARPON
32. Etude de modifications de normes pour RETAIL 3 18

Troisième partie : Améliorations dans la conception et la mise en oeuvre de certains aménagements et ouvrages

1. Réseau tertiaire 20
11. De RETAIL 1 à RETAIL 3 : évolution de la conception du réseau tertiaire
12. Etude économique comparative système bilatéral/système monolatéral 21
13.Expérimentation arroseurs-béton 23
2. Amélioration des ouvrages hydrauliques de RETAIL 2 25
21. Prise d'arroseur, de sous-partiteur et déversoir de sécurité
22. Déversoir de sécurité 26
23. Protection des ouvrages 27
24. Prise de rigole 28
25. Buses et passages busés 29
26. Débouchés de drains 30
27. Mesures de protection particulières et divers 31
3. Problèmes de mise en oeuvre et solutions apportées 32

Annexes

Annexe 1 : Besoins en eau 33
Annexe 2 : Note sur l'engorgement du drain principal Niono-Grüber constaté au cours des derniers mois de l'année 1990 37
Annexe 3 : Drainage profond. Caractéristiques de mise en oeuvre 40
Annexe 4 : Planage des parcelles : RETAIL 2 (1ère et début 2ème campagne) 42

Bibliographie 47

INTRODUCTION

1. L'Office du Niger

[réf. 4, 6, 9, 11, 14]

Créé en 1932, l'Office du Niger a réalisé et mis en exploitation un réseau d'irrigation gravitaire couvrant près de 55 000 hectares dans la zone du delta mort intérieur du fleuve Niger, à partir du barrage de Markala construit en 1947.

Destiné initialement à fournir du coton pour l'industrie française des filatures, l'Office se dirige presque exclusivement vers la riziculture à la fin des années 60.

Mais au début des années 80, le bilan n'est guère satisfaisant :

- les rendements ont toujours été faibles (2,4 t/ha de 1973 à 1978, 1,8 t/ha de 1979 à 1984 [réf. 4]) et les objectifs de production jamais atteints ;

- l'Office connaît des problèmes structurels : mauvais résultats financiers, organisation et gestion peu efficaces ;

- la situation des agriculteurs se dégrade : baisse du revenu monétaire et de l'auto-consommation, précarité de la tenure foncière ;

- des problèmes techniques importants se manifestent : infrastructures d'irrigation déficientes (mauvais fonctionnment et manque d'entretien du réseau hydraulique, mauvais planage des parcelles) ;

La conjonction de ces problèmes conduit le gouvernement malien à chercher auprès des bailleurs de fonds l'appui technique et financier nécessaire à une réhabilitation physique, institutionnelle et financière de l'Office.

L'aménagement de nouvelles surfaces irriguées est différé et la priorité est donnée à la réhabilitation des périmètres existants. Les deux principales opérations de réaménagement sont celles du projet ARPON (Amélioration de la Riziculture Paysanne à l'Office du Niger - Coopération néerlandaise) et du Projet Retail (Coopération française).

2. Cadre du Projet Retail

21. Conçu comme un projet de recherche-développement sur un type possible de réhabilitation d'un grand périmètre irrigué, le Projet Retail, financé par la CCCE (Caisse Centrale de Coopération Economique) doit permettre de vérifier, sur une superficie significative, les conditions et la viabilité de l'intensification de la production rizicole.

22. Les objectifs du Projet Retail fixés à l'Office du Niger sont les suivants [réf. 6] :

a. amélioration des conditions de vie et des revenus des familles installées sur les terres de l'Office ;

b. augmentation de la production et de la productivité des terres aménagées par intensification de la riziculture ;

c. à terme équilibre financier de l'Office du Niger.

23. En accord avec ces objectifs, les grandes options du Projet Retail comprennent [réf. 11] :

a. l'intensification de la riziculture, avec notamment les pratiques du repiquage généralisé à toutes les parcelles et de la culture de contre-saison obligatoire sur 10% des surfaces attribuées par l'Office ;

b. la sécurisation foncière des paysans, par l'intermédiaire d'un "permis d'occuper" délivré par l'Office du Niger, sur la base d'un hectare par travailleur homme (15 à 55 ans) ;

c. la promotion des associations villageoises, en vue d'un transfert des fonctions et de responsabilités de l'Office du Niger (participation aux décisions pour les attributions foncières et la distribution de crédits de campagne).

24. Le Projet Retail est intégré à la structure de l'Office du Niger au niveau de la zone de Niono. Il est organisé autour de quatre volets (gestion de l'eau, recherche-développement, formation et organisation paysannes, suivi-évaluation).

Le suivi est assuré notamment par des experts du CIRAD/DSA et différentes études agronomique [réf. 9], socio-économiques [réf. 10, 11], économique [réf. 4], pédologique [réf. 16] ont été réalisées récemment sur ce projet pilote [voir aussi réf. 13, 14, 16, 19].

25. La réhabilitation de l'ensemble du casier rizicole de Retail concerne 4300 hectares. Le périmètre est divisé en trois tranches :

- Retail 1 (1370 ha), réhabilité en 1987 ;

- Retail 2 (1430 ha), en cours de réhabilitation depuis 1989 avec fin des travaux prévue en juillet 1991 ;

- Retail 3 (1500 ha), étude de la réhabilitation en cours depuis février 1991.

3. Mission confiée au BCEOM

a. Sur Retail 2, le BCEOM est chargé du Contrôle et de la Surveillance des Travaux. En outre il est le bureau d'études du chantier, pouvant proposer et améliorer certains ouvrages.

b. Sur Retail 3, le BCEOM est chargé d'établir l'APD (Avant-Projet Détaillé), le DCE (Dossier de Consultation des Entreprises) en plus des missions qu'il mène à bien sur Retail 2. Les travaux de réaménagements hydrauliques ont pour but un contrôle strict de la lame d'eau dans les rizières.

c. Le volet "Mise en Valeur" du Projet Retail est confié à un autre bureau d'études français, le BDPA/SCET Agri (expert sur place : Patrick SMITH).

4. Objectifs du stage

Le stage peut être considéré comme une pré-étude précédant l'étude d'APD de Retail 3. Les objectifs de cette mission sont les suivants :

- proposition de nouvelles normes d'aménagement à utiliser sur Retail 3 : besoins en eau, besoins en drainage, normes de planage des bassins rizicoles, normes de gestion de l'eau.

- analyse des performances du mode de gestion de l'eau sur les deux tranches Retail 1 (réhabilitée) et Retail 2 en cours de réhabilitation) ;

- inventaire des améliorations techniques des ouvrages hydrauliques et de grandes options de l'aménagement réalisées par le BCEOM au cours des travaux de Retail 2, l'expérience acquise pouvant être mise à profit pour Retail 3.

Le stage s'est déroulé en trois phases :

- Montpellier (11/02/91 - 24/02/91) : préparation ;

- Niono (25/02/91 - 16/03/91) : phase de terrain ;

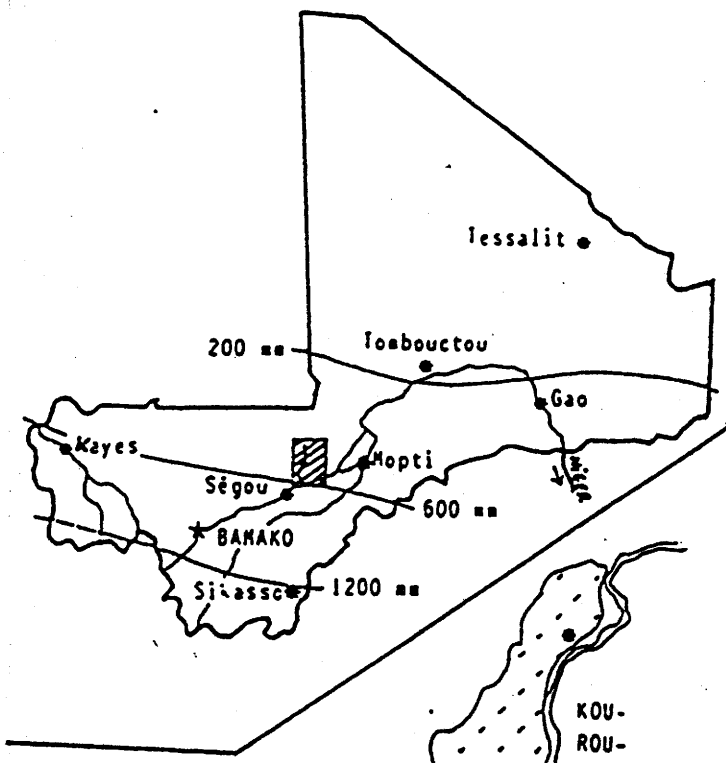
- Montpellier (17/03/91 - 26/03/91) : rédaction du rapport. La soutenance a eu lieu à Paris le 27/03/91 en présence de M.Jean JAUJAY (CCCE), M.Bernard LEMOINE (BCEOM), M.Jean-Robert TIERCELIN (ENGREF).

PREMIERE PARTIE

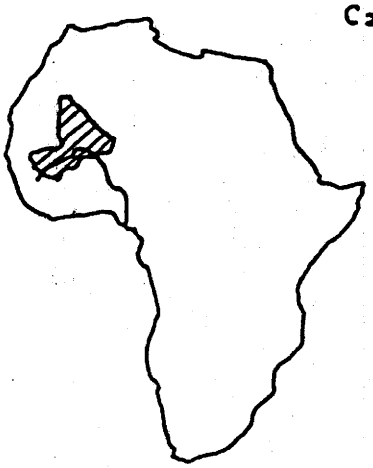
PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET DU MODE DE GESTION DE L'EAU AU PROJET RETAIL

Une rapide Présentation de la zone d'étude est suivie de la présentation du Schéma d'aménagement du réseau d'irrigation et des Principes de gestion de l'eau. Pour terminer, l'accent est mis sur les Problèmes de gestion observés lors de la mise en eau de la première tranche de RETAIL 2 et sur les enseignements à en tirer pour la suite.

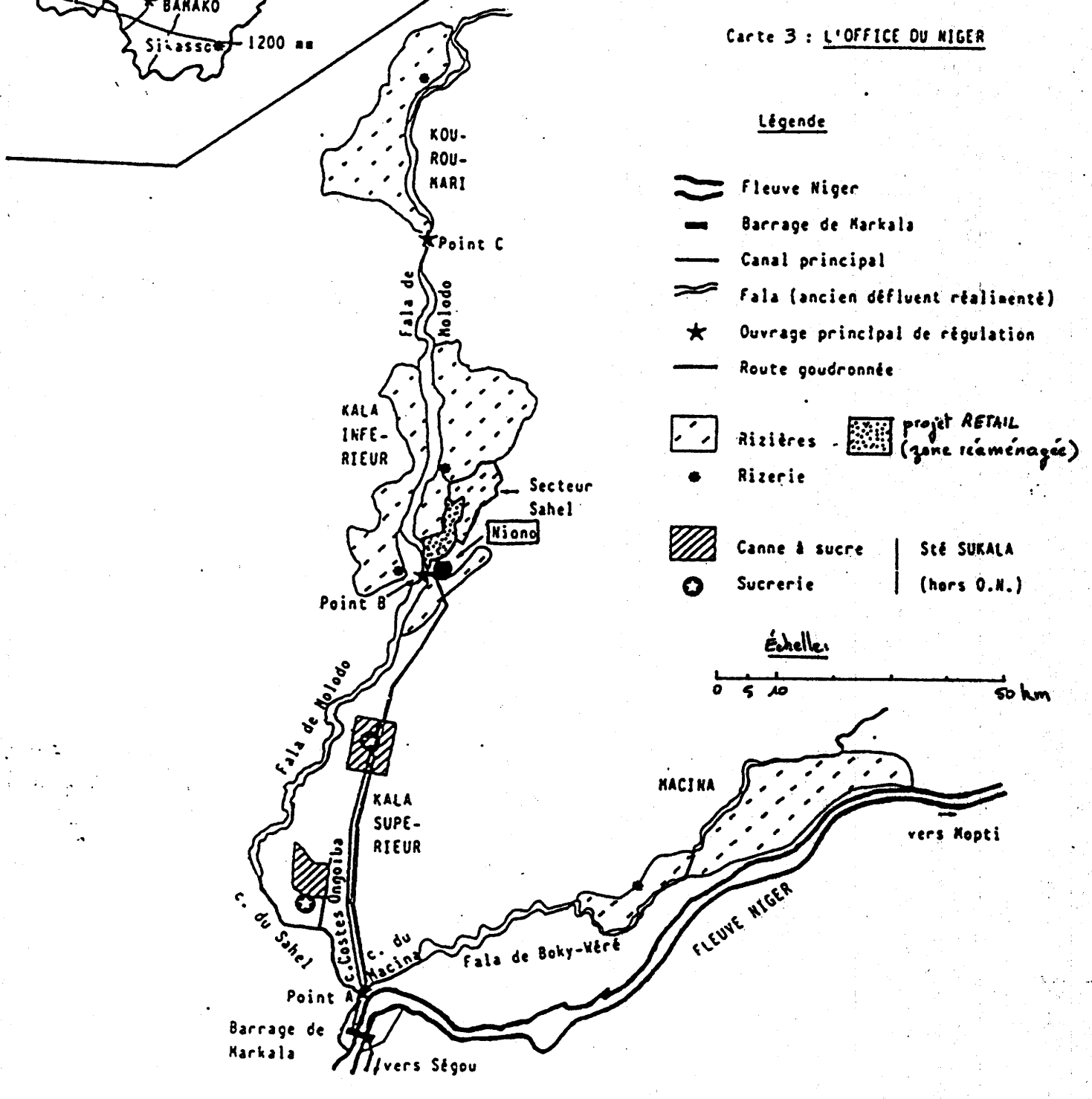
Carte 2 : Situation de l'Office du Niger au Mali



Carte 1: Situation du Mali et du Fleuve Niger



Carte 3 : L'OFFICE DU NIGER



1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Résumé : rapide présentation du projet Retail dans son milieu physique et dans son environnement humain. Trois définitions importantes : simple culture, double culture et contre-saison.

11. Localisation géographique

Les trois cartes présentées ci-contre permettent de situer le projet Retail au Mali et dans l'Office du Niger. Niono est une ville de 23 000 habitants située à 100km de Ségou (2ème ville du pays) et desservie par une route goudronnée depuis Bamako, la capitale.

12. Milieu physique

réf.[4], pp.6-7

a. Situation physique

Les terres de l'Office sont situées sur le delta mort du fleuve Niger, c'est-à-dire une zone anciennement inondable par les crues mais qui ne l'est plus depuis des milliers d'années.

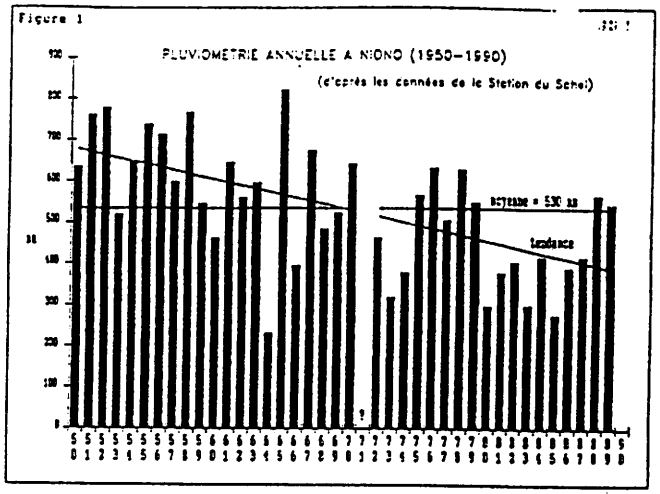
Les sols sont de type alluvionnaire, pauvres en éléments minéraux (phosphore et zinc) et en matière organique.

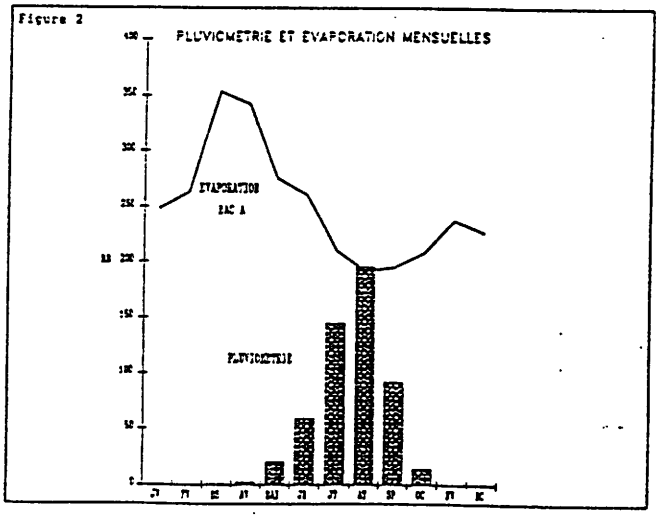
Le principal problème est la faiblesse générale de la pente qui rend difficile l'évacuation des eaux de drainage (déclivité faible mais général vers le Nord-Nord Est).

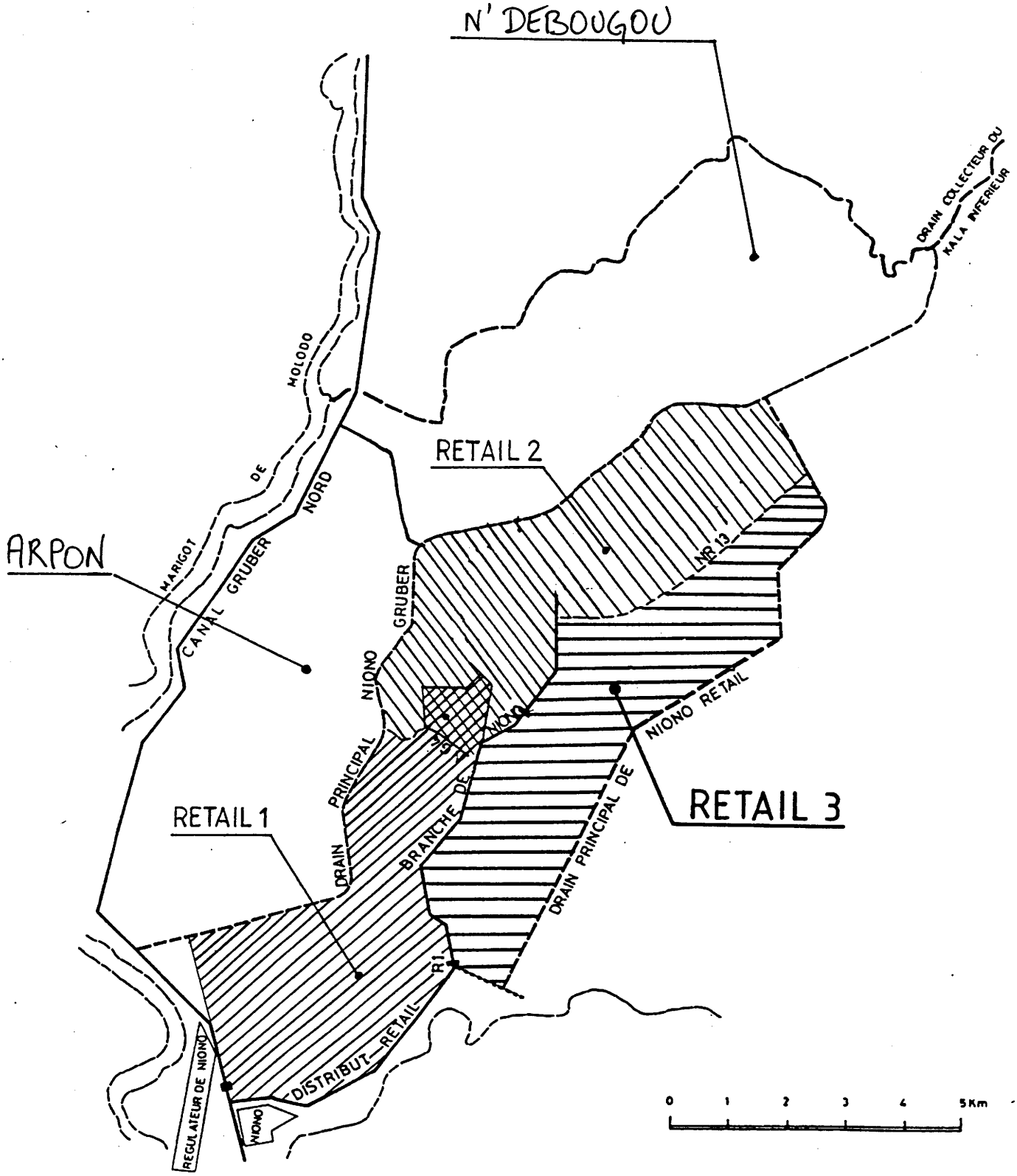
Ce mauvais drainage et la charge alcaline des eaux du Niger peuvent expliquer le phénomène d'alcalinisation et sodisation des sols (voir le chapitre consacré au drainage).

b. Climat

Les précipitations sont faibles avec une forte irrégularité interannuelle (460mm de moyenne sur les vingt dernières années, évaporation BAC de 3 000mm/an).






N' DEBOUGOU
DRAIN COLLECTEUR DU KALA INFERIEUR
MOLODO
DE
NORD
CANAL GRUBER
MARIGOT
ARPON
RETAIL 2
NR 13
GRUBER
NIONO
PRINCIPAL
BRANCHE DE
NIONO
NIONO RETAIL
RETAIL 3
DRAIN PRINCIPAL DE
RETAIL 1
DRAIN
R1
DISTRIBUT-RETAIL
REGULATEUR DE NIONO
NIONO
0 1 2 3 4 5Km

En 1990, les précipitations ont été très faibles et la récolte du mil pluvial très peu abondante.

On distingue trois saisons dans l'année :

- hivernage : mi-juin à octobre (saison des pluies) ;
- saison sèche froide : novembre à février (T°minima : 10°C, T°maxima : 30°C) ;
- saison sèche chaude : de mi-février à juin (T°moyenne de mai : 40°C).

13. Environnement humain

a. Milieu humain

Le peuplement traditionnel (agriculteurs Bambara, éleveurs Peuls et Maures, pécheurs Bozo) a été complété par des migrations souvent forcées, effectuées par l'Office du Niger pour réaliser les aménagements et la mise en valeur de la zone (Mossi du Yatenga, province de l'ex-Haute-Volta, Minianka, Bambara et Bobo du sud du pays). Actuellement, suite à la sècheresse, de nombreux éleveurs se sont installés dans la zone et fournissent leur force de travail à l'occasion des travaux agricoles (repiquage par exemple).

b. Mise en valeur agricole des périmètres irrigués

Sur les périmètres irrigués, le riz peut être cultivé de deux façons :

- une seule mise en culture annuelle, pendant l'hivernage (désignée dans la suite par **Simple Culture** ou **SC**) ; elle est étalée de mai à janvier ;

- deux mises en culture annuelles :

= une culture pendant la contre-saison (désignée dans la suite par **Contre-saison** ou **CS**), de juin à août ;

= une culture pendant l'hivernage (désignée dans la suite par **Double Culture** ou **DC**) ; elle est étalée de juillet à février.

c. Autres terroirs voisins de Retail

Voir carte ci-contre.

Près du périmètre Retail existent différents types de terroirs :

- des périmètres irrigués aménagés dans les années 40-50 par l'Office du Niger. Comme sur Retail, faute d'entretien, les réseaux se sont dégradés. Les paysans y pratiquent une riziculture extensive qui, depuis quelques années, s'inspire de techniques utilisées sur les périmètres réhabilités et intensifiés (repiquage par exemple) :

= périmètre irrigué en cours de réaménagement : ARPON (Amélioration de la Riziculture Paysanne à l'Office du Niger, Coopération Néerlandaise) ;

= périmètre irrigué non encore réaménagé : N'Debougou ;

- des zones jamais aménagées, situées à l'aval (au Nord-Nord-Est) des périmètres irrigués et irriguées par des exploitants qui pratiquent des barrages sur le drain collecteur du Kala Inférieur Est. Une riziculture extensive y est possible ;

- des zones de culture pluviale, là où l'eau du Niger n'est jamais disponible. La culture principale y est le mil. Les dernières années ont été très difficiles pour ces exploitants.

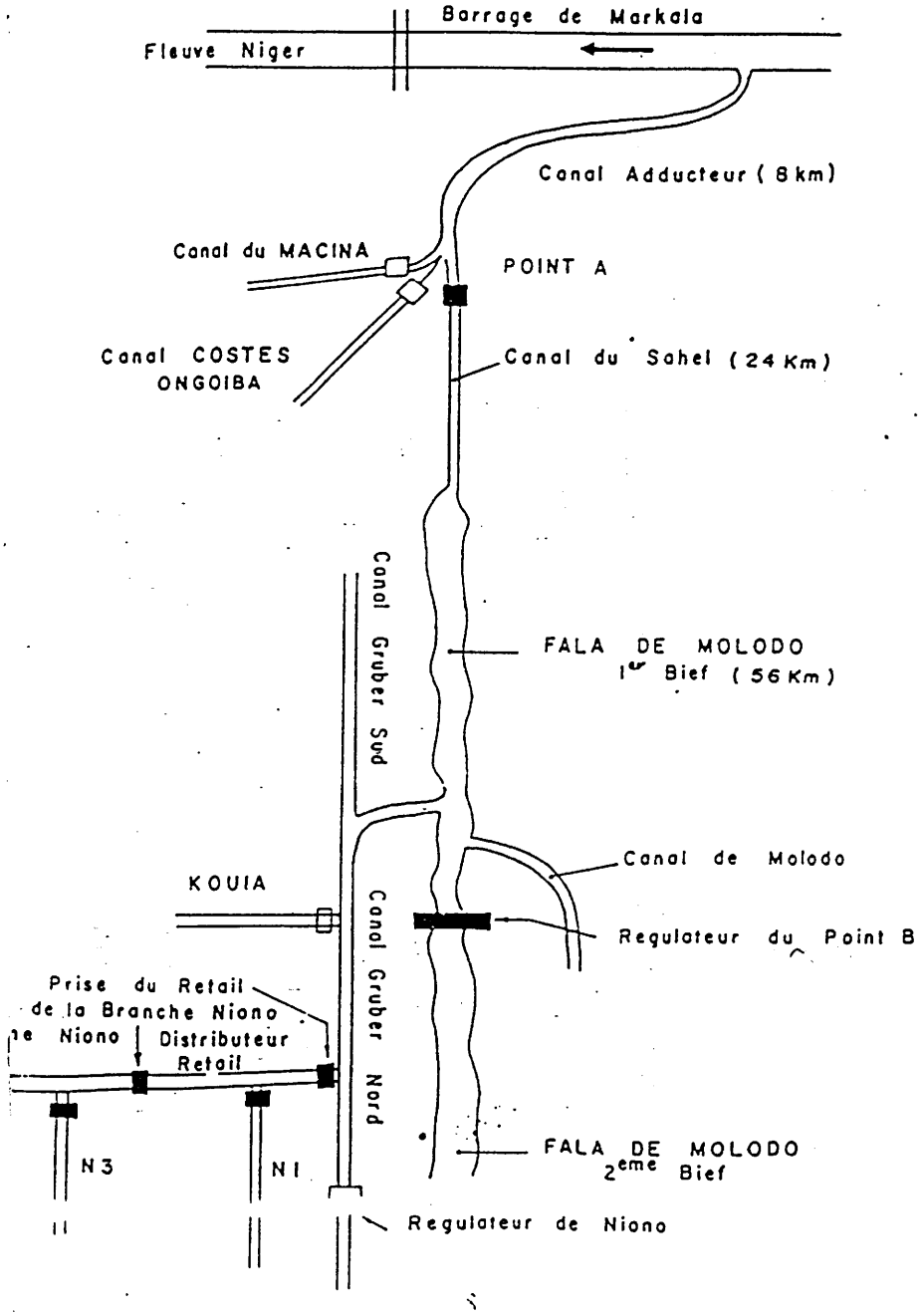
2. SCHEMA D'AMENAGEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION

Résumé : Ce chapitre présente les aménagements hydrauliques en amont du périmètre de Retail, présente les grandes options d'aménagement et les principes de gestion du périmètre.

Quelques notions importantes relatives à la gestion de l'eau sont définies : main d'eau, tour d'eau, période de retour.

Voir les illustrations ci-contre et page suivante.

Schéma de principe de la distribution de l'eau jusau'au Retail



21. Infrastructures hydrauliques en amont de RETAIL

réf.[34], pp 6-7.

Le fleuve Niger long de 4 200km est la principale source d'irrigation des terres rizicoles de l'Office du Niger qui couvrent une superficie de 50 000ha aménagés environ, sur 450 000ha que permettrait d'irriguer le barrage de Markala. Celui-ci rehausse le niveau de l'eau d'environ 5,5m et permet l'irrigation gravitaire de terres situées en aval (vannes à commande électrique).

Un canal adducteur, long de 8km, relie une zone située en amont du barrage aux ouvrages dits "du point A" d'où partent trois canaux : canal du MACINA, canal du SAHEL et canal COSTES-ONGOIBA. En tête de chaque canal, un régulateur à vannes permet de maintenir constant le niveau aval.

Le canal du SAHEL, long de 24km, relie le Point A au régulateur du Point B sur le fala de MOLODO (ancien cours d'eau naturel) endigué sur 63km jusqu'à NIONO. Son débit d'équipement est 150 m3/s.

Le distributeur RETAIL, prolongé par la branche NIONO, dessert enfin l'ensemble du périmètre RETAIL.

22. Organisation du périmètre et principes de gestion de l'eau

réf.[8] (Manuel de Gestion de l'eau, BCEOM, juillet 1990)

Voir le schéma d'aménagement du réseau d'irrigation présenté page suivante (source : réf.[9]).

a. Généralités

La terminologie utilisée est la suivante :

- canaux adducteurs :

Réseau primaire
distributeur branche Niono

Réseau secondaire
partiteurs et sous-partiteurs

Réseau tertiaire
arroseurs

Réseau quaternaire
rigoles d'irrigation ou rigoles

- canaux de drainage :

Réseau quaternaire
rigoles d'irrigation ou rigoles

Réseau tertiaire
drains d'arroseurs

Réseau secondaire
drains de partiteurs

Réseau principal
drains principaux et collecteurs

A l'exception du distributeur branche Niono, la gestion de l'eau est dite "en commande par l'amont" : cela signifie que la hauteur du plan d'eau est commandée par les débits délivrés en tête de la section de réseau considérée, une fois fixée la configuration (ouverture des ouvrages de distribution) de cette section.

b. Réseau primaire

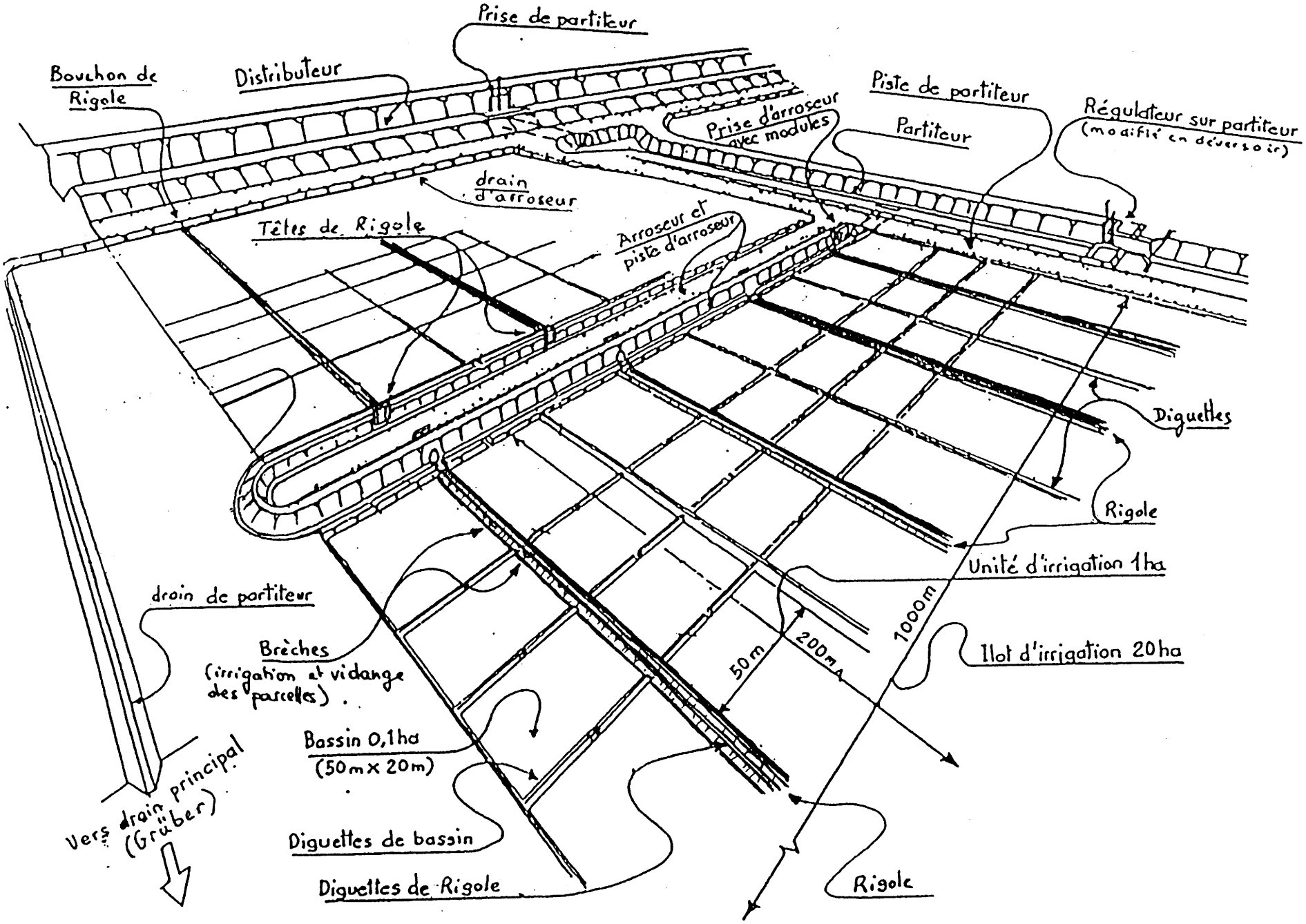
La branche Niono est la section de distributeur comprise entre le régulateur R2 et le déversoir de sécurité.

C'est le seul tronçon du périmètre fonctionnant "en commande par l'aval" : le plan d'eau à l'aval du régulateur R2 est maintenu à une cote constante par manoeuvre de la vanne. Un éclusier est spécialement chargé de cette tâche.

c. Réseau secondaire

Les partiteurs sont "en commande par l'amont" : des aiguadiers (un pour un à trois partiteurs) sont chargés de délivrer en tête d'ouvrage un débit correspondant à la demande calculée chaque jour en aval, tout en maintenant la hauteur du plan d'eau 5cm sous le seuil déversant du déversoir de sécurité situé à l'extrémité de chaque partiteur.

SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT DU RÉSEAU D'IRRIGATION



Il faut configurer un partiteur après les sous-partiteurs qu'il dessert.

Les sous-partiteurs sont équipés de modules à masque et fonctionnent donc "en commande par l'amont". Le réglage de la prise de chaque sous-partiteur est assuré par les aiguadiers chaque matin.

Il faut configurer un sous-partiteur après les arroseurs qu'il dessert.

c. Réseau tertiaire

Les arroseurs sont alimentés, selon les cas, directement par la branche de distribution (arroseurs "indépendants"), par un partiteur ou un sous-partiteur. Les rigoles de distribution sont piquées sur les arroseurs.

Un arroseur irrigue en moyenne 20ha.

Les arroseurs sont conçus pour fonctionner "en commande par l'amont", avec un débit constant fixé en tête d'arroseur par un module à masque. La capacité des modules à masque est en général de 60l/s, pour assurer un débit de 40l/s. Le débit délivré correspond au cumul d'une ou plusieurs "mains d'eau", dans la limite des mains d'eau disponibles en tête d'arroseur. Une main d'eau -fixée actuellement à 20l/s- correspond au débit de prise des têtes de rigole et irrigue 2ha. Un arroseur délivre donc en général l'équivalent de deux mains d'eau à la fois.

Le Plan d'Eau Nominal (PEN), défini pour chaque arroseur, est la cote définie de telle sorte qu'en fonctionnement optimal une lame d'eau d'environ 20cm puisse recouvrir les bassins les plus hauts. Le PEN est atteint lorsque le plan d'eau de l'arroseur se situe 32cm au-dessus du seuil des prises de rigole. Le plan d'eau se stabilise automatiquement à cette cote si la "demande totale d'eau" (prises de rigole ouvertes) correspond au débit délivré en tête de l'arroseur.

Les arroseurs, canaux horizontaux, ne possèdent pas à proprement parler de déversoir de sécurité : ce sont les prises de rigole qui en font office.

Un "chef d'arroseur", désigné par les exploitants d'un même arroseur, est chargé de faire respecter la répartition des mains d'eau un jour donné et règle chaque matin le module à masque de la tête d'arroseur selon les besoins exprimés par les paysans.

Il faut configurer un arroseur en connaissant le nombre de prises de rigole à alimenter.

d. Réseau quaternaire

Les rigoles constituent à la fois la partie terminale du réseau de distribution (distribution aux bassins) et l'élément de départ du réseau de drainage.

En théorie, chaque rigole dessert deux unités d'irrigation d'un hectare chacune. Chaque unité est composée de dix bassins de 0,1 ha chacun.

Liberté est laissée aux paysans de confectionner, le cas échéant, des batardeaux de sectionnement pour optimiser le fonctionnement des rigoles (domination ou mise hors d'eau de certains bassins).

Chaque rigole est équipée actuellement, en tête, d'une prise pouvant délivrer en période d'irrigation un débit nominal -ou main d'eau- de 20 l/s (soit 10 l/s/ha).

Le débit actuel de 10 l/s/ha est largement supérieur au débit continu nécessaire à l'irrigation (2.00 l/s/ha pour les calculs de Retail 1 et 2, soit environ 5 fois plus, 1.27 l/s/ha d'après le calcul effectué au chapitre "Besoins en eau", ci-après). Pour cette raison, chaque parcelle ne dispose d'eau qu'un jour sur cinq : on dit que la période de retour entre deux tours d'eau est 5 jours.

Un calendrier précise pour chaque arroseur quelles rigoles ont droit à l'eau un jour donné : deux rigoles différentes chaque jour (plus rarement une ou trois), soit dix rigoles au bout de cinq jours (c'est le nombre moyen par arroseur) puis recommencement du même cycle.

Chaque arroseur est donc caractérisé par le nombre de mains d'eau disponibles (nombre maximum de prises ouvertes au débit nominal de 20 l/s ou 10 l/s/ha, fixé par le débit nominal en tête d'arroseur), la période d'irrigation (24h sur Retail actuellement) et la période de retour (ou

fréquence d'irrigation, 5 jours actuellement).

Le non-respect des tours d'eau, notamment dans le cas d'un trop grand nombre de prises ouvertes, entraîne l'affaissement du plan d'eau de l'arroseur par rapport à sa cote nominale. On peut alors avoir des débits insuffisants dans les prises et dans les rigoles et des difficultés à dominer les bassins les plus élevés.

3. PROBLEMES CONSTATES LORS DE LA MISE EN EAU DE RETAIL 2

Résumé : *Le passage rapide à de nouvelles méthodes de culture ne va pas sans poser de gros problèmes de gestion de l'eau. Leurs causes ont été analysées pendant la première campagne sur Retail 2. Il en ressort qu'une formation des acteurs (paysans, chefs d'arroseurs, aiguadiers, éclusiers) dispensée le plus tôt possible permettrait d'éviter la plus grande partie des problèmes. Malheureusement, cela n'est pas le cas sur Retail 2 actuellement.*

Le BCEOM a recensé les sérieux problèmes de gestion de l'eau survenus pendant la première campagne sur les zones de Retail 2 mises à disposition le 20 mai 1990 (réf.[7]). Les causes principales de la mauvaise gestion sont les suivantes :

- ligne d'eau non maintenue à un niveau suffisant tout en amont des infrastructures hydrauliques, au niveau du Point A de Markala ;

- désignation tardive des chefs d'arroseur (mi-août) ;

- lacunes dans les compétences des aiguadiers en matière de gestion du réseau (estimation des besoins, réglage des modules à masque d'arroseurs et de sous-partiteurs, organisation des tours d'eau) ;

- absence de compétence des exploitants agricoles en matière de gestion de l'eau au niveau des arroseurs, notamment pour les tours d'eau ;

- enherbement des canaux à l'amont rendant impossible le fonctionnement optimum de l'aval.

Ces problèmes ont été résolus avant la fin de la campagne et le réseau a finalement pu fonctionner à peu près correctement mais, avant la mise en eau totale de Retail 2 et la réhabilitation de Retail 3, il faut tirer de cette première expérience les enseignements suivants :

- nécessité de dispenser **par avance** aux aiguadiers une formation adaptée à la future gestion de leur réseau (ceci ne sera malheureusement pas le cas sur la deuxième campagne de Retail 2);

- nécessité de sensibiliser **dès que possible** les exploitants sur les notions fondamentales de gestion de l'eau, notamment en ce qui concerne les tours d'eau ;

- nécessité d'achever la mise en place des modules avant le démarrage des cultures ;

- nécessité d'entretenir les réseaux primaires et secondaires de distribution dans un état de fonctionnement hydraulique optimum ;

- nécessité d'étaler au mieux les calendriers culturaux afin d'éviter les demandes de pointe entraînant à court terme un affaissement des plans d'eau dans les réseaux de distribution.

DEUXIEME PARTIE

PROPOSITION DE CRITERES DE PROJET POUR RETAIL 3

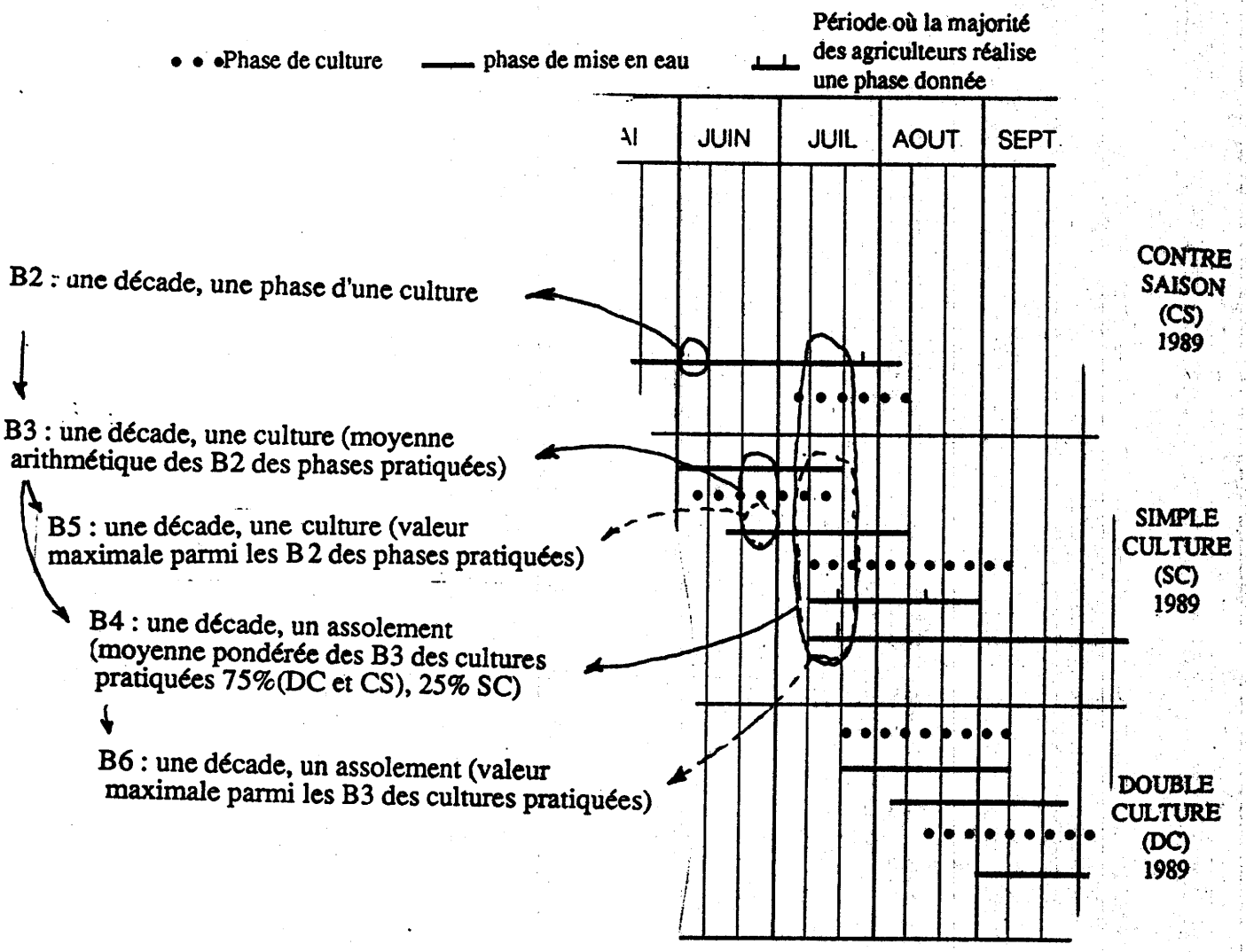
Depuis la réalisation de l'APD de RETAIL 2, divers documents concernant le Projet RETAIL ont été réalisés. Les informations contenues dans ces publications permettent de calculer de façon très précise les besoins en eau, de connaître la consommation et la satisfaction des besoins. On aboutit à la proposition de nouvelles normes d'irrigation et de gestion de l'eau.

Le drainage pose un problème particulier et ce chapitre en analyse les causes et les solutions possibles. La proposition d'une nouvelle norme de drainage est la conséquence de cette étude.

La précision dans la réalisation du planage des bassins rizicoles semblait distinguer le Projet RETAIL de son voisin ARPON. Il n'en est rien et les normes de planage actuelles doivent être maintenues. On pourra réduire le coût du planage par de légères modifications dans la méthodologie utilisée.

Le détail des calculs figure en "Annexe 1 : Besoins en eau".

CALENDRIER CULTURAL 1989
(Considéré comme une année-type)



BESOINS EN EAU

Méthode de calcul

1. BESOINS EN EAU

Résumé : Une méthode originale des calculs de besoins en eau conduit à proposer un débit de projet de 1,27 l/s/ha. En ce qui concerne la gestion de l'eau, une étude de la consommation de l'eau pendant les trois dernières années et de la satisfaction des besoins suggère l'étude de nouvelles combinaisons (main d'eau (l/s/ha) X période de retour (j)). Trois combinaisons plus économiques que l'actuelle (10l-5j) donnent satisfaction : 10 l-6j, 7,5l-5j et 7,5l-4j. La surconsommation actuelle et les problèmes qui en découlent semblent donc pouvoir trouver facilement une solution.

11. Critères étudiés

- Débits d'irrigation de projet exprimés en l/s/ha (permettant d'assurer les besoins en eau des cultures) ;

- Volume de la main d'eau (quantité exprimée en l/s/ha dont dispose chaque bassin de 1 ha pendant la durée d'un tour d'eau, c'est-à-dire une durée de 24 heures) ;

- Période de retour de la main d'eau (temps, exprimé en jours, séparant deux mains d'eau pour une parcelle donnée) ;

- Débit fictif continu (dfc) : la gestion de l'eau impose actuellement un apport de l'eau discontinu à la parcelle :

  - apport d'eau pendant un jour (débit=main d'eau) ;

  - pas d'apport les quatre jours suivants.

Le dfc exprime le débit qui existerait :

  - pour un volume fourni équivalent ;

  - mais avec un apport d'eau continu.

Son expression est simple : dfc (l/s/ha) = main d'eau (l/s/ha) / période de retour (j).

12. Problèmes soulevés

- Surconsommation de l'eau à certaines périodes de l'année, provoquant un engorgement du réseau de drainage ;

- Liberté laissée aux utilisateurs par le mode de gestion de l'eau.

13. Méthode de calcul

La méthode est résumée sur le schéma ci-contre. Le détail des calculs figure en "Annexe 1 : Besoins en eau".

a. Les besoins en eau ont été calculés sur la base des données déterminées sur le périmètre RETAIL 1 et selon une méthode qui prend en compte :

- le mode actuel de gestion de l'eau : un ensemble de 4 bassins (1ha chacun) en général, c'est-à-dire la surface correspondant à deux rigoles d'irrigation, est desservi par un arroseur tous les cinq jours (période de retour actuelle) ; on cherche à connaître le besoin décadaire d'un ensemble-type, en exprimant le besoin en m3/ha/décade ou en l/s/ha ;

- les besoins théoriques :

  - des cultures en distinguant culture de contre-saison (CS), simple culture d'hivernage (SC) et double culture d'hivernage (DC) ;

  - de chaque phase de culture (préirrigation, pépinière, repiquage et entretien) avec comme données :

    = données de base : projet B.EAU (réf.[36]) ;

    = calendrier cultural : calendrier réellement pratiqué observé en 1989 sur un échantillon de 15 exploitations de la zone RETAIL 1 (6 sur NIONO COLONI et 9 sur SASSA GODJI) (réf.[9]) ;

- l'étalement dans le temps des calendriers culturaux, les paysans de chaque bassin concerné par un tour d'eau donné pouvant ne pas conduire la même culture ni la même phase pour un type de culture

Tableau 1. Débits spécifiques de projet

élément du réseau	bassin (IV)	arroseur (III)	partiteur (II)	distributeur (I)
efficience du réseau	1	0,8	0,83	0,8
débit de projet (l/s/ha)	1,27	1,59	1,91	2,39

Tableau 2. Normes d'irrigation - Extrait du rapport de la "Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau"

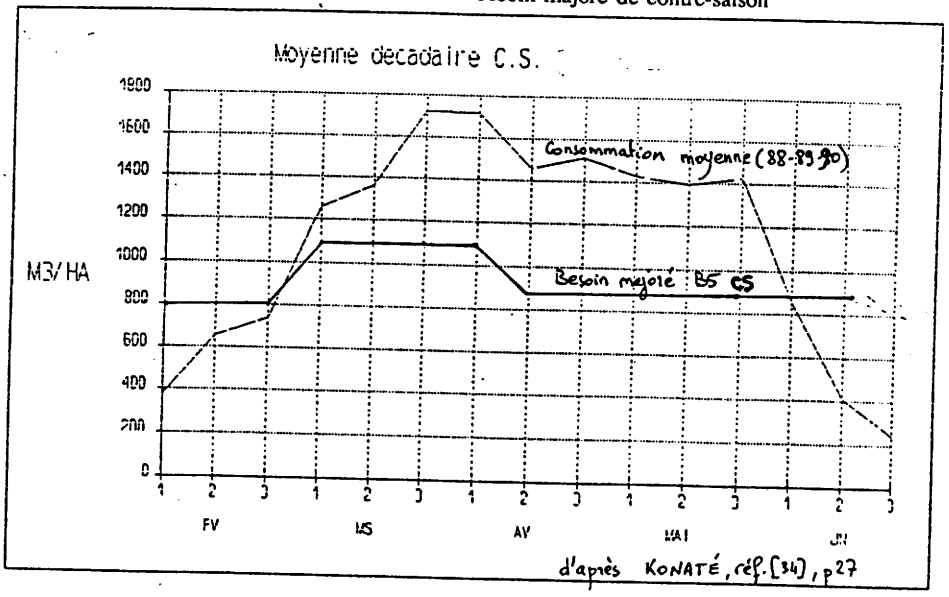
Critère étudié débits unitaires à l'hectare	RETAIL 2	ARPON	N'Debougou	recommandation mission d'harmonisation
Besoin de pointe (l/s/ha)	1,28 (saison pluies) 1,50 (contre-saison)	1,44	1,13 (variété cycle courts-saison des pluies)	
Arroseurs - efficacité	0,80 (arroseur et rizière)	0,80	0,70 (arroseur et rizière)	0,80
- débit (l/s/ha)	2,00 (contre-saison)	1,80	1,61	2,00
Partiteurs - efficacité	0,83	0,85	0,80	0,83
- débit (l/s/ha)	1,80 (saison pluies)	2,10	2,01	1,90
Distributeurs - efficacité	0,80	0,80	0,90	0,80
- débit (l/s/ha)	2,25 (saison pluies)	2,60	2,24	2,40
Efficacité totale	0,53	0,54	0,50	0,53

Tableau 3. Besoins en eau et consommation

	besoins en eau (m3/ha)	consommation moyenne (m3/ha) 1987	1988	1989
simple culture (55 arroseurs)	13200	21900	21200	18100
double culture (10 arroseurs)	11000	21800	18200	16500
		1988	1989	1990
contre-saison (10 arroseurs)	15700	23600	20500	19100

consommation moyenne (1987/88/89)

graphique 1. besoin majoré de contre-saison



donné, à une date donnée. (source : calendrier précédemment cité, réf.[9]) ;

- les combinaisons de cultures au sein d'un ensemble de 4 bassins concernés par un même tour d'eau, avec détermination d'un besoin moyen pour chaque décade, sur la base d'une occupation du sol dans les proportions suivantes : 75% des terres en double culture annuelle (CS et DC), 25% en simple culture d'hivernage (SC) (objectif à terme de l'Office du Niger) ;

- les besoins de pointe en considérant que pour une décade donnée, les 4 bassins concernés par un tour d'eau donné ont chacun le besoin maximal de la décade (obtenu en regardant les calendriers culturaux).

b. Cette méthode présente l'avantage de s'inspirer de données climatiques de base fiables, du mode de gestion réel de l'eau, du calendrier cultural réellement pratiqué, des combinaisons de culture dans les proportions recherchées à terme et d'un coefficient de majoration des besoins.

Elle présente par contre les défauts de ne pas tenir compte des types de sol et de s'appuyer sur la seule campagne de 1989, considérée cependant comme proche d'une année-type (réf.[9]).

14. PROPOSITION DE DEBITS SPECIFIQUES POUR LE PROJET RETAIL 3

Les tableaux 2a à 2d, présentés en annexe (lire les colonnes des besoins majorés décadaires B5 et B6) montrent que le besoin maximal est de 1,27 l/s/ha à la parcelle. Il correspond aux périodes de repiquage. Il est requis pendant quatre décades.

En se fondant sur cette valeur et en utilisant les efficiences de réseau indiquées dans l'APD de Retail 2, on obtient les débits spécifiques de projet (Tableau 1 ci-contre).

Le tableau 2 permet de comparer ces valeurs à celles des projets Retail 2, ARPON, N'Debougou ainsi qu'aux recommandations de la "Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau" (réf.[29]). Les résultats sont comparables.

15. ETUDE DE LA SATISFACTION DES BESOINS EN EAU

Les besoins en eau de chaque culture (calculés en Annexe 1) ont été comparés aux consommations des trois dernières campagnes sur Retail 1 (source : réf.[34], pp.20,21 et 27).

Le tableau 3 révèle que la consommation moyenne est nettement supérieure aux besoins. C'est à la fois une satisfaction (les besoins sont satisfaits) et un problème important (problèmes d'engorgement des drains, risques de salinisation et alcalinisation des sols, voir la partie du rapport consacrée au drainage).

La surconsommation tend à diminuer (meilleure gestion de l'eau par les paysans).

Une analyse plus fine (au niveau de la décade) peut être réalisée, par exemple pour la contre-saison qui est la culture la plus exigeante en eau.

Le graphique 1 ci-contre (source : réf.[34],p.27) montre l'évolution de la consommation moyenne (1987/88/89) par décade. On y a superposé la courbe de besoin majoré de contre-saison. Le besoin calculé supérieur à la consommation réelle pendant le mois de février : l'étalement dans la temps de la préirrigation est plus important dans la réalité que dans l'estimation faite. Après février/mars (période de repiquage), la consommation est toujours nettement supérieure au besoin majoré.

16. GESTION DE L'EAU

Les axes de recherche actuels du Service de mise en valeur de RETAIL, en ce qui concerne la gestion de l'eau, sont les suivants :

- réduction de la consommation en début et fin de campagne (par augmentation temporaire de la période de retour pendant ces moments ?);

Tableau 4. Satisfaction des besoins en eau pour différentes combinaisons main d'eau X période de retour

	débit fictif continu (l/s/ha)	satisfaction minimale besoin théorique (offre/demande*100)				satisfaction minimale besoin majoré			
		CS	SC	DC	moy	CS	SC	DC	moy
7^{5}1,5j	1,50	134	153	153	134	118	153	153	118
101,6j	1,67	149	170	170	149	131	170	170	131
7^{5}1,4j	1,88	167	191	191	167	147	191	191	147
101,5j	2,00	179	204	204	179	157	204	204	157

- recherche d'une plus grande souplesse dans la gestion de l'eau (en diminuant la période de retour pendant la période d'entretien ?).

Différentes combinaisons (main d'eau X période de retour) ont été testées sur la base du calcul de besoin calculé dans ce rapport pour voir si les besoins peuvent être satisfaits :

- 10l/s/ha,5j (combinaison actuelle),
- 10l/s/ha,6j (souci d'économie de l'eau sans modifier la main d'eau actuelle),
- 7,5l/s/ha,5j (souci d'économie de l'eau sans modifier la période de retour actuelle),
- 7,5l/s/ha,4j (souci d'économie de l'eau et d'une plus grande souplesse dans la gestion de l'eau avec une période de retour plus courte).

Les résultats complets figurent dans le Tableau 3 de l'Annexe 1. Le Tableau 4 présenté ci-contre en reprend les résultats les plus importants.

Dans tous les cas de figure, la satisfaction des besoins (théoriques et majorés) peut être assurée : on pourra tester certaines de ces combinaisons pour voir si elles ont un effet sensible sur la consommation de l'eau.

L'utilisation de mains d'eau de 7,5 l/s/ha n'est pas techniquement possible sur le réseau réhabilité actuel : les prises de rigole sont équipés de vannettes débitant 10 l/s/ha. Il faudra dons réfléchir à d'éventuelles modifications au moment des études avec le Service de Mise en valeur du Projet Retail.

La modification de la période de retour du tour d'eau est techniquement possible sur le réseau réhabilité, l'effort serait à porter sur l'information des paysans.

La main d'eau la plus économique (7,5 l/s/ha,5j) pourrait poser un problème pendant la contre-saison (satisfaction égale à 118% pendant les 4 décades où domine le repiquage).

La main d'eau actuelle donne une marge de manoeuvre importante (au pire, les besoins sont assurés à 157%).

2. BESOINS EN DRAINAGE

Résumé : L'analyse du problème réel du drainage sur le périmètre Retail, et plus largement sur l'ensemble des périmètres évacuant les eaux de drainage dans le drain collecteur Kala Inférieur Est (Retail, ARPON, N'Debougou) montre qu'on ne peut pas avoir une maîtrise totale de l'eau dans les drains car on ne contrôle pas totalement l'écoulement qui se fait à l'aval dans les dépressions naturelles où se perdent les eaux de drainage.

Toutefois, le choix d'un module d'assainissement de 1,4 l/s/ha pour tous les types de drains, un entretien régulier du réseau de drainage, une modération de la consommation en eau et la participation à la gestion des eaux de drainage qui servent aux hors-casier devraient permettre d'apporter la meilleure solution possible au problème du drainage.

Critères étudiés : module d'assainissement des réseaux primaire, secondaire et tertiaire ; dimensionnement des drains.

21. Buts du drainage

Le système de drainage a plusieurs objectifs (réf[28],p.7) :

1. assainir le périmètre en évacuant les eaux de ruissellement lors des averses ;

2. drainer le périmètre en évacuant les eaux provenant :

- des pertes par percolation dans les canaux ;

- des pertes par les déversoirs de sécurité, les rigoles mal bouchées, les brêches dans les canaux ;

- des doses excédentaires d'irrigation, supérieure à la capacité d'absorption des sols (la nappe est affleurante sur le projet Retail) ou dues à des mauvaises manoeuvres ;

- des pertes par infiltration profonde sur les champs mêmes ;

3. vidange du périmètre au cours des différentes phases de culture (mise en boue, épandage des engrais, récolte) ;

4. limitation des risques d'alcalinisation ou de salinisation des sols consécutives à une stagnation permanente d'eau dans les bassins de culture en rabattant la nappe, diminuant ainsi les remontées capillaires avec dépôt de sel (voir plus bas à ce sujet le paragraphe "expérimentation drainage profond").

22. Problèmes liés au drainage

Les eaux résiduelles drainées hors des périmètres irrigués de la région de Niono (en particulier Retail) sont collectées sur 20km dans le drain principal Niono-Grüber puis sur 10km dans le collecteur Kala Inférieur Est. Ce collecteur rejoint ensuite des dépressions naturelles (les falas) sensées poursuivre le processus de drainage.

Mais une étude morphopédologique récente sur la région du Kala inférieur (réf.[16]) a révélé que les falas offrent plusieurs défauts :

- leur extrémité amont a été envahie par le remblaiement qui occupe les cuvettes transformées en casiers ;

- leur pente longitudinale est trop faible pour permettre un écoulement suffisant de l'eau ;

- leur lit est formé de terrains très peu perméables dans lesquels l'eau évacuée ne s'infiltre pas ; il faut donc attendre que leur niveau baisse par évaporation pour qu'elle s'écoule.

Outre ces problèmes liés aux conditions naturelles, des disfonctionnements du réseau sont dus aux interventions humaines :

- le drain primaire Niono-Retail, qui débouche dans le Niono-Grüber au PK (point kilométrique) 15.5 est commun à Retail 2 et Retail 3. Or les zones non réaménagées de Retail 3 ne peuvent

Tableau 5. Normes de drainage - Extrait du rapport de la "Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau"

Critère étudié module d'assainissement (l/s/ha)	RETAIL 2	ARPON	N'Debougou	recommandation mission d'harmonisation
Drain d'arroseur	1,4	3,2 (semis direct)	1,4	1,4
Drain de partiteur	0,50	1,8	0,5	1,4
Drain principal	0,45	1,7	0,5	1,1

bénéficier actuellement de l'eau du drain qu'en procédant à une saturation du réseau de drainage (barrages) ;

- en aval des zones aménagées, existent des hors-casiers irrigués par des exploitants qui pratiquent des barrages sur le Kala Inférieur Est. Vu la très faible pente existant sur ces drains, on soupçonne que ces barrages constituent des seuils qui influencent très fortement les tirants d'eau à l'amont ;

- enfin la végétation aquatique principalement constituée de typhas (roseaux) et de nénuphars se développe très vite et peut rapidement (en 2 ou 3 mois) envahir les drains à tous les niveaux en perturbant considérablement le bon fonctionnement du réseau (nécessité d'un bon entretien du réseau non réalisé actuellement).

Le BCEOM a mesuré l'effet de ces deux derniers facteurs en interprétant les fluctuations relevées en deux points du drain principal Niono-Grüber (PK 11,7 et 15,5) entre le 1/11/90 et le 3/12/90.

(voir en Annexe 2 la "NOTE SUR L'ENGORGEMENT DU DRAIN PRINCIPAL NIONO-GRUBER CONSTATE AU COURS DES DERNIERS MOIS DE L'ANNEE 1990")

Cette longue analyse des problèmes rencontrés sur le réseau de drainage met en évidence un fait très important : on ne peut pas maîtriser totalement les tirants d'eau dans les drains primaires, secondaires ou tertiaires par manque de contrôle de l'écoulement qui se fait à l'aval, dans les falas où se perdent les eaux de drainage.

Ce constat a plusieurs conséquences :

- la détermination des modules d'assainissement reposant sur un calcul d'évacuation des eaux de pluie est une méthode simple mais particulièrement limitée dans ce cas ;

- le surcalibrage actuel et quasi-systématique des drains (qui servent d'emprunt pour construire les pistes de drains ou les cavaliers de canaux d'irrigation) ne garantit pas l'évacuation rapide de débits de pointe importants : si le système est engorgé à l'aval, les drains peuvent tout au plus servir de réservoirs "tampon" entre les bassins et le réservoir du Kala Inférieur ;

- différents types de solutions doivent être étudiés et mis en place pour remédier autant que possible à ce problème : diminuer les consommations en eau, étaler le calendrier cultural, surveiller et entretenir régulièrement le réseau de drainage, participer à la gestion des eaux de drainage qui servent aux hors-casier (voir la note citée plus haut).

23. Proposition de normes de drainage pour Retail 3

a. Normes actuelles sur les projets Retail, ARPON et N'Debougou

Elles figurent dans le Tableau 5 ci-contre, extrait du rapport de la "Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau" (avril 1988, réf.[29]).

a. Les normes de Retail 2 sont calculées comme suit :

- drain tertiaire : évacuation en T=5 jours de la pluie de cinq jours de fréquence quinquennale de juillet (données SOGREAH), soit P=85mm avec ETP=25mm d'évaporation et infiltration nulle car nappe affleurante. Le calcul est fait avec la formule :

module d'assainissement (l/s/ha) = $10^4 * P_{(mm)} * (1-n) / T_{(j)} / (3600*24)$,

où n est la fraction d'eau de pluie n'arrivant pas au drain.

On trouve 1,4 l/s/ha.

- drain de partiteur et de distributeur : valeur obtenue par "abattement de 65% du module d'arroseur pour tenir compte des cultures tardives (parcelles en retard par rapport au calendrier cultural)" (source : APD Retail 2). Toutefois après la première campagne de Retail 1, considérant "l'inertie du réseau pour évacuer le volume d'eau "des fortes pluies de juillet,

Tableau 6. Débits évacuables dans les drains actuels, Débits à évacuer pour un module d'assainissement de 1,4 l/s/ha

drain PK	bassin versant considéré	caracté-ristiques des canaux	débit maximum évacuable (m3/s)	débit maximum à évacuer (m3/s)
NR 15,5	Ret3 +NR13 2460ha	l=10m $i=6,9.10^{-5}$ K=25 h_{max}=0,95m	2,01	3,45
NG 15,5	Ret 4300ha Arp 1640ha N'De 1370ha TOT 7310ha	l=5m $i=1,1.1O^{-4}$ K=25 h_{max}=1,64m	3,93	10,23
		variante l=10m	6,87	
NG 18,4	Ret 4300ha Arp 1640ha N'de 2320ha TOT 8260ha	l=10m $i=1,1.10^{-4}$ K=25 h_{max}=1,90m	27,5	11,56
KI 27,5	idem précédent TOT 8260ha	l=10m $i=3.10^{-5}$ K=25 h_{max}=1,64m	3,50	11,56
		variante l=30m	9,66	

SOGREAH proposait une norme de 1,5 l/s/ha (réf.[35],p34).

b. Les normes du projet ARPON sont calculées comme suit (source : entretien avec des responsables du projet) : évacuation en 2 jours de la pluie de un jour de fréquence quinquennale d'août (données projet BEAU, réf.[36]). Les modules ont des fortes valeurs car au moment du calcul le périmètre était destiné à une riziculture en semis direct en sec. On trouve 3,2 l/s/ha pour les drains d'arroseur.

c. Les normes du projet de N'Debougou sont exprimées sans calcul dans l'APD de réhabilitation de ce casier (réf.[33],p.8) et font référence à la mission d'harmonisation déjà citée. La valeur donnée est 1,6 l/s/ha pour les drains d'arroseur et de partiteurs.

d. Les recommandations de la mission ne sont pas justifiées par un calcul. Le module est 1,4 l/s/ha pour les drains d'arroseur et de partiteurs.

b. Test d'une norme pour Retail 3

La norme de 1,4 l/s/ha peut être recommandée puisqu'elle a été retrouvée par un calcul d'évacuation des eaux de fortes pluies et qu'elle correspond aussi à la proposition de la mission d'harmonisation pour les drains d'arroseur et de partiteur.

Compte tenu des éléments de réflexion présentés dans le paragraphe 2, on pourra adopter cette norme sur tous les types de drains, y compris le drain principal : en effet le paramètre le plus important à prendre en compte n'est pas l'étalement des apports dans le drain principal, justifiant un coefficient d'abattement plus ou moins grand, mais les risques d'engorgement à l'aval, dans le Kala Inférieur.

Les débits de pointe à évacuer ont été calculés sur la base de ce module de 1,4 l/s/ha :

- au débouché du drain principal NIONO-RETAIL (NR) dans le drain principal NIONO-GRUBER (PK 15,5) ;
- en divers points des drains NIONO-GRUBER (NG) et KALA INF. EST (KI).

Les débits calculés sont comparés aux débits maximaux évacuables actuellement par ces drains compte tenu de leur géométrie et des contraintes portant sur les hauteurs d'eau (lignes d'eau h_{max} imposées dans les projets).

Formule utilisée : Manning-Strickler
$Q\ (m^3/s) = KSi^{1/2}R^{2/3}$

K : coefficient de Strickler, S : section hydraulique, i : pente longitudinale, R rayon hydraulique.

Les principaux résultats figurent dans le Tableau 6 ci-contre.

l : largeur au plafond des drains, h_{max} tirant d'eau maximal.

- Le drain NIONO-GRUBER est nettement sous-calibré en amont du PK 15,5. Un recalibrage du plafond du drain à 10m (5m actuellement) permettrait d'évacuer un débit plus important mais encore inférieur au débit maximal à évacuer pour un module d'assainissement de 1,4l/s/ha.

- En aval du PK 27,5 on ignore si la pente se maintient ou se réduit. Le collecteur Kala Inférieur est malgré tout actuellement largement sous-dimensionné. Le recalibrage de ce collecteur a été fait jusqu'au PK 26,5. Ce recalibrage aura des effets limités car la zone non recalibrée présente des seuils conditionnant les tirants d'eau à l'amont (à étudier). En outre, l'existence de digues sur le collecteur empêche l'eau de s'étaler sur les grandes surfaces avoisinantes comme elle pouvait le faire avant le recalibrage.

24. EXPERIMENTATION DRAINAGE PROFOND

Cette année, un essai de drainage profond est prévu sur Retail 2 (voir la note présentée en Annexe 3 : DRAINAGE PROFOND. CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE 12/03/91).

Le financement n'est cependant pas encore mis en place.

Le drainage profond est destiné à rabattre la nappe, affleurante sur le périmètre Retail du fait d'apports d'eau continus depuis plus de trente ans, avec deux objectifs :

- diminuer les remontées capillaires responsables de l'alcalinisation et de la sodisation des sols (ces problèmes se posent déjà ponctuellement sur Retail) ; ce problème doit être traité car les effets sur les sols sont difficilement réversibles ;

- permettre une diversification des cultures en empêchant l'asphyxie des racines de plantes autres que le riz.

Mais l'extension à de grandes surfaces de cette technique sera sans doute difficile pour deux raisons au moins :

- coûts d'équipement, de fonctionnement et d'entretien : le coût du pompage et des drains enterrés sera sans doute élevé (en cours de chiffrage) et difficilement justifiable économiquement actuellement ;

- forte emprise des fossés ouverts : l'écartement (de 30 à 60m) va diminuer sensiblement les surfaces cultivables (emprise de 10 à 12m par fossé).

Enfin, la lutte contre les problèmes liés à l'affleurement de la nappe peut être menée dès maintenant et sans modification technique du réseau.

En effet la diminution des consommations en eau par une meilleure maîtrise de l'eau (voir chapitre "besoins en eau") est un axe de recherche actuel du Service de Mise en Valeur du Projet Retail. Cette diminution est effective depuis 1987 mais encore insuffisante.

La gestion de l'eau et l'entretien du réseau doivent être la priorité du Projet Retail.

Tableau 7. Coûts de planage (première campagne de travaux Retail 2)

planage T1	surface 608 ha	coût 182 000 000 FCFA
reprises T2	volume 1 000 000 m3	coût 105 000 000 FCFA
		coût total 287 000 000 FCFA
	coût moyen à l'hectare : 472 000 FCFA/ha	

3. PLANAGE DES BASSINS RIZICOLES

Résumé : ***Le planage réalisé sur le périmètre Retail est très cher par rapport à celui réalisé sur ARPON. Les deux systèmes ont leurs avantages. Le système choisi pour Retail obéit à une philosophie d'intensification forte et immédiate, expliquant le coût élevé. Mais il ne faut pas négliger l'importance d'un bon entretien du planage au cours des campagnes qui exige des pratiques de travail du sol adaptées. Un gros effort de formation reste à faire dans ce domaine.***

La tolérance actuelle (10cm entre le point le plus haut et le point le plus bas de chaque bassin de 0,1ha) ne doit pas être modifiée. Deux modifications dans la méthodologie du planage permettraient de limiter les mouvements de terre et donc de réaliser une économie : un troisième levé topo, précédant le préplanage soigné et la tolérance d'une légère contrepente du terrain naturel d'un arroseur vers son drain.

31. Comparaison des méthodologies et des coûts de planage Retail-Arpon

311. RETAIL 2

a. Méthodologie

Le type de planage choisi pour Retail a pour objectif de livrer aux exploitants "clé en main" des bassins de 0,1 hectare planés à +/-5cm par rapport à leur plan horizontal moyen (tolérance de 10cm entre le point le plus et le point le plus bas de chaque bassin).

Après les travaux préparatoires au planage, il existe deux types de planage :

- planage T1 : surfaçage avec déplacement léger de terre ; coût : 300 503 FCFA/ha ;

- planage T2 : mouvement de terre payé au m3 de terre déplacé ; coût : de 875 à 1975 FCFA/m3.

Plus précisément, les opérations effectuées sont les suivantes :

1. préplanage soigné (bulldozer, tracteur pulvi et grader) ;

2. levé topo (30 points par hectare, 3 points sur chaque bassin de 0,1 ha) pour déterminer si le planage est nécessaire. Plusieurs cas possibles :

- pente TN (Terrain Naturel) de l'arroseur vers le drain, pas d'accident topographique sur l'ilôt, domination de tous les bassins par le PEN (plan d'eau nominal) d'au moins 20cm : dans chaque bassin de 0,1 ha, si la différence entre le point le plus haut et le point le plus bas est inférieure à 10cm, le planage n'est pas nécessaire (planage T1) ; sinon on fait une reprise de planage sur les bassins concernés (planage avec mouvement de terre dit "T1 avec reprises T2") pour que chaque bassin rentre dans la tolérance +/-5cm ;

- pente TN de l'arroseur vers le drain, accident topographique ou non domination des bassins par le PEN : reprise des bassins concernés pour que chaque bassin rentre dans la tolérance +/-5cm (planage dit "T1 avec reprises T2") ;

- contrepente TN de l'arroseur vers le drain : reprise de tout l'ilôt de 2ha (planage dit T2 ou "T2 global") avec tolérance de +/-5cm par rapport au plan horizontal moyen de l'ilôt.

3. levé topo et contrôle des travaux ; reprise si nécessaire.

b. coût du planage pour la première campagne de travaux

Le détail du coût du planage T1 et T2 pour la première et le début de la seconde campagne de Retail 2 figurent dans les Tableaux de l'Annexe 4.

Le résumé figure dans le Tableau 7 ci-contre.

Tableau 8. Normes de planage - Extrait du rapport de la "Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau"

Critère étudié Planage	RETAIL 2	ARPON	N'Debougou	recommandation mission d'harmonisation
Dimensions unités planées	0,3 ha	O,5 ha	1,0 ha	0,5 ha
Précision du planage	+/-5cm par découpage de 0,1 ha	+/-12cm/ON sur O,5ha +/-6cm/expl. sur 0,1 ha	mouvements de terre 15Om3/ha	+/-1Ocm sur 0,5ha +/-5cm par compartiment

Le coût moyen du planage est de 472 000 FCFA/ha.

312. Projet ARPON

a. méthodologie

Les tolérances figurant dans le rapport de la "Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau" (réf. [29]), dans la colonne ARPON, s'appliquent au périmètre de KOKRY et non à celui de NIONO.

Les normes de planage du projet figurent dans le Tableau 8 ci-contre.

Une rencontre avec des responsables néerlandais du projet, Mark DE BEL et Tony HASSELT, le 11 mars 1991, a permis de connaître la méthodologie de planage et les coûts sur ARPON.

La tolérance est de 10cm par compartiment de 0,5 ha entre le point le plus haut et le point le plus bas. Les travaux sont effectués en régie avec le Centre de Travaux de l'Office du Niger.

Le planage comprend deux phases :

1ère phase :
- levé topo selon quadrillage 20x20 ;
- préplanage par tracteur équipé d'une barre niveleuse ;
- intervention de charrue sur les accidents topo ;
- planage par passage de grader ;
- levé topo selon quadrillage 20x20 ;
- contrôle du planage.

2ème phase : finition éventuelle, après au moins une campagne, à la demande des paysans. Le Centre de Travaux revient sur le terrain et replane les bassins où le paysan a constaté un défaut de planage.

b. estimation du coût du planage

Le coût du planage à la charge de l'Office est calculé depuis 1990 par engin (consommation, amortissements, entretien). D'après Mark DE BEL le coût de facturation du Centre se monte à :

1ère phase : 150 à 170 000 FCFA/ha ;
2ème phase (30% de la surface) : 25 000 FCFA/ha.
Au total on a donc 175 000 à 200 000 FCFA par hectare.

Le détail du coût de facturation n'est pas connu.

313. Comparaison Retail-ARPON

Techniquement, les options choisies sont très proches : même tolérance, calculée entre le point le plus haut et le point le plus bas de chaque bassin, utilisation de grader, levé topo consécutif aux travaux.

Le coût du planage semble cependant 2,5 fois plus élevé sur Retail. Il faut toutefois se méfier de toute conclusion hâtive, car les prix comparés ne couvrent pas les mêmes frais.

ARPON bénéficie de divers avantages :

- aménagement initial des parcelles étalé sur plusieurs campagnes, d'où parc de matériel plus réduit ;

- possibilité de ne pas fignoler le travail au moment de l'aménagement initial puisque le Centre de Travaux est disponible à tout moment ;

- encadrement du Centre de Travaux confiés à la Coopération néerlandaise (et donc non facturée dans le coût des travaux) ;

Retail bénéficie d'autres avantages :

- garantie d'une très bonne exécution des travaux (contrôles très stricts) ;

- levé et enregistrement de la topo, bassin par bassin (3 points par basin de 0,1ha, avant et après planage) ;

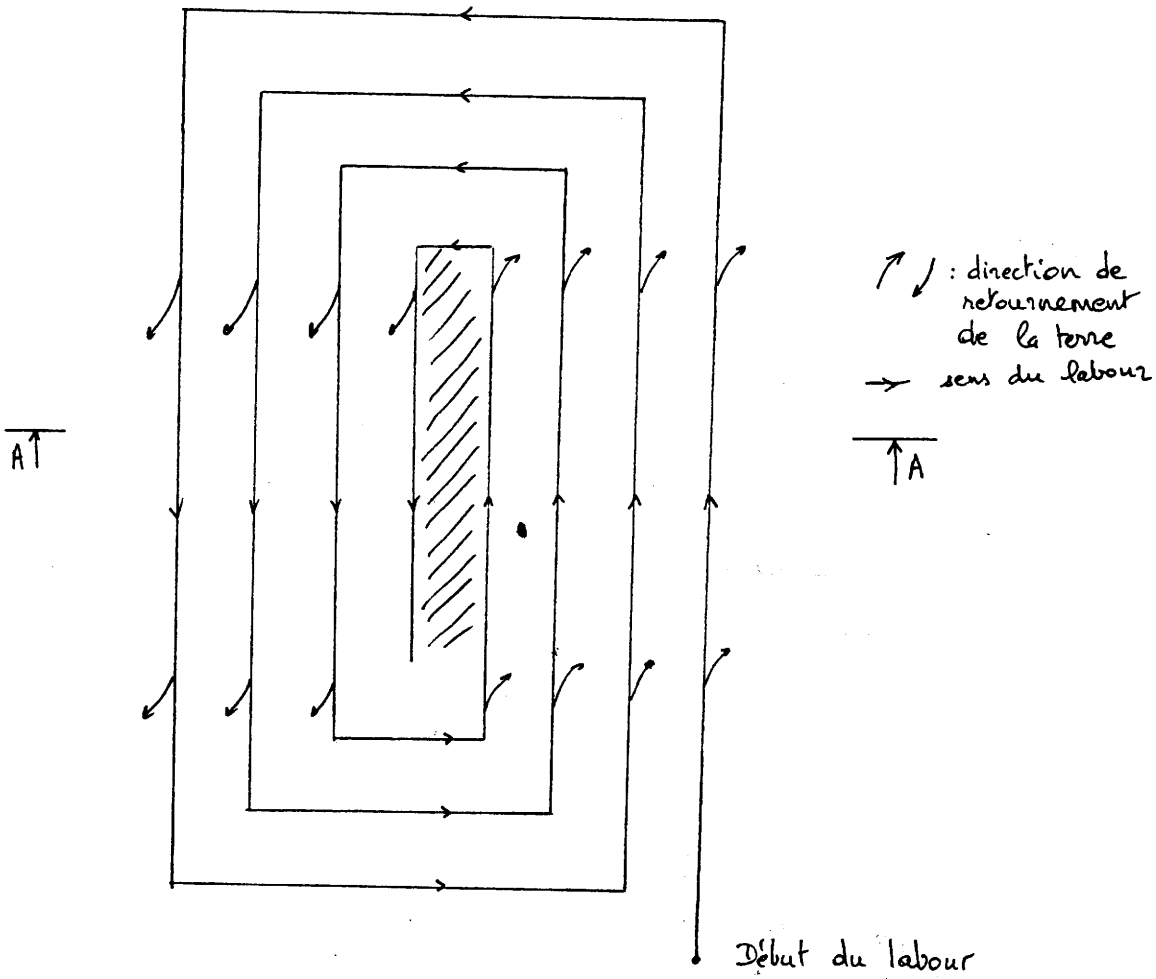
- tenue des délais (étalement des travaux de Retail 2 sur deux campagnes).

Un des meilleurs critères de comparaison du rapport qualité/prix des planages serait l'opinion des paysans. Une enquête auprès des villageois mériterait d'être menée avant de lancer les travaux de réhabilitation de Retail 3.

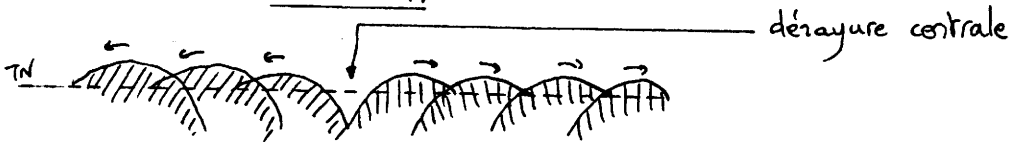
LE LABOUR "À LA FELLEMBERG"

- Principal responsable d'un mauvais entretien du planage -

VUE EN PLAN



COUPE A



314. Participation des paysans aux travaux de planage

Le paysan n'intervient pas dans le planage initial, ni sur Retail, ni sur ARPON. Le responsable du volet Mise en Valeur du Projet Retail (Patrick SMITH) estime que les paysans ne disposent actuellement ni des outils, ni du temps nécessaire pour effectuer correctement le planage initial (il en va de même pour d'autres aménagements à la parcelle comme la réalisation des diguettes de ceinture ou de compartimentage des parcelles). Les techniques de "boeufdozers" et "boeufscrapers" utilisées sur ARPON et qui devaient permettre un planage initial réalisé à 100% par les paysans ont été abandonnées depuis longtemps vu les mauvais résultats obtenus.

Le paysan a par contre un rôle actif dans l'entretien du planage : les techniques de travail du sol influent en effet beaucoup sur l'évolution de la qualité du planage d'une campagne à l'autre.

ARPON expérimente depuis 1989 des planches niveleuses (puddlers à cônes) tirées après mise en boue des bassins par des boeufs ou par un motoculteur. Les planches peuvent être équipées de dents (herses) si bien qu'un passage de puddler permet de niveler les anomalies de relief et de remplacer un passage de charrue. Les niveleuses sont disponibles à Niono pour les paysans qui souhaitent s'en procurer et peuvent être achetées à crédit. Les résultats sont très satisfaisants selon Mark DE BEL.

Cet aspect d'entretien du planage est très important : il ne sert à rien de prendre une tolérance très faible (+/-5cm) et obtenir un excellent planage initial si les paysans ne pratiquent pas des techniques culturales adaptées au maintien de ce planage initial. Actuellement, sur Retail 1 et 2, les paysans commencent à utiliser des barres niveleuses. Cependant, la majorité pratique encore des techniques de labour qui creusent un sillon central après plusieurs campagnes (labour "à la Fellemberg", voir illustration ci-contre).

32. ETUDE DE MODIFICATIONS DE NORMES POUR RETAIL 3

La méthodologie et les normes de planage utilisées sur Retail 2 garantissent un excellent planage initial mais à un coût très élevé. Le planage représente 13% du coût de l'aménagement (planage = 484 000 000 FCFA, total travaux = 3,769 milliards de FCFA), auquel il faut ajouter le coût des études, du contrôle et de la mise en valeur.

Différentes possibilités théoriques de réduire les coûts de planage sont étudiées.

321. Diminution du coût du préplanage ?

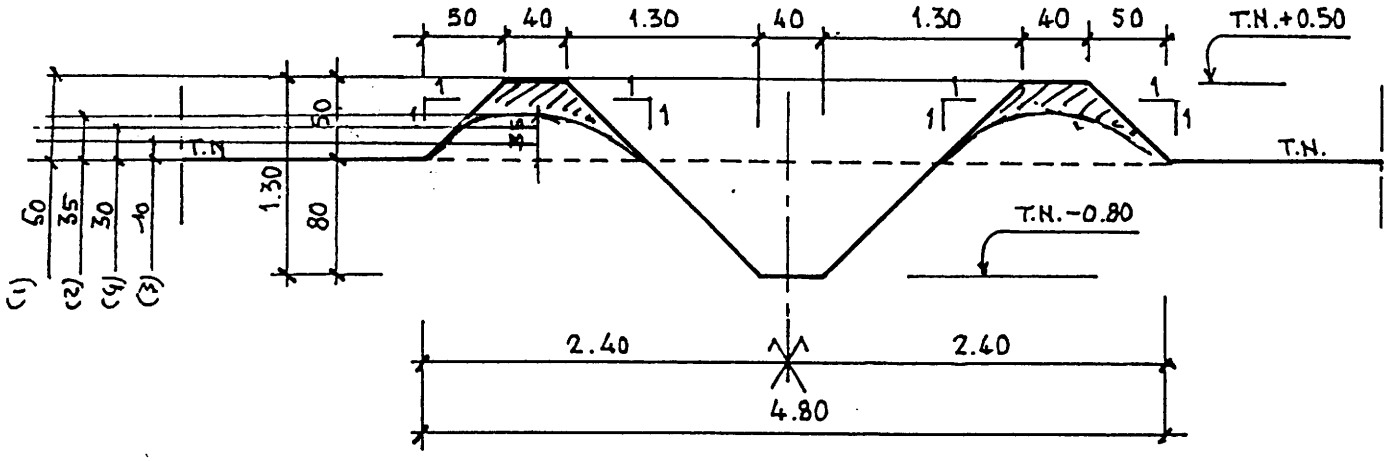
Le préplanage ou "planage T1" est très cher : 300 503 FCFA/ha. Ce coût comprend :

- levés topo antérieur au préplanage ;
- passage de bulldozer ou grader pour débosselage grossier du terrain et nivellement des diguettes existantes ;
- rippage sur une épaisseur de 30cm ;
- passage d'un tracteur pulvi pour éliminer toutes les mottes de terre de dimension supérieure à 5cm ;
- préplanage soigné par deux passages croisés au moins au grader ;
- levé topo et piquetage des bassins.

L'Ingénieur chargé du Contrôle des Travaux sur Retail 2 (Jean-Michel DAUGE) estime que chacune de ces opérations est indispensable si l'on prétend garantir un planage à +/-5cm dans la pratique. Supprimer une des étapes pourrait exiger plus de travail de la part des paysans pour la finition du planage initial, ce qui est une option, mais alors la tolérance de +/-5cm serait seulement théorique et non contrôlable sérieusement.

La seule modification qu'on peut proposer à ce niveau est de réaliser un troisième levé topo, après passage du pulvi et avant le préplanage soigné : il faudrait voir quel pourcentage de bassins serait accepté directement.

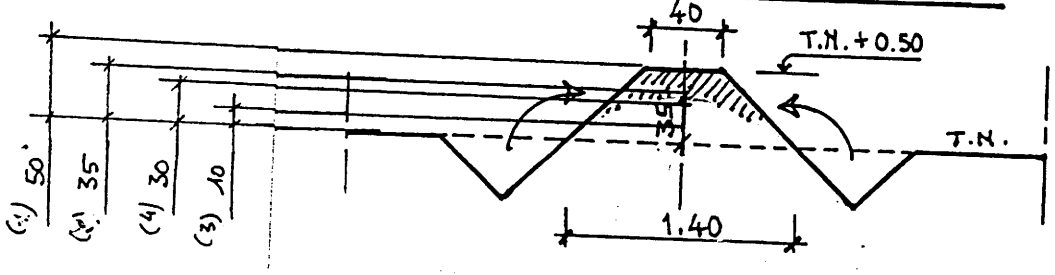
RIGOLE DE DISTRIBUTION ET DE DRAINAGE



Sur les deux schémas :

(1) : hauteur initiale d'une diguette ou d'un cavalier de rigole.
(2) : même hauteur après quelques années de fonctionnement.
(3) : cote du point le plus haut dans le bassin de 0,1 ha considéré
(4) : plan d'eau nominal (hauteur d'eau maximale = (3)+20cm)

DIGUETTE DE CEINTURE DES BASSINS



322. Diminution des volumes de terre déplacés en T2 ?

Pour diminuer les mouvements de terre, on peut :
- augmenter la tolérance ;
- changer la méthodologie pour le planage T2 en contrepente.

a. Augmenter la tolérance ?

On a pesé le pour et le contre.

Arguments en faveur d'une tolérance plus large :

- coût moins élevé ;
- planage initial excellent inutile si pas de changement de comportement importants dans techniques de travail du sol. Actuellement la technique de labour la plus pratiquée dégrade le planage (mais le service de Mise en Valeur prévoit un changement du fait de la sécurisation foncière obtenue en 1990).

Arguments en défaveur d'une tolérance plus large :

- qualité de service inférieure ;

- ARPON, N'Debougou et la mission d'harmonisation d'avril 1988 ont opté pour une tolérance +/-5cm ;

- contrainte agronomique : actuellement, la technique culturale employée est celle du repiquage exigeant une bonne maîtrise de l'eau (variétés à paille courte) ; mais à terme, si l'on veut introduire la technique de semis direct en prégermé, il faut une parfaite maîtrise de l'eau, donc un planage excellent ;

- contraintes imposées par la géométrie des cavaliers de rigole et diguettes de ceinture : avec une tolérance de +/-5cm et pour un PEN dans l'arroseur calé pour une lame d'eau de 20 cm au-dessus du point le plus haut, on ne dispose que d'une marge de 5cm pour éviter d'éventuels problèmes de débordement. Augmenter la tolérance, c'est annuler cette marge de manoeuvre (voir schémas ci-contre) ;

- contrainte technique : le +/-5cm, même avec un contrôle très strict (ce qui est le cas sur Retail 2), est une garantie sure qu'on a bien +/-10cm. En observant des levés topo réalisés après planage, on peut relever des imperfections marginales. Laisser plus de marge, c'est prendre un risque d'avoir de plus grosses surprises.

Tous ces arguments incitent à conserver la tolérance actuelle de +/-5cm pour Retail 3.

b. Changer la méthodologie pour le T2 sur contrepente ?

Actuellement aucune contrepente du TN n'est admise d'un l'arroseur vers un drain. Cependant, tolérer une légère contrepente (avec comme condition A={10cm entre le point le plus haut et le point le plus bas d'un ilôt de 2ha}) réduirait le nombre d'interventions de type T2 global sans nuire à la maîtrise de l'eau.

Voici la modification proposée pour le point 2. de la méthodologie décrite ci-dessus :

- si {pente} ou {contrepente et A} et pas d'accident topo : fin de planage ou reprises T2 au niveau de bassins éventuelles ;

- si {pente} ou {contrepente et A} et accident topo : planage T2 pour les bassins concernés ;

- si {contrepente et non A} : planage T2 "global" de l'ilôt.

Cette économie de planage T2 peut survenir lors de la transformation d'un système d'arroseurs monolatéraux en arroseur bilatéral.

TROISIEME PARTIE

AMELIORATIONS DANS LA CONCEPTION ET LA MISE EN OEUVRE DE CERTAINS AMENAGEMENTS ET OUVRAGES

L'expérience acquise par le BCEOM lors de la Mission de Contrôle et de Surveillance des travaux de réhabilitation de la deuxième tranche du Projet RETAIL (RETAIL 2) sera mise à profit pour la réalisation des études concernant la troisième tranche (RETAIL 3).

Les évolutions concernant la conception du réseau tertiaire, les améliorations de divers ouvrages hydrauliques par rapport à l'Avant-Projet Détaillé de RETAIL 2, les problèmes rencontrés sur le chantier et les options et solutions choisies pour y remédier sont recensés dans cette partie.

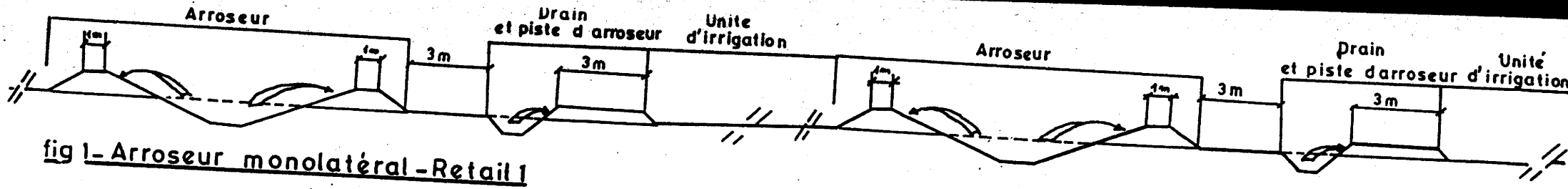


fig 1- Arroseur monolatéral - Retail 1

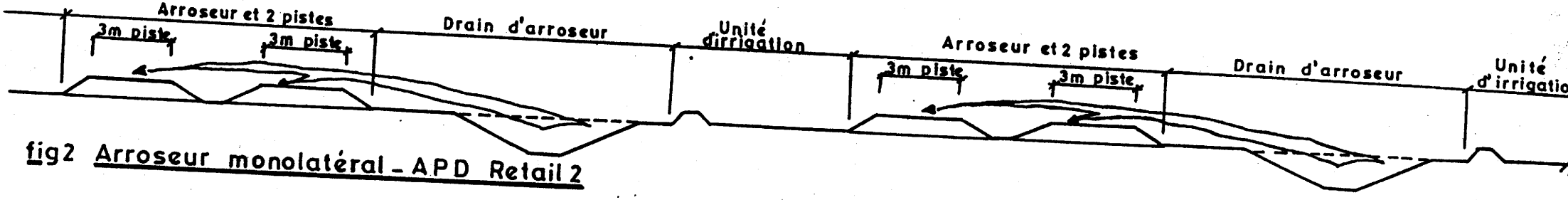


fig 2 Arroseur monolatéral - APD Retail 2

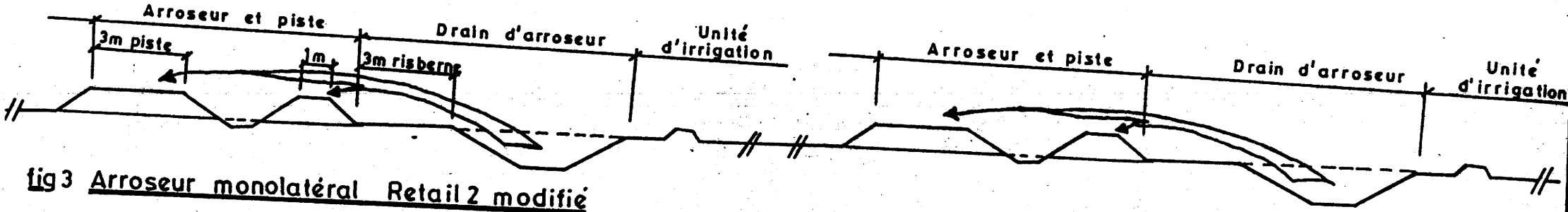


fig 3 Arroseur monolatéral Retail 2 modifié

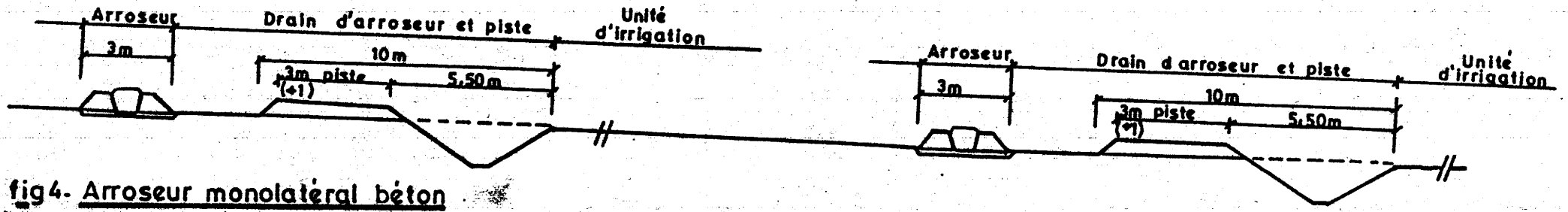


fig 4- Arroseur monolatéral béton

1. RESEAU TERTIAIRE

11. De Retail 1 à Retail 3 : évolution de la conception du réseau tertiaire

Résumé : la conception du réseau tertiaire a été modifiée deux fois depuis Retail 1. Les améliorations portent sur l'emprise des drains et des arroseurs (gain de surface cultivable, arroseur monolatéral), le compactage des pistes latérales et des cavaliers (plus grande durée de vie de ces ouvrages, arroseur monolatéral), le dimensionnement plus harmonieux des arroseurs et des drains (diminution des coûts de transport de déblais, arroseur bilatéral). Les avantages des arroseurs béton sont indiqués (principalement entretien et érosion réduits).

Le réseau tertiaire a connu d'importantes tranformations au cours des différentes étapes de la réhabilitation du périmètre Retail. elles sont résumées ci-dessous. On se réfèrera aux figures pour mieux visualiser les différences d'une variante à l'autre. La rubrique "Retail 2 amélioré" contient les améliorations par rapport à l'APD, réalisées moyennant rédaction de notes d'instruction. Cette rubrique contient du même coup les propositions pour Retail 3.

Pour mémoire, les avantages et inconvénients des arroseurs béton sont aussi figurés. Pour plus de détail concernant cette expérimentation, voir le paragraphe 13.

111. ARROSEURS MONOLATERAUX

a. Retail 1 (fig.1)

- inconvénients :

- cavaliers d'arroseurs (1m de large) non compactés ;
- initialement, pas de piste prévue (risberme de 3m sensée en faire office, mais souvent inondée en saison des pluies ou en pied d'arroseur par percolation à travers le cavalier).

b. APD Retail 2 (fig.2)

- avantages :

- les deux pistes de part et d'autre de l'arroseur sont compactées à l'OPN ;
- entretien de l'arroseur facile car faible section.

- inconvénients :

- les deux pistes de l'arroseur sont construites à partir des déblais du drain, d'où surdimensionnement du drain, d'où difficultés pour l'entretien du drain ; par ailleurs, la piste entre l'arroseur et le drain est inutile (pas d'accès aux parcelles) ;
- arroseur très peu surcreusé par rapport au TN, d'où nécessité de mettre en place un ouvrage de débouché aval (tête aval de siphon inversé) en aval de la prise d'arroseur (dépense non prévue au marché, 250 000 FCFA/ouvrage).

c. Retail 2 modifié et proposition pour Retail 3 (fig.3)

- avantages :

- plateforme d'arroseur compactée à l'OPN (y compris le cavalier) ;
- emprise du drain réduite (-1m en moyenne) ;
- emprise de la plateforme d'arroseur réduite (-1,5m environ).

- inconvénient :

- légère plus-value (+12FCFA/ml) par rapport au marché.

d. Arroseur monolatéral béton (fig.4)

- avantages :

- emprise minimale pour l'ensemble arroseur+drain+piste (13m au lieu de 18m) ;
- entretien arroseur réduit ;
- érosion réduite ;
- rapidité de mise en eau ;
- piste sur drain compactée ;

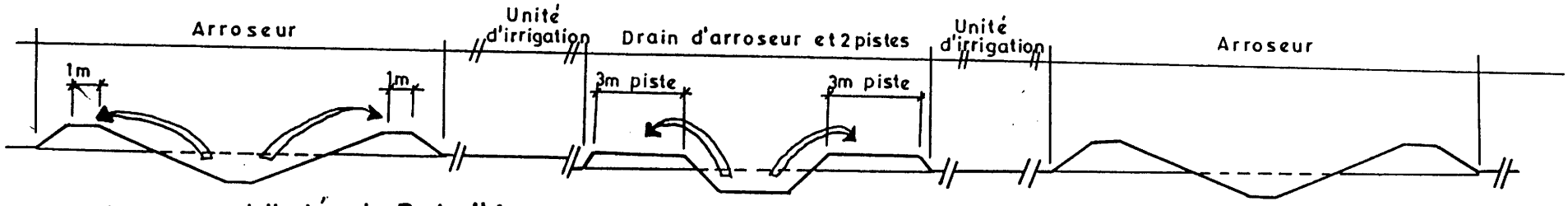


fig 5 - Arroseur bilatéral Retail 1

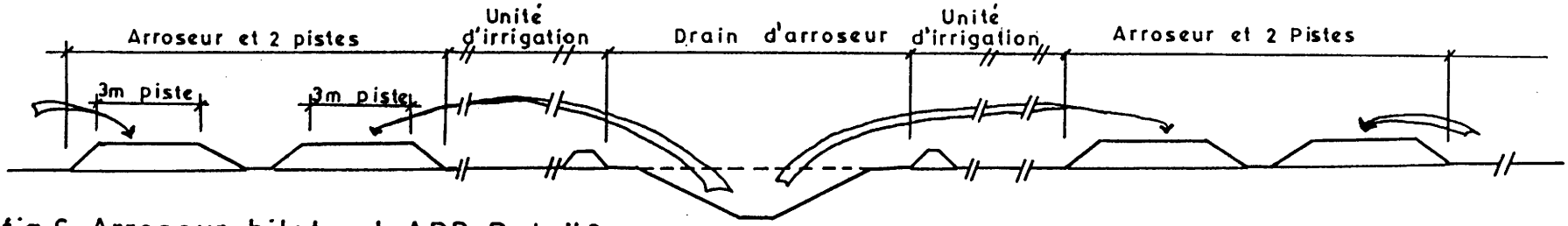


fig 6 - Arroseur bilateral APD Retail 2

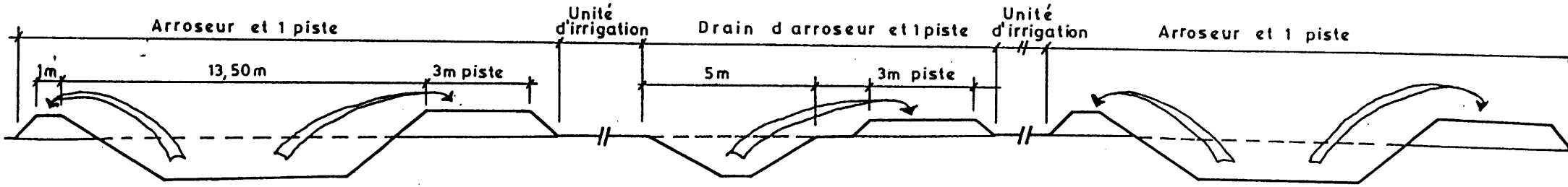


fig 7 - Arroseur bilateral - Retail 2 modifié

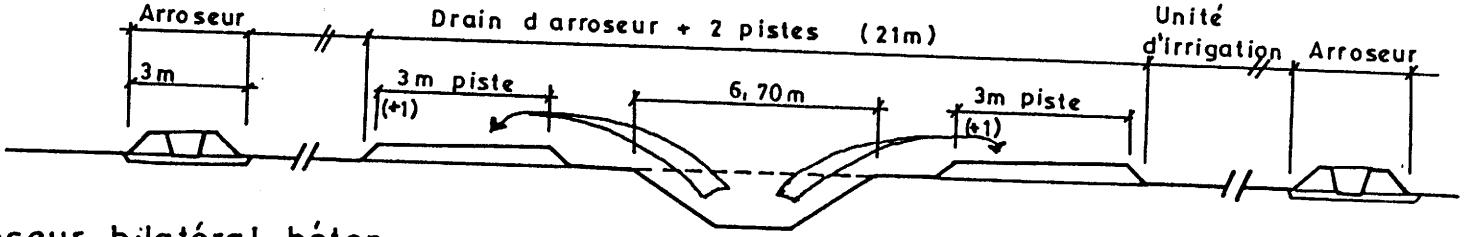


fig 8 - Arroseur bilatéral béton

- meilleure efficience du système sur sols légers (pas d'érosion rapide des cavaliers en terre, pas de pertes d'eau par infiltration).

- inconvénients :

- coût élevé ;
- réaction plus rapide du réseau due à une faible inertie du système (variations plus rapides, tolérances réduites)

112. ARROSEURS BILATERAUX

a. Retail 1 (fig.5)

- avantage : faible transport des déblais ;
- inconvénient : cavalier d'arroseur non compacté.

b. APD Retail 2 (fig.6)

- avantages :

- pistes d'arroseur compactées à l'OPN ;
- faible section de l'arroseur, d'où entretien réduit.

- inconvénients :

- création des pistes sur l'arroseur : exige le transport sur environ 200m des matériaux depuis le drain (déblais des drains) : coûteux et pose des difficultés techniques (embourbement) ;
- drain nettement surdimensionné, d'où difficulté d'entretien ;
- arroseur faiblement surcreusé, d'où nécessité de pose de tête aval sur la prise d'arroseur.

c. Retail 2 modifié et proposition pour Retail 3 (fig.7)

- avantages :

- équilibre entre déblais de drain et surcreusement de l'arroseur en appliquant le principe : un canal, une piste ;
- pas de transport de matériau ;
- moins-value de 569 FCFA/ml soit pour les deux campagnes :
23 900 * 569 = 13 599 100 FCFA ;
- arroseur plus surcreusé d'où économie de 40 têtes aval de prises d'arroseur, soit 40*250 000=10 000 000 FCFA.

- inconvénients :

- les bilatéraux sont en général assez élevés (domination des parcelles en contrepente) mais le cavalier ne sera pas compacté. Toutefois, la piste digue de l'arroseur et la piste le long du drain seront compactées.
- emprise totale supérieure de 2m.

d. Arroseur bilatéral béton (fig.8)

voir monolatéral, emprise 24m au lieu de 34m.

12. Etude économique comparative système bilatéral/système monolatéral

Résumé : L'option choisie sur Retail 2 de remplacer le maximum d'arroseurs monolatéraux par des bilatéraux a permis de réaliser pendant la première et le début de la seconde campagne des travaux une économie de 190 000 000 FCFA, soit 208 000 FCFA/ha réhabilité. Avec les prix du marché Retail 2, et sur la base des travaux de Retail 2, le système bilatéral est avantageux tant que le mouvement de terre destiné à compenser la contre-pente d'un des anciens arroseurs monolatéraux est inférieur à 467 m3/ha. Les résultats sont aussi donnés par catégorie de planage T2.

Sur Retail 2, on a pris l'option de remplacer le maximum d'arroseurs monolatéraux par des bilatéraux.

L'objectif de ce chapitre est double :

- mesurer l'économie réalisée à l'issue de la première campagne de travaux et au milieu de la seconde ;

- par un calcul théorique fondé sur les prix du marché Retail 2 (fortement susceptibles d'être modifiés pour Retail 3, ne serait-ce que parce que les coûts du ml d'arroseur monolatéral et bilatéral sont identiques

Tableau 9. Comparaison système bilatéral/système monolatéral

SYSTEME BILATERAL	SYSTEME MONOLATERAL
pente TN : ↑	pente TN ↓
pente TN : ↓	pente TN ↓
ELEMENTS DE COMPARAISON :	
* 1 arroseur bilatéral * 2 demi-drains d'arroseurs (hypothèse basse) 2 drains d'arroseurs (hypothèse haute) * 1 parcelle en planage T1 (pente TN non modifiée) * 1 parcelle en planage T2 (pente TN à inverser)	* 2 arroseurs monolatéraux * 2 drains d'arroseur * 2 parcelles en planage T1
BILAN	
* +1 parcelle en planage T2 (le surcoût porte sur le volume de terre déplacé lors de la reprise en T2 ; dans un cas comme dans l'autre il y a préplanage préalable ; en principe, avec le système monolatéral, ce préplanage (dit "planage T1") suffit puisque la pente TN est de l'arroseur vers le drain).	* + 1 arroseur monolatéral (+ ouvrages connexes) * +1drain d'arroseur (au mieux)

Tableau 10. Coût des équipements supplémentaires du système monolatéral - hypothèse basse

* 1 arroseur supplémentaire x 6 890 FCFA/ml	+6 900 000 FCFA	
* Ouvrages connexes :		
+ 1 prise d'arroseur 60l	276 000	
+ 1 caisse aval tête d'arroseur	150 000	
+ 1 module à masque	611 000	
- 1 protection aval	- 400 000	
TOTAL Ouvrages connexes		+800 000 FCFA
TOTAL		+7 700 000 FCFA

Tableau 11. Coût des équipements supplémentaires du système monolatéral - hypothèse haute

* 1 arroseur supplémentaire		+6 900 000 FCFA
* ouvrages connexes		+800 000 FCFA
* 1 drain supplémentaire		+4 280 000 FCFA
	TOTAL	+12 000 000 FCFA

Tableau 12. Coût moyen du planage T2 (première campagne de travaux et prix Retail 2)

	tranche de planage		
	100/250 (m3/ha)	250/400 (m3/ha)	>400 (m3/ha)
surface (%)	18	55	27
coût unitaire (FCFA/m3)	1975	990	875
coût moyen du planage T2 (première campagne) : 1140 FCFA/m3			
exprimé en FCFA/ha (608 ha planés en 1ère camp) : 174 000			

Tableau 13. Mouvements de terre par catégorie de planage T2

	tranche de planage		
	100/250	250/400	>400
coût unitaire (FCFA/m3)	1975	990	875
	volume équivalent (m3/ha) :		
hyp basse 7 000 000 (20ha)	177	354	400
hyp haute 12 000 000(20ha)	303	606	686

actuellement), trouver un critère technique permettant de choisir le type de système pour Retail 3.

121. Calcul théorique

On suppose qu'on part d'un système existant monolatéral. Le Tableau 9 ci-contre dresse la liste des éléments de comparaison et fait le bilan des aménagements supplémentaires.

a.Coût des équipements supplémentaires du système monolatéral

Dans les tableaux 10 et 11, figure un exemple calculé pour 1 000 ml d'aménagement (soit 1 000 * 200 = 20 ha), avec les prix de marché Retail 2 et pour les deux hypothèses haute et basse.

La réhabilitation du système existant tel quel aurait coûté entre 7 700 000 et 12 000 000 FCFA de plus que l'option choisie.

b. Mouvement de terre équivalent en planage T2

On calcule le volume de terre qu'on peut déplacer avec une somme de 7 700 000 ou 12 000 000 FCFA.

Pour cela on tient compte :

- des prix unitaires pour chacune des 3 tranches de mouvement de terre ;

- de l'importance relative de chacune des tranches lors du planage T2 de la première campagne de travaux.

Les résultats figurent dans le Tableau 12 ci-contre.

Le mouvement de terre global est égal à :

hypothèse haute : 12 000 000 / 1140 = 10 526 m3 ;

hypothèse basse : 7 700 000 / 1140 = 6 754 m3 ;

soit en moyenne 8460 m3 pour 20ha, ou 8460/20=423 m3/ha.

Le mouvement de terre équivalent est en première approximation 423 m3/ha.

Mais dans la réalité il a souvent fallu faire du planage type T2 même sur les bassins où le système existant était gardé (16% en première campagne, 37% en début de deuxième campagne, soit 23% en moyenne, voir paragraphe suivant).

Dans le bilan, il faut donc prendre en compte ce surcoût dans la colonne "système monolatéral", soit pour 20ha*23%=4,6ha un surcoût de 4,6*174 000=800 000 FCFA.

Avec les coûts actuels, le système bilatéral est avantageux tant que le mouvement de terre destiné à compenser la contrepente d'un des anciens arroseurs monolatéraux est inférieur à 467 m3/ha.

On peut aussi donner le mouvement de terre correspondant à chaque catégorie de planage : voir le Tableau 13 ci-contre.

122. Economie réalisée lors de la première campagne et du début de la seconde campagne

Pour tester ce calcul théorique sur un exemple concret, on a calculé l'économie réalisée en substituant le système réalisé lors de la réhabilitation de Retail 2 au système initial si on l'avait réhabilité tel quel. L'essentiel des modifications ayant consisté à substituer un système bilatéral au monolatéral existant, on a désigné le système existant par "SYSTEME MONOLATERAL" et le nouveau système par "SYSTEME BILATERAL". Ces termes ne doivent pas cacher que le système existant était déjà en partie bilatéral.

Pour la première campagne et pour le début de la seconde, les tableaux figurant en Annexe 4 indiquent :

Tableau 14. Economie réalisée lors de la première et au début de la seconde campagne

	1ère campagne	2ème campagne (début)	cumul
surface planée(ha)	608	304	912
différence globale (FCFA)	-129 M	-61 M	-190 M
idem (FCFA/ha)	212 000	201 000	208 000

- les "POURCENTAGES DE PLANAGE T1 ET T2" réellement effectués ;

- le "POURCENTAGE DES DIFFERENTES CATEGORIES DE PLANAGE T2" par tranche de coût, exprimé par rapport aux surfaces planées et aux volumes de terre déplacés ;

- le coût global d'aménagement du SYSTEME MONOLATERAL (si on l'avait conservé), du SYSTEME BILATERAL (réellement effectué) et les DIFFERENCES RAPPORTEES AU SYSTEME BILATERAL. Pour les linéaires d'arroseurs, de drains et les équipements, on n'a calculé que la différence rapportée au système bilatéral.

Les conclusions figurent dans le Tableau 14.

L'économie est appréciable et tient essentiellement à l'économie réalisée sur les arroseurs (14 000 ml en moins, soit une économie de 30 000 000 FCFA), et, ce qui est plus surprenant, à une économie aussi sur le planage (-14 000 000 FCFA).

L'interprétation de l'économie réalisée sur le planage est la suivante : sur le système existant, en théorie on n'aurait dû faire que du T1 ; dans la pratique on a fait beaucoup de T2. Inversement, sur le système modifié, on pouvait s'attendre à avoir beaucoup de T2, mais on en a eu moins que prévu.

Sur Retail 3, le système existant est largement bilatéral. On pourra peut-être systématiser cet aménagement au vu des économies possibles. Mais pour en être sûr, il faudrait connaître les prix des travaux d'aménagement de Retail 3.

13. Expérimentation arroseurs-béton

Résumé : La fabrication et la pose de 8km d'arroseurs béton, à titre expérimental, pendant la première campagne des travaux de réhabilitation de Retail 2, n'ont pas posé de problème technique.

Cependant, malgré une emprise au sol légèrement plus faible et des avantages incontestables par rapport aux canaux en remblai compacté, le coût 2 à 3 fois plus élevé de ces canaux limite fortement l'intérêt de leur construction à grande échelle. Sur les sols les plus sableux, toutefois, ce choix serait celui de la sécurité.

Un élément important manque à l'analyse : les coûts d'entretien de chaque type de canaux.

Les principaux résultats du document réalisé par le BCEOM en octobre 1990 (réf.[5]) sont repris ici.

a. Avantages

BILAN TECHNIQUE

- canaux béton préfabriqués sur place par éléments de 4m de très bonne qualité ;
- alignement des éléments réalisé avec une très bonne précision.

GESTION TECHNIQUE

- érosion naturelle nulle (appréciable sur sols sableux) ;
- efficience du réseau plus grande par diminution des pertes par infiltration (appréciable sur sols sableux) ;
- aucune dégradation des canaux si plans d'eau trop élevés ;
- accès facilité aux prises de rigole.

SURFACES AMENAGEES

- emprise au sol plus faible de 3,8% soit 25ha sur les 65ha aménagés ; l'économie est de 5 à 10 m2/ml d'arroseur.

Tableau 15. Coût moyen des différents types de canaux

	arroseur monolatéral		arroseur bilatéral	
	remblai compacté	béton	remblai compacté	béton
coût (FCFA/ml)	11 768	22 259 (*)	12897	33 428 (**)

(*) moyenne du coût des arroseurs installés : 40 ou 80l/s ;
(**)moyenne du coût des arroseurs installés : 40, 80 ou 120 l/s

b. Inconvénients

BILAN TECHNIQUE

- cadence de mise en oeuvre plus faible (-10 à -15% de ml/j) mais elle peut être améliorée ;
- étanchéité entre éléments par joint mousse peut être améliorée ; un suivi sur le long terme est à conseiller.

GESTION TECHNIQUE

- dépôts de limons dans le fond, d'où entretien régulier nécessaire ;
- temps de réponse hydraulique moins important, d'où risque de mauvais contrôle du plan d'eau (mais il existe des déversoirs de sécurité) ;
- trafic important sur banquettes latérales car pas de piste (les pistes sont sur les drains), d'où entretien régulier nécessaire ;
- dégradations causées par boeufs qui franchissent l'ouvrage (1m large) ; on s'interrogera sur le processus de réparation à mettre en oeuvre (le paysan peut-il faire lui-même ce genre de réparations ?)

c. Analyse économique

Avantage : gain du producteur (hypothèses : rendement de 5 t/ha et prix du kg de paddy 70 FCFA) : 25ha*5t/ha*70 000FCFA/t/650ha aménagés= +13460 F/ha aménagé ;

Inconvénient (de taille!) : surcoût presque triple.

Le Tableau 15 présente les différents coûts.

Le coût très élevé s'explique en partie par le fait qu'il s'agit d'une expérimentation. Cependant l'entreprise pense que la réduction des coûts à grande échelle ne dépasserait pas 3000 FCFA/m (amortissement des moules). Une autre solution serait d'amincir les parois de canaux.

De plus la comparaison n'a de sens que si on raisonne sur le long terme puisque l'avantage théorique principal des arroseurs béton est leur faible coût d'entretien. Mais il est trop tôt pour connaître ce coût et notamment le coût de réparation des dégradations dues au passage des boeufs, voire des charrues d'une rive à l'autre!

La qualité de l'entretien futur du réseau demeure encore une inconnue. Sur les sols sableux de Retail 3, la mise en place d'arroseurs béton peut être un choix de sécurité.

remarque : il n'existe pas encore de carte pédologique de Retail 3, il est donc difficile de chiffrer le surcoût que le choix de cette solution provoquerait.

2. AMELIORATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DE RETAIL 2

Résumé : *Ce chapitre recense les modifications des ouvrages initialement prévus dans l'APD de Retail 2.*

Les améliorations sont destinées dans la plupart des cas à assurer :

- Une bonne protection des ouvrages contre l'érosion. Les surcoûts ont été calculés. Ils sont parfois importants mais sont à comparer aux frais d'entretien sans doute élevés qu'on aurait eu avec les ouvrages initialement prévus. Ces frais d'entretien ne sont pas encore estimés ;

- Une bonne étanchéité des ouvrages situés dans les canaux, sinon des renards et des brêches dans le cavalier supportant l'ouvrage risquent d'apparaître.

Pour les modifications majeures, des schémas permettent de comparer l'ouvrage initial et l'ouvrage modifié.

Ces modifications pourront être reprises sur Retail 3. D'autres améliorations sont à étudier, elles sont recensées.

21. Prise d'arroseur, de sous-partiteur et déversoir de sécurité

a. Fonction

- les ouvrages de prise permettent la distribution de l'eau d'un canal principal vers des ramifications de ce canal (d'un distributeur (canal primaire) vers un partiteur (canal secondaire), d'un partiteur vers un sous-partiteur ou un arroseur (canal tertiaire), d'un arroseur vers une rigole d'irrigation (canal quaternaire)).

- les ouvrages de sécurité ont pour but d'évacuer hors du réseau adducteur une partie ou la totalité du volume d'eau affluant : un seul débordement sur des canaux en terre peut causer la ruine des ouvrages.

b. Modifications

- mise en place de voiles en béton latéralement à l'ouvrage afin d'obtenir une bonne étanchéité autour de l'ouvrage ; sans cette précaution, il y a risque de formation de renards le long des buses de l'ouvrage et l'ouvrage peut être finalement déplacé voire emporté.

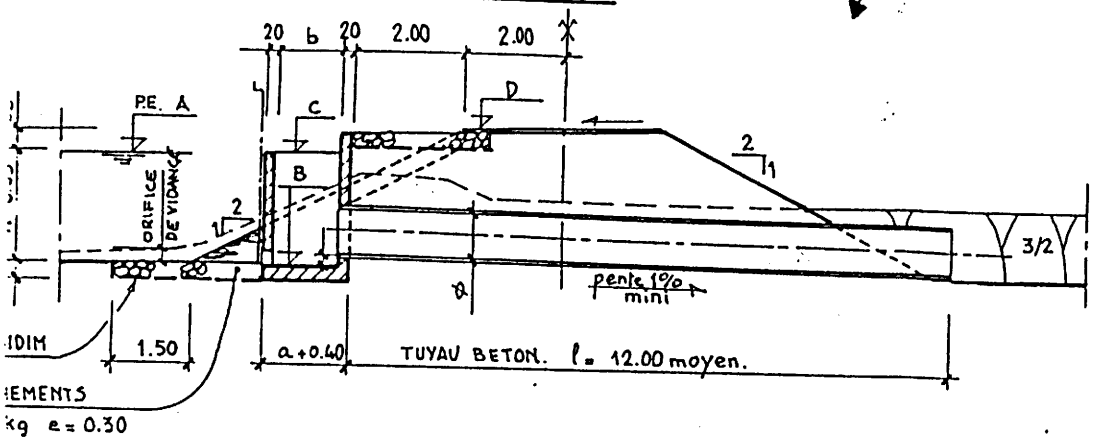
- protection des accès aux ouvrages par latéritage du remblai d'accès et renforcement par des enrochements.

- Surcoût calculé pour les prises d'arroseur (d'après prix Marché Retail 2) : voir paragraphe protection des ouvrages ;

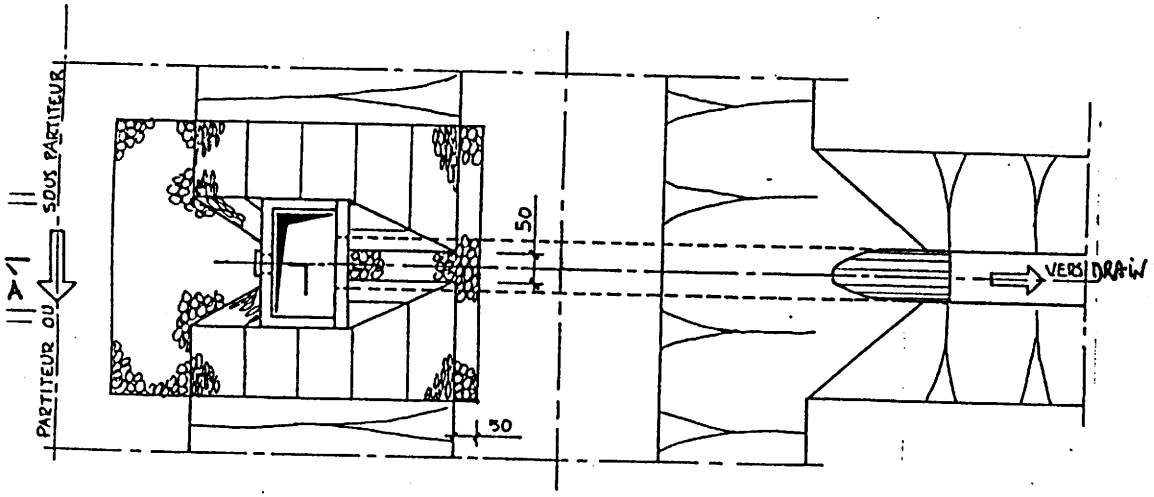
- Surcoût calculé pour déversoir de sécurité : voir paragraphe suivant.

APD Retrait 2

COUPE A



VUE EN PLAN

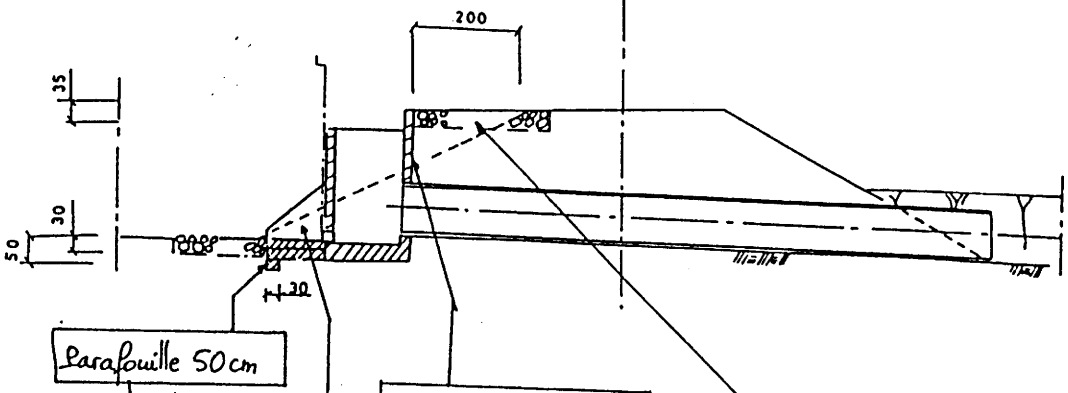


DÉVERSOIR DE SÉCURITÉ

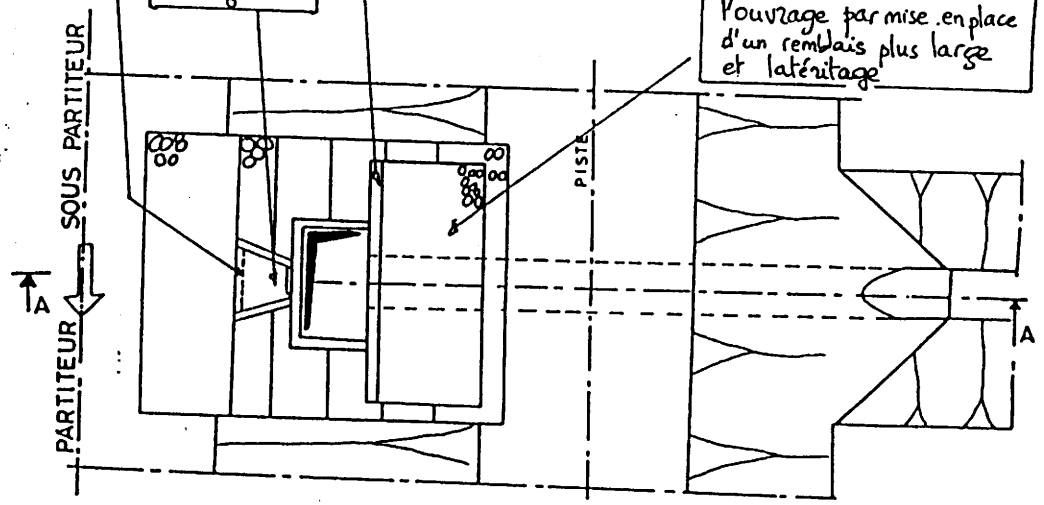
(SUR PARTITEUR OU SOUS-PARTITEUR)

OUVRAGE MODIFIÉ

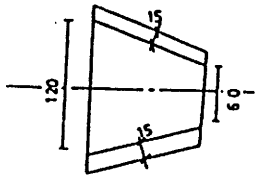
COUPE A

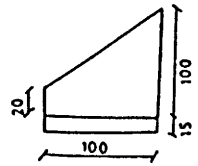


VUE EN PLAN



ENTONNEMENT





22. Déversoir de sécurité

a. Modification supplémentaire

- mise en place d'un entonnement en béton pour l'orifice de vidange avec maintien du talus latéralement.

L'entonnement évite le colmatage de l'orifice de vidange et facilite donc la manoeuvre de la vannette de vidange.

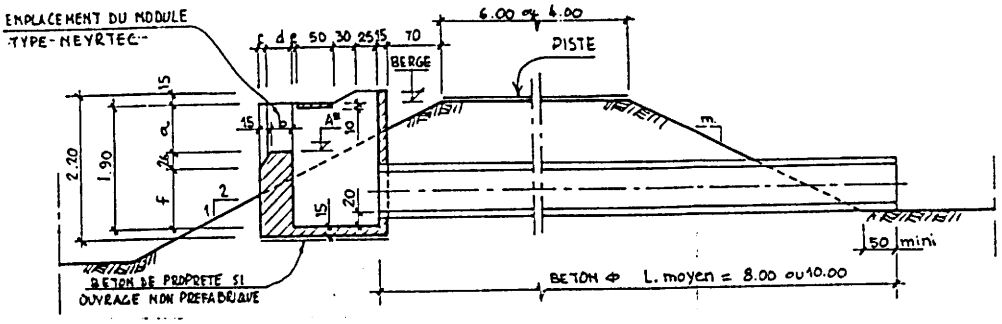
b. Surcoût

Le coût de l'ouvrage est augmenté d'un tiers.

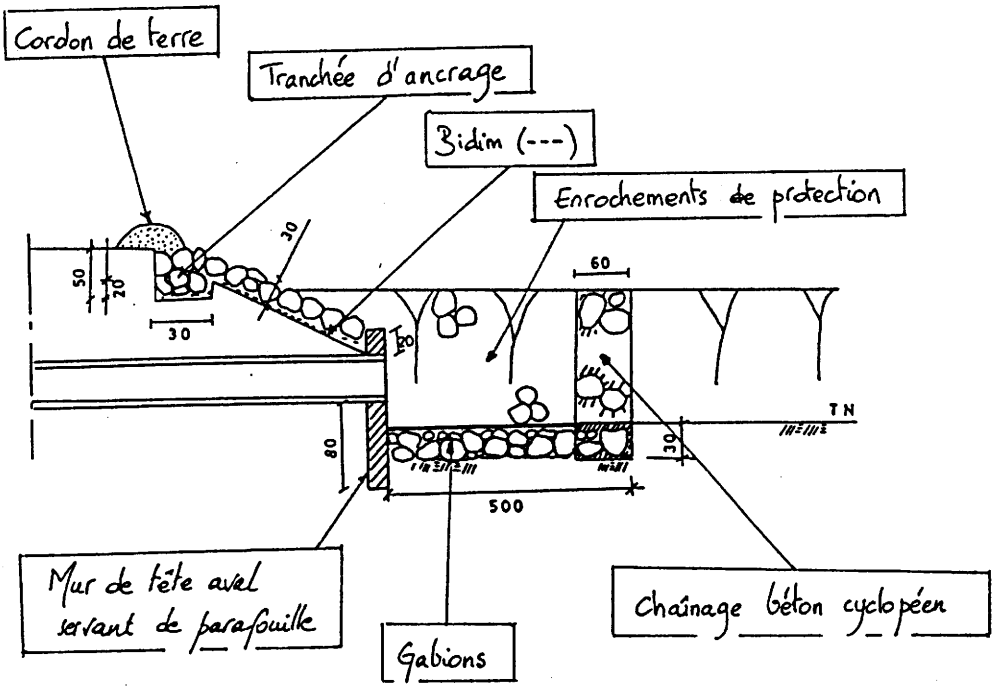
code prix	libellé du prix	quantité supplémentaire	prix unitaire	montant
	entonnement		135 000	135 000
7.04	latérite	0,2m3	12 300	3 000
7.14.2	mur soutènement	0,3m3	95 000	33 000
	parafouille : prix négligeable			
			TOTAL	171 000
coût moyen de l'ouvrage sans ces équipements :				
	ferraillage	280kg	500	140 000
	béton	1,8m3	95 000	171 000
	coffrage	18m2	10 000	180 000
			TOTAL	491 000

PRISE D'ARROSEUR - AFD Retail 2

COUPE LONGITUDINALE A



PRISE D'ARROSEUR - Améliorations



23. Protection des ouvrages

a. Modifications

- mise en place de parafouille systématique à l'amont et à l'aval des ouvrages ;

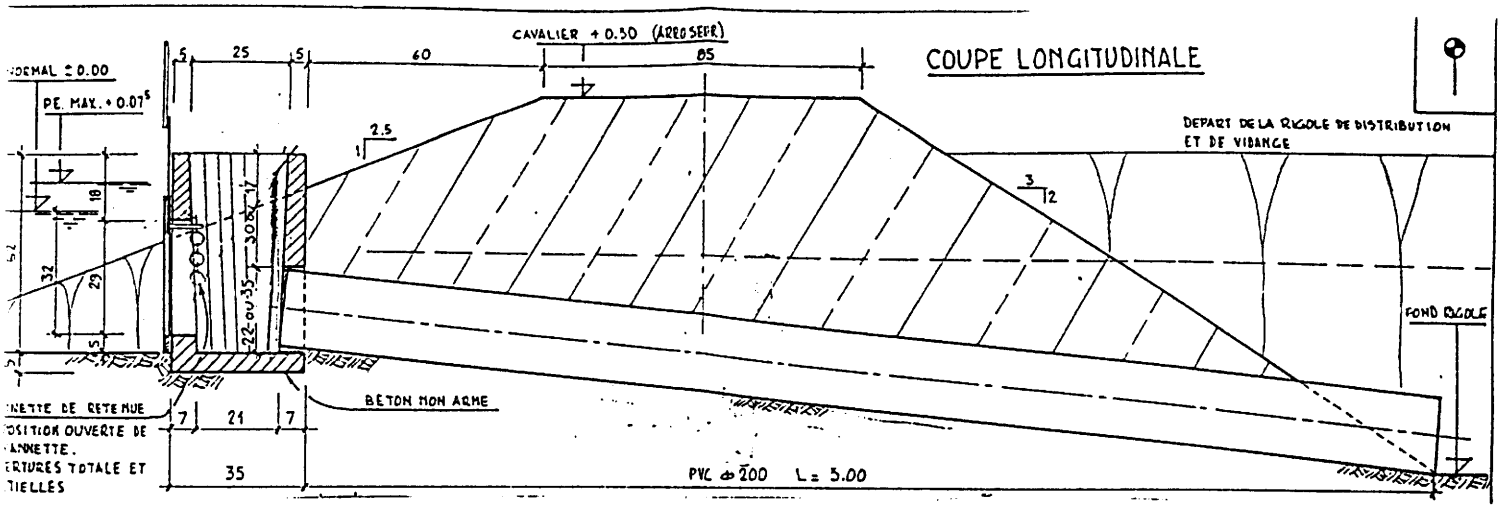
- mise en place d'enrochements de protection posés sur bidim avec :
  - tranchée d'ancrage dans la partie supérieure ;
  - cordon de terre pour éviter les érosions par ravinement en bordure des enrochements (au contact enrochements - remblais) ;
  - chaînage béton cyclopéen pour le maintien des enrochements à l'aval ;
  - mise en place de gabions au débouché immédiat de la buse pour le maintien en place des enrochements ;
  - mur de tête aval au débouché de la buse servant de parafouille lorsqu'il y a denivelé entre la buse et le lit du canal ;
  - redimensionnement de certaines parties d'ouvrages et renforcement des zones sensibles (ferraillage, épaisseur).

b. Surcoût calculé pour une prise d'arroseur type

Le prix de l'ouvrage est doublé.

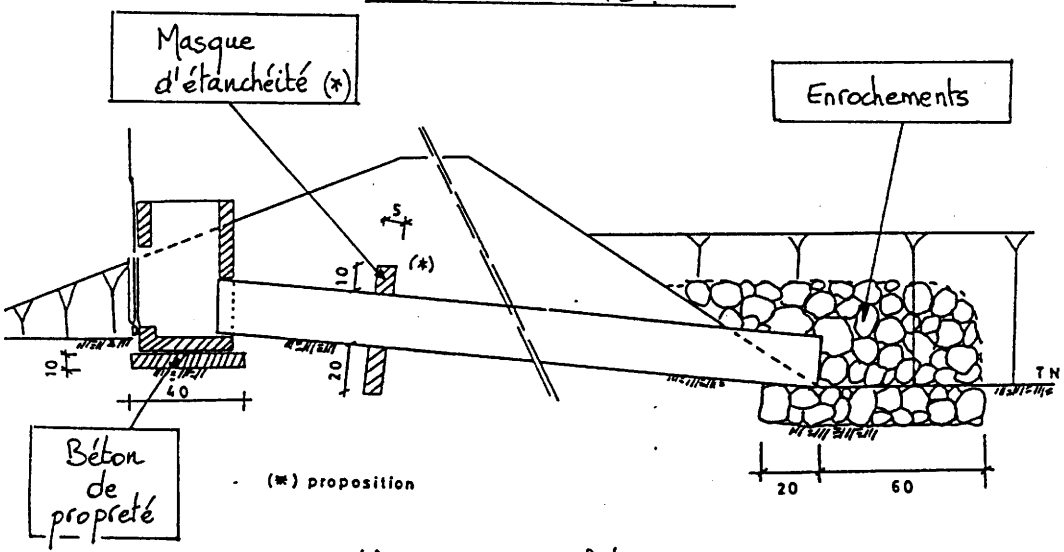
code prix	libellé du prix	quantité supplémentaire	prix unitaire	montant
7.01	déblais	36m3	2 900	104 000
7.05	bidim	104m2	200	208 000
7.06	enrochements	25m3	15 200	375 000
7.07	gabions	7m3	34 000	238 000
7.09	béton propreté	17m2	7 200	122 000
7.14.2	béton	3m3	95 000	285 000
			TOTAL	1 332 000
coût de l'ouvrage sans ces équipements :				
	buse			355 000
	module			600 000
	ouvrage type 60l/s			280 000
			TOTAL	1 200 000

PRISE DE RIGOLE - APD Retail 2

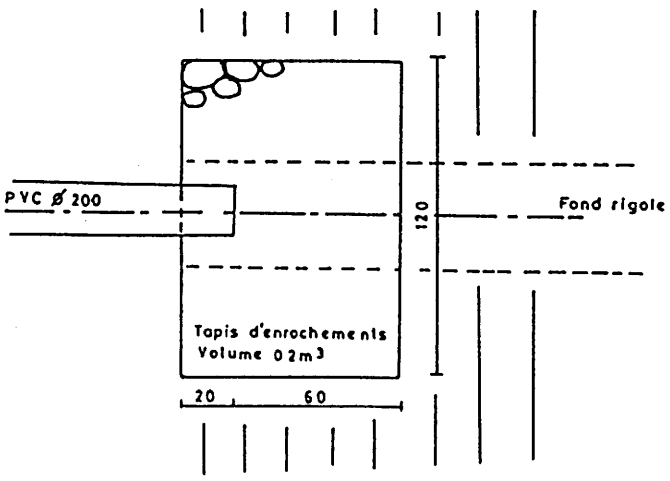


PRISE DE RIGOLE Améliorations

VUE EN COUPE



VUE EN PLAN



24. Prise de rigole

a. Fonction

- assurer la distribution de l'eau depuis un arroseur vers une parcelle.

b. Améliorations réalisées

- pose des ouvrages sur béton de propreté et pose en retrait pour assurer une meilleure stabilité de la prise et une meilleure étanchéité sous l'ouvrage ;

- mise en place de petits enrochements à l'aval immédiat du PVC d'alimentation pour éviter la formation d'une fosse d'érosion dans la rigole (volume 0,200m3).

- vidange de rigole : rallonger le PVC de 2 à 3m pour éviter la formation de renards dans le cavalier du drain ;

c. Améliorations à étudier

- adapter les dimensions des prises à d'éventuels changements de main d'eau ;

- pour augmenter la stabilité générale de la prise, installation d'une dallette béton (béton de propreté s'enfonçant plus profondément dans le cavalier d'arroseur) permettant un ancrage plus important de la tête dans le cavalier ;

- système autre que l'utilisation de chaînettes pour le maintien en position ouverte de la vannette de la prise ;

- employer un enduit adhérent ou un masque d'étanchéité en béton (voir schéma) pour éviter la formation de renards sur le PVC de la tête de rigole.

d. Surcoût

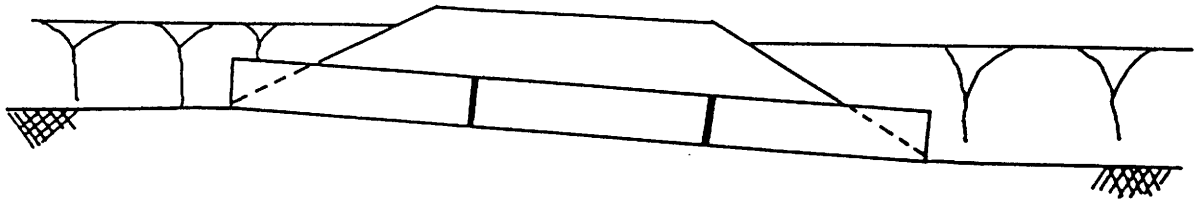
Le surcoût est modeste par rapport au gain de protection de l'ouvrage contre l'érosion et les infiltrations.

code prix	libellé du prix	quantité supplémentaire	prix unitaire	montant
7.09	béton propreté	0,25m2	7 095	1 800
7.14.2	masque béton	0,01m3	95 000	9 500
7.06	enrochements	0,2m3	15 200	3 000
			TOTAL	14 300
coût de l'aménagement sans ces modifications :				
7.13	ouvrage prise		26 000	26 000
7.22	PVC o200	6m	9 300	56 000
			TOTAL	82 000

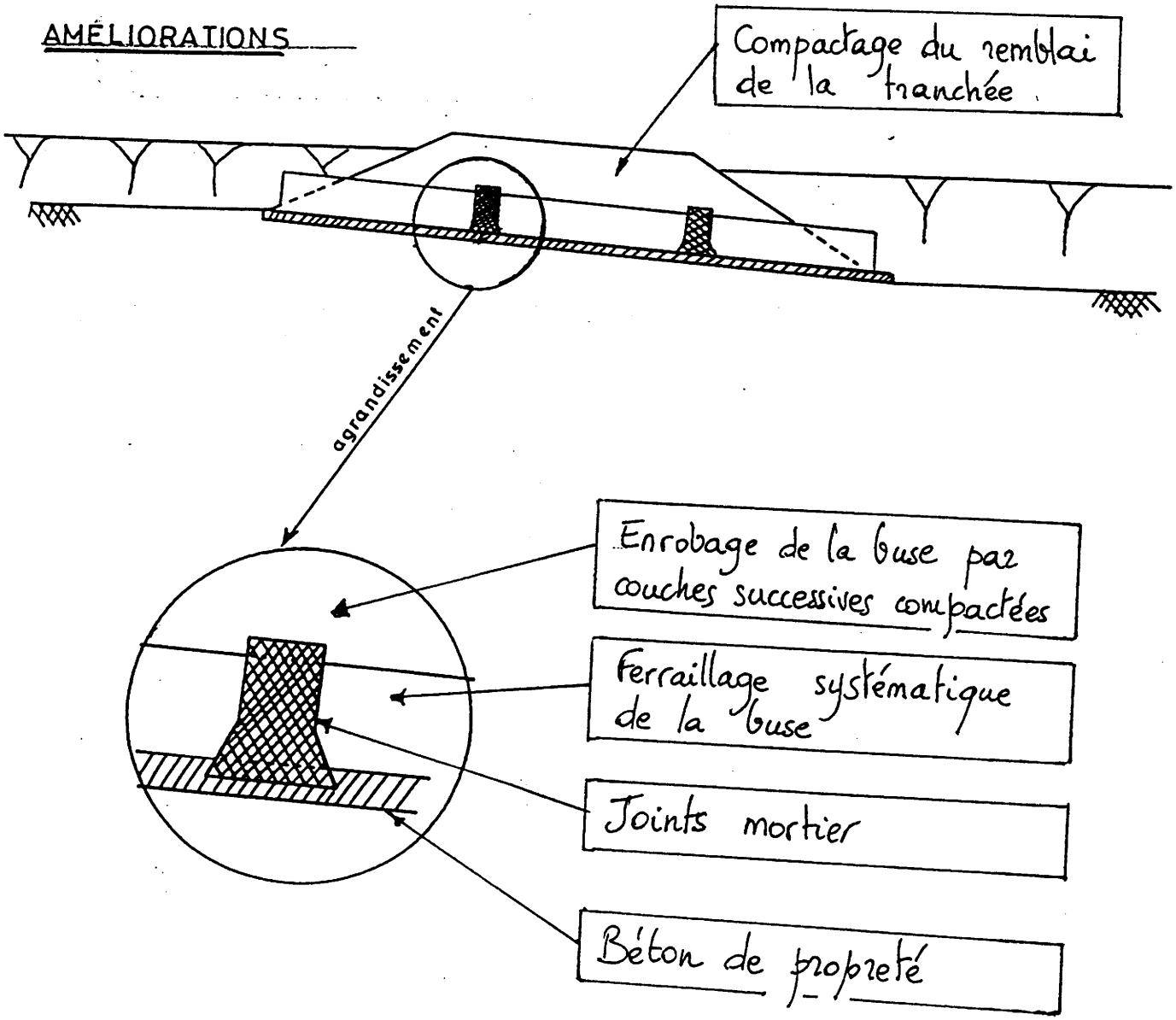
PASSAGES BUSÉS

BUSES (ϕ 300 ϕ 500)

APD RETAIL 2



AMÉLIORATIONS



25. Buses et passages busés

a. Fonction

- les buses et les dalots sont des ouvrages de franchissement d'obstacles (en général, piste ou cavalier).

b. Améliorations

- ferraillage systématique ;

- pose sur radier (béton de propreté de 10cm d'épaisseur) ;

- soins particuliers apportés aux joints mortier entre buses ;

- enrobage de la buse par couches successives compactées de part et d'autre ;

- compactage du remblai de la tranchée.

c. Surcoût

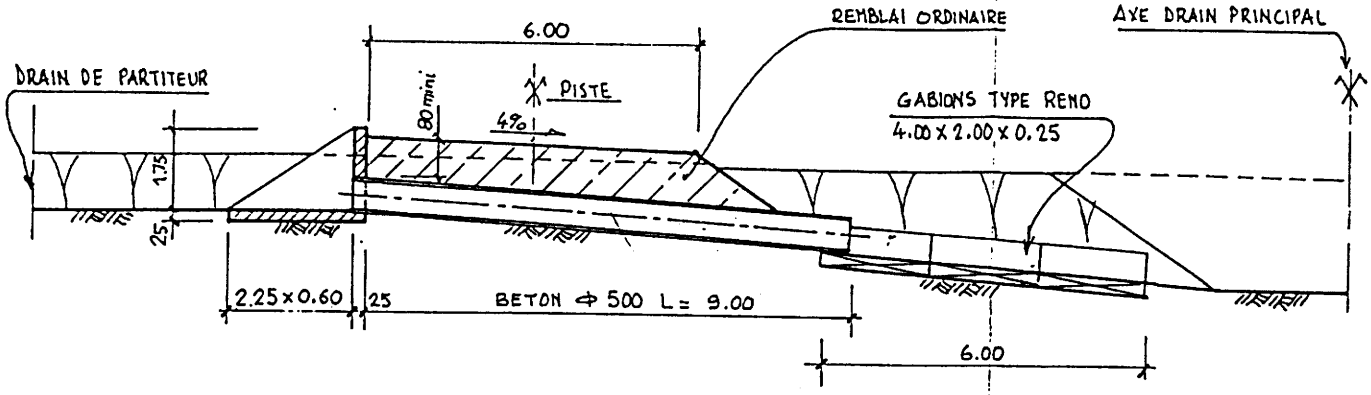
Il est limité à la pose du béton de propreté, soit pour un ml de buse.

En effet les autres spécifications figurent au marché de Retail 1 mais n'avaient pas été respectées. La fragilité des passages busés ainsi mal réalisés peut se constater sur le périmètre (buses cassées, mauvais compactage).

code prix	libellé du prix	quantité supplémentaire	prix unitaire	montant
7.09	béton propreté	1m2	7 100	7 100

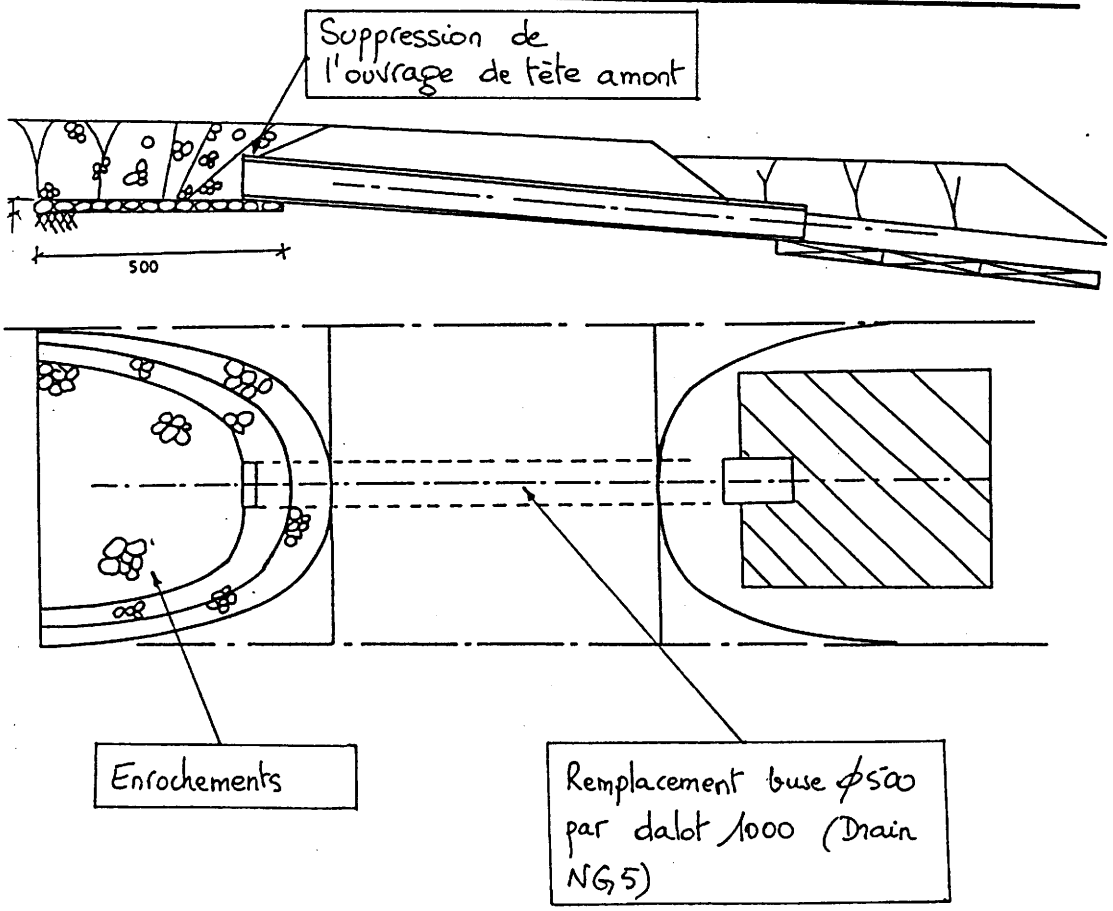
DÉBOUCHÉS DE DRAIN DE PARTITEUR DANS LES DRAIN PRINCIPAUX

APD Retail 2



Améliorations

DEBOUCHES DE DRAIN DE PARTITEUR DANS LES DRAINS PRINCIPAUX



26. Debouchés de drains

a. Fonction

- ce sont les points de raccordement entre un collecteur (par exemple tertiaire) et un collecteur plus important (par exemple secondaire).

b. Améliorations

- remplacement de la buse o500 du NG5 par un dalot de 1 000x1 000 afin de faciliter le drainage du drain Niono Grüber et de la branche Niono ;

- protection de la tête amont par enrochements ;

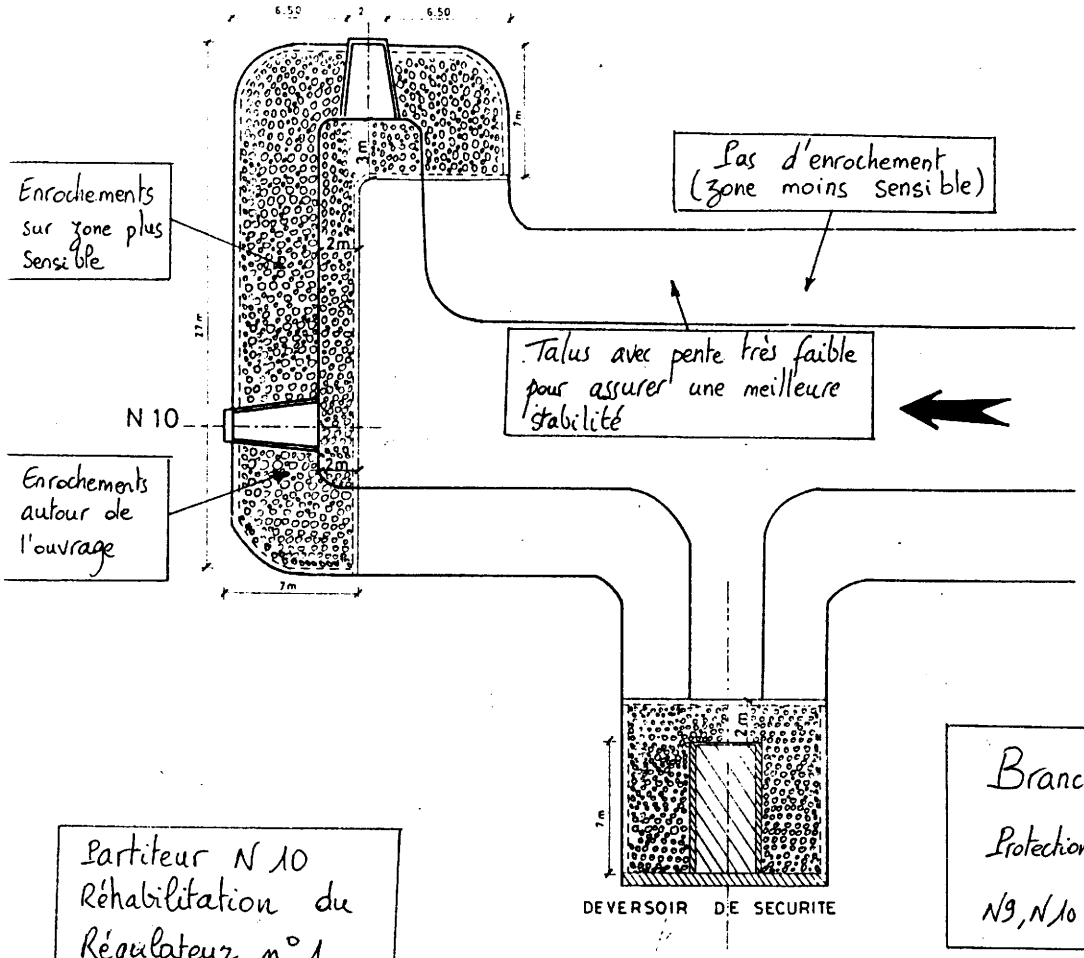
- voir intervention nécessaire sur les autres débouchés de drain (buses cassées, sous-dimensionnées, trop hautes par rapport au lit du drain).

c. Surcoût calculé pour le débouché du drain NG5

La dépense supplémentaire est très importante mais le drain NG5 était largement sous-dimensionné et en très mauvais état. Son réaménagement s'imposait.

code prix	libellé du prix	quantité supplémentaire	prix unitaire	montant
7.01	déblais	41m3	2 900	119 000
7.05	bidim	168m2	1 900	319 000
7.06	enrochement	27m3	15 400	410 000
	dalot 1000	3	400 000	1 200 000
7.23.3	buse o500	-10m	35 000	-350 000
			TOTAL	1 700 000
coût de l'ouvrage avant réaménagement :				
7.23.3	buse o500	10m	35 000	350 000
7.11	tête amont	1	230 000	230 000
			TOTAL	580 000

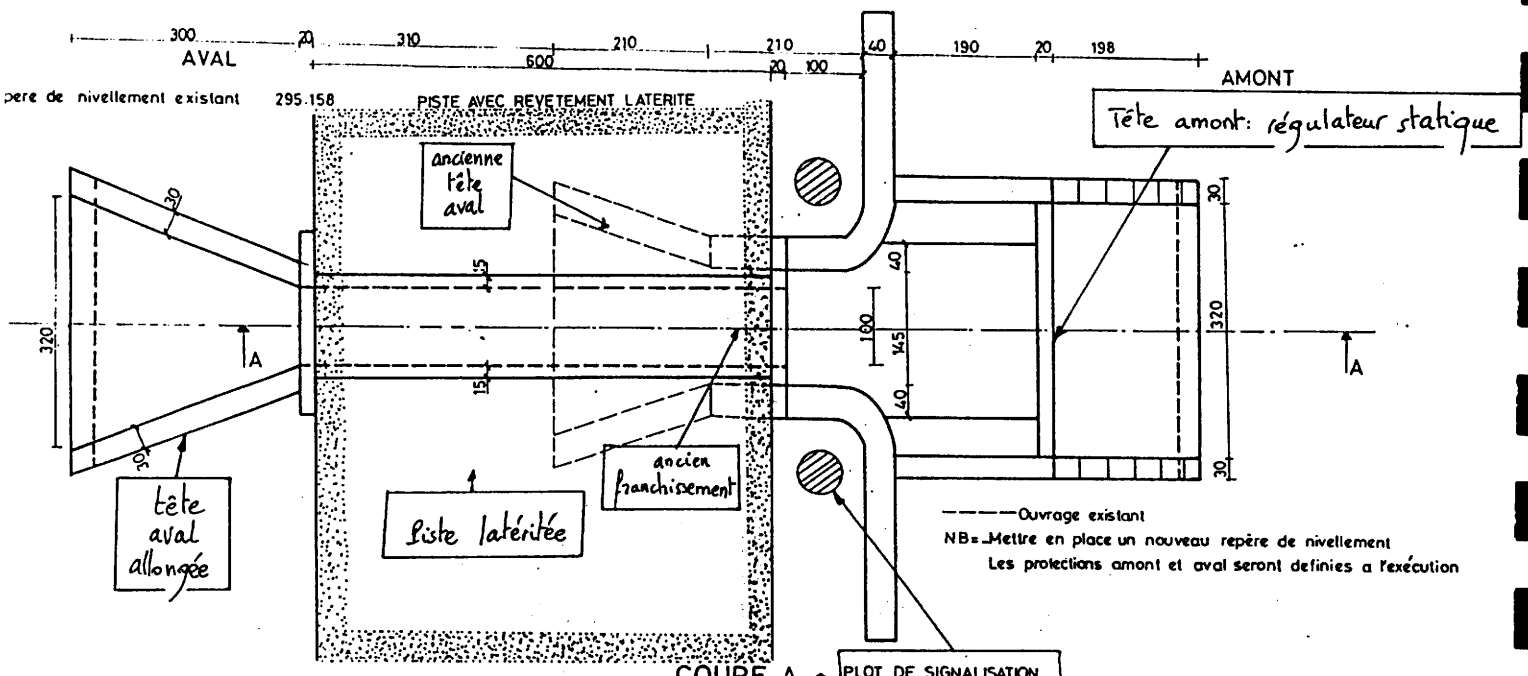
N 9



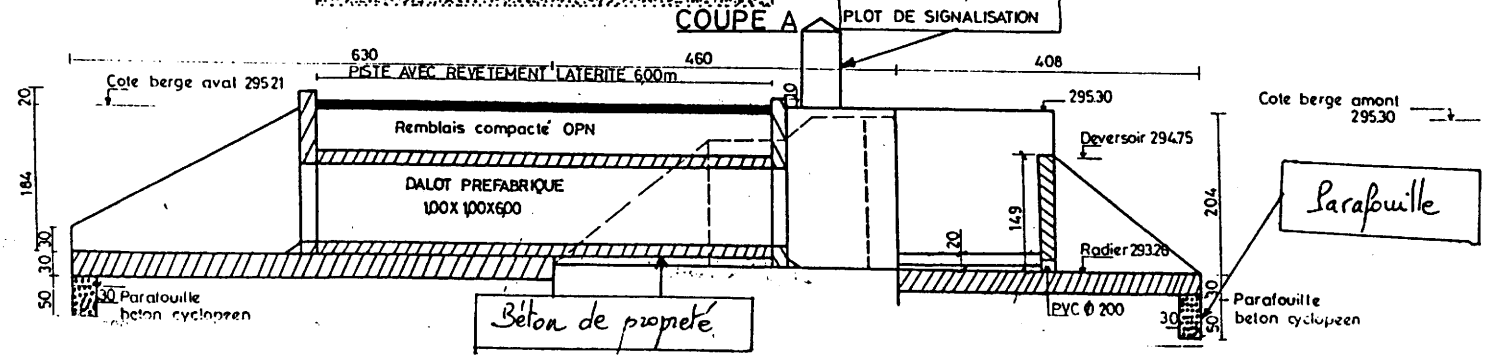
Partiteur N 10
Réhabilitation du Régulateur n° 1

Branche Niono du Distributeur Retail.
Protection des ouvrages de prise des partiteurs N9, N10 et Déversoir de sécurité

VUE EN PLAN



COUPE A



27. Mesures de protection particulières et divers

a. Améliorations réalisées

- enrochement des bouchons de partiteur et de sous-partiteur autour du déversoir de sécurité et des prises d'arroseur ;

- bouchon de la branche Niono du Distributeur Retail : protections amont des ouvrages de prise N9, N10 et du déversoir de sécurité ;

- latéritage des zones mortes des digues au passsage des ouvrages, ainsi que de la bordure supérieure des lavoirs (protection du remblai) ;

- réalisation de terrassements adaptés pour limiter les érosions (bassin de dissipation à l'aval du partiteur N9, talutage des zones sensibles avec des pentes faibles) ;

- mise en place de plots de sécurité pour signaler les ouvrages en retrait des pistes de digues (à voir sur le schéma du régulateur n°1 sur le partiteur N10 ; voir aussi l'emplacement des parafouilles);

b. Améliorations à étudier

- déversoirs de sécurité : sécuriser la prise de vidange (cadenas) ; mettre un guide supplémentaire pour la tige de la vannette ;

- régulateurs sur arroseur : modifier l'ouvrage en tenant compte du type d'arroseur (seuil en "bec de canard" sur monolatéral et seuils droits sur bilatéral) ;

- abreuvoirs : finaliser la variante type canal-béton, le modèle actuel ne donnant aucune satisfaction ;

- échelles limnimétriques : en prévoir sur le drain principal et à l'amont et à l'aval des régulateurs primaires (et scondaires ?) ;

- vannettes de sectionnement arroseurs béton : améliorer l'étanchéité en diminuant l'épaisseur de la rainure.

c. Surcoût

il a été calculé pour le bouchon de la branche Niono :

- enrochements : 5 535 000 FCFA ;

- ouvrage de prise du partiteur N9 : 6 607 000 ;
soit au total un peu plus de 12 000 000 FCFA.

3. PROBLEMES DE MISE EN OEUVRE ET SOLUTIONS APPORTEES

Résumé : La préfabrication du maximum d'éléments d'ouvrages en béton a montré tout son intérêt sur Retail 2. De même la pratique du gel d'une partie des terrains à planer facilite considérablement le travail des engins de chantier.

Ce paragraphe recense :

- les problèmes techniques qui se sont posés lors de la pose d'ouvrages ou plus largement sur le chantier de travaux ;

- les options et les solutions qui ont été choisies pour résoudre les problèmes.

On tirera de cet exposé des enseignements pour les travaux de Retail 3.

31. Préfabrication

Pour tous les ouvrages en béton (prises de sous-partiteurs, d'arroseurs, de rigoles, buses, dalots, caisse aval d'ouvrage de prise, déversoirs de sécurité, arroseurs béton, lavoirs), on a cherché à préfabriquer le maximum d'éléments. Cette technique présente plusieurs intérêts :

- ouvrages réalisés dans de bonnes conditions : béton coulé sans transport, contrôle facilité, pas de risque de ségrégation du béton (hétérogénéité du matériau) ;

- gain de temps : la fabrication des éléments est faite dès le début du chantier, pas de perte de temps lors de la mise en place ultérieure des ouvrages.

32. Accessibilité du terrain

- En première campagne de travaux, l'ensemble des bassins à réhabiliter ont été cultivés. Le niveau de la nappe dans les parcelles accessibles contractuellement au 1er février 1990 était donc très haut au moment où les engins de terrassement ont voulu commencer leur travail et les engins ont eu des problèmes importants d'accès au chantier. Un retard considérable a été pris et fin février 1990, seulement 50 ha avaient été planés.

- Pour la deuxième campagne, le marché de travaux prévoyait de geler 350ha. Une concertation en avril 1990 entre toutes les parties prenantes (entreprise, bureau de contrôle, service de mise en valeur, associations villageoises, bailleurs de fonds, Office du Niger) a débouché sur l'accord suivant :

  - une zone de terres gelées de 230ha dont la réhabilitation a commencé en novembre 1990 : pas de culture d'hivernage 1990 ;

  - une zone accessible le 7 janvier 1991 sans gel ;

  - une zone accesible le 1er février 1991 sans gel.

Le système a bien fonctionné et fin février 25Oha ont été planés (même matériel qu'en première campagne).

33. Divers

- terrassement : parfois des problèmes de mauvaise qualité du matériau en place qui ne peut pas servir de remblai se sont posés, d'où nécessité d'une purge et d'un emprunt à proximité ;

- recherche de la meilleure étanchéité possible pour les ouvrages dans les canaux pour éviter le risque de la formation de renards le long des buses puis de brêches dans les cavaliers ;

- arroseurs béton : "astuces" techniques permettant de résoudre les problèmes de manipulation au début de la mise en oeuvre.

ANNEXES

TABLEAU 1. BESOINS THEORIQUES (B1) et BESOINS THEORIQUES ETALES (B2) par culture

			besoin théorique B1 (m3/ha)	durée mise en eau (décade)	besoin th B2 décadaire (m3/ha/déc)
HIVERNAGE SIMPLE CULTURE					
	BESOIN THEORIQUE TOTAL		11000		
a	Préirrigation (10 jours)		2300	1	800
	humidification (30cm)	750			(*)
	mouillage points hauts	1000			
	évaporation	550			
b	Pépinières (30 jours)		500	3	167
c	Repiquage (10 jours) (lame d'eau de 11cm)		1100	1	1100
d	Entretien (120 jours)		7100	12	592
HIVERNAGE DOUBLE CULTURE					
	BESOIN THEORIQUE TOTAL		9100		
a	Préirrigation (non pratiquée)				
b	Pépinières (30 jours)		270	3	90
c	Repiquage (10 jours) (lame d'eau de 11cm)		1100	1	1100
d	Entretien (130 jours)		7725	13	594
CONTRE-SAISON					
	BESOIN THEORIQUE TOTAL		13100		
a	Préirrigation (10 jours)		2300	1	800
	humidification (30cm)	750			(*)
	mouillage points hauts	1000			
	évaporation	550			
b	Pépinières (30 jours)		460	3	153
c	Repiquage (10 jours) (lame d'eau de 11cm)		1100	1	1100
d	Entretien (110 jours)		9200	11	836

(*) la courbe des consommations moyennes en eau établie par KONATE (réf.[34],p.27) pour la CS et sur les années 88-89-90 montre que la préirrigation ne constitue pas un besoin de pointe. Le besoin est bien 2300 m3/ha, mais ce besoin s'étale sur environ 3 décades puisque que la demande moyenne de mars est de 800 m3/déc/ha. C'est cette dernière valeur qu'on retiendra pour le besoin décadaire de préirrigation.

ANNEXE 1- BESOINS EN EAU

1. CALCUL DES BESOINS A LA PARCELLE

On raisonne sur la demande en eau au niveau d'un arroseur : un jour J, n exploitants (4 en général) ont à se partager un tour d'eau ("offre" d'eau). Il s'agit de connaître, pour chaque décade de l'année, la demande moyenne à laquelle il faut s'attendre. C'est un calcul difficile, car on doit tenir compte des besoins théoriques des cultures, de l'étalement des calendriers culturaux (chevauchements entre phases d'une même culture et entre diverses cultures). On doit définir et prévoir les besoins de pointe.

Pour obtenir ce résultat, il faut passer par différents calculs intermédiaires. Ils sont détaillés ci-dessous.

11. Besoin théorique (B1) calculé pour une culture

TABLEAU 1 - colonne (1)

On considère les trois types de cultures de riz pratiqués sur le périmètre de Retail :

- simple culture d'hivernage (SC) ;
- culture de contre-saison (CS) ;
- double culture d'hivernage (DC).

On distingue pour chaque type de culture quatre phases de mise en eau :

- préirrigation : a (codée par la lettre "a" dans la suite) ;
- pépinière (ou semis) : b ;
- repiquage : c ;
- entretien : d.

Les besoins pour chaque phase de chaque culture ont été calculés par BARRAUD (réf [10], pp26-27 et annexe IV). Le calcul des besoins théoriques s'appuie sur deux types de données :

- données de base : Projet B.EAU (réf. [36]) ;

- calendrier cultural : calendrier réellement pratiqué observé en 1989 sur un échantillon de 15 exploitations de RETAIL 1 (6 sur Niono Coloni et 9 sur Sassa Godji) (réf. [9]).

Les calculs de BARRAUD ont été repris tels quels sauf pour les calculs de lames d'eau faisant intervenir les points hauts dans les bassins. BARRAUD a considéré que les points hauts d'un bassin sont 5cm au-dessus du plan moyen du bassin, il faut prendre en fait 10 cm puisque la tolérance dans un bassin est de 10cm entre les points extrêmes. En cherchant à avoir 1cm au-dessus des points les plus hauts, il faut donc une lame d'eau de 11cm.

12. Calendrier cultural réellement pratiqué

Voir schéma page suivante.

Pour un bassin d'un hectare, la mise en eau précédent le repiquage dure environ 10 jours . Mais les paysans ne font pas le repiquage de leur champ le même jour : cette phase s'étale en fait sur 40 jours.

Le calendrier cultural donne les dates d'étalement de chaque phase, pour chaque culture. Il indique en outre la période où la majorité des paysans pratique une phase donnée. C'est le calendrier pratiqué par les 15 exploitations déjà citées en 1989, que l'on peut considérer comme une année-type.

sources : RAYMAEKERS, réf.[9], pp.42, 50, 62 et BARRAUD, réf.[10], pp. 21-22.

Les calendriers de CS 89 et SC 89 sont strictement recopiés. On y a ajouté les phases de besoins en eau.

Le calendrier de DC 89 est celui de DC 88 pour les durées de chaque phase. Pour les dates, on a fait commencer la DC 89 un mois après la fin de la CS 89.

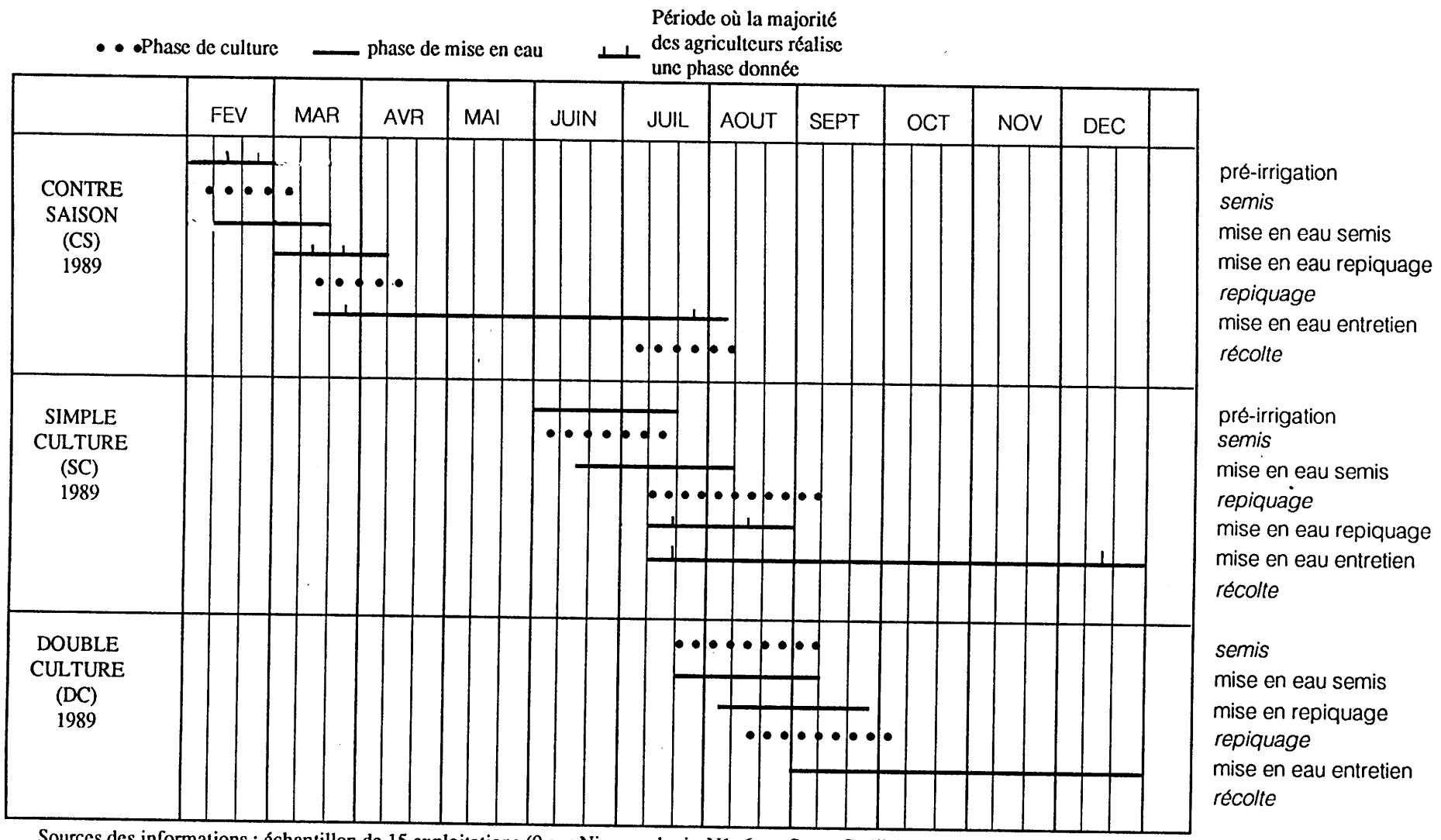
13. Besoin théorique décadaire (B2) calculé pour une phase donnée d'une culture

TABLEAU 1 - colonnes (2) et (3)

Le calendrier cultural révèle, par exemple, que la mise en eau pour le repiquage en CS

CALENDRIER CULTURAL 1989

(Considéré comme une année-type)



Sources des informations : échantillon de 15 exploitations (9 sur Niono coloni - N1, 6 sur Sassa Godji (N4)) dont les itinéraires techniques ont été étudés pour les campagnes 1988 et 1989 par RAYMAEKERS F. (réf. [9]). Ces références ont aussi servi de base pour le calcul des besoins en eau réalisé en 1989 par BARRAUD V. (réf. [10]).

Les calendriers culturaux CS 89 et SC 89 figurent dans la réf. [9], pp 50, 59.

Le calendrier cultural DC 89 est calqué sur celui de DC 88 (réf. [9] p 38) et calé par rapport à la fin de CS 89 (1 mois de temps de repos, cf p42).

Les données liées à l'irrigation des parcelles découlent de ces calendriers et des durées de mise en eau figurant réf. [10] pp 20-22 et réf. [10] annexe IV.

s'étale sur 4 décades, même si la mise en eau pour le repiquage ne dure que dix jours dans une parcelle donnée. Le besoin théorique doit donc être appliqué pendant quatre décades.

Exemple 1. On raisonne au niveau d'un arroseur : soient A,B,C,D les exploitants concernés par un même tour d'eau. On suppose que :

1. les quatre exploitants pratiquent une CS ;

2. les calendriers culturaux de chacun sont étalés de façon homogène sur les 4 décades : A repique en décade 1, B en 2, C en 3 et D en 4.

Les besoins pour les quatre sont donc : décade 1 : 800 m3/ha, décade 2 : 800 m3/ha, et de même pour décade 3 et décade 4.

Lecture du tableau :

CS, entretien (d) :
- durée théorique 110 jours (11 décades) ;
- besoin théorique 9200 m3/ha ;
- besoin théorique décadaire B2d pour l'entretien de CS :

B2d = 9200(m3/ha)/11(déc) = 836(m3/ha/déc)

14. Besoin théorique décadaire (B3) calculé pour une culture donnée

TABLEAUX 2a, 2b et 2c, colonne (3) (voir pages suivantes)

La seule différence par rapport au calcul de B2 est la suivante (on prend le même exemple) : A,B,C, et D font tous les 4 une CS, mais au jour J, ils ne mènent pas à bien la même phase.Par exemple, A et B repiquent, C en est à l'entretien, D fait sa pépinière. Pour le calcul des B3, on suppose que les phases pratiquées lors d'une décade le sont dans des proportions comparables.

Sur deux exemples précis :

1. CS 1/mars (1ère décade de mars) : le calendrier cultural indique qu'on peut avoir à la fois des pépinières (b) et des repiquages (c). Le besoin théorique décadaire B3 pour la culture de CS et pour cette décade est : B3 = (B2b + B2c) / 2 = (153+1100)/2 = 627(m3/ha/déc).

2. SC 1/août : on peut avoir les phases b,c et d ensemble. D'où : B3 = (B2b + B2c + B2d) / 3 = (167+1100+592)/3 = 620 (m3/ha/déc).

15. Besoin théorique décadaire moyen (B4) calculé pour un assolement donné

TABLEAU 2d - colonne (5) (voir page suivante)

B4 rend le mieux compte des besoins théoriques qui surviennent pour chaque décade. Les besoins de pointe seront calculés plus bas.

La différence dans le calcul de B4 par rapport au calcul de B3 est la suivante : A,B,C et D ne font pas nécessairement le même type de culture. Par exemple A et B font une DC, C et D font une SC. Plus précisément, en distinguant les phases, A fait un repiquage, B et C une pépinière, D un entretien. Sur cet exemple, l'assolement des parcelles concernées par le tour d'eau est 50% DC et 50% SC. Le besoin est dit moyen car on ne raisonne plus sur une seule culture, mais sur plusieurs. On peut imaginer tous les assolements possibles.

Toutefois, B4 est calculé pour un assolement bien précis :

- 75% des parcelles font deux récoltes dans l'année (CS et DC) ;
- 25% font une seule récolte (SC).

Ce choix n'est pas arbitraire : il correspond à l'objectif à terme que s'est fixé l'Office du Niger sur le périmètre Retail.

Etude d'un cas précis : 2/juin. On peut avoir à la fois :

- SC, phases a et b, B3 = 484 ;
- CS, phase d, B3 = 836 ;
- d'où le calcul de B4 pour cette décade :

B4 = 0 25*484 + 0.75*836 = 748 m3/ha/déc.

TABLEAU 2a - BESOINS EN EAU DE LA CULTURE DE CONTRE-SAISON

décade	phases pratiquées pendant décade	besoin B3 théorique décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B3 (l/s/ha)	phase de décade où besoin maximal	besoin B5 majoré décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B5 (l/s/ha)
février						
1/	a	800	0,93	a	800	0,93
2/	ab	477	0,55	a	800	0,93
3/	ab	477	0,55	a	800	0,93
mars						
1/	bc	627	0,73	c	1100	1,27
2/	bc	627	0,73	c	1100	1,27
3/	cd	968	1,12	c	1100	1,27
avril						
1/	cd	968	1,12	c	1100	1,27
2/	d	836	0,97	d	836	0,97
3/	d	836	0,97	d	836	0,97
mai						
1/	d	836	0,97	d	836	0,97
2/	d	836	0,97	d	836	0,97
3/	d	836	0,97	d	836	0,97
juin						
1/	d	836	0,97	d	836	0,97
2/	d	836	0,97	d	836	0,97
3/	d	836		d	836	0,97
juillet						
1/	d	836	0,97	d	836	0,97
2/	d	836	0,97	d	836	0,97
3/	d	836		d	836	0,97
août						
1/	d	836	0,97	d	836	0,97
2/						
3/						

besoin de chaque phase (m3/ha)

(a) préirrigation	:	800
(b) pépinière	:	153
(c) repiquage	:	1100
(d) entretien	:	836

TABLEAU 2b - BESOINS EN EAU DE LA DOUBLE CULTURE D'HIVERNAGE

décade	phases pratiquées pendant décade	besoin B3 théorique décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B3 (l/s/ha)	phase de décade où besoin maximal	besoin B5 majoré décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B5 (l/s/ha)
juillet						
1/						
2/						
3/	b	90	0,10	b	90	0,10
août						
1/	bc	595	0,69	c	1100	1,27
2/	bc	595	0,69	c	1100	1,27
3/	bc	595	0,69	c	1100	1,27
septembre						
1/	bcd	595	0,69	c	1100	1,27
2/	cd	847	0,98	c	1100	1,27
3/	cd	847	0,98	c	1100	1,27
octobre						
1/	d	594	0,69	d	594	0,69
2/	d	594	0,69	d	594	0,69
3/	d	594	0,69	d	594	0,69

à partir de novembre, cf octobre avec décroissance progressive des besoins

besoin de chaque phase (m3/ha)
(a) préirrigation : 0
(b) pépinière : 90
(c) repiquage : 1100
(d) entretien : 594

TABLEAU 2c - BESOINS EN EAU DE LA SIMPLE CULTURE D'HIVERNAGE

décade	phases pratiqué pendant décade	besoin B3 théorique décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B3 (l/s/ha)	phase de décade où besoin maximal	besoin B5 majoré décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B5 (l/s/ha)
juin						
1/	a	800	0,93	a	800	0,93
2/	ab	484	0,56	a	800	0,93
3/	ab	484	0,56	a	800	0,93
juillet						
1/	ab	484	0,56	a	800	0,93
2/	abcd	665	0,77	a	1100	1,27
3/	bcd	620	0,72	c	1100	1,27
août						
1/	bcd	620	0,72	c	1100	1,27
2/	cd	846	0,98	c	1100	1,27
3/	cd	846	0,98	c	1100	1,27
septembre						
1/	d	592	0,69	d	592	0,69
2/	d	592	0,69	d	592	0,69
3/	d	592	0,69	d	592	0,69
octobre						
1/	d	592	0,69	d	592	0,69
2/	d	592	0,69	d	592	0,69
3/	d	592	0,69	d	592	0,69

à partir de novembre : cf octobre avec décroissance progressive

besoin de chaque phase (m3/ha)
(a) préirrigation : 800
(b) pépinière : 167
(c) repiquage : 1100
(d) entretien : 592

TABLEAU 2d - BESOIN MOYEN THEORIQUE DECADAIRE (ASSOLEMENT : 25% SC, 75% (CS/DC)

décade	besoin th de SC	besoin th de CS	besoin th de DC	besoin B4 moyen décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B4 (l/s/ha)	besoin maj de SC	besoin maj de CS	besoin maj de DC	besoin B6 moyen maj décadaire (m3/ha/déc)	dfc pour B6 (l/s/ha)
février										
1/		800		800	0,93		800		800	0,93
2/		477		477	0,55		800		800	0,93
3/		477		477	0,55		800		800	0,93
mars										
1/		627		627	0,73		1100		1100	1,27
2/		627		627	0,73		1100		1100	1,27
3/		968		968	1,12		1100		1100	1,27
avril										
1/		968		968	1,12		1100		1100	1,27
2/		836		836	0,97		836		836	0,97
3/		836		836	0,97		836		836	0,97
mai										
1/		836		836	0,97		836		836	0,97
2/		836		836	0,97		836		836	0,97
3/		836		836	0,97		836		836	0,97
juin										
1/	800	836		827	0,96	800	836		827	0,96
2/	484	836		748	0,87	800	836		827	0,96
3/	484	836		748	0,87	800	836		827	0,96
juillet										
1/	484	836		748	0,87	800	836		827	0,96
2/	665	836		793	0,92	1100	836		902	1,04
3/	620	836	90	502	0,58	1100	836	90	622	0,72
août										
1/	620	836	595	692	0,80	1100	836	595	812	0,94
2/	846		595	658	0,76	1100		595	721	0,83
3/	846		595	658	0,76	1100		595	721	0,83
septembre										
1/	592		595	594	0,69	592		595	594	0,69
2/	592		847	783	0,91	592		847	783	0,91
3/	592		847	783	0,91	592		847	783	0,91
octobre	592									
1/	592		594	594	0,69	592		594	594	0,69
2/	592		594	594	0,69	592		594	594	0,69
3/	592		594	594	0,69	592		594	594	0,69

à partir de novembre, cf octobre avec décroissance progressive des besoins

Un autre exemple : 1/mars. On n'a que CS, phases b et c d'où

B3 = 627 et B4 = 0.75*627 = 470 m3/ha/déc.

Pour plus de sécurité dans le calcul du besoin, on prendra dans ce dernier cas :

B4 = B3 = 627 m3/ha/déc.

16. Besoin théorique décadaire et majoré (B5) calculé pour une culture

TABLEAUX 2a, 2b et 2c - colonnes (6) (voir ci-contre et pages suivantes).

Les conditions sont les suivantes : A,B,C et D font la même culture (CS par exemple). Tous les calculs faits jusqu'ici supposaient un étalement homogène des calendriers des 4 exploitants, pour chaque phase de culture.

Pour calculer B5, on se place dans le cas où la demande est maximale : on choisit la phase qui consomme le plus d'eau parmi celles pratiquées pendant la décade (colonne 5) et on suppose que tous les exploitants pratiquent cette phase.

On ne définit donc pas un coefficient de majoration valable pour toutes les décades.

17. Besoin moyen décadaire et majoré (B6) calculé pour un assolement donné

TABLEAU 2d - colonne (10) (voir page suivante).

C'est le même principe de calcul que pour B5, mais appliqué à l'assolement-type décrit pour le calcul de B4 : 75% (CS+DC) et 25% (SC).

B6 rend le mieux compte des besoins de pointe qui peuvent survenir pour chaque décade de l'année.

18. Débits fictifs continus (dfc) calculés pour B3, B4, B5 et B6

Tableaux 2a, 2b et 2c, colonnes 4 et 7 ; Tableau 2d, colonnes 6 et 11 (voir ci-contre et pages suivantes).

On utilise la formule de conversion : B(l/s/ha) = B(m3/ha/déc)/864.

Le dfc maximal correspondant au besoin décadaire moyen et majoré (B6) est 1,27 l/s/ha (1/2/3/mars,1/avril).

19. Débits fictifs continus calculés pour les divers éléments du réseau

On tient compte de l'efficience des arroseurs (0,8, donnée SOGREAH Retail 1 et 2), partiteurs (0,83) et distributeur (0,8). Le calcul est mené en prenant comme besoin à la parcelle le dfc maximal correspondant au besoin moyen décadaire et majoré B6, ainsi que les deux valeurs de dfc immédiatement inférieures.

DEBITS FICTIFS CONTINUS (DFC) SUR LE RESEAU :

dfc (l/s/ha)	1,27	1,12	1,04
max bassin	1,27	1,12	1,04
arroseur	1,59	1,40	1,30
partiteur	1,91	1,69	1,57
distributeur	2,39	2,10	1,96

2. ETUDE DE LA SATISFACTION DES BESOINS EN EAU

TABLEAU 3

Il s'agit de comparer les besoins en eau (calculés précédemment) avec l'"offre" exprimée comme suit :

"offre" (m3/ha/déc) = mdo (l/s/ha) * 864 / pr (j)
"offre" (l/s/ha) = mdo (l/s/ha) * 10 : pr (j)

avec mdo : main d'eau disponible par hectare ;
pr : période de retour de la main d'eau exprimée en jours.

TABLEAU 3 - ETUDE DE LA SATISFACTION DES BESOINS EN EAU

type de besoin	type de cult	max m3/ha /déc	T 101 5j	T 101 6j	T 7,51 5j	T 7,51 4j	nombre de décades concernées
besoin théorique décadaire B3	SC	846	204%	170%	153%	191%	2
		800	216%	180%	162%	203%	1
	CS	968	179%	149%	134%	167%	2
		836	207%	172%	155%	194%	12
	DC	847	204%	170%	153%	191%	2
		595	290%	242%	218%	272%	4
besoin théorique décadaire majoré B5	SC	846	204%	170%	153%	191%	5
		800	216%	180%	162%	203%	4
	CS	1100	157%	131%	118%	147%	4
		836	207%	172%	155%	194%	12
	DC	847	204%	170%	153%	191%	6
		595	290%	242%	218%	272%	3
besoin moyen décadaire B4		968	179%	149%	134%	167%	2
		836	207%	172%	155%	194%	4
besoin moyen décadaire majoré B6		1100	157%	131%	118%	147%	4
		836	207%	172%	155%	194%	1

T = offre / demande

On teste différentes mains d'eau correspondant :
- à la combinaison actuelle (mdo=10 l/s/ha, pr=5j) ;
- à trois combinaisons intéressantes à étudier :

- (10 l/s/ha,6j) : souci d'économie de l'eau sans modifier les mains d'eau actuelles ;

- (7,5 l/s/ha,5j) : souci d'économie de l'eau sans modifier la période de retour ;

- (7,5 l/s/ha,4j) : souci d'économie de l'eau et de souplesse dans la gestion de l'eau avec une période de retour plus courte en jouant sur les deux facteurs.

Voici les correspondances pour une offre exprimée en m3/ha/déc :

10 l/s/ha,5j
dfc 2,00 l/s/ha
1728 m3/ha/déc

10 l/s/ha,6j
1,67 l/s/ha
1440 m3/ha/déc

7,5 l/s/ha,5j
1,50 l/s/ha
1296 m3/ha/déc

7,5 l/s/ha,4j
1,88 l/s/ha
1620 m3/ha/déc

On définit un "coefficient de satisfaction de la demande" T, défini pour chaque décade, exprimé en % et égal au rapport offre / demande pour la décade considérée.

Le calcul est fait pour les valeurs de besoins suivantes :

1. besoin théorique décadaire B3 calculé pour chaque culture ;

2. besoin moyen décadaire B4 calculé pour l'assolement- type 75% (CS et DC), 25% (SC) ;

3. besoin théorique décadaire et majoré B6 calculé pour chaque culture ;

4. besoin moyen décadaire et majoré B7 calculé pour l'assolement type.

Dans chaque cas le coefficient de satisfaction a été calculé pour les deux décades où le besoin est maximal.

Lorsque T<100% (le besoin n'est pas satisfait) on indique le nombre de décades qui posent problème.

Annexe 2

NOTE SUR L'ENGORGEMENT DU DRAIN PRINCIPAL NIONO-GRUBER CONSTATE AU COURS DES DERNIERS MOIS DE L'ANNEE 1990 (08.03.91)

Interprétation des fluctuations relevées au PK 11.7 (jonction NG6) et au PK 15.5 (jonction DP NIONO-RETAIL) entre le 1/11/90 et le 3/12/90.

ZONE N°1 : Fluctuation à la baisse de la ligne d'eau, au PK 11.7, avant le début du faucardage;

ZONE N°1Bis : Hauteur d'eau stable au PK 15.5, à la même période;

ZONE N°2 : Période pendant laquelle a été mené le faucardage en aval du PK 11.7 (soit du PK 15.5 au PK 11.2) : forte baisse du plan d'eau (environ 0.25 m); ce tronçon de drain était le plus enherbé;

ZONE N°2Bis : Pendant cette même période, montée du plan d'eau au PK 15.5 (augmentation du transit amont);

ZONE N°3 : Fin du faucardage en amont du PK 11.7, jusqu'au PK 9.7 : augmentation du transit amont et faucardage moins "lourd" que pour le précédent tronçon;

ZONE N°3Bis : Pendant cette même période, hauteur d'eau stable au PK 15.5 : faucardage en cours plus "léger";

ZONE N°4 : Baisse du plan d'eau, simultanément au PK 11.7 et au PK 15.5 : il ne s'agit plus de l'impact du faucardage (aucune influence à la baisse en aval du PK 15.5). Cette baisse globale du plan d'eau coïncide avec la démolition de plusieurs batardeaux mis en place sur le Collecteur Kala Inférieur Est, au niveau du village de N'Dilla et 1.5 km plus en aval, pour l'irrigation de hors-casiers (il y a également coïncidence avec le colmatage d'une brêche sur partiteur, à N'Débougou (B4)).

CONCLUSIONS :

En conclusion, on peut estimer de façon très approximative que le faucardage exécuté entre le PK 11.7 et le PK 15.5 du DP NIONO-GRUBER à eu pour effet une baisse du plan d'eau du drain d'environ 0.20 m sur ce seul tronçon : 0.20 m pour environ 4.000 m, soit 0.05 m pour 1.000 m. Le gain n'est pas spectaculaire : cela s'explique par le type de faucardage. Le faucardage a été réalisé de façon manuelle, sans outillage spécifique et au cours des plus hautes eaux du drain. Dans ces conditions, l'action est restreinte aux berges (impossibilité d'avoir une action de fond) et l'effet ne peut être que très limité (le faucardage a lieu dans la zone où les vitesses d'écoulement sont les plus faibles).

Ce gain n'est pas pour autant négligeable, car on peut estimer qu'avec un ***faucardage*** jusqu'au PK 6.2 (jonction avec le NG4 bis) l'exhaure du plan d'eau au niveau du débouché du NG4 bis aurait été minorée de près de 0.50 m, ramenant ainsi la cote à + 0.75 au dessus de sa cote maxi, au lieu de + 1.24 m constaté le 25/10/90.

Il n'en demeure pas moins que de tels dépassements par rapport à la ligne d'eau maximum restent incompatibles avec un fonctionnement correct du réseau. Ces dépassements peuvent notamment s'expliquer par l'***absence d'exutoire réel en bout du Collecteur Kala Inférieur Est*** : en plus du profil naturel du Collecteur (seuil important 1.5 km en aval de N'Dilla), il s'avère que la topographie générale en aval de N'Dilla ne laisse apparaitre que de très faibles pentes et aucun bas-fond exploitable. Une telle topographie ne constitue donc qu'un piètre bassin d'épandage...a fortiori lorsque les paysans établissent des barrages visant à faire monter la cote du plan d'eau pour l'irrigation des hors-casiers.

<u>Différentes types de solutions doivent être étudiés et mis en place pour remédier à ce problème</u> :

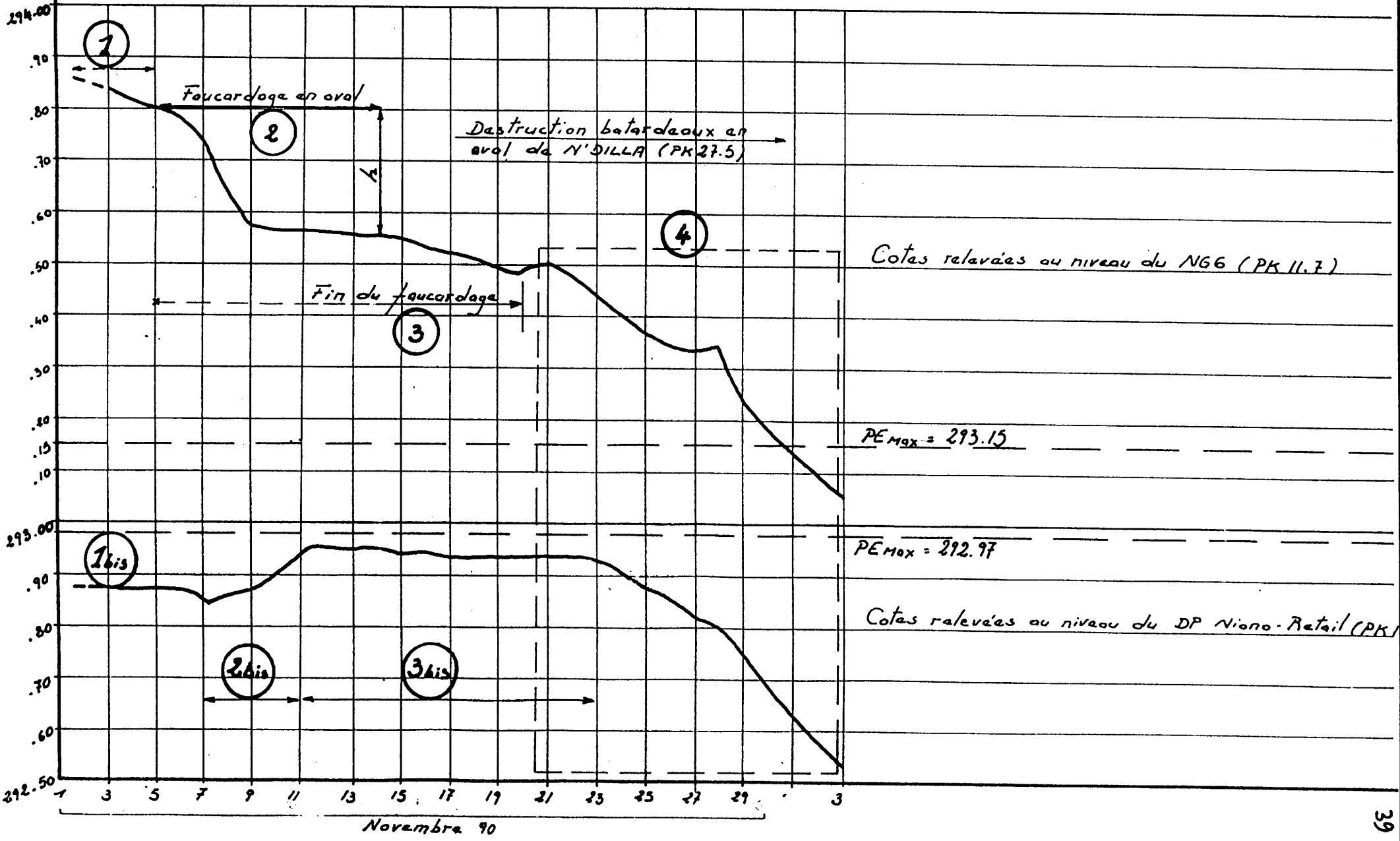
- Agir sur les ***consommations en eau*** afin de diminuer au maximum le volume des eaux de drainage;

- Etaler de façon optimum le ***calendrier cultural*** afin de minimiser les débits de drainage de pointe

- Maintenir le réseau de drainage dans un état d'efficience hydraulique satisfaisant, par une ***surveillance*** régulière et un ***entretien*** adéquat. Notamment, en matière de faucardage, il est nécessaire d'agir à la période la plus favorable, compte tenu du type d'action envisagé : ainsi, le faucardage manuel aura tout intérêt à être mené lorsque les eaux du drain sont encore suffisemment basses pour permettre une action de fond.

- ***Participer à la gestion des eaux de drainage en aval de l'aménagement*** : si l'interdiction pure et simple de l'irrigation des hors-casiers en aval de la zone réaménagée se révèle impossible, on pourrait envisager de participer à la gestion de ces hors-casiers. Par exemple, sous la forme de conseils et de consignes permettant d'adapter les différents calendriers culturaux et, surtout, d'***anticiper sur la gestion des eaux*** du drain. Une certaine forme de cohabitation doit être étudiée dans ce domaine.

- Relevé des lignes d'eau du Drain Principal Niono - Grübar -



DRAINAGE PROFOND

CARACTERISTIQUES DE MISE EN OEUVRE

PRESENTATION GENERALE :

La mise en oeuvre de l'essai de drainage profond va être faite sur les arroseurs 2g, 3g et 1g du Sous-partiteur N9 7G, selon le shéma de principe joint en annexe.

RESEAU TERTIAIRE D'IRRIGATION :

Arroseur supplémentaire N9 7G 2g bis

Un arroseur monolatéral supplémentaire (N9 7G 2g bis) doit être réalisé en rive droite du drain NG7 2d existant. Arroseur monolatéral type RETAIL 1 : 2 cavaliers simples, sans piste (accès aux parcelles par les pistes du drain supplémentaire NG7 2d bis).

RESEAU TERTIAIRE DE DRAINAGE :

Drain existant NG7 2d

Elargissement du drain pour réaliser une piste latérale en rive gauche (3.00 m x 0.50 m). Surcreusement admis jusqu'à 1.40 m (1.00 m actuellement). Pente nulle. Talus internes : 3/2.

Drain supplémentaire NG7 2d bis

Un drain supplémentaire (NG7 2d bis) doit être réalisé entre l'arroseur bilatéral existant N9 7G 3g et l'arroseur monolatéral supplémentaire N9 7G 2g bis. Prolongation le long du drain NG7 jusqu'au bouchon de l'arroseur N9 7G 3g. Profondeur minimum de 2.00 m. Pente de 1/1000. Talus internes 3/2. Utilisation des déblais pour la réalisation de 2 pistes latérales de 3.00 m de large et 0.50 m d'élévation par rapport au T.N. Sur le tronçon en bordure du drain NG7, une seule piste côté parcelles (rive gauche) : l'excédent de déblais sera utilisé pour confectionner la plateforme de 2500 m2 (élévation de 0,50 m) en bout de l'arroseur N9 7G 3g. Latéritage de la piste rive droite (ep.0.10 m). Mise en place et obturation provisoire d'un débouché de drain ø 300 mm (revanche de 0.30 m par rapport au plafond du drain NG7).

Drain existant NG7 3d

Surcreusement à 2.00 m minimum (1.50 m actuellement). Prolongation le long du drain NG7 jusqu'au bouchon de l'arroseur N9 7G 3g. Pente de 1/1000. Talus internes : 3/2. Utilisation des déblais pour la réalisation d'une piste latérale côté parcelles (rive gauche) de 3.00 m de large et 0.50 m d'élévation par rapport au T.N. Sur le tronçon en bordure du drain NG7 l'excédent de déblais sera utilisé pour confectionner la plateforme de 2500 m2 (élévation de 0,50 m) en bout de l'arroseur N9 7G 3g. Obturation semis-définitive du débouché de drain existant. Mise en place et obturation provisoire d'un débouché de drain ø 300 mm (revanche de 0.30 m par rapport au plafond du drain NG7).

SCEOM
Le 14/3/91
Projet Retail II

Drain existant NG7 1d
Surcreusement à 2.00 m minimum (1.00 m actuellement). Prolongation le long du drain NG7 et communication avec le drain NG7 3d par passage sous piste de l'arroseur N9 7G 4g (ø500 mm). Pente de 1/1000. Talus internes : 3/2. Utilisation des déblais pour la réalisation d'une piste latérale de 3.00 m de large et 0.50 m d'élévation par rapport au T.N. Obturation semi-définitive du débouché de drain existant.

RESEAU QUATERNAIRE DE DRAINAGE :

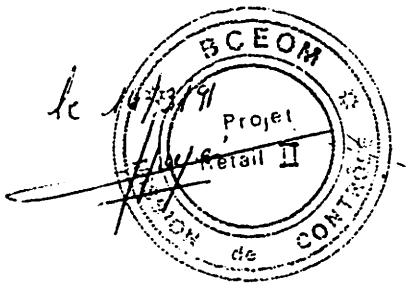
Fossés ouverts
Talus internes 3/2. Profondeur minimum 1.50 m. Pente 1.5/1000. Ecartements de 30 m, 40 m et 60 m. Utilisation du déblais pour la confection d'une piste latérale (2.50 m à 3.00 m de largeur) et d'une diguette de ceinture renforcée.

Drains enterrés
Drains en matière plastique ø60 mm : type tuyaux lisses à fentes longitudinales ou tuyaux annelés à perforations ovalisées. Enrobage par filtre (type fibre de coco, polystyrène expansé...) et crépine en bout de chaque drain. Enfouissement en tranchées avec protection par treillis en nylon. Pente longitudinale 2.5/1000. Ecartements de 30 m et 60 m. Mise en place de bornes de repérage.

OUVRAGES ANNEXES :

Plateforme
Plateforme en remblai compacté de 2500 m2 en bout de l'arroseur N9 7G 3g (0,50 m mini. d'élévation par rapport au T.N, pente latérale uniforme de 0.5/100 pour l'évacuation des eaux pluviales.) : utilisation des déblais excédentaires des drains NG7 2d bis et NG7 3d. Latéritage de 400 m2 (20 m x 20 m ; ep.0.10 m). Rampe d'accès à la piste rive droite du drain NG7.

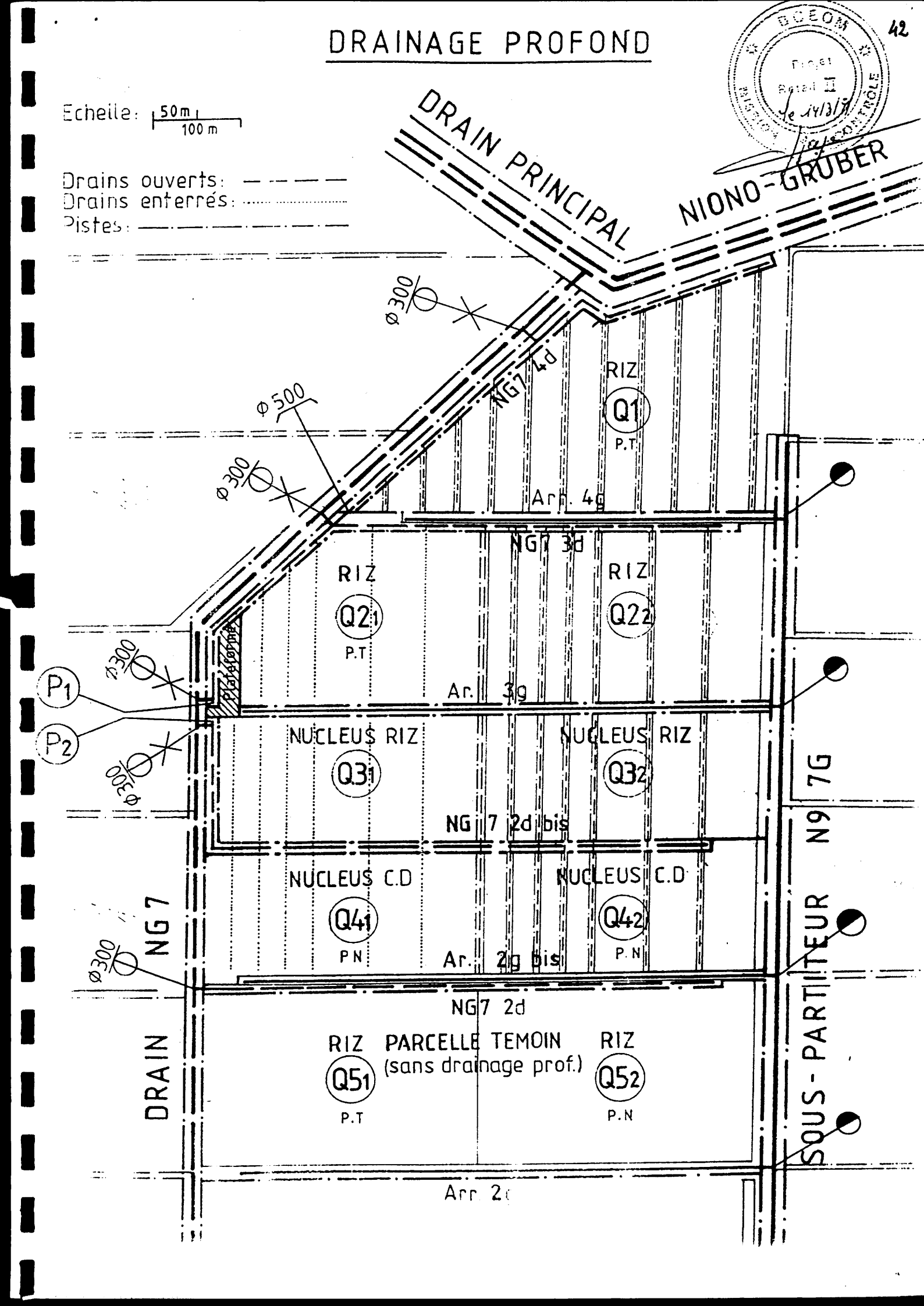
Aire de pompage
Préparation d'une plateforme latéritée pour l'installation des deux groupes de pompage, en bout des drains NG7 2d bis et NG7 3d (10 m x 10 m ; ep.0,10 m). Enrochements et gabions de protection pour l'installation des conduites d'aspiration dans les drains NG7 2d bis et NG7 3d. Enrochements et gabions de protection pour l'installation des conduites de refoulement dans le drain NG7. Traversées en PVC ø200 mm de la digue rive droite du drain NG7 pour le passage sous piste des conduites de refoulement.



le 16/3/91

BCEOM
Projet
Retail II
DIVISION de CONTROLE

DRAINAGE PROFOND



Annexe 4

PLANAGE T1 - PLANAGE T2 (Hors-maraîchage)
1ère campagne

POURCENTAGES DE PLANAGE T1 ET T2 (Hors-maraîchage) :

	T1	REPRISE T2	T2	TOTAL
SURFACE (ha)	331	64	213	608
%	54%	11%	35%	100%

SURFACE REPRISE T2 / SURFACE T1 = 16%

SURFACE REPRISE T2 / SURFACE T2 = 23%

POURCENTAGE DES DIFFERENTES CATEGORIES DE PLANAGE T2
(Hors-maraîchage, sur la base des surfaces et des volumes)

SURFACES (ha) :

100-250 m3/ha	250-400 m3/ha	+ 400 m3/ha	TOTAL
51	151	75	277
18%	55%	27%	100%

VOLUMES (m3) :

100-250 m3/ha	250-400 m3/ha	+ 400 m3/ha	TOTAL
10686	49412	41291	101389
11%	49%	41%	100%

SYSTEME MONOLATERAL OU BILATERAL :

INCIDENCE SUR LE COUT GLOBAL D'AMENAGEMENT : Estimations faites sur la base des résultats de la 1ère campagne, hors-maraichage, et en considérant que tout le réseau tertiaire ait été réalisé en remblai compacté (pas d'arroseurs-béton).

SYSTEME MONOLATERAL : En conservant le réseau monolatéral existant, on aurait eu les caractéristiques suivantes, hors-maraichage :

Linéaire total d'arroseurs (hors-maraichage) : 32890 ml
Surface rizicole totale (supposée planée en T1) 608 ha
Surface rizicole réellement planée en T1 : 511 ha
Surface rizicole reprise en T2 : 97 ha

	ARROSEURS (ml)	DRAINS Type 3	PLANAGE T1 (ha)	PLANAGE T2 (m3) 100/250	PLANAGE T2 (m3) 250/400	PLANAGE T2 (m3) +400	EQUIP. SUPPLEM.
QUANTITE	32890	17562	511	3742	17303	14459	(prises, modules, exutoires..)
PRIX UNITAIRE	7488	4280	300503	1975	990	875	
MONTANT	246280320	75165360	153557033	7390450	17129970	12651625	N.C

MONTANT GLOBAL	512174758	FCFA

SYSTEME BILATERAL : Coût global de l'aménagement tel qu'il a été réalisé au cours de la 1ère campagne de travaux (hors-maraichage)

	ARROSEURS (ml)	DRAINS Type 3	PLANAGE T1 (ha)	PLANAGE T2 (m3) 100/250	PLANAGE T2 (m3) 250/400	PLANAGE T2 (m3) +400	EQUIP. SUPPLEM.
QUANTITE	22086	6116	331	10642	49316	41236	(protection enrochem.)
PRIX UNITAIRE	7488	4280	300503	1975	990	875	
MONTANT	165379968	26176480	99466493	21017950	48822840	36081500	N.C

MONTANT GLOBAL	396945231	FCFA

DIFFERENCES RAPPORTEES AU SYSTEME BILATERAL :

	ARROSEURS (ml)	DRAINS Type 3	PLANAGE T1 (ha)	PLANAGE T2 (m3) 100/250	PLANAGE T2 (m3) 250/400	PLANAGE T2 (m3) +400	EQUIP. SUPPLEM.
QUANTITE	-10804	-11446	-180	6900	32013	26777	Arroseurs + Drains
PRIX UNITAIRE	7488	4280	300503	1975	990	875	
MONTANT	-80900352	-48988880	-54090540	13627500	31692870	23429875	-13600000

DIFFERENCE GLOBALE	-128829527	FCFA

RETAIL 2 : Début 2ème Campagne

PLANAGE T1 - PLANAGE T2 (Hors-maraîchage)

POURCENTAGES DE PLANAGE T1 ET T2 (Hors-maraîchage) :

	T1	REPRISE T2	T2	TOTAL
SURFACE (ha)	130	76	98	304
%	43%	25%	32%	100%

SURFACE REPRISE T2 / SURFACE T1 = 37%

SURFACE REPRISE T2 / SURFACE T2 = 44%

POURCENTAGE DES DIFFERENTES CATEGORIES DE PLANAGE T2 (Hors-maraîchage, sur la base des volumes)

VOLUMES (m3) :

100-250 m3/ha	250-400 m3/ha	+ 400 m3/ha	TOTAL
17231	24228	8260	49719
35%	49%	17%	100%

RETAIL 2 : Début 2ème Campagne

SYSTEME MONOLATERAL OU BILATERAL :

INCIDENCE SUR LE COUT GLOBAL D'AMENAGEMENT : Estimations faites sur la base des résultats du début de la 2ème campagne, hors-maraîchage, et en considérant que tout le réseau tertiaire ait été réalisé en remblai compacté (pas d'arroseurs-béton).

SYSTEME MONOLATERAL :

En conservant le réseau monolatéral existant, on aurait eu les caractéristiques suivantes, hors-maraîchage :

Linéaire total d'arroseurs (hors-maraîchage) : N.C ml
Surface rizicole totale (supposée planée en T1) 304 ha
Surface rizicole réellement planée en T1 : 228 ha
Surface rizicole reprise en T2 : 76 ha

	ARROSEURS (ml)	DRAINS Type 3	PLANAGE T1 (ha)	PLANAGE T2 (m3) 100/250	PLANAGE T2 (m3) 250/400	PLANAGE T2 (m3) +400	EQUIP. SUPPLEM.
QUANTITE	N.C	N.C	304	11091	15595	5317	(prises, modules, exutoires..)
PRIX UNITAIRE	7488	4280	300503	1975	990	875	
MONTANT			91352912	21904725	15439050	4652375	N.C

MONTANT GLOBAL	133349862	FCFA

SYSTEME BILATERAL : Coût global de l'aménagement tel qu'il a été réalisé au cours du début de la 2ème campagne de travaux (hors-maraîchage)

	ARROSEURS (ml)	DRAINS Type 3	PLANAGE T1 (ha)	PLANAGE T2 (m3) 100/250	PLANAGE T2 (m3) 250/400	PLANAGE T2 (m3) +400	EQUIP. SUPPLEM.
QUANTITE	N.C	N.C	130	17231	24228	8260	(protection enrochem.)
PRIX UNITAIRE	7488	4280	300503	1975	990	875	
MONTANT			39065390	34031225	23985720	7227500	N.C

MONTANT GLOBAL	104389835	FCFA

DIFFERENCES RAPPORTEES AU SYSTEME BILATERAL :

	ARROSEURS (ml)	DRAINS Type 3	PLANAGE T1 (ha)	PLANAGE T2 (m3) 100/250	PLANAGE T2 (m3) 250/400	PLANAGE T2 (m3) +400	EQUIP. SUPPLEM.
QUANTITE	-2990	-1140	-174	6140	8633	2943	Arroseurs + Drains
PRIX UNITAIRE	7488	4280	300503	1975	990	875	
MONTANT	-22389120	-5E+06	-52287522	12126500	8546670	2575125	-4400000

DIFFERENCE GLOBALE	-68787547	FCFA

Références Bibliographiques

Ouvrages consultés à Montpellier, au CNEARC (Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes), au CIRAD (Centre de Coopération Internationale pour la Recherche Agronomique et le Développement) et au BCEOM : Département Aménagements Hydroagricoles et Développement Rural)

1. BCEOM, janvier 1991
"Rapport d'avancement trimestriel - Retail 2 - oct-nov-déc 90"
Office du Niger, 9 pages + annexes

2. BCEOM, décembre 1990
"Etablissement des projets et surveillance des travaux pour la réhabilitation de l'infrastructure hydraulique du périmètre de Retail - 3ème tranche - 1470 ha, Offre technique"
Office du Niger, environ 50 pages

3. JAUJAY J., PIN, novembre 1990
"Aide-mémoire de la mission de supervision de la CCCE auprès de l'Office du Niger"
CCCE, 5 pages

4. POSTEL F., octobre 1990
"Intérêt économique et rôle de la double culture dans le fonctionnement des exploitations au projet Retail"
ENSSAA Dijon, ESAT 89/90, Office du Niger, Tome 1 : 55 pages + hors texte, Tome 2 : annexes, environ 40 pages

5. BCEOM, octobre 1990
"Note de synthèse sur l'expérimentation des arroseurs béton, périmètre rizicole de Retail, Réhabilitation d'une 2ème tranche de 1400 ha"
Office du Niger, 38 pages + annexes

6. Office du Niger, octobre 1990
"Appel d'offres pour les études et le contrôle des travaux, Retail 3, Termes de références"
10 pages + annexes

7. BCEOM, septembre 1990
"Rapport de synthèse 1ère campagne, Périmètre rizicole de Retail, Réhabilitation d'une 2ème tranche de 1400 ha"
Office du Niger, 18 pages

8. BCEOM, juillet 1990
"Manuel de gestion de l'eau, Périmètre rizicole de Retail, Réhabilitation d'une 2ème tranche de 1400 ha"
Office du Niger, 30 pages

9. RAYMAEKERS F., décembre 1989
"Diagnostic des itinéraires techniques suivis en riziculture intensive à l'Office du Niger au Mali", mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Agronomie Tropicale
Office du Niger,ESAT, 92 pages + annexes

10. BARRAUD V., novembre 1989

10. BARRAUD V., novembre 1989
"La gestion de l'eau au projet Retail", mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Agronomie Tropicale
Office du Niger,ESAT, Tome 1 : texte (58 pages), Tome2 : annexes

11. LALANDE A.-M., novembre 1989
"Les femmes au projet Retail, Contribution à l'étude du rôle des femmes dans les exploitations agricoles familiales", mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Agronomie Tropicale
Office du Niger, ESAT, ENITA Bordeaux, 59 pages + annexes

12. JONG et al., 1989
"Petits périmètres irrigués, une alternative ou un complément aux rizières submersibles ?
in Les Cahiers d'Outre-Mer, juil.sept 1989, n°167, pp. 271-292

13. FRANCOIS G., avril 1989
"Etude de cas : la décentralisation et les opérations de réhabilitation à l'Office du Niger : l'exemple du projet Retail"
Réseau Recherche et Développement, Groupe de travail "réhabilitation de périmètres irrigués", restitution de l'atelier débat du 17 avril 1989, 13 pages

14. JAUJAY J., février 1989
"Dispositifs retenus pour l'exploitation et l'entretien du secteur d'irrigation Retail après réhabilitation"
CCCE, 7 pages

15. Office du Niger, avril 1989
" Périmètre rizicole de Retail, Réhabilitation d'une 2ème tranche de 1400 ha, Dossier d'appel d'offres"
environ 200 pages

16. KEITA, BERTRAND et al., 1989
"Etude morphopédologique de reconnaissance du Kala inférieur"
Office du Niger, 56 pages

17. Réseau Recherche et Développement, 1989
"Bilan des activités pour l'année 1989"
Groupe de travail "réhabilitation des périmètres irrigués", 3 pages

18. SAMACKE, JUNG, avril 1988
"Opinions et objectifs des riziculteurs de l'Office du Niger"
SEDES, 111 pages

19. JAMIN J.-Y., 1988
"6ème comité de suivi technique, campagne de contre-saison 1988, projet Retail, volet recherche-développement"
Office du Niger, 24 pages

20. ZOLTY A., 1988
"Une ère nouvelle pour les grands périmètres irrigués"
in Afrique Agriculture,n°159, décembre 1988, pp 12-17

21. SOGREAH, 1988
"Périmètre rizicole du distributeur Retail, Dossier d'appel d'offres"
Office du Niger, texte et plans

22. JAUJAY J., JOUVE Ph., 1986
"Synthèse des travaux - aménagements hydro-agricoles"
in Documents Systèmes Agraires n°6 : "Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production, Actes du IIIème séminaire, Montpellier 16-19/12/1986", CIRAD/DSA, pp 307-314

23. FRANCOIS G., 1986
"Intensification agricole, sécurisation foncière et organisation paysanne à l'Office du Niger : l'approche du projet Retail"
même référence que précédent, pp 393-400

24. BERTRAND R., 1986
"Mises en valeur hydro-agricole de la moyenne vallée du fleuve Niger - étude - critiques - propositions d'amélioration"
même référence que précédente, pp 401-410

25. GADELLE F., 1986
"Les aménagements de submersion contrôlée au Sahel"
même référence que précédente, pp 411-420

26. JOUVE Ph., JAMIN J.-Y., 1986
"Rapport de mission au projet Retail pour la définition d'un programme de recherche-développement"
Office du Niger, CIRAD/DSA, CIRAD/IRAT, 34 pages

27. COULIBALY C., 1985
"Intérêts de classes, politiques alimentaires et sujétion des producteurs : le cas de l'Office de Niger au Mali"
in HAUBERT et al., 1985, "Politiques alimentaires etstructures sociales en Afrique Noire", éd. Tiers-Monde, IEDES, pp 197-222

28. SOGETHA, 1969
"Les ouvrages d'un petit réseau d'irrigation, techniques rurales en Afrique"
Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères, 191 pages

Ouvrages consultés à NIONO (République du MALI), au BCEOM ou au Service de Mise en Valeur du Projet Retail.

29. OFFICE DU NIGER, avril 1989
"Mission d'harmonisation des options techniques de réaménagement et de gestion de l'eau"
36 pages

30. SOGREAH, avril 1988
"Périmètre rizicole du distributeur Retail. Analyse du fonctionnement hydraulique au cours de la campagne 1987 de la première tranche réhabilitée"
Office du Niger, 34 pages

31. VINCON Ph., juillet 1987
"Deux exemples d'aménagements hydro-agricoles au Mali. Réhabilitation de l'Office du Niger. Périmètre villageois de Forgho"
ENGREF, mémoire de fin d'études, 34 pages + annexes

32. POIREE M;, OLLIER C., 1953
"Assainissement agricole et drainage"
Editions Eyrolles, Paris, 243 pages

33. AGRAR UND HYDROTECHNIK GMBH, août 1990
"Réhabilitation du casier de N'Debougou. Etudes d'APD. Rapport final. Volume 1 : aménagement hydroagricole. Edition provisoire"
Office du Niger, 45 pages + annexes

34. KONATE S., décembre 1990
"Gestion de l'eau et suivi des activités de l'unité d'entretien dans le Secteur Sahel de l'Office du Niger"
Office du Niger, Institut Polytechnique Rural de KATIBOUGOU, mémoire de fin d'études, 39 pages + annexes

35. SOGREAH, avril 1988
"Périmètre rizicole du distributeur Retail. Analyse du fonctionnement hydraulique au cours de la campagne 1987 de la première tranche réhabilitée"
Office du Niger, 34 pages

36. UNIVERSITE DE WAGENINGEN (PAYS-BAS), 1984
"B.EAU. Besoins en eau. Tome I"
Office du Niger