

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 1996

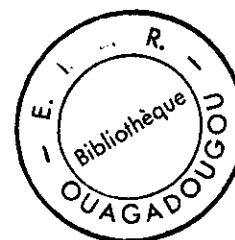
Etude d'accompagnement à la mobilisation et à la gestion de l'eau pour l'irrigation informelle dans la vallée du Kou

Présenté par

DJIBO Niandou

Encadreur :

L. COMPAORE



S O M M A I R E

- DEDICACE 1
- REMERCIEMENTS..... 2
- RESUME 3
- INTRODUCTION 5
- PARTIE A - METHODOLOGIE DE TRAVAIL ET RESULTATS DE L'ENTRETIEN 6**
- I. METHODOLOGIE DE TRAVAIL 6
- II. LES RESULTATS DE L'ENTRETIEN..... 10
 - 2.1. Typologie des exploitations 10
 - 2.1.1. Les bananeraies 10
 - 2.1.2. Les exploitations maraîchères 10
 - 2.2. Les systèmes d'irrigation..... 11
 - 2.3. Inventaire des infrastructures des exploitations équipées 12
 - 2.3.1. Irrigation manuelle 12
 - 2.3.2. Irrigation gravitaire 12
 - 2.3.3. Irrigation semi-gravitaire 13
 - 2.4. Les ressources en eau 13
 - 2.5. Gestion et maintenance des exploitations 14
 - 2.6. Diagnostic social 15
- PARTIE B - ETATS DE LA MOBILISATION ET DE LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU..... 16**
- I. MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU 16
 - 1.2. Les ouvrages et moyens de mobilisation : 17
 - 1.2.1. Les ouvrages de mobilisation..... 17
 - 1.2.1.1. Les prises directes en rivière 17
 - 1.2.1.2. Les puits et puisards 18
 - 1.2.2. Les moyens de mobilisation..... 19
- II. GESTION DES RESSOURCES EN EAU 19
 - 2.1. L'irrigation localisée manuelle 19
 - 2.2. L'irrigation gravitaire : 19
 - 2.2.1. Aspect Technique..... 20
 - 2.2.2. Aspect organisationnel : 21
 - 2.3. L'irrigation sémi-gravitaire 22
- PARTIE C - AMELIORATION DE LA SITUATION EXISTANTE 23**
- I. MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU 23
 - 1.1. Le puits (voir fig. 8) 23
 - 1.2. Prises directes en rivière 24

1.3. Les motopompes	25
II. GESTION DES RESSOURCES EN EAU	25
2.1. Aspect technique	25
2.1.1. L'Effcience de distribution.....	25
2.1.2. L'effcience d'irrigation à la parcelle.....	27
2.2. Aspect organisationnel.....	27
III. DRAINAGE.....	28
IV. LE VOLUME D'EAU RECUPERE SUITE A L'AMELIORATION	32
4.1. Pertes au niveau des vannes.....	32
4.2. Pertes d'eau liées aux systèmes d'irrigation	32
PARTIE D : RECOMMANDATION	34
I. MOBILISATION EFFICIENTE DE L'EAU	34
II. RECHERCHE ET EXPERIMENTATION DES MATERIAUX LOCAUX.....	36
III. FORMATION DES EXPLOITANTS	37
CONCLUSION GENERALE.....	38
ANNEXE I : CALCUL DES BESOINS EN EAU.....	40
1.1. Cultures maraichères et maïs	40
1.2 - Besoins en eau des bananiers.....	43
ANNEXE II. MESURES SUR LE TERRAIN.....	47
2.1. Irrigation manuelle.....	47
2.2. Irrigation gravitaire	47
2.2.1. Prise d'eau	47
2.2.2. Profondeur de la tête morte.....	48
2.2.3. L'apport d'eau à la parcelle.....	49
2.2.4. L'effcience de l'irrigation	50
2.2.5. Les pertes d'eau en fin d'irrigation	51
2.3. Irrigation semi-gravitaire	51
2.3.1. L'apport d'eau.....	52
2.3.2. Effcience d'irrigation.....	52
2.4. Essai de pompage.....	53
2.4.1. Tableaux de mesure	53
2.4.2. Interprétation.....	54
ANNEXE III : CALCUL DES PERTES.....	56
3.1. Pertes au niveau des vannes.....	56
3.2. Perte d'eau suite à l'irrigation à la parcelle.....	56
3.3. Pertes dans le réseau d'irrigation.....	57
3.4. Pertes totales	59

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

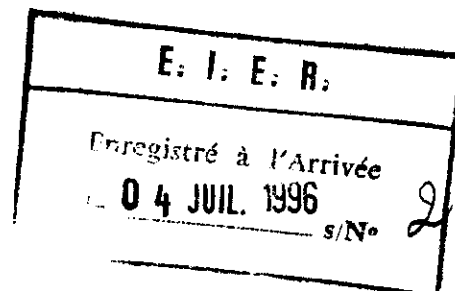
DEDICACE

A mes PARENTS: Père, Mère, Frères et Soeurs

A mon épouse

A mes amis

A la 25ème promotion



REMERCEMENTS

Je remercie vivement:

- Le corps enseignant de l'EIER, et en particulier M. L. COMPAORE de m'avoir encadré pour parachever ma formation d'ingénieur
- M. YE de la Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts Bassins de sa disponibilité sur le terrain
- L'ensemble des élèves-ingénieurs et stagiaires de l'ambiance de fraternité créée autour de moi
- Tous les habitants de DIARADOUOU, en particulier MM. Samou DAOUDA et Samou ADAMA, de leur collaborations sur le terrain
- Le personnel de l'EIER de sa disponibilité pendant toute ma formation

RESUME

L'irrigation informelle occupe une place importante dans la vallée du Kou, avec pour principale ressource en eau la rivière du Kou. En amont de la prise de Diaradougou, les besoins en eau sont totalement satisfaites. Mais la mobilisation et la gestion de l'eau laissent à désirer.

Le prélèvement est assuré par :

- des motopompes dont les débits supérieurs à 15 l/s sont difficilement manipulables, occasionnant beaucoup de pertes d'eau.
- des ouvrages de fortune aménagés dans le côté convexe des berges de la rivière (prise directe en rivière), pour lesquels un volume important d'eau est perdu chaque année ($0.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$).

L'eau est apportée en tête de parcelle chaque semaine, dans des réseaux d'irrigation gravitaire dont l'efficacité de distribution (E_d) varie de 6,4 % pour l'irrigation à partir des prises directes en rivière, à 55,5 % pour l'irrigation à l'aide de motopompes. Les pertes d'eau dans ces réseaux, varient respectivement de $386142 \text{ m}^3/\text{ha}$ à $1900 \text{ m}^3/\text{ha}$ à l'échelle de l'année.

A ces pertes d'eau, s'ajoutent celles par percolation dans les parcelles irriguées qui s'élèvent à :

- $16033 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour l'irrigation gravitaire, avec une efficacité d'irrigation à la parcelle de 54,7 %.
- $1500 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour l'irrigation sémi-gravitaire, dont l'efficacité d'irrigation à la parcelle vaut 37,4 %.

Ces différentes pertes, s'infiltrent pour rehausser le niveau de la nappe phréatique, qui affleure à certains endroits.

On envisage des solutions pour pallier à ce gaspillage d'eau. C'est ainsi que :

- les canaux sont revêtus par du plastique, qui augmente l'efficacité de distribution à 80 %.

- des calendriers d'irrigation et la dose nette d'irrigation sont proposés pour augmenter l'efficacité d'irrigation à la parcelle à 90 %. Les 10 % du volume d'eau apporté servent à lessiver les sels éventuels en profondeur.

- des ouvrages en maçonnerie, munis de vannes manuelles, sont aménagés au niveau des prises directes en rivière.

- un réseau de colature est prévu pour abaisser le niveau de la nappe au delà du système racinaire des spéculations et assainir les parcelles des eaux supplémentaires apportées par fausse manoeuvre.

Pour renforcer ces solutions, des recommandations sont formulées pour :

- améliorer de plus l'efficacité du réseau d'irrigation, en le revêtant de terre cuite, après expérimentation.

- protéger les berges au niveau des prises à l'aide de gabion, régulariser le débit dans les prises en aménagement un seuil déversant à l'aval.

Ceux-ci nécessitent au préalable de relever les caractéristiques topographiques.

- former les exploitants à tracer de bon réseau d'irrigation, à mobiliser et apporter à la parcelle, le volume d'eau nécessaire à chaque spéculacion donnée, par des stages dans des champs pilotes.

INTRODUCTION

Le thème de ce présent rapport intitulé "étude d'accompagnement à la mobilisation et à la gestion de l'eau pour l'irrigation informelle dans la vallée de Kou" est très vaste et complexe. Il consiste :

- d'une part de faire une étude de la situation relative à la mobilisation et à la gestion de l'eau,
- d'autre part de proposer des solutions techniques pour bien mobiliser et gérer l'eau, à la portée des exploitants financièrement et socialement.

L'ensemble de l'étude et des solutions se rapportent à l'irrigation informelle dans la vallée du Kou, qui est une zone assez vaste de Nasso à la confluence Kou-Volta Noire soit sur environ 46 km.

Des études antérieures ont mis en relief les problèmes d'eau qui se posent dans la vallée, malgré les potentialités en ressources en eau. En considérant la prise de Diaradougou pour irriguer le périmètre rizicole de Bama comme repère, on a :

- en amont : une couverture satisfaisante des besoins en eau
- en aval : une situation de pénurie.

La rivière ne coule pratiquement pas en Avril en aval de la prise, car tout le débit est totalement dérivé dans le canal de la prise. D'ailleurs cette eau n'est pas suffisante pour le périmètre irrigué dont les besoins ne sont satisfaits qu'à 90 % (source bilan d'eau) actuellement.

Les principales ressources sont :

- la rivière qui coule en permanence avec en saison des pluies des inondations fréquentes, en saison sèche, principalement en Avril, le débit baisse jusqu'à 2 m³/s (source bilan d'eau),
- les eaux souterraines exploitées à l'aide des puits ou puisards traditionnels, il y a aussi des forages pour la consommation humaine en eau potable.

Les études antérieures citées ci-dessus, ont aussi prouvé qu'il y a un gaspillage d'eau par ceux qui en disposent suffisamment, principalement par les irriguants informels. Ce gaspillage est lié :

- soit à leur manière de mobiliser l'eau
- soit à leur manière de la gérer.

Alors le but de cette étude est d'amener les exploitants informels à une mobilisation ou une utilisation rationnelle de l'eau. Le volume d'eau supplémentaire permettra de satisfaire totalement ou partiellement les besoins des exploitants en aval qui en manquent.

Ainsi les objectifs suivants sont à atteindre :

- mobiliser l'eau de manière efficiente,
- une bonne gestion de l'eau sur les plans technique et social.

Ce rapport comprend quatre (4) parties :

PARTIE A : Méthodologie de travail et résultats de l'entretien

PARTIE B : Etats de la mobilisation et de la gestion de l'eau

PARTIE C : Amélioration de la situation existante

PARTIE D : Recommandations

PARTIE A : METHODOLOGIE DE TRAVAIL ET RESULTATS DE L'ENTRETIEN

I. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

La zone d'étude s'étend de la source du Kou à la confluence Kou-Emissaire, soit sur environ 46 km. Elle comprend plusieurs villages ou centres d'expérimentations regroupés dans des secteurs illustrés par le schéma suivant :

Dans le temps imparti, il s'est avéré impossible d'atteindre les objectifs en considérant chaque secteur et chaque village cas par cas. Alors il a été de choisi un échantillon représentatif permettant de comprendre la situation réelle sur le terrain, la généralisant sur l'ensemble de la vallée.

Deux cas de situation se posent :

- ceux dont les besoins sont totalement satisfaits en amont de la prise de Diaradougou et dont des études citées ci-dessus ont démontré qu'ils font du gaspillage d'eau

- ceux dont les besoins ne sont pas satisfaits soit par manque de ressources en eau, soit par une mauvaise mobilisation de l'eau.

On pose les critères suivants que l'échantillon doit remplir :

- avoir une structure organisée : coopérative ou groupement
- avoir l'initiative de mobiliser l'eau et de la gérer
- pratiquer l'irrigation informelle
- être dans la zone d'étude.

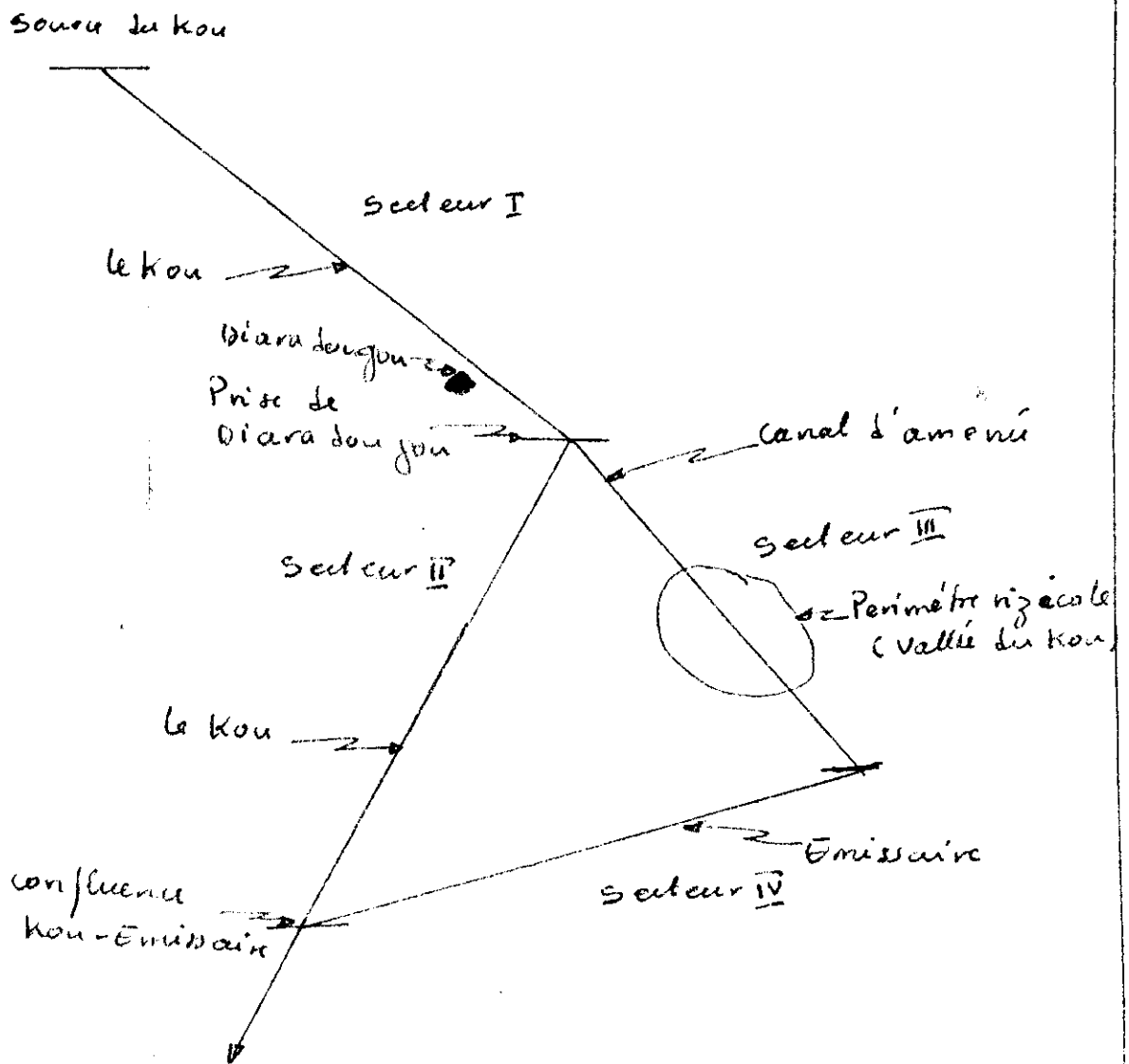
Parmi les villages ou centres répondant à ces critères, c'est Diaradougou qui est le mieux placé parce que :

- d'une part, c'est le village qui a l'une des coopératives les plus dynamiques et bien structurées
- d'autre part, produisant le plus par l'irrigation informelle, jouant aussi un rôle important dans l'économie de la région de Bobo-Dioulasso.

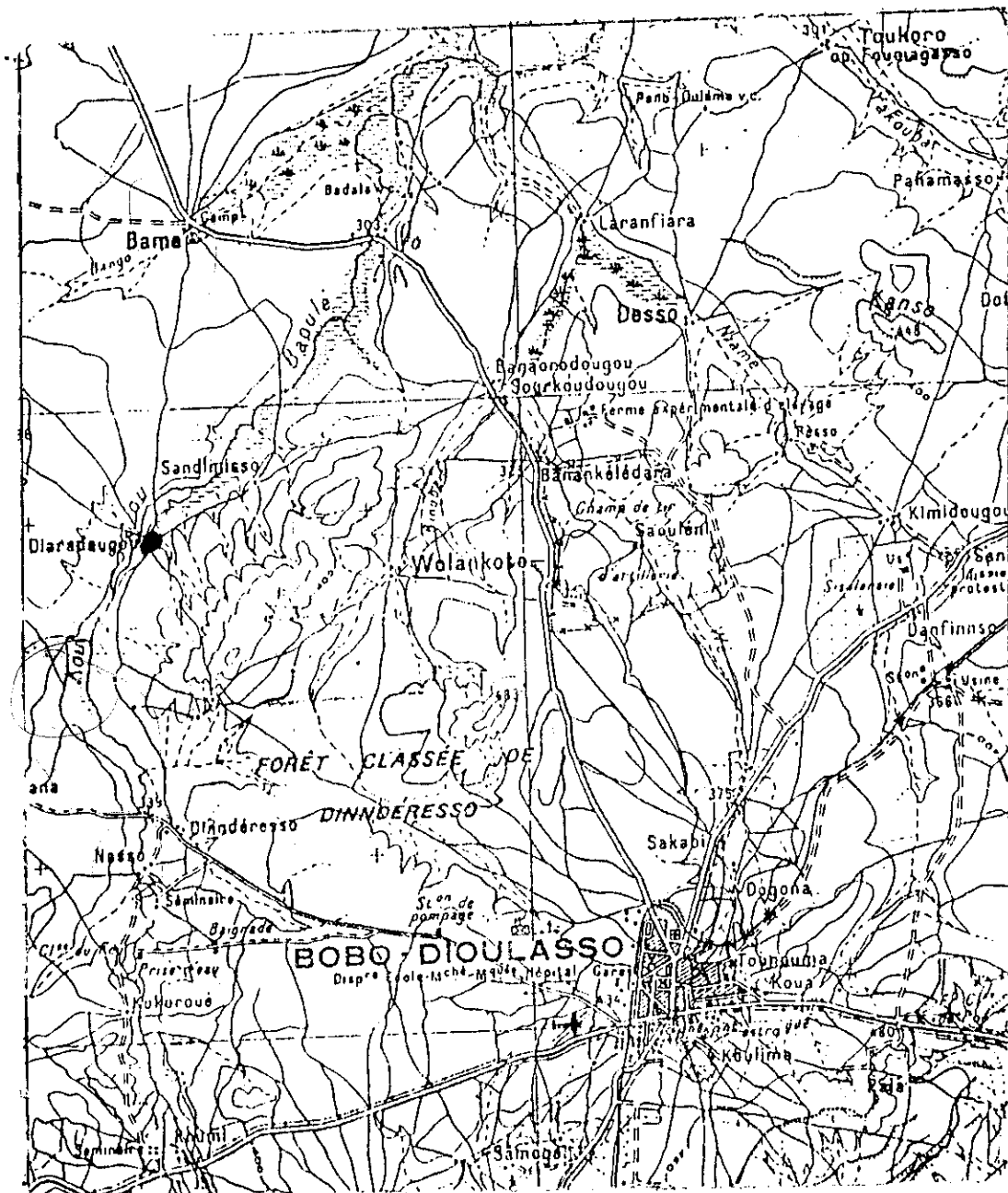
Le village a pour coordonnées géographiques : 11°24" Nord et 4° 35" Ouest. Il est à environ 12 km de Bama, chef lieu du Département. Son choix a aussi pour but de permettre une application facile des solutions qui peuvent ressortir de ce rapport.

Une fois sur le terrain, on a eu un entretien avec le bureau de la coopérative pour lui expliquer le but de notre présence et les objectifs à atteindre, à savoir :

Schéma de la Vallée du Kou



Carte : situation géographique de Diaradougou



Echelle : 1/200.000

Coordonnées géographiques:

Latitude de : 11° 24" Nord

Longitude de : 4° 35" Ouest

Distances:

• 12 km de Bamako

• 25 km de Bobo-Dioulasso

- connaître leur point de vue sur les problèmes d'eau en général le long de la rivière du Kou,
- les difficultés particulières que la coopérative rencontre dans le domaine de l'eau,
- nous avons besoins de leur collaboration totale pour bien mener notre travail.

Il ressort de cet entretien que la coopérative est prête à collaborer avec n'importe quelle (s) personne (s) ressource (s) ou morale (s), à condition qu'elle ne leur interdise l'utilisation de l'eau.

L'entretien est devenu notre outil principal pour recueillir des informations, que ça soit dans le village ou dans les champs. D'ailleurs pour mieux cerner les différents problèmes, on a travaillé avec eux dans leurs champs, en les amenant à s'intéresser à notre travail. Ceci a permis de les rapprocher le plus et d'avoir d'importantes informations.

L'entretien n'a pas fait l'objet de questionnaire type. Dans chaque cas donné, on a abordé seulement les éléments qui nous intéressent, sans prendre de note car tout le village est réticent en face d'un bic et d'un papier.

En plus des entretiens, on a fait le diagnostic pour la mobilisation des ressources en eau d'abord, ensuite on a abordé la gestion des ressources.

On a deux types de ressources en eau à mobiliser et à gérer :

- les eaux de surface composées essentiellement par la rivière du Kou
- les eaux souterraines exploitées à l'aide de puits ou puisards.

Lors des visites sur le terrain, on recense tous les ouvrages de mobilisation (canaux avec prise directe en rivière, puits ou puisard) et tous les moyens d'exhaure. On note les disparités pour chaque type d'ouvrage de mobilisation ou de moyens d'exhaure des ressources en eau. On considère ensuite un cas donné pour l'étude en faisant ressortir les insuffisances techniques.

Une fois l'étude sur l'état de la mobilisation est achevée, on entame le diagnostic sur la gestion des ressources en eau. Cette gestion est vue non seulement sur le plan technique mais aussi sur le plan social.

- sur le plan technique, on a fait des mesures pour estimer les volumes apportés à la parcelle et ceux perdus dans le réseau, en plaçant des seuils

deversants dont un en début de réseau et un autre en tête de parcelle. Le débit, un seuil est calculé par la formule $Q = mLh \sqrt{2gh}$ où :

m = coefficient du débit

L = Longueur du déversoir

h = la charge d'eau déversante en amont du déversoir.

Le seuil en début de réseau permet de calculer le débit mobilisé dans le réseau, et le second seuil le débit d'irrigation à la parcelle.

La différence de ces deux débits permet d'estimer les pertes dans le réseau.

- sur le plan social, on s'est entretenu avec le bureau de la coopérative sur l'organisation de la gestion de l'eau.

On propose par la suite de solutions techniques exécutables par les exploitants eux-mêmes en tenant compte de leur capacité financière et de leur aptitude sociale.

Les solutions proposées :

- permettent de renforcer les ouvrages et les moyens de mobilisation existants, de façon plus efficace et plus efficiente,
- feront l'objet d'une utilisation rationnelle de l'eau pour mieux gérer les ressources, en définissant les besoins réels pour une spéculation donnée.

Pour renforcer les différentes solutions, on propose par la fin des mesures d'accompagnement tant pour la mobilisation que pour la gestion de l'eau, qui permettront aux exploitants de les appliquer et d'en bénéficier aisément.

II. LES RESULTATS DE L'ENTRETIEN

L'entretien est axé sur les types d'exploitation, les équipements sur le périmètre et les spéculations. Les informations reçues sont complétées par des observations sur le terrain.

2.1. Typologie des exploitations

Les exploitations s'étendent sur environ 4 km en amont du village, dans la vallée du kou. La superficie des exploitations varie en fonction des spéculations dont la principale est la banane. Elle occupe la majeure partie de la superficie aménagée, et est exploitée en dehors de la zone d'épandage des crues, sur un sol généralement limoneux-argileux. La réserve en eau de ce sol est estimée dans la littérature à 90 mm.

Les autres spéculations sont des cultures maraîchères : gombo, tomate, aubergine, maïs, choux, etc. Ces spéculations sont exploitées de façon timide en dehors du gombo, qui a des débouchés importants au marché de Bobo-Dioulasso. Les cultures maraîchères sont exploitées dans la zone d'épandage des crues, sur un sol argileux ou argileux-limoneux dont la réserve en eau est estimée à 90 mm.

2.1.1. Les bananeraies

Les bananiers sont des plantes pérennes, avec une durée de vie de cinq ans. L'écart entre deux pieds quelconques de bananiers est de 2,00 m. Les pieds sont regroupés par quatre ou six dans un micro-bassin, soit sur une superficie de 10 à 15 m². L'irrigation consiste à apporter tout le débit à un micro-bassin avant de continuer au suivant. La superficie d'une bananeraie varie d'un exploitant à l'autre. Les superficies minimale et maximale observées valent respectivement 0,4 ha et 1 ha.

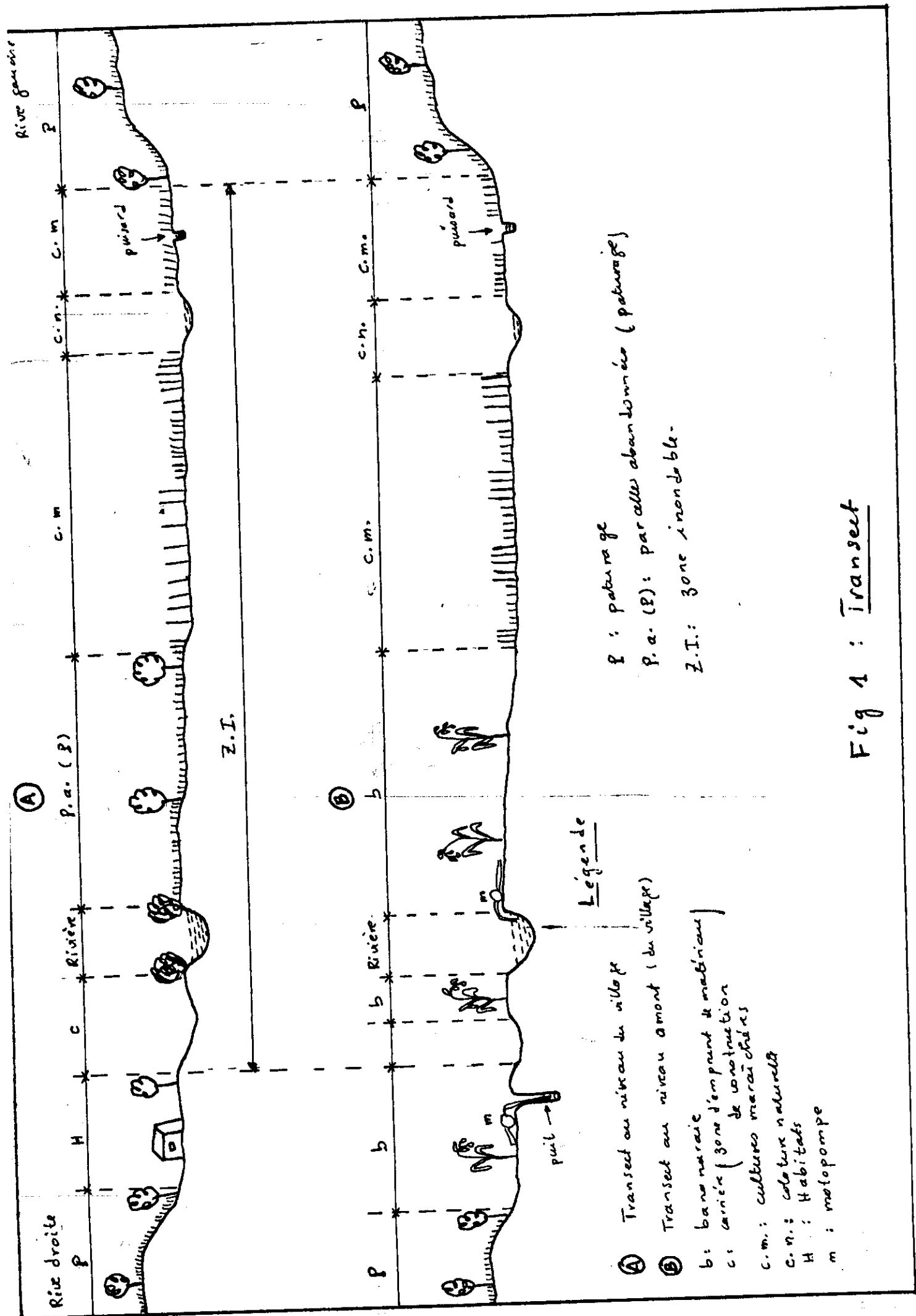
Notons que chaque chef de foyer du village a au moins une bananeraie.

2.1.2. Les exploitations maraîchères

Les exploitations maraîchères occupent la rive droite des cours d'eau. La superficie d'une exploitation varie également d'une exploitation à l'autre.

On note deux types d'exploitation : celles irriguées manuellement et celles irriguées gravitairement. Les exploitants irriguent manuellement surtout le gombo ou l'aubergine.

Par contre les autres spéculations maraîchères y compris le gombo et l'aubergine sont irriguées gravitairement.



P : pâturage
 P.a. (P) : parcelles abandonnées (pâturage)
 Z.I. : zone inondable.

Légende

- (A) Transect au niveau du village
- (B) Transect au niveau amont (du village)
- b : banc marais
- c : carrières (zone d'emprunt de matériaux)
- c.n. : cultures marais chères
- H : cultures naturelles
- H : Habitats
- m : motopompe

Fig 1 : Transect

2.2. Les systèmes d'irrigation

Il y a trois types de systèmes d'irrigation :

- l'irrigation localisée manuelle est le premier système d'irrigation pratiquée par la coopérative. Son introduction remonte vers les années soixantes avant la réalisation de la prise de Diaradougou. Elle est actuellement réservée aux femmes et à ceux qui n'ont pas de moyens.

L'irrigation consiste à verser l'eau puisée au pied des plantes, dans une dépression d'environ 10 cm de diamètre et 2 cm de profondeur. L'irrigant avance au pied suivant une fois que la dépression est pleine. Ce qui correspond à 20 mm d'eau par apport, et ce chaque huit jours.

Les observations faites au niveau des puisards utilisés pour irriguer les plantes, montrent que le niveau de la nappe est très proche :

- le matin, le niveau statique atteint rarement 30 cm.
- le soir, après l'irrigation, le niveau atteint des fois 50 cm.

Le système racinaire des plantes se développe en fonction des stades végétatifs. A la phase de développement déjà le système racinaire atteint 30 cm de profondeur. D'où il ressort que les plantes n'ont plus besoins d'un apport d'eau à partir de cette phase.

- l'irrigation gravitaire a vu le jour après la réalisation des prises directes en rivières, précisément en 1981.

L'irrigation est soit à la raie soit au billon étroit. Les plantes sont semées soit dans les raies, soit sur les billons.

Les exploitants irriguent chaque semaine et apportent en moyenne 110 mm, malgré que la RE du sol est de 90 mm. Ceci illustre les pertes d'eau occasionnée par ce type d'irrigation.

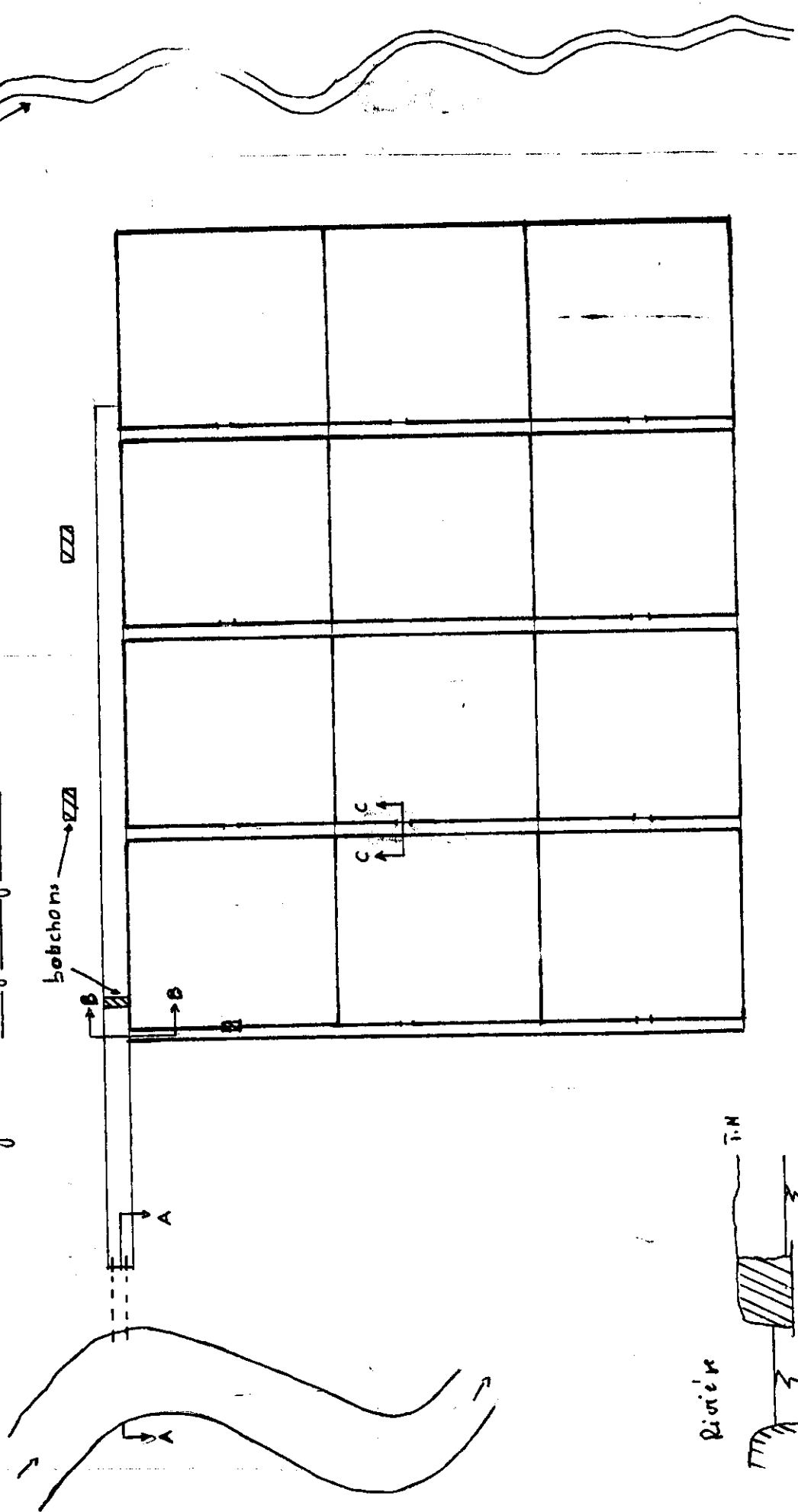
- l'irrigation semi-gravitaire est adoptée pour produire de la banane. C'est une irrigation individuelle et autonome.

L'irrigation se fait en apportant tout le débit à un micro-bassin, avant de continuer au suivant et ce chaque semaine.

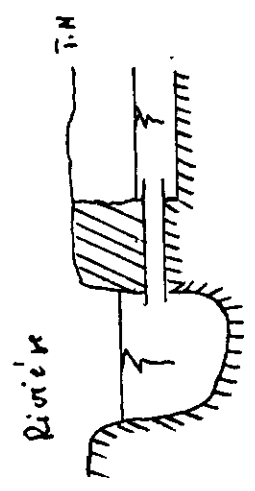
L'apport moyen des exploitants s'estime à 100 mm et ce chaque semaine.

Colature naturelle

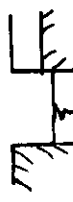
Fig 2 : Irrigation gravitaire



COUPE A A



COUPE B B



COUPE C C



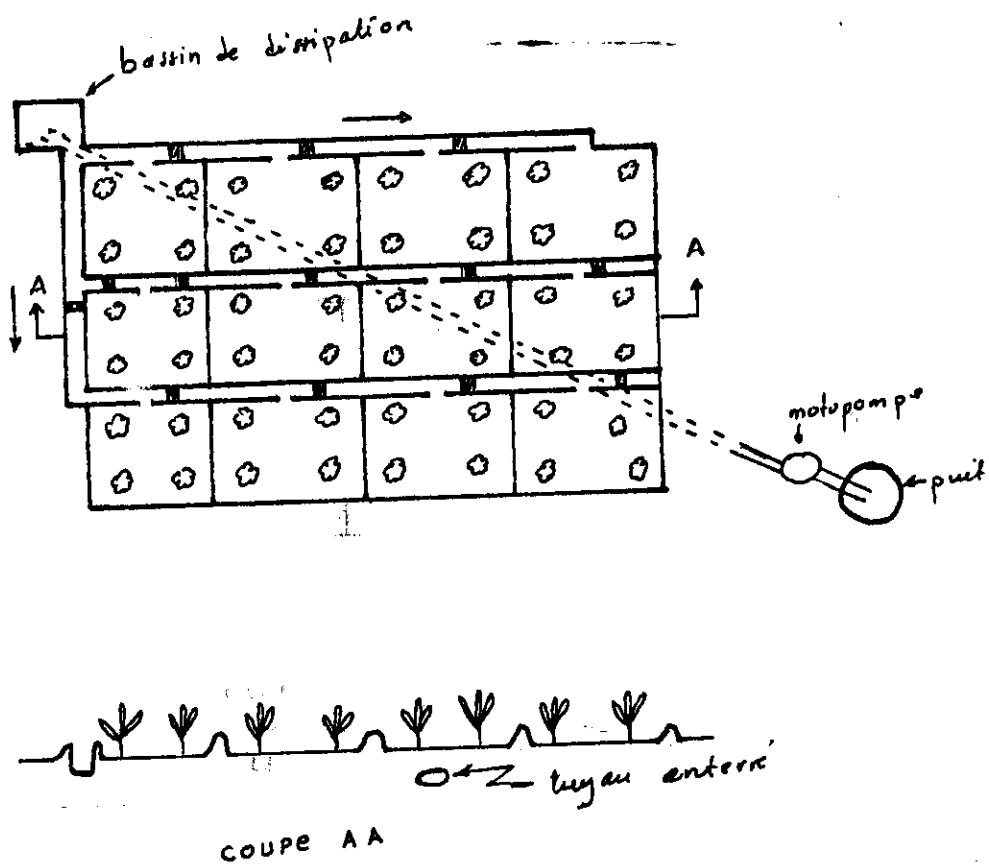
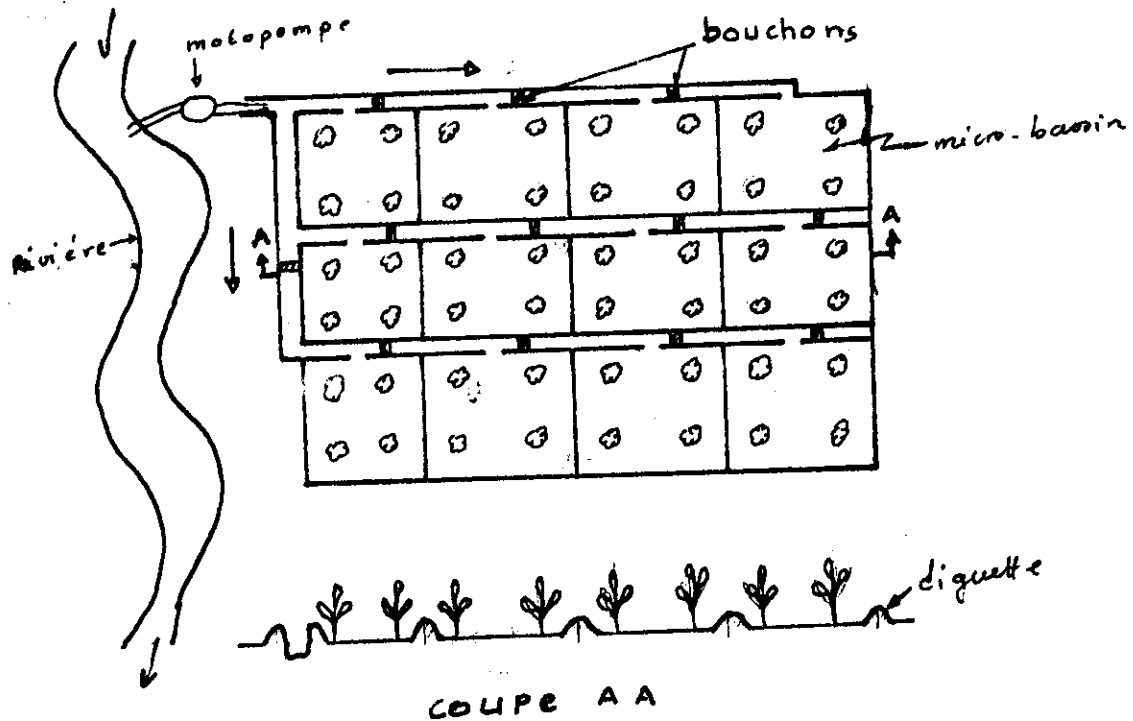


Fig 3 : Irrigation semi-gravitaire

2.3. Inventaire des infrastructures des exploitations équipées

Comme on a trois types de système d'irrigation, il ressort qu'il y a au moins trois types d'infrastructures sur les exploitations.

2.3.1. Irrigation manuelle

La principale infrastructure est le puisard que l'exploitant creuse dans sa parcelle. Il se munie aussi d'un vieux récipient à l'aide duquel il puise l'eau pour irriguer.

Comme la nappe n'est pas profonde (moins de 0,50 m), on trouve plusieurs puisards dans une parcelle pour éviter les "longs" déplacements.

2.3.2. Irrigation gravitaire

Les exploitants avaient trouvé l'irrigation manuelle fatiguant et ne permettant pas d'irriguer une grande superficie pour répondre à leurs objectifs financiers. C'est ainsi que l'irrigation gravitaire a vu le jour vers 1981, après la réalisation des prises directes en rivière et des réseaux d'irrigation gravitaire. Les exploitants ont acquis l'expérience de la réalisation de prise en rivière et du réseau d'irrigation avec les Chinois, à force de travailler avec eux pendant la réalisation de la prise de Diaradougou et du périmètre de Bama.

Toutes les prises réalisées (au nombre de onze) sont placées sur le côté externe d'un coude de la rivière (dans la convexité). L'objectif des paysans est d'avoir, l'eau à la demande en quantité suffisante. Mais ceci conduit à un gaspillage d'eau qui s'illustre par le volume d'eau apporté à chaque irrigation (110 mm) et la fréquence d'irrigation (4 fois par mois).

La prise comprend :

- un tuyau de diamètre 300 mm généralement et de longueur variant de 2,00 à 3,00 m.
C'est la liaison permettant à l'eau de couler de la rivière vers le réseau d'irrigation.
- une vanne traditionnelle constituée d'un sac rempli de chiffons. La fermeture consiste à pousser le sac dans la section du tuyau.

Le réseau d'irrigation comprend l'amont vers l'aval :

- une tête morte
- un canal principal
- des canaux secondaires
- des canaux tertiaires (éventuellement).

Le réseau est tracé sans assistance technique, avec beaucoup de maladresses qui s'illustre par le décalage des côtes du canal principal et du canal secondaire à la jonction (voir fig 2 coupe BB). Le réseau de drainage est totalement inexistant et l'on note l'existence d'une colature naturelle non-mise à profil.

2.3.3. Irrigation semi-gravitaire

Pour répondre aux exigences financières qui se posent de plus en plus, les paysans ont introduit l'exploitation de bananiers qui ne se développent pas dans la zone d'épandage des crues, à cause des inondations annuelles qui asphyxient la plante. Alors les exploitants ont songé d'introduire la moto-pompe qui permet de mobiliser l'eau, soit d'une rivière d'un puit, pour irriguer la bananeraie.

La moto-pompe refoule dans une conduite jusqu'en tête de parcelle où l'eau coule gravitairement dans un réseau d'irrigation jusqu'aux micro-bassins pour alimenter les plantes.

La coopérative compte plus de cinquante motopompes.

2.4. Les ressources en eau

La ressource en eau principale est la rivière du kou.

C'est une rivière perenne qui connaît une variation importante de son débit de l'étiage à la crue.

A l'étiage, le débit baisse pour atteindre des fois 2 m³/s, avec une charge correspondante de 0,50 m à Dindresso en aval de la prise de Diaradougou.

A la crue, la rivière déborde, avec une charge de 1,50 m. La courbe de tarage n'est pas précise à cette côte pour estimer le débit. Malgré cette variation notable du débit, le village de Diaradougou ne souffre pas de problème d'eau. Les besoins des parcelles irriguées à partir de la rivière sont totalement satisfaisants.

Par ailleurs, les paysans exploitent les eaux souterraines à l'aide de puits ou puisards.

A l'opposée de la rivière, l'eau dans les puits n'est pas suffisante pour satisfaire les besoins en eau des plantes, en Avril-Mai, période à laquelle la charge d'eau est la plus faible.

Les observations faites revèlent :

- en Octobre, début de l'exploitation des puits, le niveau statique atteint rarement 0,80 m.
- en Avril, le niveau baisse à 2,00 m voir 3,00 m et tous les puits se vident suite à un pompage d'environ deux heures.

La profondeur maximale des puits est de 4,50 m.

2.5. Gestion et maintenance des exploitations

La gestion et la maintenance diffèrent d'une exploitation à l'autre.

- * Pour les bananeraies, la gestion et la maintenance se font de façon autonome. Chaque exploitant est soucieux de l'investissement dans son périmètre. Il entretient régulièrement sa motopompe, car en cas de panne, s'il n'a pas une de secours, il n'en trouvera pas pour location avant la réparation de la sienne.
Si l'exploitant engage des manoeuvres, il leur donne des consignes strictes d'utilisation de la motopompe et d'irrigation, dont le non-respect entraine systématiquement le renvoi.
Ce pendant le réseau d'irrigation est mal entretenu. Ca s'illustre par un déposé de limon dans les canaux qui conduit à leurs débordement, occasionnant ainsi beaucoup de perte d'eau (voir annexe III, perte d'eau dans le réseau).
- * Pour les périmètres irrigués gravitairement, la gestion et la maintenance laissent à désirer.
D'abord, le réseau d'irrigation est utilisé par plusieurs personnes.
Le tracé de réseau a nécessité le regroupement de plusieurs personnes, qui en bénéficient. L'herbe pousse et envahit le réseau de manière qu'il faut l'éliminer chaque semaine. Ce genre d'entretien, c'est seulement les canaux secondaires ou tertiaires qui en bénéficient. Pour la tête morte et le canal principal, l'entretien se fait une fois par an, en début de la nouvelle campagne, malgré l'agressivité de l'herbe.

2.6. Diagnostic social

C'est un diagnostic qui porte seulement sur l'organisation sociale de ceux qui bénéficient d'un seul réseau d'irrigation gravitaire.

Un tour d'eau est adopté, permettant à chacun d'irriguer une fois par semaine. L'exploitant cesse d'irriguer une fois que sa parcelle est pleine et commence à déborder, sans se soucier des besoins réels des plantes. Ceci occasionne une efficacité à la parcelle très faible, de l'ordre de 50 %.

En plus l'ouverture ou la fermeture de la vanne n'est point réglementée :

- La vanne est ouverte même si c'est un seul exploitant qui veut irriguer, ce quelque soit le nombre de fois par jour,
- Elle est fermée par le dernier irriguant.

L'exploitant prend tout son temps pour fermer la vanne malgré que l'eau continue à couler dans le réseau pour inonder les autres parcelles. Ceci occasionne de perte considérable d'eau. (Voir annexe III, calcul des pertes dans le réseau).

En dehors de tous ces problèmes de gestion, les exploitants ne se concertent pas pour irriguer : tandis que les uns irriguent le matin, les autres attendent le soir par exemple, bien que tout le monde peut irriguer le matin : chacun irrigue à son tour en fonction de sa disponibilité.

La coopérative cesse toute irrigation en saison des pluies :

- pour la banane, la pluviométrie (<900 mm) est suffisante pour sa croissance en saison des pluies (voir annexe I, tableau 8) ;
- l'irrigation gravitaire ou manuelle sont faites dans la zone d'épandage des crues, dont l'accès est très difficile en saison des pluies.

PARTIE B : ETATS DE LA MOBILISATION ET DE LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Dans cette partie, on aborde d'abord le volet mobilisation des ressources en eau, en décrivant :

- les différentes ressources
- les ouvrages et les moyens de mobilisation
- les systèmes d'irrigation.

Par la suite, on verra le volet gestion des ressources en eau sur les plans techniques et organisationnel.

I. MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU

Faire l'état de la mobilisation des ressources en eau, nécessite au préalable de connaître les différentes ressources et les ouvrages et moyens de mobilisation de ces ressources.

1.1. Les ressources en eau (voir fig 1)

Les ressources en eau sont de deux types :

* Les eaux de surface constituées essentiellement par la rivière pérenne du Kou. C'est une rivière qui connaît une variation importante de son débit, donc de sa charge, dans le temps :

- l'étiage correspondant à la période d'Avril-Mai, le débit est d'environ 2m³/s. Malgré la faiblesse du débit, il reste largement suffisant pour les besoins de la coopérative : elle ne se plaint pas de problèmes d'eau dans la rivière.

- les crues se manifestent en saison des pluies, précisément à la période Juillet-Août et sont très importantes. Le débit est très important, de manière que la rivière déborde pour inonder toute la zone d'épandage des crues dans le lit majeur, dont la largeur excède par endroit 500 m (voir fig 1. : Transect).

* Les eaux souterraines :

La nappe phréatique n'est pas profonde, malgré que son niveau statique varie dans l'espace (plus profond sur les versants que dans le lit majeur) et dans le temps :

- dans le lit majeur, la variation maximale observée est de 0,50 m, cette observation est faite au niveau des puisards exploités surtout.

- au delà du lit majeur, dans les champs de banane, ce niveau descend jusqu'à deux mètres de profondeur (alors qu'en saison des pluies il est d'environ 0,60 m).

1.2. Les ouvrages et moyens de mobilisation :

1.2.1. Les ouvrages de mobilisation

La coopérative de Diaradougou mobilise l'eau à partir de :

- prises directes en rivière
- puits et puisards.

1.2.1.1. Les prises directes en rivière (Voir fig.2 coupe AA)

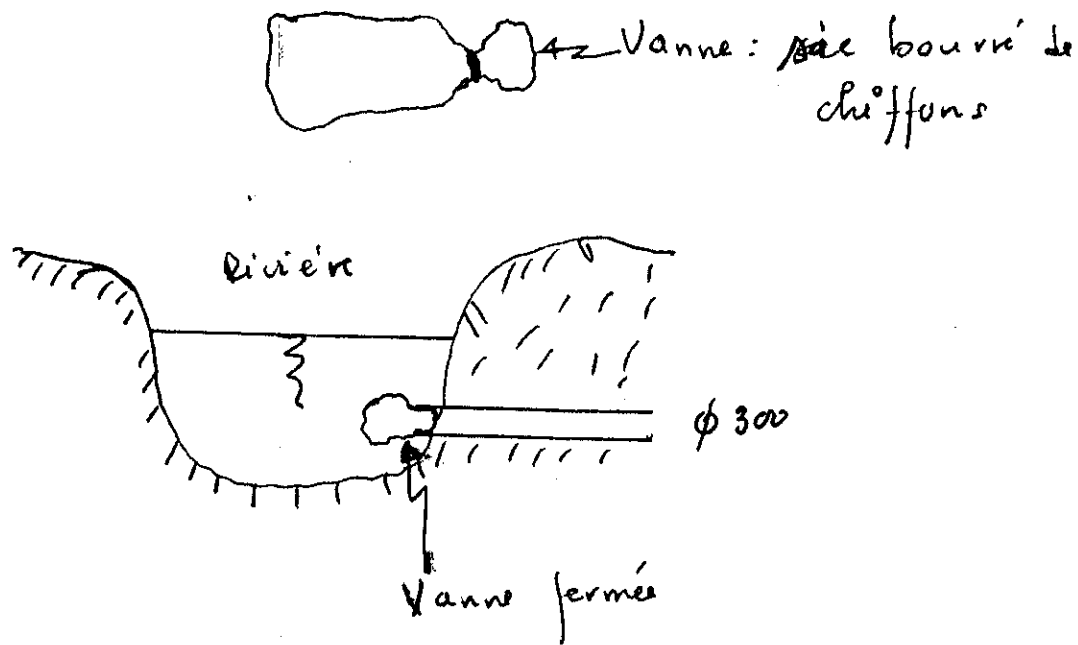
Il existe onze prises en rivière, réalisées par la coopérative dans les mêmes conditions. Elles sont toutes situées sur la rive gauche. La réalisation des ouvrages remonte vers les années 1980, sans aucune assistance technique.

Une prise est composée de :

- Un tuyau en acier généralement de diamètre 300 mm et de longueur quelconque. Il fonctionne comme un ajutage externe. La côte du tuyau est telle que la charge d'eau dans la rivière à l'étiage, permettra d'irriguer.
- Une vanne de fortune constituée d'un sac rempli de chiffons. La fermeture ou l'ouverture de la vanne consiste à plonger dans l'eau, pour le pousser ou la relever dans la section du tuyau. C'est une manoeuvre de longue haleine, compliquée par la poussée du courant de l'eau, qui a tendance à entraîner le plongeur, surtout quand la rivière est pleine.
- Des sacs remplis de sable pour protéger et soutenir la berge fragilisée par le placement du tuyau. La longueur de protection n'excède jamais 2,00 m, malgré les problèmes d'affouillement dus à la dynamique fluviale, au niveau d'un coude. Cet affouillement est observée au niveau de toutes les prises et à long terme, elles sont exposées à une destruction.

L'amont de la protection est le plus attaqué, on remarque un tassement des sacs à ce niveau.

Fig: Vanne traditionnelle



La fermeture de la vanne est une manœuvre de longue haleine, compliquée par le courant d'eau surtout si la charge d'eau dans le rivière est importante.

1.2.1.2. Les puits et puisards

* Les puisards sont creusés dans la zone d'épandage des crues au delà de la colature naturelle. Ils sont de très faible profondeur :

- Le matin on remarque une remontée de la nappe dans les puisards. Le niveau de plan atteint rarement 0,30 m.
- Le soir après irrigation, le niveau baisse, sans excéder 0,50 m. (en saison sèche)

D'autre part, le développement du système racinaire atteint 30 cm environ de profondeur pour les cultures maraîchères, à la fin du stade végétatif, c'est à dire 45 jours environ après le semis. A ce stade les racines atteignent le niveau de la nappe et les plantes n'ont plus besoin d'apport supplémentaire pour leur croissance et développement.

* Les puits sont creusés dans les bananeraies ou à proximité, sans tenir compte de la nature du sous-sol ; cuirasse latéritique, alluvions gravillonnées, etc.

La profondeur est variable d'un puits à l'autre, en fonction du niveau statique de la nappe phréatique.

Le niveau de l'eau dans les puits varie en fonction de la saison et de l'exploitation, de façon très remarquable.

Les observations faites révèlent :

- En Octobre, début de l'exploitation des puits, le niveau statique atteint rarement 0,80 m
- En Avril, le niveau baisse jusqu'à 2.00 m, et tous les puits se vident en général, suite à un pompage (d'environ deux heures). La profondeur maximale des puits est de 4,50 m.
On a fait un essai de pompage (voir annexe ~~15~~ mesure sur le terrain, tableaux 10 et 11) qui a donné un volume journalier exploitable en saison sèche
 $V_e = 4 \text{ m}^3/\text{j}$

1.2.2. Les moyens de mobilisation

On a deux différents moyens d'exhaure de l'eau :

- Les moyens traditionnels constitués essentiellement d'unealebasse ou d'un vieux récipient quelconque
L'exploitant puise directement à la main, l'eau d'un puisard
- Les moyens modernes : c'est la motopompe qui remplace la calebasse pour mobiliser l'eau de la rivière ou des puits.

II. GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Dans ce chapitre, on verra comment la coopérative gère les ressources en eau dans les trois systèmes d'irrigation :

- l'irrigation localisée manuelle
- l'irrigation gravitaire
- l'irrigation semi-gravitaire

Dans chaque système, on fait une description de l'apport d'eau en tête de parcelle et celle de l'irrigation.

Des mesures sont effectuées pour avoir une idée de la quantité d'eau prélevée et utilisée dans la parcelle pour chaque système donné. Ainsi, on estime facilement les pertes dans le réseau et dans la parcelle.

2.1. L'irrigation localisée manuelle

L'apport de l'eau à la plante se fait dans un récipient de volume déterminée l'irrigation consiste à verser l'eau au pied de la plante. Chaque plante pousse dans une dépression de diamètre et de profondeur connue.

L'exploitant apporte en moyenne 11 , 34 m³/ha chaque huit jours.

2.2. L'irrigation gravitaire :

L'eau est apportée en tête de parcelles à l'aide d'un réseau d'irrigation qui comprend :

- une tête morte
- un canal principal

- des canaux secondaires
- des canaux tertiaires (facultatifs)

2.2.1. Aspect Technique

C'est un réseau tracé sans assistance technique :

- la tête morte est profonde. Les mesures effectuées donnent des profondeurs supérieures à 0,50 m (Voir annexe 2 tableau n°2).

- on trouve généralement une différence de côtes entre les plafonds
- canal principal - canaux secondaires
 - canal principal - canaux tertiaires

de manière que la hauteur d'eau dans le canal principal (ou canal secondaire) est inférieure à la dénivelée.

Pour irriguer, l'exploitant place une vanne sur le canal principal, juste à l'aval de son canal secondaire pour y dévier le débit.

La vanne est constituée généralement de sacs de sable ou de vieux tôles renforcés par de l'argile et soutenues par de piquets. Par cette vanne, il y a une fuite importante d'eau qui n'est jamais utilisée. Elle finit par s'infiltrer pour alimenter la nappe. Le mauvais entretien du canal principal (tête morte) occasionne une infiltration importante d'eau : la vitesse d'écoulement est très faible (les mauvaises herbes freinent l'écoulement de l'eau).

A ces pertes d'eau dans le réseau viennent s'ajouter celles dues aux mauvaises manoeuvres de fermeture de la vanne de prise après l'irrigation : l'exploitant avant d'aller fermer la prise, ouvre la vanne qu'il a placé. Alors l'eau continue à couler dans le canal principal avant la fermeture de la prise. Le temps que prend la fermeture permet ainsi à un volume important d'eau de s'échapper.

Connaissant le débit Q et le temps que l'on met pour fermer la vanne après l'irrigation, on estime facilement ces pertes. Le rapport entre le débit en tête de parcelle et celui de la prise, donne l'efficience de distribution comme c'est le débit de la prise qui est censé utilisé pour irriguer. Le débit en tête de parcelle est estimé en plaçant un seuil déversant juste à l'amont de la parcelle, dont on connaît la longueur déversante L et la charge déversante h.

Le seuil est étant mince, alors le débit est calculé par la formule :

$$Q = 0.43 L h \sqrt{2gh}$$

On a une efficacité de distribution très faible : $E_d = 6,42 \%$

* Le type d'irrigation est :

- soit l'irrigation par sillon avec des billons étroits
- soit l'irrigation à la raie, les raies sont généralement courtes.

Les plantes sont semées au sommet des billons ou entre deux raies quelconques.

Connaissant le débit en tête de parcelle, pour calculer le volume d'eau apporté il suffit de connaître le temps d'irrigation. En moyenne les exploitants apportent 110 mm soit 1100 m³/ha chaque semaine (voir annexe I tableau N°3)

2.2.2. Aspect organisationnel :

Dans les domaines de l'irrigation ou de l'apport d'eau, l'organisation de la coopérative est insuffisante :

- la vanne de la prise est ouverte par n'importe qui et n'importe quand.

Chaque exploitant est autonome de son moment d'irrigation dans la journée. On assiste alors à plusieurs ouvertures de la vanne par jour, occasionnant une perte d'eau importante.

Conclusion

Les différentes pertes d'eau (dans le réseau ou dans les parcelles) s'infiltrent pour alimenter la nappe phréatique, par absence de réseau de drainage.

Cette nappe est remontée et affleure en plusieurs endroits (dépression), et a pour conséquence :

- asphyxie les plantes
- baisse des rendements.

Ce qui justifie l'abandon de plusieurs parcelles

2.3. L'irrigation sémi-gravitaire (voir Fig. 3)

Le type d'irrigation est l'irrigation par micro-bassin.

On irrigue en apportant tout le débit à un micro-bassin avant de continuer au suivant.

L'eau est refoulée jusqu'en tête de parcelle à l'aide d'une motopompe.

A la sortie de l'eau du tuyau, il n'y a généralement pas le bassin de réception qui dissipe d'abord l'énergie de l'eau avant qu'elle ne coule dans le réseau d'irrigation. Le jet d'eau creuse des cratères dans le sol. Le limon qui est transporté, se dépose dans le réseau pour le remblayer petit à petit, et réduire la section des canaux. Alors en pleine irrigation, l'eau déborde occasionnant des pertes importantes.

En plus des pertes par débordement, il y a des pertes par infiltration, qui sont la différence entre le débit de la motopompe et celui d'irrigation en négligeant l'évaporation. La dose moyenne d'irrigation est d'environ : 110 mm, alors que la RFU du sol (sol limoneux-argileux) est de 60 mm.

Il y a des exploitants qui sont conscients de ces pertes. Le long du canal d'irrigation, ils emboîtent des tuyaux au fur et à mesure qu'ils avancent pour irriguer, pour augmenter l'efficacité de distribution qui est très faible (voir annexe II, tableau n°8).

Conclusion

Pour ce système d'irrigation, le moyen d'exhaure de l'eau et le réseau d'irrigation sont gérés individuellement. En plus chacun est conscient de l'investissement et de l'entretien de la motopompe ; il s'organise de son mieux pour éviter des pertes d'eau.

Les efficacités d'irrigation sont très faibles en générale.

PARTIE C : AMELIORATION DE LA SITUATION EXISTANTE

La partie précédente a été consacrée au diagnostic des états de la mobilisation et de la gestion des ressources en eau. On a aussi fait le point sur la remontée de la nappe. Alors dans celle-ci, on va proposer des solutions pour améliorer :

- la mobilisation des ressources
- la gestion des ressources en eau
- l'assainissement du périmètre et rabaisser le niveau de la nappe par un réseau de drainage.

I. MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU

Les problèmes de mobilisation des ressources en eau sont rencontrés au niveau des puits et des prises directes en rivières. Il y a aussi le cas de moto-pompe à "grands débits".

1.1. Le puits (voir fig. 8)

Ils tarissent suite à un pompage de quelques heures seulement (2 heures à 3 heures) dans le mois d'Avril, période à laquelle le niveau statique baisse le plus. Ce sont des puits réalisés traditionnellement. La hauteur de captage ne couvre pas toute la hauteur de la formation aquifère.

On a fait un essai de pompage sur un puits de profondeur 3,60 m latéritique pour avoir le comportement envisager des solutions pour résoudre le problème d'eau, même si ce n'est pas de façon générale, si nous trouvons de solution pour améliorer l'exploitation de ce puits, alors il suffit de l'appliquer aux autres puits pour résoudre le problème relatif à l'eau.

Le pompage a commencé le matin, avant toute exploitation du puits, avec un débit de 10 l/s et a duré environ une heure.

La remontée quand à elle a duré trois (3) heures.

L'interprétation des résultats obtenus (voir note de calcul :et sur le pompage) a donné les valeurs caractéristiques suivantes :

- $H_m = 0,90$ m (profondeur du puits : 3,50 m et Niveau statique = 2,60 m)
- $H_o = 2,90$ m
- $L = 0,69$ m

- $C_e = 8,52 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- $V_e = 4 \text{ m}^3/\text{jour}$

En augmentant la profondeur du puits jusqu'à 6,0 m, alors on a :

- $H_m = 3,40 \text{ m}$
- $H_o = 5,40 \text{ m}$
- $L = 0,37 \text{ m}$
- $V_e = 9,5 \text{ m}^3/\text{jour}$

Pour la définition des termes voir annexe II page 49.

On remarque bien que le volume journalier exploitable (V_e) a augmenté de 137,5 %. Donc le temps de pompage sera augmenté du même rapport c'est-à-dire désormais, il faut 2 h 30 minutes environ pour vider le puits.

Comme le problème de tarissement se pose en Avril, période pendant laquelle la dose d'irrigation nette est faible d'après le calcul de besoin en eau, alors le temps supplémentaire de pompage que l'on gagne en approfondissant le puits, permettra d'irriguer une grande partie du périmètre, avant le tarissement du puits.

(Voir annexe I, tableaux 8)

Conclusion

Pour résoudre au moins en partie le problème d'eau au niveau du puits, il faudrait que les paysans augmentent leurs profondeurs jusqu'à 6 m. Au delà il y a un risque de cavitation qui endommage les motopompes (les experts fixent la hauteur manométrique maximale d'aspiration à 7,0 m).

1.2. Prises directes en rivière

Les principaux problèmes au niveau des prises directes en rivière sont :

- la charge de l'eau dans la rivière varie dans le temps (étiage, crue) alors que le débit dans le tuyau de la prise est fonction de cette charge:

$$Q = f(H)$$

Alors il en résulte une variation importante du débit d'irrigation des parcelles. Ainsi il sera difficile d'établir un tour d'eau rigoureux pour mieux la gérer. Alors il suffit de maîtriser ce débit, le rendant constant (voir partie de recommandation).

ERRATA

Page 3, premier paragraphe

Lire "les besoins en eau sont totalement satisfaits"
au lieu de "sont totalement satisfaites"

Page 4, cinquième ligne

Lire "le débit dans les prises, en aménageant un seuil...."
au lieu "le débit dans les prises, en aménagement un seuil".

Page 7, 2ème paragraphe

Lire "Alors il a été de choisir"
au lieu de "Alors il a été de choisi"

Page 8, 2ème tiret

Lire "les difficultés particulières que la coopérative rencontre ..."
au lieu de "les difficultés particuliers que la coopérative rencontre ..."

Page 8, 3ème tiret

Lire "nous avons besoin..."
au lieu de "nous avons besoins... .."

Page 8, 3è paragraphe

Lire "on a travaillé avec eux..."
au lieu de "on a travaille avec eux..."

Page 9 1er paragraphe

Lire "le débit est calculé par la formule $Q = mLh\sqrt{2gh} \dots$ "
au lieu de "le débit est calculé par la formule $Q = mLh 2gh \dots$ "

Page 10 2è paragraphe

Lire "la reserve en eau du sol est estimée..."
au lieu de "la reserve en eau du sol est estimé ..."

Page 12 3è paragraphe

Lire "comme la nappe n'est pas profonde (moins de 0-50 m),..."
au lieu de "comme la nappe n'est pas profonde (moins de 50 m), ..."

Page 12, 7è paragraphe

Lire "le réseau d'irrigation comprend de l'amont à l'aval..."
au lieu de "le réseau d'irrigation comprend l'amont vers l'aval, ..."

Page 13, 1er paragraphe

Lire "...avec beaucoup de maladdresses qui s'illustrent par..."
au lieu de "...avec beaucoup de maladdresses qui s'illustre par..."

Page 13, 2è paragraphe

Lire "...qui permet de mobiliser l'eau, soit d'une rivière, soit d'un puit,...."
au lieu de "...qui permet de mobiliser l'eau, soit d'une rivière, d'un puit,..."

Page 13, 4è paragraphe

Lire "c'est une rivière perenne qui connait une vairante importante de point débit"
au lieu de "qui connait une variation importante"

Page 14, 4è paragraphe

Lire "cela s'illustre par un départ de limon"
au lieu de "ça s'illustre par..."

Lire "pour les périmètres irrigués gravitairement ..."
au lieu de "irrigués gravitairement..."

Page 17, 6è paragraphe

Lire "cet affouillement est observé au niveau ..."
au lieu de "cet affouillement est observée au niveau..."

Page 18, 2è paragraphe

Lire "les plantes n'ont plus besoin d'apport supplémentaire d'eau pour leurs
croissance et développement"
au lieu de "les plantes n'ont plus besoin d'apport supplémentaire pour leur
croissance et développement..."

Page 19, 4è paragraphe

Lire "L'apport d'eau à la plante se fait dans un récipient de volume de déterminé"
au lieu de "L'apport d'eau à la plante se fait dans un récipient de volume de déterminée"

Page 23, 4è paragraphe

Lire "...pompage sur un puits de profondeur 3.60 m pour avoir le comportement
et envisager des solutions...."
au lieu de "...pompage sur un puits de profondeur 3.60 m latéritique pour avoir le
comportement envisager des solutions...."

Page 25, 3è paragraphe

Lire "ceci leur permet une utilisation efficiente"
au lieu de "ceci le permet une utilisation efficiente..."

Page 25, 4è paragraphe

Lire "on a montré dans la partie précédente..."
au lieu de "on a montré partie précédente..."

Page 25, 6è paragraphe

Lire "Des solutions sont envisagées pour mieux gerer..."
au lieu de "Des solutions pour mieux gerer....."

Page 26, 3^e paragraphe

Lire "L'amélioration des propriétés physiques du sol..."
au lieu de "L'amélioration des propriétés physiques du sol....."

Page 27, 5^e paragraphe

Lire "car le débit de prélèvement est fonction de la charge d'eau dans la rivière.."
au lieu de "car le débit de prélèvement est fonction de la charge d'eau dans la rivière"

Page 29, 5^e paragraphe

Lire "...alors on propose la largeur au plafond adopté rarement..."
au lieu de "...alors on propose la largeur du plafond adopté rarement..."

Page 31, 1^{er} paragraphe

Lire "Pour l'émissaire, le calcul se fait de bief en bief..."
au lieu de "Pour l'émissaire, le calcul se fait de bief en bien...."

Page 34, 2^e paragraphe 2^e tiret

Lire "à partir des prises réalisées sur la rivière..."
au lieu de "à partir des prises réalisés sur la rivière....."

Page 34, 6^e paragraphe

Lire "les affouillements dus..."
au lieu de "en affouillement du,...."

Page 38, 19^e ligne

Lire "on calcule le temps d'irrigation..."
au lieu de "on calcule temps d'irrigation...."

Page 38, avant dernière ligne

Lire "parce que nous ne dispositions pas..."
au lieu de "parce que nous ne dispositions pas....."

Fig 4 : Bassin de Reception muni de Vanne (Prise en Rivière)

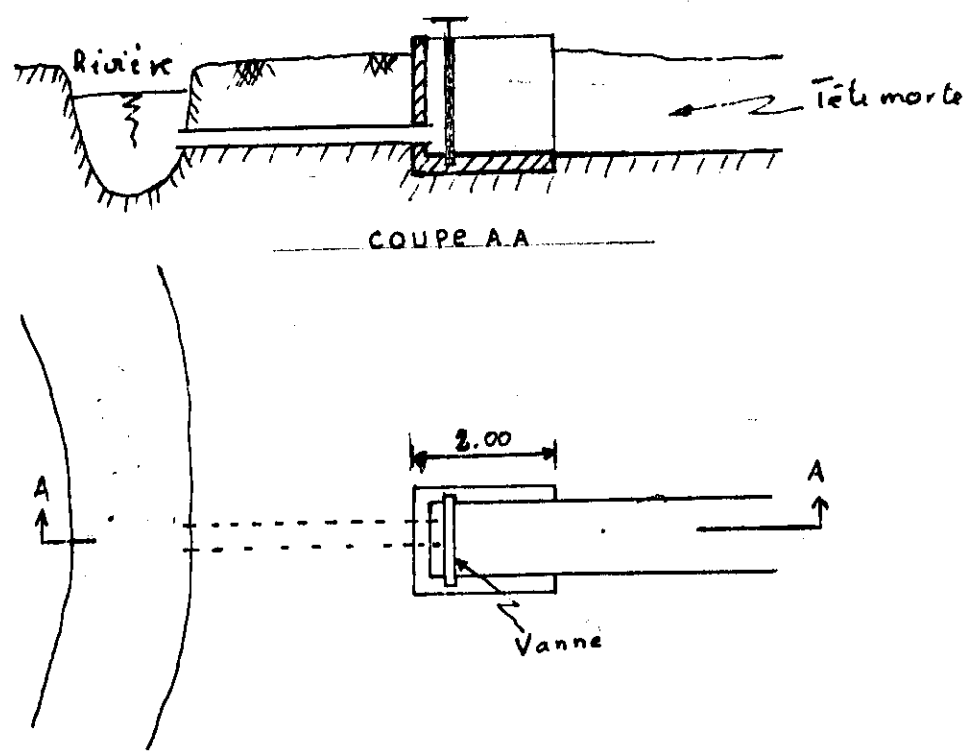
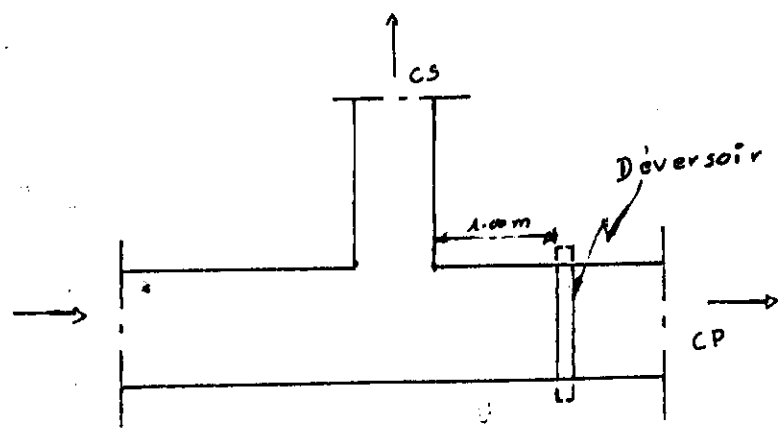


Fig 5 Régulation de Débit (Imigation gravitaire)



C.P : Canal principal
 C.S : Canal pecondaire

- le mauvais état de la vanne rend sa manoeuvre très difficile. Il en résulte beaucoup de pertes d'eau.

Pour améliorer cette vanne, on construit un ouvrage en maçonnerie comportant une vanne glissante juste à l'aval du tuyau de prise. (Voir Fig 4)

1.3. Les motopompes

Le temps de l'irrigation est très court (inférieure à une minute) pour irriguer les micro bassins de 10 à 15 m² par de motopompe de débit supérieur est égal à 15 l/s. Il y aura plus d'apport d'eau qu'il n'en faut, car la manipulation du débit est très difficile. L'eau perdue en profondeur par percolation, diminue l'efficacité d'irrigation à la parcelle, remettant ainsi en cause la gestion efficace de l'eau.

Donc les exploitants ont à choisir les motopompes de débit inférieur (5 à 10 l/s). Ceci le permet une utilisation efficace de la motopompe, les rendant plus rentable.

(Voir annexe I, tableau 12)

II. GESTION DES RESSOURCES EN EAU

On a montré la partie précédente que les efficacités de distribution (E_d) et d'irrigation à la parcelle (E_p) sont très faible.

On a aussi remarqué de pertes d'eau considérables liées à l'organisation des exploitants, surtout pour l'irrigation gravitaire.

Des solutions pour mieux gérer l'eau et résoudre les problèmes de ces pertes sont envisagés sur les plans techniques et organisationnels.

II.1. Aspect technique

L'aspect technique consiste à augmenter les efficacités de distribution et d'irrigation à la parcelle.

II.1.1. L'Efficacité de distribution

Augmenter l'efficacité de distribution revient à réduire les pertes d'eau dans le réseau d'irrigation.

Les différentes pertes ont pour origine soit l'infiltration, soit le débordement des canaux.

Pour réduire l'infiltration dans le réseau d'irrigation, il y a plusieurs techniques :

- revêtement à surface dure : maçonnerie, béton, etc.
- revêtement à surface souple : membrane imperméable, revêtements bitumineux,
- amélioration des propriétés physiques du sol par compactage.

L'amélioration des propriétés physiques du sol par compactage est très efficace, en réduisant considérablement la perméabilité du sol, donc les pertes par infiltration. Mais il faut au préalable connaître la granulométrie et expérimenter le compactage au laboratoire, pour déterminer l'optimum proctor.

Alors, on propose le revêtement de canaux par une membrane en plastique (voir fig.6). C'est une membrane généralement de 1 à 2 mm d'épaisseur.

Elle est posé sur le profil du canal, avec le bord ancré dans une tranchée réalisée dans le cavatier, en commençant de l'aval vers l'amont.

La jonction de deux bandes du plastique qui se suivent se fait sur 10 cm environ, avec le bord de plastique amont au-dessus. La jonction peut se faire aussi par thermo-soudure, mais risquerait de ne pas être à la portée des paysans sur le plan technique. Les talus de canaux doivent être compactés pour mieux ancrer le bord de plastique.

La durée de vie excède rarement deux ans sous les coups du soleil du tropique comme il n'est pas enterré.

Dans de tels canaux, l'efficacité de distribution vaut généralement 80 %. C'est sur cette base que nous déterminerons les besoins brutes à mobiliser pour les cultures.

C'est une technique facilement exécutable par les paysans, il suffit de bien tracer les canaux, de poser le plastique dont la largeur de la bande permet d'assurer son ancrage dans les talus.

L'inconvénient, c'est que le plastique n'est pas disponible en dehors des grandes villes.

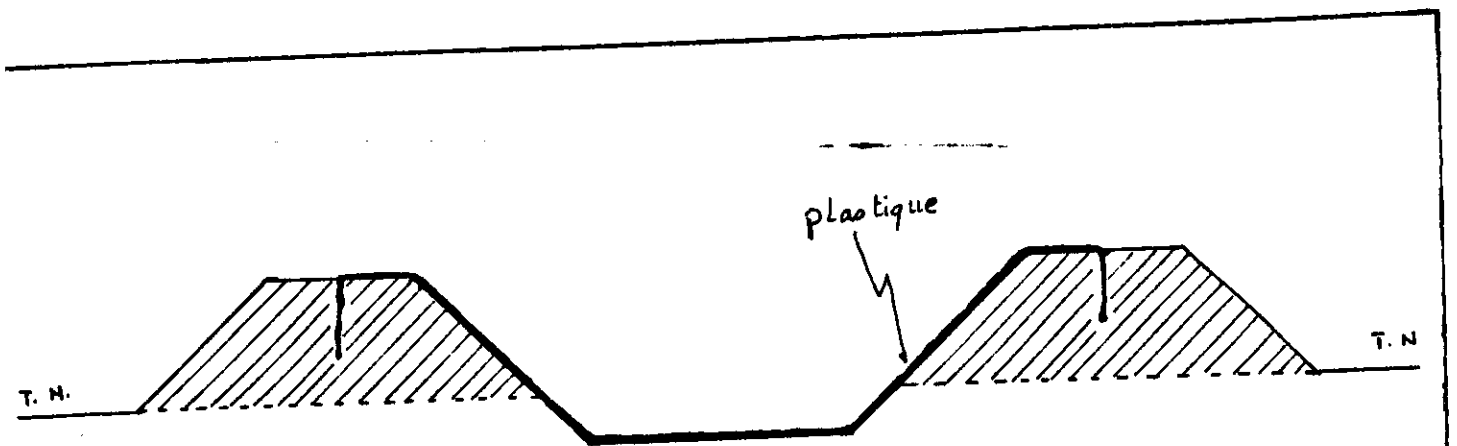


Fig 6 : Revêtement des canaux

II.1.2. L'efficience d'irrigation à la parcelle

Pour augmenter l'efficience d'irrigation à la parcelle, le paysan doit connaître :

- la dose normale d'irrigation en fonction de la période et du cycle végétatif.
- le débit de l'irrigation
- le temps nécessaire pour irriguer sa parcelle de superficie connue

Pour les exploitants utilisant la motopompe, on a déterminé toutes ces données en fonction des différents débits (Voir annexe I tableau 12)

On leur a défini un nombre d'irrigation par mois et le temps qu'il mette pour irriguer un micro-bassin donné.

Sur cette base, l'efficience d'irrigation à la parcelle vaut 90 % car les 10 % du volume d'eau apporté percolent en profondeur.

Par contre pour ceux qui irriguent à partir des canaux avec prise directe en rivière, il est très difficile de connaître les débits d'irrigation en un moment donné pour déterminer le temps d'irrigation d'une parcelle de superficie connue, malgré qu'on connaît la dose normale à apporter, car le débit de prélèvement est fonction de ce charge d'eau dans la rivière. Cette charge varie dans le temps (crue, étiage).

II.2. Aspect organisationnel

Il y a des pertes d'eau en général liées à l'organisation des exploitants. D'où ils doivent bien s'organiser pour une bonne gestion de l'eau.

On propose quelques lignes directrices pour renforcer l'organisation existante :

- le renforcement du tour d'eau qu'ils ont déjà établis, dans les périmètres d'irrigation gravitaires. Malheureusement on a pas pu définir le temps d'irrigation exact pour une superficie donnée à cause de la non maîtrise du débit dans les canaux.

En supposant ce temps connu, pour chaque exploitant, alors on établit un calendrier d'irrigation aux heures prêts, à l'unanimité de tout le monde. Ceci permettra d'éviter les ouvertures incontrôlées de la vanne de la prise ou il y a beaucoup de pertes d'eau.

- créer une "police de l'eau" : les membres ne devaient pas avoir une reproche sociale, sinon ils ne peuvent appliquer à la lettre les sanctions qui s'imposent

Au préalable, la coopérative doit définir les règles et les sanctions en informant tout le monde. Ces règles et sanctions doivent tenir compte des réalités et contraintes sociales. Le rôle de la "police de l'eau" est de faire respecter le calendrier d'irrigation établi, éviter les apports d'eau supérieurs aux besoins. En un mot : instaurer la discipline.

- entretenir le réseau d'irrigation et la prise, en convoquant chaque fois que l'occasion se présente tous les bénéficiaires du réseau, ou bien percevoir une redevance définie au préalable, auprès de chaque bénéficiaire pour payer la main d'oeuvre, pour l'exécution de l'entretien.

III. DRAINAGE (voir fig. 7)

On a vu la manière dont la nappe phréatique est remontée pour asphyxier les plantes et baisser les rendements, suite aux apports d'eau dépassant de loin la dose d'irrigation normale.

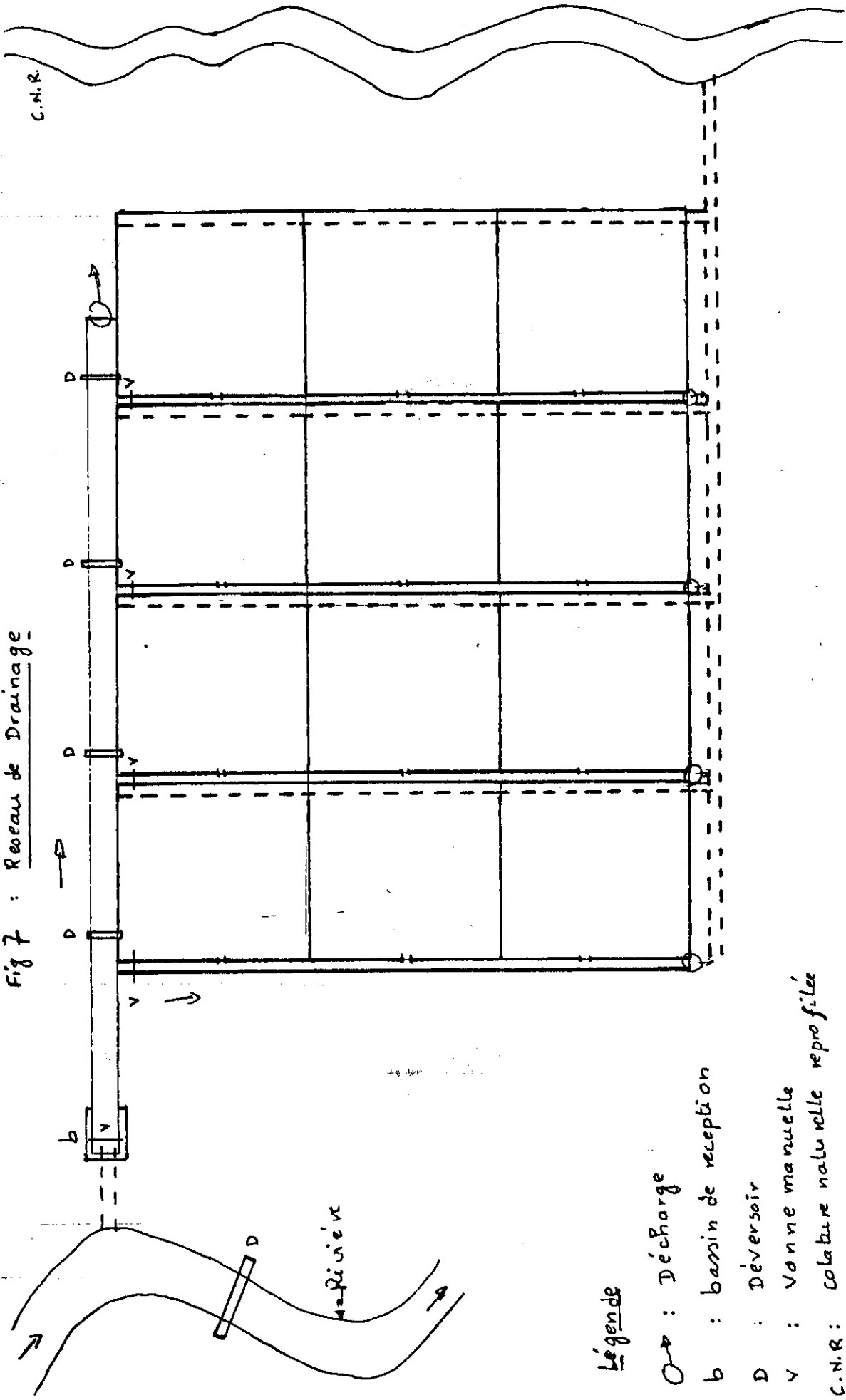
Le drainage consiste non seulement à assainir le périmètre mais aussi à baisser le niveau de la nappe au delà de système racinaire des spéculations.

Il existe déjà une colature naturelle sur la rive gauche dans le lit majeur. C'est un marigot interrompu çà et là, donc ne permettant pas un écoulement continu de l'eau : on trouve cette eau stagnante par endroit.

La solution pour abaisser le niveau de la nappe consiste à reprofiler et approfondir la colature : on lui donne une section trapézoïdale ayant pour fruit de berges $m = 1$ pour une bonne stabilité des berges. Ensuite on l'aménage avec une profondeur dépassant au moins le système racinaire. Comme généralement les racines de culture maraîchère n'excède pas 0,60 m de profondeur, alors il suffit de creuser la colature jusqu'à 0,80 m environ de profondeur, comme le sol est argileux.

L'eau coulera alors de la nappe vers la colature par différence de niveaux piézométrique : le niveau de la nappe baisse alors progressivement jusqu'au niveau de l'eau dans la colature. Comme cette dernière est reprofilée pour couler, alors elle a tendance à se vider : ce qui rabaissera de plus le niveau de la nappe jusqu'à la côte du plafond de la colature. Dans ce cas, il n'y aura plus d'écoulement d'eau de la nappe vers celle-ci, car les niveaux piézométriques

Fig 7 : Réseau de Drainage



Légende

- → : Dégorgement
- b : bassin de réception
- D : Déversoir
- V : Vanne manuelle
- C.N.R. : Colature naturelle reprofilée

sont maintenant identiques, et une éventuelle future baisse de la nappe n'est plus l'effet de la colature.

Il n'y aura plus de risque de remontée de la nappe.

La colature intercepte aussi les eaux de pluie tombant sur le périmètre ou sur le versant ; elle doit être dimensionnée en tenant compte de ces eaux, en considérant des biefs de cent (100) mètres. La section de la colature dépend du débit à évacuer dans chaque bief.

Le drainage consiste aussi à assainir le périmètre, des eaux supplémentaires par rapport aux besoins, apportés dans les parcelles et celles des pluies, par un réseau de drainage similaire au réseau d'irrigation gravitaire.

Les eaux collectées par le réseau de drainage, regagnent la colature à l'aval du périmètre.

La section des canaux du réseau sera trapézoïdale avec des talus de fruit $m=1$ et leurs pentes de sorte que la vitesse de l'eau n'excède de 0,60 m/s.

La superficie des périmètres n'étant pas connues avec exactitude, ni celle des parcelles par exploitants, pour calculer la section des canaux du réseau de drainage, en fonction de la pluie (pluie humide décennale par exemple), alors on propose la largeur du plafond adopté généralement dans la littérature.

- secondaire : 20
- principal : 30

La profondeur des canaux est variable en fonction du modelé du terrain. Pour la colature principale, on a pas de plan de masse du périmètre pour calculer les débits à évacuer et ainsi déterminer la section. L'objectif étant d'évacuer les eaux en aval du périmètre et éviter l'approfondissement ou l'effondrement des berges par érosion, on lui adopte une largeur au plafond de 0,50 m.

Règle de calcul des colatures

pour calculer la section des colatures, il faut connaître le débit q à drainer. Ce débit est fonction de la pluie, de la superficie à drainer et du temps de tolérance des cultures pour une inondation. Ce temps varie en fonction de la spéculation. Pour les cultures maraîchères, il varie entre 48 heures et 72 heures. pour le calcul, on considère le temps minimal (48 heures) pour évacuer les eaux de pluie. Pour l'exploitation de toutes les cultures (surtout le maïs).

Les canaux seront dimensionnés pour évacuer un epluie décennale humide P10 pendant 48 herues. Si c'est la superficie à drainer alors :

$$q = \frac{P_{10}}{T} * b \quad (T = 48 \text{ h})$$

$$q = \frac{P_{10} * 10^{-3} * S * 10^4}{48 * 3000} \quad \text{où} \quad \begin{cases} P_{10} \text{ (mm)} \\ S \text{ (ha)} \end{cases}$$

$$q = 5,80 \cdot 10^{-5} * P_{10} * S$$

Le fruit des berges m et la largeur au plafond b sont déjà fixés m = 1.

$$m = 1$$

$$b = \begin{cases} 0,20 \text{ m pour les canaux secondaires} \\ 0,30 \text{ m pour le canal principal} \\ 0,50 \text{ m pour la colature (émissaire)} \end{cases}$$

La pente I doit être telle que la vitesse d'écoulement de l'eau dans ce canal, soit inférieure à 0,60 m/s.

En section hydrauliquement favorable, ce tirant d'eau y est calculé par la formule itérative suivante :

$$y = \left(\frac{q}{K\sqrt{I}} \right) \times \frac{b \times 2 \times Y \sqrt{1 + m^2}}{y^{2/3} (b + 2my)^{8/3}}$$

$$\Rightarrow y = \left(\frac{q}{K\sqrt{I}} \right)^{3/5} \times \frac{(b \times 2 \times y \sqrt{1 + m^2})^{3/5}}{(b + 2my)^{3/5}}$$

où K est le coefficient de Manning-strickler.

Dans la litterature pour les canaux en terre, on prend généralement k = 30. Alors on prend k = 30 pour la suite des calculs.

Pour l'émissaire, le calcul se fait de bief en bief sur une longueur de 100 m. On tient compte dans ce cas des eaux de ruissellement latéral à partir de la ligne de partage des eaux, qui ont tendance à inonder le périmètre.

La vitesse est calculée par la formule suivante :

$$V = KR^{2/3} \sqrt{I}$$

$$V = K \left(\frac{y}{2} \right)^{2/3} \sqrt{I} \text{ en section hydrauliquement favorable}$$

$$V = 19 * y^{2/3} \sqrt{I}$$

Si $V > 60$ cm/s alors revoir la pente

Récapitulatif

S = superficie à drainer (ha)

P₁₀ = pluie décennale humide (mm)

$$q = 5,80 \cdot 10^{-9} \times P_{10} \times S \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

m = 1 (fruit des berges)

$$y = \left(\frac{q}{K\sqrt{I}} \right)^{3/5} \times \frac{(b + 2 * y * \sqrt{2})^{3/5}}{(b + 2y)^{8/5}}$$

K = 30

$$V = 19 * y^{2/3} \sqrt{I} \leq 60 \text{ cm/s}$$

$$b = \begin{cases} 0,20 \text{ m pour les canaux secondaires} \\ 0,30 \text{ m pour le canal principal} \\ 0,50 \text{ m pour la colature (émissaire)} \end{cases}$$

I = pente du terrain naturel (m/m)

IV. LE VOLUME D'EAU RECUPERE SUITE A L'AMELIORATION

Les solutions proposées pour améliorer la mobilisation et la gestion de l'eau permettent d'économiser les pertes d'eau au niveau des vannes et des systèmes d'irrigation.

L'estimation des pertes concerne seulement les eaux de la rivière, qui une fois récupérée, permettront de résoudre au moins en partie les problèmes d'eau en aval.

IV.1. Pertes au niveau des vannes

Par jour, on a estimé les pertes au niveau des vannes des prises directes en rivière, à 146,4 m³ en moyenne (voir annexe II tableau 6).

La coopérative compte onze prises, et irrigue huit mois sur douze (d'Octobre à Mai). Au niveau de chaque prise on irrigue au moins une fois par jour. Si v est le volume total perdu à travers les vannes, alors on a :

$$V = 386 . 496 \text{ m}^3 = 0,4 * 10^6 \text{ m}^3$$

C'est ce volume qui sera économisé annuellement, une fois les vannes améliorées.

4.2. Pertes d'eau liées aux systèmes d'irrigation

Dans l'estimation des volumes récupérés à ce niveau, on ne fera pas cas de l'irrigation localisée manuelle, car non pratiquée à partir des eaux de la rivière. D'ailleurs c'est une irrigation de moindre importance. Les mesures sur le terrain sont faites pendant le mois d'Avril. Alors l'estimation des pertes n'est concrète que pour ce mois ; en faisant la différence : volume d'eau qu'il faut pour les plantes, du volume d'eau réellement prélevé par les paysans.

Pour les autres, on part de l'hypothèse que la mobilisation et l'irrigation sont faites dans les mêmes conditions, alors on suppose que le rapport du volume réellement prélevé par les paysans, par les besoins réels, est constant.

Cette constante est facilement calculée à l'aide des données du mois d'Avril. Les pertes sont la différence des besoins globaux au volume réellement prélevé.

On a en fonction du système d'irrigation :

- irrigation gravitaire : 402 175 m³/ha
- irrigation sémi-gravitaire : 20 512 m³/ha

(voir annexe III tableaux 2 et 4)

Pour avoir le volume total perdu, il faut connaître les superficies irriguées dans chaque système d'irrigation.

Les pertes d'eau sont estimées à leurs valeurs minimales, car en calculant les besoins, il y a certains mois dont l'apport d'eau est nul, alors que les paysans irriguent réellement.

(Voir annexe I, tableau 8)

Conclusion

On remarque que l'amélioration de la situation existante permet de récupérer un volume important d'eau, qui résoudra les problèmes d'eau au moins en partie, en aval.

PARTIE D : RECOMMANDATION

Dans cette partie, on propose des mesures d'accompagnement pour la bonne application des solutions entreprises pour bien mobiliser ou gérer les ressources en eau pour l'irrigation informelle. On fera cas aussi des mesures plus efficaces, à expérimenter afin de déterminer les limites de leur application.

Ainsi on abordera les points suivants :

- formation des exploitants
- recherche et expérimentation des matériaux locaux
- mobilisation efficace de l'eau à partir des prises réalisés par la rivière

I. MOBILISATION EFFICACIE DE L'EAU

Pour les différentes formes de mobilisation de l'eau par la coopérative, on a proposé d'une manière ou d'une autre, des solutions pour son amélioration, sauf pour la mobilisation à partir de prises directes en rivière.

De la solution qu'on dégagera, dépendra la forme de gestion contrôlée de l'eau. La charge de l'eau dans la rivière varie de l'étiage à la crue. Or le débit dans le tuyau de prise est fonction de cette charge.

Sans une connaissance exacte du débit dans le réseau d'irrigation, on ne peut pas savoir le débit en tête de parcelle, pour déterminer le temps d'irrigation pour une parcelle donnée. Or sans ce temps, on ne peut non plus estimer le volume d'eau qu'on économise dans les périmètres, pour résoudre au moins en partie les problèmes d'eau plus en aval de Diaradougou.

Pour améliorer la mobilisation de l'eau, on propose de :

- placer un seuil déversant en aval de la prise
- protéger les berges contre les affouillement dus à la dynamique pluviale dans un coude.

- Pour réaliser le déversoir, il faut avoir :

1. La pelle du seuil qui est fonction de l'encaissement du lit et de la charge d'eau que l'on désire avoir en amont.

2. La largeur (l) du lit du cours d'eau à l'emplacement du seuil.
Avec le débit maximal de la rivière, on calcule la largeur déversante (L) du seuil en fonction de la charge déversante h fixée au préalable.

En comparant les valeurs de l et L alors on pourra définir le type de déversoir à placer :

- si $l > L$ alors un déversoir transversal
 - si $L > l$ alors c'est un déversoir longitudinal, oblique ou type Giraudet qui convienne
3. La côte du tuyau de prise. Par différence avec la côte du plan d'eau, on a la charge d'eau H recherchée.
4. La distance de l'emplacement du seuil à la prise
5. La longueur de la berge sensible aux affouillements en amont de la prise.
Les points 4 et 5 donnent la longueur de la protection de berge.

La prise fonctionne comme un pertuis de fond, alors le débit est calculé par la formule :

$$Q = 0,82 \Omega \sqrt{2g} \cdot \Delta H^{0,5} \quad (g = 10 \text{ m}^3 / \text{s}^2)$$

$$Q = 3,68 \Omega \Delta H^{0,5} \quad (\Omega \text{ section du tuyau})$$

Une fois que Q est connu, on calcule temps d'irrigation pour chaque parcelle de superficie (s) connue.

Si l'efficience d'irrigation reste 0,7 comme on l'a déterminée alors le temps d'irrigation est calculé par la formule suivante :

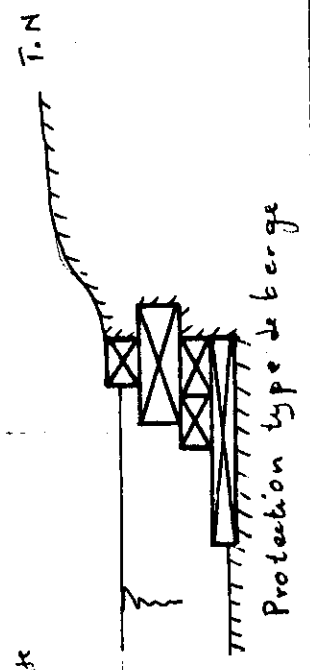
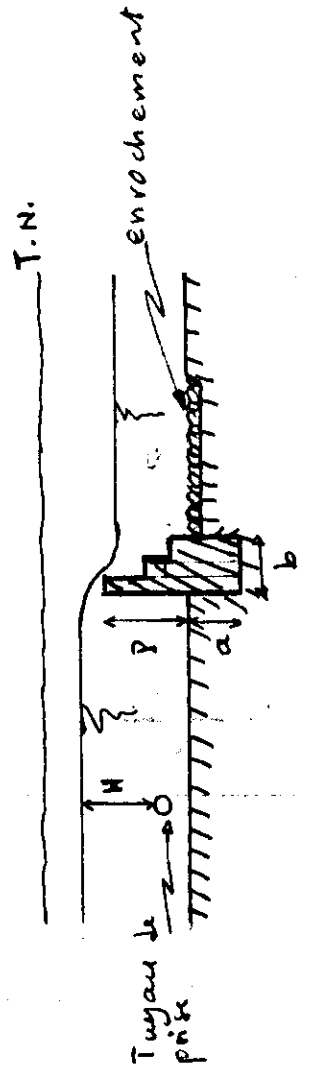
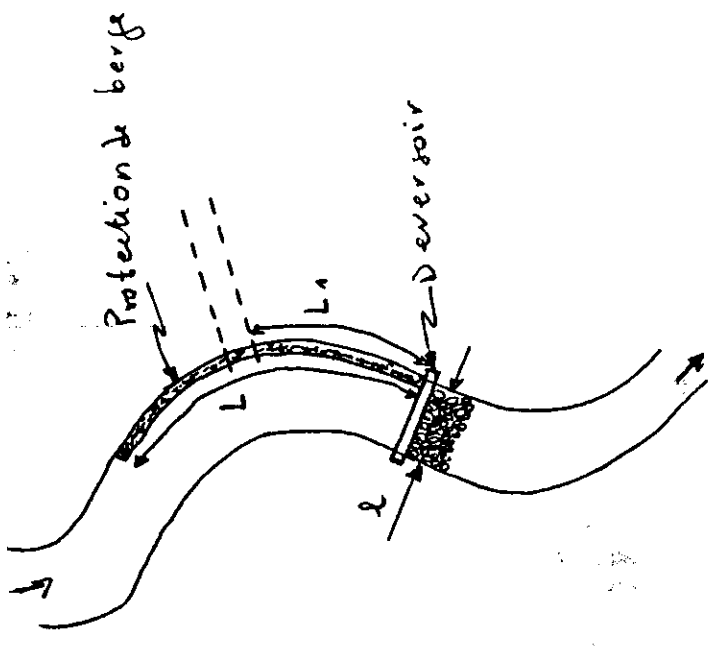
$$t = \frac{DN * S'}{0,7 * Q}$$

Où * DN (m³/ha) est la dose réelle (besoin net) à apporter (voir calcul

- * S' (ha) : superficie de la parcelle d'un exploitant
- * Q (m³/s) : le débit dans la prise

Une fois que chaque exploitant connaît le temps qu'il met pour irriguer. Alors il peut établir un calendrier d'irrigation en tenant compte des réalités et contraintes sociales.

Fig no : Régulation de débit et protection de berges
(prise en rivière)



Légende :

- H : charge d'eau au dessus du tuyau de prise
- P : la pelle du puits de versant
- a : l'ancrage du puits de versant
- b : la largeur en base du puits de versant
- L : la longueur de la protection de berge
- L₁ : distance deversoir - tuyau de prise
- l : largeur du lit au cours d'eau

II. RECHERCHE ET EXPERIMENTATION DES MATERIAUX LOCAUX

On a émis la proposition de revêtir le réseau d'irrigation par du plastique parce que nous n'avons pas de données sur le revêtement avec des matériaux locaux comme la terre cuite.

La terre est un matériau disponible en quantité et à proximité. En plus, une fois qu'elle est cuite, elle est plus résistante à l'érosion hydrique (expérimentation à l'EIER sur des écailles en terre cuite).

Par contre, nous ne savons pas :

- la nature du matériaux qui convient le mieux
- les dimensions des briques
- la durée de vie
- la porosité pour définir l'efficience de distribution
- etc.

A priori, on peut dire que revêtir les réseaux d'irrigation avec de la terre cuite, revient moins "chère" que le plastique proposé parce que :

- la terre est un matériau local, comme la main d'oeuvre.

En plus, elle a un effet psychologique favorable : le paysan ne voit pas l'argent sortir directement de sa poche,

- le plastique est une matière "importée" et il faut une main d'oeuvre expérimentée. En plus le paysan est réticent à la sortie d'argent de sa poche s'il n'est pas convaincu.

Ces éléments font que le revêtement du réseau d'irrigation avec du plastique sera pas facilement adopté par les paysans.

D'où une nécessité de le remplacer le plus tôt possible par le revêtement à partir de matériaux locaux.

III. FORMATION DES EXPLOITANTS

On a fait :

- des propositions pour améliorer la mobilisation et la gestion de l'eau.
- des calculs pour déterminer la dose normale à apporter pour une spéculation donnée et le temps d'irrigation pour une parcelle de superficie donnée.

Dans un champ (bananeraie, culture maraîchère) on organise des stages pour les paysans pour leur apprendre :

- à réaliser de bon réseau d'irrigation : tracé, compactage, revêtement, etc.
- à apporter la dose normale pour un débit et une superficie donnés en insistant sur le temps d'irrigation.

On les sensibilise aussi sur les risques du non respect de ces règles, entre autre la baisse du rendement et par là, la baisse de la rentabilité de l'opération dans son ensemble.

En fin de chaque campagne, on les regroupe pour leur montrer un rendement obtenu dans les champs pilotes. Ca servira de preuve palpable pour les exploitants.

ANNEXES

Annexe I : Calcul des besoins en eau

1.1. Cultures maraîchères et maïs

Les paysans font les cultures maraîchères en tenant compte des contraintes d'écoulement sur le marché. On trouve ainsi tous les stades végétatifs, dans un périmètre donné et pour une spéculation donnée. Il est alors difficile de calculer les besoins en eau pour une spéculation pendant une campagne donnée, à plus forte raison en tenant compte de toutes les spéculations : gombo, tomate, aubergine, piment, maïs, chou, etc.

Alors on propose, pour une spéculation donnée, de considérer le nombre de cycles végétatifs qui sont possibles par an, de calculer les besoins en eau pour ces cycles afin de retenir les besoins en eau qui correspondraient au calendrier le plus contraignant. Une fois que l'exploitant mobilise l'eau pour les besoins de ce cycle, alors pour les autres (cycles), il n'y aura pas de problème à priori.

Si l'on connaît le débit d'irrigation, Q , et la surface à irriguer s , alors il est facile de connaître le temps d'irrigation t pour apporter la dose normale d'eau à la parcelle, DN .

Si DN est en m^3/ha , $t(s)$, $s(m^2)$, $Q(m^3:s)$.

$$DN = \frac{Q \times t}{10^{-4} S} \Rightarrow t = 10^{-4} \frac{DN * S}{Q}$$

Le cycle végétatif d'une culture maraîchère est de quatre mois, à l'exception du maïs dont c'est cent (100) jours.

La campagne de cultures maraîchères et du maïs commence en Octobre - Novembre et finit en Avril - Mai (en saison sèche exclusivement). En considérant d'Octobre à Mai on a huit mois. On a la possibilité de faire cinq campagnes par an (voir tableau 1 : calendriers culturaux), en partant de l'hypothèse que chaque mois d'Octobre à Janvier les exploitants font une nouvelle semis de la spéculation

On part aussi de l'hypothèse que les campagnes de maraîchage et du maïs commencent en même temps, pour établir les calendriers culturaux.

Tableau 1 : Calendriers cultureux

	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai
Cultures Maraîchères	-----							

Maïs	-----							

Les coefficients cultureux de toutes les cultures maraîchères sont identiques à l'exception du maïs qui a des coefficients différents.

Dans le tableau suivant, on résume l'ensemble des coefficients en fonction des différentes phases

Tableau 2 : Coefficients cultureux (Kc)

Cultures		Phase initiale	Développement	Mi-saison	Fin saison	Récolte
Maraîchères	Durée (j)	20	30	30	30	20
	Kc	0,50	0,75	1,15	0,90	0,80
Maïs	Durée (j)	15	20	30	20	15
	Kc	0,40	0,80	1,10	0,90	0,50

(Source : cours polycopié d'agriculture de Mr ALIOU Ibrahima)

Les besoins en eau des plantes sont toujours fonction de l'évapotranspiration (ETP).

A Bobo-Dioulasso, on a une station synoptique datant de 1951. C'est la station la plus proche et ayant des données fiables. On a des données moyennes de l'ETP mensuel résumées dans le tableau suivant, moyenne faite sur les données de 1951 à 1994.

Tableau 3 : ETP (mm) par mois.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
ETP (mm)	202	197	206	174	145	108	95	97	119	161	174	185

On considère que tous les mois ont trente (30) jours pour le calcul des besoins en eau.

Pour avoir la valeur de l'ETP pour une décade, il suffit de diviser l'ETP par trois (3). L'ETM est l'évapotranspiration maximale. Pour une culture donnée, elle correspond au produit du coefficient cultural K_C par l'ETP. ($ETM = K_C \times ETP$).

Avant les semis, on fait une pré-irrigation pour aménager la réserve en eau (RE) du sol à 90 mm et dès lors on considère que RE en début d'une décade a la même valeur que RE à la fin de la décade précédente. (90 mm est la réserve en eau que le sol peut contenir). Pour le maïs, on apporte de l'eau pendant 85 jours et pour les cultures maraîchères pendant 110 jours, car pendant la récolte, on n'irrigue pas.

Le sol retient de l'eau autour de ses grains de sable ou d'argile, par la tension superficielle qui n'est pas utilisable par les plantes. Car la force de succion des plantes, pour puiser l'eau du sol par les racines est inférieure à cette tension superficielle.

Seule l'eau libre dans les pores du sol est utilisée par la plante. Cette eau représente les deux tiers de la réserve en eau du sol, c'est-à-dire l'eau totale dans le sol. Cette eau libre est appelée la réserve facilement utilisable (RFU) : $RFU = 2/3 RE$.

On a proposé des améliorations pour augmenter les valeurs de l'efficacité d'irrigation :

- l'efficacité de distribution est augmentée à 0,80
- l'efficacité d'irrigation à la parcelle à 0,90 en considérant que 10 % du volume d'eau mobilisé pour l'irrigation percolent.

Alors l'efficience globale d'irrigation (produit des 2 efficacités) vaut :

$$E = 0,80 \times 0,90 = 0,72.$$

On prend $E = \underline{0,70}$

En définissant :

RE_i = Réserve en eau initiale

RE_f = Réserve en eau finale

I_r = Dose d'irrigation

B_N = Besoins nets

B_B = Besoins bruts

Alors dans les tableaux suivants, on a le calcul des besoins en eau du maïs et des cultures maraîchères pendant cinq campagnes qui se suivent.

On remarque que c'est pendant les campagnes de Décembre à Mars et de Janvier à Avril que les besoins sont les plus élevés que ça soit pour le maïs ou pour le maraîchage. Il va de soi car c'est en cette période que l'ETP est la plus élevée.

Connaissant la superficie exploitée par chaque paysan, alors le temps d'irrigation sera défini en fonction du débit d'irrigation Q (débit utile).

$$\text{On a } t = \frac{10^{-4} \text{ DN} * S}{Q}$$

1.2 - Besoins en eau des bananiers

Le cycle végétatif du bananier dure 12 mois. Les différentes phases, leur durée et les coefficients culturaux k_c sont résumés dans le tableau qui suit.

Tableau 6

Phase	Phase initiale	Développement	mi-saison	Fin-saison	Recolte
Durée (mois)	3	3	3	2	1
K_c	0,50	0,85	1,10	1,0	0,85

TABIEAU 4 : Calcul des besoins en eau du maïs

Tableau 4a

Mois	Octobre			Novembre			Décembre			Janvier			Février			Mars			Avril			Mai							
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Décade	54	54	54	58	58	58	62	62	62	67	67	67	67	67	67	66	66	66	69	69	69	58	58	58	48	48	48		
ETP (mm)	0,4	0,4	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,5	0,5		
Kc	21,6	21,6	43,2	46,4	63,8	63,8	68,2	55,8	55,8	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	52,8	52,8	75,2	75,2	75,2	63,8	63,8	63,8	52,2	52,2	24	24		
ETM(mm)	90	68,4	46,8	3,6	17,2	13,4	9,6	1,4	5,6	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	37,2	37,2	44,4	49,2	49,2	33,3	33,3	33,3	21,4	21,4	29,2	29,2	29,2	
REi (mm)	68,4	46,8	9,6	17,2	13,4	9,6	1,4	5,6	39,8	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	44,4	44,4	49,2	33,3	33,3	17,4	17,4	17,4	21,4	21,4	29,2	29,2	29,2	
RE (mm)	0	0	0	60	60	60	60	60	90	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Ii (mm)	60	60	46,8	3,6	17,2	13,4	9,6	1,4	5,6	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	37,2	37,2	44,4	49,2	49,2	33,3	33,3	33,3	21,4	21,4	29,2	29,2	29,2	
RFUi (mm)	60	60	46,8	3,6	17,2	13,4	9,6	1,4	5,6	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	37,2	37,2	44,4	49,2	49,2	33,3	33,3	33,3	21,4	21,4	29,2	29,2	29,2	
RFU (mm)	0	0	0	60	60	60	60	60	90	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
BN (mm)	07	07	0,7	0,7	07	07	07	07	0,7	07	07	07	07	07	07	07	07	0,7	07	07	07	07	07	07	0,7	0,7	07	07	
E	0	0	0	86	86	86	86	86	129	0	0	0	0	0	0	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	
BB (mm)	0	0	0	86	86	86	86	86	129	0	0	0	0	0	0	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	

$\Sigma BN = 391,9 \text{ mm} = 3920 \text{ m}^3/\text{ha}$

$\Sigma BB = 559 \text{ mm} = 560 \text{ m}^3/\text{ha}$

$\Sigma BN = 420 \text{ mm} = 4200 \text{ m}^3/\text{h}$

$\Sigma BB = 600 \text{ mm} = 6000 \text{ m}^3/\text{h}$

Tableau 4b

Mois	Novembre			Décembre			Janvier			Février		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Décade	58	58	58	62	62	62	67	67	67	66	66	69
ETP (mm)	0,4	0,4	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	1,1	0,9	0,5
Kc	23,2	23,2	46,4	49,6	68,2	68,2	73,7	60,3	60,3	72,6	59,4	34,5
ETM(mm)	90	66,8	43,6	57,2	67,6	59,4	51,2	37,5	37,2	29,8	17,2	48,4
REi (mm)	66,8	43,6	57,2	67,6	59,4	51,2	37,5	37,2	36,9	17,2	17,8	13,9
REf (mm)	0	0	60	60	60	60	60	60	60	90	60	0
Ir (mm)	60	60	43,6	57,2	60	59,4	51,2	37,5	37,2	29,8	17,2	48,4
RFUi (mm)	60	43,6	57,2	60	59,4	51,2	37,5	37,2	36,9	17,2	17,8	13,9
RFUf (mm)	0	0	60	60	60	60	60	60	60	90	60	0
BN (mm)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
E	0	0	86	86	86	86	86	86	86	86	86	129
BB (mm)	0	0	86	86	86	86	86	86	86	86	86	0

Σ BN = 420 mm = 4200 m³/ha

Σ BB = 600 mm = 6000 m³/ha

Σ BN = 450 mm = 4500 m³/ha

Σ BB = 643 mm = 6430 m³/ha

Tableau 4c

Mois	Janvier			Février			Mars			Avril		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Décade												
ETP (mm)	67	67	67	66	66	66	69	69	69	58	58	58
Kc	0,4	0,4	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,5		
ETM(mm)	26,8	26,8	53,6	52,8	72,6	72,6	75,9	62,1	62,1	29		
REi (mm)	90	63,2	36,4	42,8	50	37,4	24,8	8,9	6,8	34,7		
REf (mm)	63,2	36,4	42,8	50	37,4	24,8	8,9	6,8	34,7	5,7		
Ir (mm)	0	0	60	60	60	60	60	60	90	0		
RFUi (mm)	60	60	36,4	42,8	50	37,4	24,8	8,9	6,8	34,7		
RFUf (mm)	60	36,4	42,8	50	37,4	24,8	8,9	6,8	34,7	5,7		
BN (mm)	0	0	60	60	60	60	60	60	90	0		
E	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		
BB (mm)	0	0	86	86	86	86	86	86	129	0		

$\Sigma BN = 540 \text{ mm} = 5400 \text{ m}^3/\text{ha}$

$\Sigma BB = 771 \text{ mm} = 7710 \text{ m}^3/\text{ha}$

TABEAU 5 : Calcul des besoins en eau des cultures maraîchères

Tableau 5a

Mois	Octobre			Novembre			Décembre			Janvier			Février			Mars			Avril			Mai					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Décade	54	54	54	58	58	58	62	62	62	67	67	67	67	67	67	66	66	66	69	69	69	58	58	58	48	48	48
ETP (mm)	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	1,15	1,15	1,15	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,9	0,9	0,5	
Kc	27	27	40,0	43,5	53,5	66,7	71,3	71,3	55,8	60,3	60,3	33,5	33,5	33,5	33,5	33	33	49,5	51,75	79,35	66,7	66,7	66,7	52,2	43,2	24	
ETM(mm)	90	63	36	55,5	12	28,5	21,8	10,5	29,2	33,4	33,1	62,8	20,1	62,8	20,1	90	57	24	34,5	42,75	51	31,65	24,95	18,25	26,05	42,85	59,65
REi (mm)	63	36	55,5	12	28,5	21,8	10,5	29,2	33,4	33,1	62,8	20,1	62,8	20,1	57	24	34,5	42,75	51	31,65	24,95	18,25	26,05	42,85	59,65	35,65	
RE (mm)	0	0	60	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Ii (mm)	60	60	36	55,5	12	28,5	21,8	10,5	20,2	33,4	33,1	62,8	29,1	62,8	29,1	60	57	24	34,5	42,75	51	31,65	24,95	18,25	26,05	42,85	59,65
RFU (mm)	60	36	55,5	12	28,5	21,8	10,5	29,2	33,4	33,1	62,8	29,1	62,8	29,1	57	24	34,5	47,75	51	31,65	24,95	18,25	26,05	42,85	59,63	35,65	
BN (mm)	0	0	60	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
E	07	07	0,7	07	07	07	07	07	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	07	07	0,7	07	07	07	07	07	07	07	07	0,7
BB (mm)	0	0	80	0	86	86	86	129	86	86	129	0	0	0	0	0	0	86	86	86	86	86	86	86	86	86	0

Σ BN = 540 mm = 5400 m³/ha
 Σ BB = 7710 mm = 7710 m³/ha

Σ BN = 540 mm = 5400 m³/h
 Σ B = 771 mm = 7710 m³/h

Tableau 5b

Mois	Novembre			Décembre			Janvier			Février			Mars		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Décade	58	58	58	62	62	62	67	67	67	66	66	66	69	69	69
ETP (mm)	0,5	0,5	0,75	0,75	1,15	1,15	1,15	1,15	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5
Kc	29	29	43,5	46,5	71,3	77	77	60,3	59,4	59,4	59,4	33	31,1	31,1	34,5
ETM(mm)	90	61	32	48,5	62	15,5	4,2	17,2	30,2	29,9	30,5	31,1	0	0	0
REi (mm)	61	32	48,5	62	15,5	4,2	17,2	30,2	29,9	30,5	31,1	0	0	0	0
REf (mm)	0	0	60	60	0	60	90	90	60	60	60	0	0	0	0
Ir (mm)	60	60	32	48,5	62	15,5	4,2	17,2	30,2	29,9	30,5	31,1	0	0	0
RFUj (mm)	60	32	48,5	60	15,5	4,2	17,2	30,2	29,9	30,5	31,1	0	0	0	0
RFUf (mm)	0	0	60	60	0	60	90	90	60	60	60	0	0	0	0
BN (mm)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
E	0	0	86	86	0	86	129	129	86	86	86	0	0	0	0
BB (mm)	0	0	86	86	0	86	129	129	86	86	86	0	0	0	0

Σ BN = 540 mm = 5400 m³/ha
 Σ BB = 771 mm = 7710 m³/ha

Σ BN = 570 mm = 5700 m³/ha
 Σ BB = 814 mm = 8140 m³/ha

Tableau 5c

Mois	Janvier			Février			Mars			Avril		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ETP (mm)	67	67	67	66	66	66	69	69	69	58	58	58
Kc	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	1,15	1,15	1,15	0,9	0,9	0,9	0,5
ETM(mm)	33,5	33,5	50,2	49,5	49,5	75,9	79,3	79,3	62,1	52,2	52,2	29
REi (mm)	90	56,5	23	32,8	43,3	53,8	37,9	18,6	29,3	27,2	35	42,8
REf (mm)	56,5	23	32,8	43,3	53,8	37,9	18,6	29,3	27,2	35	42,8	13,8
Ir (mm)	0	0	60	60	60	60	60	90	60	60	60	0
RFUi (mm)	50	56,5	23	32,8	43,3	53,8	37,9	18,6	29,3	27,2	35	42,8
RFUf (mm)	56,5	23	32,8	43,3	53,8	37,9	18,6	29,3	27,2	35	42,8	13,8
BN (mm)	0	0	60	60	60	60	60	90	60	60	60	0
E	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
BB (mm)	0	0	86	86	86	86	86	129	86	86	86	0

$$\Sigma BN = 570 \text{ mm} = 5700 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\Sigma BB = 814 \text{ mm} = 8140 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Les besoins les plus contraignants pour les cultures maraîchères s'élèvent à 8140 m³/ha.

Pour la suite des calculs on considère comme besoins annuels, pour toutes les cultures maraîchères, 8240 m³/ha.

A un moment donné, il y a tous les stades végétatifs dans les différentes bananeraies. Alors, dans ces conditions, faire le calcul des besoins en eau est très difficile, car il revient à le faire à 12 reprises, chaque calcul correspondant aux besoins réels sur le terrain pour couvrir tous les stades végétatifs.

Par le calcul, on part des hypothèses telles que :

- Avec un seul calcul, tous les besoins doivent être satisfaits, quelque soit le stade végétatif et la période de l'année.
- La phase végétative à laquelle correspond le plus grand coefficient végétatif coïncide avec la période dont l'ETP est plus élevée. Dans ce cas, la phase mi-saison des bananiers doit correspondre avec la période de Janvier à Mars et la phase initiale à la période Juillet à Septembre.

La station pluviométrique la plus proche est celle de la vallée du Kou (BAMA). Les données dont on dispose sont de 1981 à 1992, soit sur 12 ans. Les valeurs moyennes mensuelles sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Pluies moyennes mensuelles

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
pluies moyenne (mm)	0,8	2,4	6,7	30,7	92,5	144,3	182,1	259,2	149,6	32,9	3,0	2,2

Vu le début de la phase initiale (Juillet), on n'a pas besoin de faire une pré-irrigation pour la bouture des nouveaux pieds de bananiers, car les pluies de Juin ramènent le sol à sa réserve utile (RE).

Une fois qu'il pleut, une partie est ruisselée pour regagner les cours d'eau tandis qu'une partie s'infiltré. La partie qui s'infiltré, appelée pluie efficace (P_e) représente 80 % de la pluie tombée. En Juin, il a plu 144,3 mm, donc $P_e = 0,8 \times 144,3 = 115,4$ mm. Alors $P_e = 115,4$ mm représente la RE du sol pour les nouvelles boutures de bananiers.

Le réseau d'irrigation est amélioré pour augmenter l'efficacité d'irrigation à 70 % ($E = 0,70$).

Tableau 8 : Calcul des besoins en eau des bananiers

Mois	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
ETP (mm)	94,9	98,6	119,2	160,5	178,6	185,3	202,2	197,0	206,0	173,9	144,8	107,6
K _c	0,5	0,5	0,5	0,85	0,85	0,85	1,10	1,10	1,10	1,0	1,0	0,85
ETM (mm)	47,5	49,3	59,6	136,4	147,6	157,5	222,4	216,7	226,6	173,9	144,8	91,5
P (mm)	182,1	259,2	149,6	32,9	0	0	0	0	0	30,7	92,5	144,3
P _e (mm)	145,7	207,4	119,7	26,3	0	0	0	0	0	24,6	74	115,4
ETM-P _e (mm)	(98,2)	(158,2)	(60,1)	103,5	147,6	157,5	222,4	216,7	226,6	149,3	70,8	(23,9)
REi (mm)	115,4	213,4	371,6	413,7	328,2	180,6	123,1	50,7	34	7,4	8,1	37,3
REf (mm)	213,4	371,6	413,7	318,2	180,6	123,1	50,7	34	7,4	8,1	37,3	61,2
J _i (mm)	0	0	0	0	0	100	150	200	200	150	100	00
RFU _i (mm)	90	90	90	90	90	90	90	55,5	40,7	19,5	20,2	94
RFU _f (mm)	90	90	90	90	90	90	55,5	40,7	19,5	20,2	9,4	33,3
BN (mm)	0	0	0	0	0	100	150	200	200	150	100	0
E (mm)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
BB (mm)	0	0	0	0	0	142,9	214,3	285,7	285,7	214,3	142,9	0

Σ BN = 900 mm

SBB = 1285,8 \approx 1286 mm = 12 860 m³/ha

NB : (60,1) : valeur négative
si P20 alors on prend P \approx 0

Temps d'irrigation t(s)

Le temps d'irrigation est une fonction du débit de pompage et de la superficie à irriguer.

Avec la méthode d'irrigation qui consiste à apporter tout le débit à un micro-bassin avant de continuer au suivant, alors il suffit de multiplier le débit par l'efficacité d'irrigation pour avoir le débit utile à l'irrigation, c'est le débit qui servira à satisfaire les besoins de la plante. Les exploitants utilisent des motopompes de débits différents, variant de 5 l/s à 15 l/s selon la marque.

La superficie des micro-bassins est soit 10 ou 15 m². Les exploitants irriguent chaque semaine, alors dans le mois, ils irriguent quatre fois, d'où le besoin net mensuel est divisé par quatre pour trouver la dose d'irrigation nette (DN) par semaine.

Tableau 9 : Dose nette d'irrigation par semaine

Maïs	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai
BN (mm)	100	150	200	200	150	100
DN (mm)	25	37,5	50	50	37,5	25

Tableau 10 : Débit utile ($Q_u = 0,7 * Q$)

Q (l/s)	5	7,5	10	15
Qu (l/s)	3,5	5,25	7	10,5

Le temps d'irrigation t est calculé par la formule suivante : $t = 10^{-4} \frac{DN * S'}{Q_u}$

avec : DN (m³/ha)
S' (ha)
Qu (m³/s)

Tableau 11 : Temps d'irrigation (s)

Mois	Déc.		Janv.		Fév.		Mars		Avril		Mai	
DN (mm)	25		37,5		50		50		37,5		25	
S (m ²)	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
Qu (l/s)												
3,5	71	107	107	161	143	214	143	214	107	161	71	107
5,25	48	71	71	107	95	143	95	143	71	107	48	71
7	36	54	54	80	71	107	71	107	54	80	36	54
10,5	24	36	36	54	48	71	48	71	36	54	24	36

Le temps d'irrigation est faible en Décembre et Mai. Alors, on a proposé deux apports d'eau par mois pour ces mois au lieu de quatre. Dans ce cas la dose normale DN sera de 50 mm et on a le même temps d'irrigation qu'en Février et Mars. Dans le tableau suivant on a les nouvelles valeurs du temps d'irrigation

Tableau 12 : Temps d'irrigation adopté (s)

Mois	Déc.		Janv.		Fév.		Mars		Avril		Mai	
DN (mm)	50		37,5		50		50		37,5		50	
Nombre d'apports	2		4		4		4		4		2	
S (m ²)	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
Q (l/s)												
5	143	214	107	161	143	214	143	214	107	161	143	214
7,5	95	143	71	107	95	143	95	143	71	107	95	143
10	71	107	54	80	71	107	71	107	54	80	71	107
15	48	71	36	54	48	71	48	71	36	54	48	71

NB : Le temps d'irrigation est très faible (<1 mn) pour le débit de 15 l/s (Qu = 10,5 l/s) ;
Par conséquent les pertes d'eau sont considérables.

Annexe II. MESURES SUR LE TERRAIN

II.1. Irrigation manuelle

Les plantes sont semées dans des dépressions sur lesquelles des mesures sont effectuées :

- diamètre moyen des dépressions : D = 10 cm
- profondeur moyenne : P = 2 cm
- écart entre 2 dépressions : 20 cm.

On irrigue en remplissant la dépression : soit une dose d'irrigation de 20 mm. Sur une longueur de 1,0 m on a N1 plantes.

L'écart entre deux plantes quelconques est de 30 cm.

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = N1 \times 30 \Rightarrow N1 = \frac{100}{30} = 3,33$$

On prend N1 = 3 plantes

Ainsi pour 1 m² on a N1 x N1 plantes soit 9 plantes. Si V est le volume apporté par plante on a :

$$V = \Pi \frac{D^2}{4} \times P = 3,14 \times \frac{100^2}{4} \times 2 = 126 \text{ cm}^3.$$

Sur une superficie de 1 m², on apporte V x 9 = 1134 cm³ ou 1134 x 10⁻⁶ m³.

La dose d'irrigation DI = 1134 x 10⁻⁶ m³/m²

$$\text{Or } 1 \text{ m}^2 = 10^{-4} \text{ ha} \Rightarrow DI = \frac{1134 \times 10^{-6}}{10^{-4}} = 11,34 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

$$\mathbf{DI = 11,34 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

II.2. Irrigation gravitaire

II.2.1. Prise d'eau

On a fait des mesures pour estimer :

- le diamètre D du tuyau de prise
- la charge H de l'eau au dessus de l'axe du tuyau

La prise est un ajutage externe. Si Ω est la section du tuyau, on a :
 $Q = 0,82 \Omega \sqrt{2g.H}$

$$\Omega = \frac{\Pi D^2}{4} \Rightarrow$$

$$Q = 0,82 \times 3,14 \frac{D^2}{4} \times \sqrt{2g.H} \text{ soit}$$

$$Q = 2,88 D^2 \times \sqrt{H}$$

On considère un échantillon de 3 prises pour faire les mesures. Ces prises sont numérotés de 1 à 3 dans la suite.

Tableau n°1

N° prise	D(mm)	H(cm)	Q(m ³ /s)
1	300	40	0,163
2	300	35	0,152
3	300	45	0,173

II.2.2. Profondeur de la tête morte

Des mesures sont effectuées le long de la tête morte pour estimer la profondeur du canal à des distances données par rapport à la prise et la vitesse moyenne de l'eau.

Tableau N°2

Distance (m)	0	60	100	160
profondeur (m)	1,45	1,00	0,75	0,60
Vitesse moyenne (m/s)	0,32	0,32	0,32	0,32

II.2.3. L'apport d'eau à la parcelle

On a : L = longueur déversante
 h = charge déversante
 q = débit d'irrigation
 t = temps d'irrigation
 s = superficie à irriguer
 DI = dose d'irrigation apportée

Le débit est calculé par la formule suivante :

$$q = m L h \sqrt{2g \cdot h} \text{ avec } m = 0,43 \text{ (déversoir à seuil mince)}$$

$$\text{soit : } q = 1,92 L h^{1,5}$$

$$\text{et : } DI = q \times \frac{t}{s}$$

$$\left. \begin{aligned} DI &= q \times t \times \frac{10^4}{s} \text{ (m}^3 \text{ / ha)} \\ DI &= q \times t \times \frac{10^3}{s} \text{ (mm)} \end{aligned} \right\} ,$$

avec s (m²)
 q (m³)
 t (s)

Tableau 3

N° canal (prise)	1	2	3
t (m)	0,38	0,60	0,50
h (m)	4,5.10 ⁻²	4,5.10 ⁻²	5,8.10 ⁻²
q (m ³ /s)	0,007	0,011	0,0134
t (s)	60	120	480
s (m ²)	4	120	50
DI (m ³ /ha)	1045	1100	1152
DI (mm)	104,5	110	115

$$DI_{\text{Moy}} = \frac{\sum (DI)}{3} = 110 \text{ mm} = 1100 \text{ m}^3 \text{ / ha}$$

Comme on irrigue quatre fois par semaine, alors la dose moyenne mensuelle vaut :

$$DI_{\text{Moy}} = 1100 \times 4 = 4400 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

2.2.4. L'efficience de l'irrigation

- L'efficience de distribution : Ed.

C'est le rapport entre le débit en tête de parcelle et celui prélevé :

$$E_d = \frac{q}{Q}$$

Tableau 4

n° Canal (prise)	1	2	3	<u>Moyenne</u>
q (m ³ /s)	0,007	0,011	0,0134	
Q (m ³ /s)	0,163	0,152	0,173	
E _d (%)	4,30	7,23	7,74	

- Efficience d'irrigation à la parcelle Ep

$$E_p = \frac{BN}{DI}$$

Tableau 5

n° Canal (prise)	1	2	3	<u>Moyenne</u>
BN (mm)	60	60	60	
DI (mm)	104,5	110	115	
E _p (%)	57,42	54,54	52,17	54,71

2.2.5. Les pertes d'eau en fin d'irrigation

En fin d'irrigation, l'eau continue de couler dans le canal principal avant la fermeture de la vanne. Un exploitant met en moyenne 5 mn pour fermer la vanne soit 15 mn au total. Connaissant le débit à la prise Q, alors le volume d'eau perdu vaut $v = Q \times t = 15 \times 60 \times Q \Rightarrow \underline{v = 900 \times Q}$.

Tableau 6

n° prise	1	2	3
Q (m ³ /s)	0,163	0,152	0,173
v (m ³ /s)	146,7	136,8	155,7

$$V_{\text{moy}} = (146,7 + 136,8 + 155,7)/3 = 146,4 \text{ m}^3$$

En considérant le nombre de prises et le nombre de fois qu'on ouvre une prise donnée par jour, on voit bien que c'est un volume d'eau important qui est perdu par jour.

2.3. Irrigation semi-gravitaire

Le débit Q des motopompes est calculé en considérant un récipient de volume V connu, rempli dans le temps de pompage t.

$$\text{Alors } Q = \frac{V}{t}$$

On attend d'abord que le régime de la motopompe se stabilise avant de faire la mesure. On fait plusieurs mesures pour trouver un débit moyen de la motopompe. Les mesures sur la mobilisation de l'eau et l'irrigation sont faites sur 9 parcelles différentes numérotées de 1 à 9.

2.3.1. L'apport d'eau

Les calculs de débit en tête de parcelle q et la dose d'irrigation DI sont identiques à ceux en irrigation gravitaire.

Tableau 7

Motopompe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q (m ³ /s)	0,0075	0,01	0,0075	0,01	0,005	0,01	0,015	0,055	0,01
L(m)	0,23	0,38	0,38	0,37	0,32	0,20	0,235	0,30	0,34
h (m)	0,05	0,031	0,030	0,034	0,030	0,30	0,29	0,16	0,20
q (m ³ /s)	0,005	0,004	0,0037	0,0045	0,0032	0,0063	0,007	0,0037	0,0058
t (s)	180	120	180	120	300	167	195	286	180
s (m ²)	10	9	9	10	15	10	15	10	10
DI (m ³ /ha)	891	1093	960	960	1067	1052	910	1058	1044
DI (mm)	89	109	96	96	107	105	91	106	104

$$DI_{\text{Moy}} = (\sum DI)/9 = 110 \text{ mm} = 1000 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Il y a apport d'eau par semaine, alors pour le mois d'Avril. On a

$$DI_{\text{Moy}} = 4 \times 1000 = 4000 \text{ m}^3/\text{ha}$$

2.3.2. Efficience d'irrigation

- Efficience à la distribution E_d

$$E_d = \frac{q}{Q} \text{ où } q = \text{débit d'irrigation en tête de parcelle}$$

$$Q = \text{débit prélevé}$$

Tableau 8

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Moyenne
q (m ³ /s)	0,005	0,004	0,0037	0,0045	0,0032	0,0063	0,007	0,0037	0,0058	
Q(m ³ /s)	0,0075	0,01	0,0075	0,001	0,005	0,01	0,015	0,0055	0,01	
E _d (%)	66,67	40	49	45	64	63	46;67	67,30	58	55,51

NB : Les valeurs de E_d avec asteris sont celles des parcelles irriguées avec des tuyaux le long du canal principal (pour augmenter l'efficience).

- Efficience d'irrigation à la parcelle : E_p c'est le rapport entre la dose normale à apporter et la dose d'irrigation apportée par les exploitants.

$$E_p = \frac{DN}{DI} \text{ (DN mois d'Avril voir tableau)}$$

Tableau 9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DN (mm)	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
DI (mm)	89	109	96	96	107	105	91	106	104
E _p (%)	42	34	39	39	35	36	41	35	36

2.4. Essai de pompage

2.4.1. Tableaux de mesure

- Hauteur repère/sol = 0
- profondeur totale du puits P = 3,50 m
- Date de l'essai 16 Avril 1996
- Niveau statique NS = 2,60 m
- Hauteur d'eau H = 0,90 m
- Débit de la pompe 10 l/s

Tableau 10 (pompage)

Heure	8h37'				9h					9h27'
Mesure au bout de (mn)	0	5	11	17	23	29	35	40	45	50
Niveau d'eau (m)	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,48

Tableau 11 Remontée

Heure	9h77'			10h23'			11h32'
Mesure au bout de (mn)	0	19	39	56	78	101	125
Niveau d'eau (m)	3,48	3,38	3,28	3,23	3,18	3,13	3,08

2.4.2. Interprétation

- Hauteur mouillée : $H_m = P - N_s = 3,50 - 2,60 = 0,90$ m
- Durée totale habituelle de la saison sèche
(Novembre à Avril) $D_s = 6$ mois.
- Temps écoulé entre le début de la saison sèche et la date d'essai
 $D_e = 6$ mois.
- Variation piézométrique probable durant toute la saison sèche :
 $d_H = 2,00$ m
- Hauteur d'eau probable en début de saison sèche
 $H_o = H_m + (d_H * D_e / D_s) = 0,90 + (2 * 6 / 6) = 2,90$ m
- Coefficient : $L = \frac{dH}{H_o} = \frac{2,00}{2,90} = 0,69$
- Vitesse de remontée sur une heure $h_2 = 0,02$ m/h
(différence de niveau entre 19 et 78)
- Vitesse spécifique $V_s = \frac{Q_p}{R_2} \times \frac{BH}{BC}$

$$BH = 5$$

$$BC = 24$$

$$Q_p = 101/s = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/s = 10^{-2} \times 3600 = 36 \text{ m}^3/h$$

$$R_2 = 0,2 \text{ m/h}$$

$$V_s = \frac{36}{0,2} \times \frac{5}{24} = 37,5 \text{ m}^3 / \text{m}$$

- Débit instantané $Q_i = R_2 \times V_s = Q_p \frac{BH}{BC}$

$$Q_i = 36 \times \frac{5}{24} = 7,5 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Rabattement $S_i = \text{Niveau final} - N_s = 3,48 - 2,60$

- Débit spécifique d'essai $C_e = \frac{Q_i}{S_i} = \frac{7,5}{0,88} = 8,52 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}$

- Volume journalier exploitable en saison sèche : V_e

Il est lu sur l'abaque n°3 de "essai de débit sur puits", par extrapolation de la valeur de C_e . On trouve $V_e = 4 \text{ m}^3/\text{jour}$.

En augmentant la profondeur jusqu'à 6,0 m, alors on a :

$$H_m = 6,0 - 2,60 = 3,40 \text{ m}$$

$$H_o = 3,40 + (2 \times 6/6) = 5,40 \text{ m}$$

$$L = \frac{dH}{H_o} = \frac{2}{5,4} = 0,37$$

$$V_e = 9,5 \text{ m}^3/\text{jour}.$$

Tous les autres paramètres restent constants

Le volume journalier exploitable a augmenté de $9,4 - 5 = 5,5 \text{ m}^3/\text{jour}$
soit $\frac{5,5}{4} = 137,5\%$.

Donc le temps de pompage (le débit étant constant) sera augmenté de 137,5 %. Ainsi un exploitant dont il faut 1 heure pour vider son puits mettra 2 h 30' environ pour le vider.

Remarque : Les valeurs trouvées doivent être prises avec réserve car on a commencé le pompage avec une hauteur d'eau dans le puits de 0,90 m. Alors que, dans les normes d'un essai de pompage, on arrête le pompage quand la hauteur d'eau atteint 1,0 m.

Annexe III : CALCUL DES PERTES

Les solutions proposées pour améliorer la mobilisation et la gestion de l'eau permettent d'économiser.

III.1. Pertes au niveau des vannes

Par jour, on a estimé les pertes au niveau des vannes à 146,4 m³ en moyenne (Annexe : mesures sur le terrain tableau n°6).

La coopérative compte onze (11) prises et irrigue 8 mois sur 12 (Octobre à Mai). Au niveau de chaque prise, on irrigue au moins une fois par jour. Si V est le volume total perdu à travers les vannes, on a :

$$V = 11 \times 8 \times 30 \times 146,4 = 386.496 \text{ m}^3 \text{ soit,}$$

$$V = 0,4.10^6 \text{ m}^3$$

3.2. Perte d'eau suite à l'irrigation à la parcelle

Les paysans apportent plus d'eau qu'il n'en faut dans leurs parcelles. Les mesures sur le terrain sont faites dans le mois d'Avril. En comparant les valeurs trouvées à celles qu'il faut réellement pour les besoins (mois d'Avril) on estime facilement les pertes.

Tableau 1 : Pertes du mois d'Avril

	Dose nette (m ³ /ha)	Dose apportée (m ³ /ha)	Perte (m ³ /ha)
Irrigation gravitaire	1 800	4 400	2 600
irrigation semi-gravitaire	1 500	4 000	2 500

Pour estimer les pertes annuelles, on part de l'hypothèse suivante : le rapport pertes sur dose nette est constant pendant toute l'année. Cette hypothèse est formulée ainsi car l'irrigation est faite par les mêmes personnes et dans les mêmes conditions. Ce rapport vaut :

$$\text{– pour l'irrigation gravitaire } \frac{\text{Pertes}}{\text{Dose nette}} = \frac{2600}{1800} = \frac{13}{9}$$

$$\text{– pour l'irrigation semi-gravitaire } \frac{\text{Pertes}}{\text{Dose nette}} = \frac{2500}{1500} = \frac{5}{3}$$

Fig 8 : Essai de Pompage

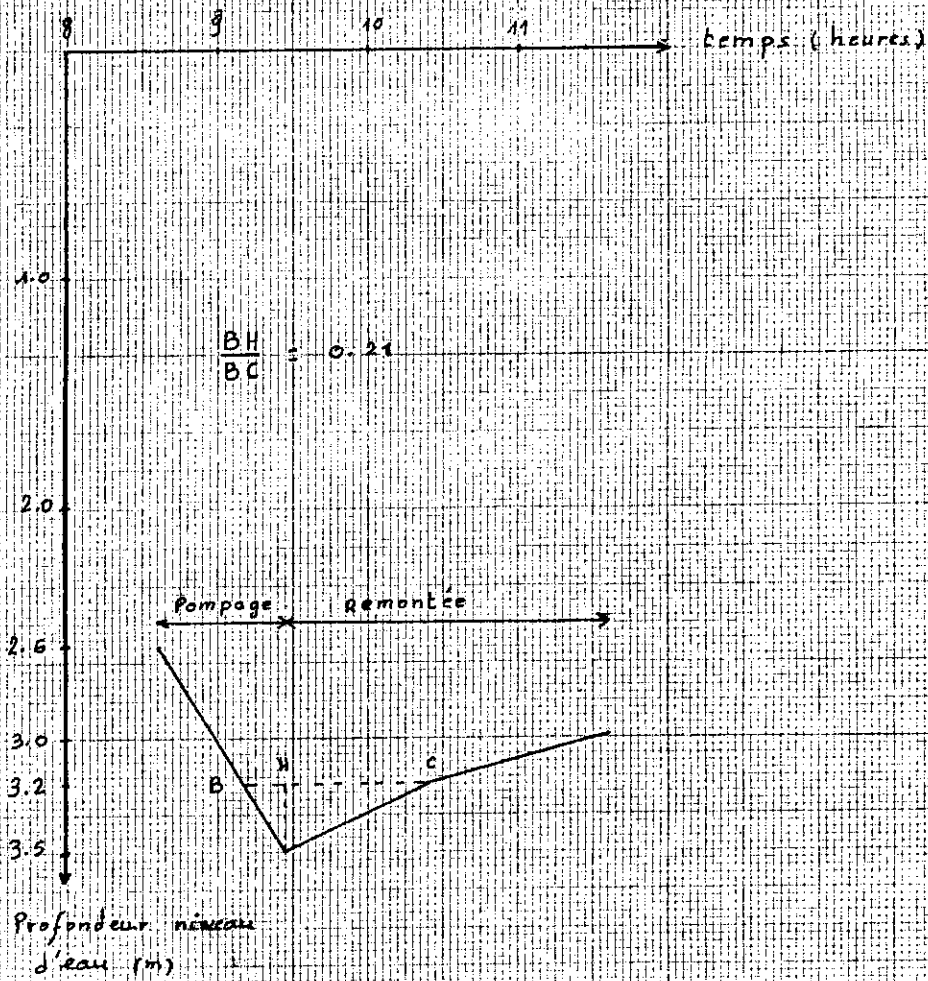
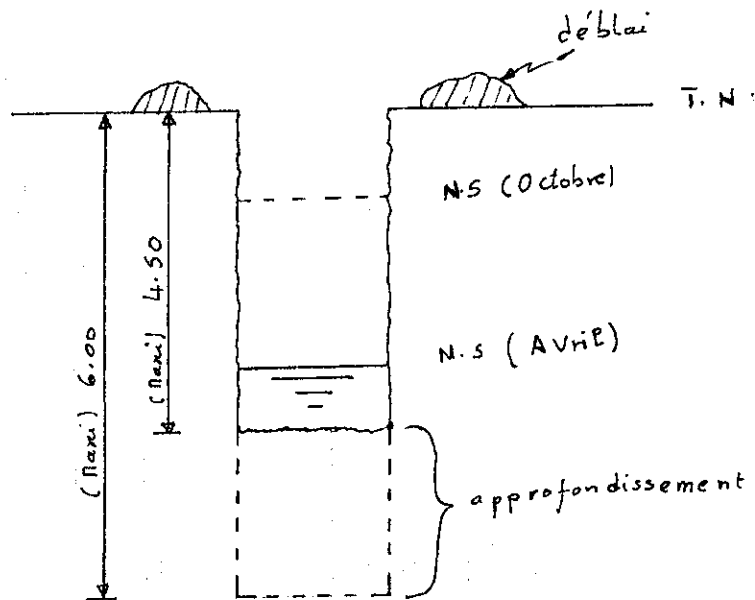


Fig 9 Puits traditionnels



Alors les pertes annuelles valent :

$$\left(\frac{\text{Pertes}}{\text{Dose nette}} \right) \times \text{Dose annuelle}$$

Dans le tableau suivant, on résume les pertes annuelles.

Tableau 7 : Pertes annuelles

	Dose nette annuelle (m ³ /ha)	Pertes annuelles (m ³ /ha)
Irrigation gravitaire	11100	16033
irrigation semi-gravitaire	9 000	1 500

En évaluant la superficie totale irriguée à partir des eaux de la rivière, soit par l'irrigation gravitaire, soit par l'irrigation semi-gravitaire, alors on aura le volume total perdu chaque année à Diaradougou qui doit être au bénéfice de ceux en aval.

III.3. Pertes dans le réseau d'irrigation

Il y a ces pertes considérables d'eau dans le réseau d'irrigation avant que l'eau n'atteigne la parcelle à irriguer. Ces pertes s'estiment à partir de l'efficacité de distribution.

Les solutions proposées ont permis d'augmenter l'efficacité de distribution jusqu'à 0,80.

Par contre, l'efficacité de distribution, mesurée sur le terrain est très faible :

- pour l'irrigation gravitaire : $E_{d\text{moy}} = 6,42 \%$.
(voir annexe : mesures sur le terrain tableau 4).
- pour l'irrigation semi-gravitaire : $E_{d\text{moy}} = 55,51 \%$.

En considérant les doses d'irrigation, pour les deux types d'irrigation, dans le mois d'Avril, on trouve à l'aide des efficacités de distribution moyennes, le volume d'eau mobilisé par hectare à chaque irrigation ; ensuite on fait le rapport avec le volume d'eau mobilisé dans le mois d'Avril suite aux améliorations proposées. En considérant l'hypothèse formulée dans le cas des pertes dans les parcelles, on estime le volume annuel perdu.

Tableau 4 : Pertes dans les réseaux

	1 - Ed	Dose brute annuelle (m ³ /ha)	Pertes réseaux (m ³ /ha)
Irrigation gravitaire	0,94	410789	386142
irrigation semi-gravitaire	0,44	43 210	19 012

En évaluant la superficie totale pour chaque type d'irrigation, on a les pertes totales dans les réseaux d'irrigation.

3.4. Pertes totales

Les pertes totales sont la somme des pertes dans le réseau et de celles dans les parcelles.

On a : – pour l'irrigation gravitaire :

$$16\ 033 + 386\ 142 = 402\ 175 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

– pour l'irrigation semi-gravitaire

$$1\ 500 + 19\ 012 = 20\ 512 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Remarque : Dans les calculs des pertes d'eau, on a pas fait cas de l'irrigation localisée manuelle parce qu'elle n'est pas faite à partir des eaux de la rivière. Par ailleurs, elle est de faible importance.

Tableau 3 : Besoins bruts apportés en Avril

	Dose apporté (m ³ /ha)	Dose brute apportée (m ³ /ha)
Irrigation gravitaire	4 400	68 750
irrigation semi-gravitaire	4 000	7 207

NB : Dose brute apportée = $\frac{1}{Ed_{moy}}$ x Dose apportée

Les besoins bruts calculés BBc valent pour le mois d'Avril :

– Irrigation gravitaire : 2580 m³/ha
(voir annexe : **Calcul des besoins, tableau 3 et 4**).

– Irrigation semi-gravitaire : 2 143 m³/ha.
(voir annexe : **Calcul des besoins, tableau 8**).

Le rapport $\frac{BBa}{BBc}$ vaut pour :

– Irrigation gravitaire $\frac{68\,750}{2580} = 26,64$

– Irrigation semi-gravitaire $\frac{7207}{2143} = 3,36$

Le volume d'eau apporté actuellement (avant toute amélioration) vaut :

– pour l'irrigation gravitaire : $\Sigma (BB) \times 26,74$
soit $15420 \times 26,74 = 410789$ m³/ha

– pour l'irrigation semi-gravitaire : $\Sigma (BB) \times 3,36$
soit $12\,860 \times 3,36 = 43\,209,6 \approx 43\,210$ m³/ha

Les pertes dans les réseaux seront calculées par la formule suivante :
Pertes (réseaux) = (1- Ed) x dose brute annuelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Aliou IBRAHIMA (1994) .Le climat et les besoins en eau des plantes. EIER, Ouagadougou, Juillet 1994, cours photocopié
- Aliou IBRAHIMA (1994), Eléments de base d'un projet d'irrigation. EIER, Ouagadougou, Décembre 1994, cours photocopié
- BURGEAP (1992), La construction des puits en Afrique, 3ème édition, 1992 . Collection "Le point sur les technologies", Ministère de la Coopération et du Développement
- Christian CASTELLANET (1992),L'irrigation Villageoise: Gérer les petits périmètres irrigués au Sahel, 1992. Collection "Le point sur les Technologies", GRET, Ministère de la Coopération
- DE BOISSEZON (1984), Hydraulique, Ecoulement en surface libre. EIER, Ouagadougou, 1984, cours photocopié
- Francis DEGARDIN et Claude LECARPENTIER (1991), Dynamique Fluviale et Travaux en Rivière. EIER, Ouagadougou, Décembre 1991, cours photocopié
- Hugues DUPRIEZ et Philippe DE LEENER (1990), Les chemins de l'eau: Ruissellement, Irrigation, Drainage, 1990. Manuel Tropical
- Ministère de la Coopération(1993),Mémento de l'Agronome, Quatrième Edition, 1993. Collection Technique Rurale en Afrique
- Paul ROYET (1992), Les Ouvrages en Gabions, édition 1992. Collection Technique Rurale en Afrique, CEMAGREF, Ministère de la Coopération
- Sylvain BERTON(1988), La Maîtrise des Crues dans les Bas-Fonds: Petits et Micro-barrages en Afrique de l'Ouest. Collection "Le point sur", GRET, AFVP, Coopération Française, ACCT
- TRAN MINH Duc (1995),Conception et Ouvrages d'un Réseau d'irrigation Gravitaire. EIER, Ouagadougou, Novembre 1995, cours photocopié