



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

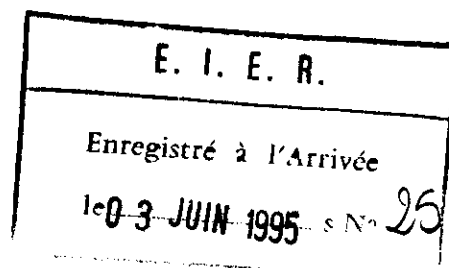
PRESENTE PAR :

GUINDO Ibrahima

ANNEE 1994-1995

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE
D'UN SYSTEME D'IRRIGATION
PRIVE DE BANANERAIE A KOMPIENGA
PHASE D'EXPERIMENTATION
SUR 2 HECTARES.

Mention :



Encadrement

L. COMPAORE

S O M M A I R E

DEDICACE

REMERCIEMENTS

RESUME

INTRODUCTION	6
1. GENERALITES	8
1.1 - Situation.....	8
1.2. - Climat et végétation	8
1.3 - Ressource en eau.....	11
1.4. - Milieu humain.....	11
1.5 - Activités Administratives et commerciales	11
2. CONNAISSANCE AVEC LE BANANIER.....	12
3. DONNEES STATISTIQUES.....	20
4. PRODUCTION DE LA BANANE AU BURKINA FASO	21
5. DIAGNOSTIC DES CONDITIONS ACTUELLES D'EXPLOITATION :	
ETATS DES LIEUX	22
5.1 - Source d'eau d'irrigation.....	22
5.2 - Le groupe motopompe.....	22
5.3 - Système d'irrigation.....	22
5.4 - Les moyens matériels utilisés	23
5.5 - Personnel utilisé.....	23
5.6 - Etat de la plantation	23
5.7 - Amendements	24
5.8 - La nature des sols.....	24
5.9 - Conclusion.....	25
5.10 - Etude pédologique.....	25

6. EVALUATION DES BESOINS EN EAU	32
6.1 - Calcul de l'ETP	32
6.2 - Coefficients culturaux et phases végétatives de la banane.....	35
6.3 - La pluie	36
6.4 - Les besoins nets (BN)	36
6.5 - Les besoins bruts (BB).....	37
7. CALCUL DES PARAMETRES DE BASE	39
8. PROPOSITION DU SYSTEME D'IRRIGATION	41
8.1 - Conception du système d'irrigation.....	41
8.2 - Dimensionnement du réseau.....	43
8.3 - Aménagement de la berge	44
8.4 - Choix de la Pompe	44
9. ORGANISATION DE L'IRRIGATION.....	45
10. RECOMMANDATIONS.....	46
11. ETUDE ECONOMIQUE	47
12. TRAJECTOIRE DE DEVELOPPEMENT SUR LES 11 HECTARES	
RESTANTS.....	54
CONCLUSION GENERALE	57
BIBLIOGRAPHIE	59
ANNEXES	

DEDICACE

Je dédie ce travail à mon père SEGUENO GUINDO qui m'a toujours soutenu et encouragé tout au long de mes études.

A vous mes mamans, Fatoumata GUINDO et Anta DJIGUIBA

A vous mon oncle Doumo GUINDO

A vous ma tante Fatoumata GUINDO

A vous mes frères et soeurs

A Michaël Beli BAKYONO, notre cher collègue qui nous a quitté prématurément ce jour 16 Novembre 1993. **PAIX A TON AME.**

REMERCIEMENTS

Qu'il me soit permis, à travers ces lignes, de remercier sincèrement, tous ceux qui ont oeuvré pour le bon déroulement.

Ces remerciements s'adressent plus particulièrement à :

- Monsieur Laurent COMPAORE, Mon Directeur de Mémoire, professeur à l'EIER, pour sa constante disponibilité et ses conseils à mon endroit.
- Madame Catherine RICHARD, propriétaire de la bananeraie pour son soutien financier, sa disponibilité et sa bonne humeur.
- Madame et Monsieur GAUTIER, qui n'ont ménagé aucun effort tout au long de l'absence de Madame Catherine RICHARD.
- Tous les enseignants du département HA en particulier.
- Monsieur Jacques RIPOCHE, professeur à l'EIER, pour avoir bien accepté de couvrir la partie économique de ce travail ;
- Monsieur Aliou IBRAHIMA, pour sa disponibilité ;
- Monsieur HAMED AG MOHAMED Ali et Robert DAO, pour leur disponibilité.
- Toutes les personnes qui ont participé à la frappe du présent mémoire.

SIGLES

- SONABEL** : Société Nationale Burkinabé d'Electricité
- ONAT** : Office National de l'Aménagement des Terroirs
- CRPA** : Centre Régional pour la Production Agricole
- ONP** : Office National des Postes
- ONEA** : Office des Eaux et de l'Assainissement
- IRAT** : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières
- ETP** : Evapotranspiration potentielle
- BN** : Besoins nets
- BB** : Besoins bruts
- FLEX FASO** : Société d'exportation des fruits et légumes du Burkina Faso

RESUME

Le travail qui fait l'objet du présent mémoire de fin d'études a pour thème : "Etude technico-économique d'un système d'irrigation privé de bananeraie à KOMPIENGA-phase d'expérimentation sur 2 ha"

En effet la promotrice, Madame Catherine RICHARD exploite depuis fin Août 1994 2 ha de bananeraie sur une superficie totale de 13 ha qu'elle dispose en aval du barrage de KOMPIENGA, à proximité de la rivière KOMPIENGA. Cette exploitation ne bénéficie pas d'un système d'irrigation adéquat.

Il n'y a pas eu évolution des besoins en eau. Les doses apportées aux plants sont insuffisantes. La fréquence des arrosages est élevée, débit de la pompe faible : 23.2 m³/h. Ainsi l'objectif du sujet est de proposer un système d'irrigation approprié pour une meilleure exploitation de 2 ha de bananeraie, et par la suite se prononcer sur l'opportunité d'entreprendre cette activité. Un diagnostic a montré la nécessité d'une amélioration des conditions d'exploitation. En vue de contribuer à cette amélioration, une étude pédologique sommaire est réalisée en granulométrie, sédimentométrie, essai de perméabilité, et pour la détermination du PH.

Les sols de la bananeraie sont dans leur ensemble de type sable limoneux avec des pourcentages suivants : sables 77 % à 84 % ; limons 14 % à 22 %. Des fosses réalisées attestent que les sols sont profonds jusqu'à 1.0m. La perméabilité des sols varient entre 3.51.10⁻⁴ m/s et 7.06.10⁻⁶m/s. Les sols ont un PH variant entre 7.10 et 7.33.

Les besoins en eau sont évalués à 200mm/mois. Compte tenu de la nature des sols, il est adopté un tour d'eau de 3 jours. La dose apportée par rotation est 268 m³. Le débit de la pompe étant faible : 6.4 litres/s, il est proposé un débit en tête de 20 l/s. Ceci à amener à choisir une pompe ayant les caractéristiques : Q = 75 m³/h ; Hmt = 26 m ; marque ROBIN, au lieu d'utiliser la pompe de 240 m³/h nécessitant la construction d'un réservoir.

Le système d'irrigation proposé est le gravitaire, consistant à refouler l'eau à l'aide de tuyauteries ϕ 144 vers 3 points hauts de l'exploitation où sont prévus des canalisations en terre (primaires). Ces 3 primaires notés P₁, P₂, P₃, de longueur

respectives 180m, 194m, 222 m desservent des secondaires qui à leur tour alimentent des casiers comportant 4 plants. Les primaires P₁, P₂, P₃, desservent respectivement 19, 19 et 20 secondaires de longueur variant entre 20 et 45m. Il aura 800 casiers et 3200 plants dans les 2 ha.

L'irrigation sera menée par deux personnes pendant 4 heures, sous la supervision d'un chef d'exploitation. La main d'oeuvre restera sur place. De ce fait deux constructions seront prévues : logement et magasin. Il sera prévu deux compostières et un aménagement de la berge de la rivière au niveau de la prise. En dépit des possibilités d'écoulement de la production à KOMPIENGA (faible), le calcul économique est effectué avec le prix d'achat de banane avec la société FLEX FASO à Ouagadougou (90 FCFA le kilogramme de banane bord champ). Le coût d'investissement s'élève à 8.7 millions, le coût d'exploitation : 2.7 millions par an ; les recettes sont de 3.6 millions en 1996 et 7.2 millions en 1997.

Le résultat d'exploitation est de 2.3 millions en 1996 et de 5.9 millions en 1997. En fin une étude sommaire est réalisée quant à l'extension future de l'exploitation en bananiers, papayers, manguiers, orangers et la directive du système d'irrigation envisageable.

INTRODUCTION

Dans les pays du Sahel, la pluviométrie devient de plus en plus faible et est mal répartie. Cette précarité de la pluviométrie a conduit à mettre en oeuvre des actions de maîtrise des eaux de surface, principalement pour l'irrigation.

Au BURKINA FASO, cette irrigation était surtout l'affaire des services publics. Aujourd'hui la pratique de cette activité s'oriente vers une nouvelle voie : l'irrigation privée.

C'est ainsi que Madame Cathérine RICHARD, a pris l'initiative de tenter cette expérience.

Pour cela, elle dispose d'une superficie totale de treize (13) hectares en aval du barrage de KOMPIENGA. Distante d'environ de 1,5 km du barrage, cette superficie se situe à proximité de la rivière KOMPIENGA sur sa rive droite.

Pour une première expérience, Madame Cathérine RICHARD exploite depuis fin Août 1994 deux (2) hectares. Son choix s'est porté sur la culture de la banane.

Cependant cette exploitation, ne bénéficie pas d'un système d'irrigation adéquat. Il n'y a pas eu une évaluation des besoins en eau. Les doses apportées aux plants sont insuffisantes. La fréquence des arrosages est élevée. La densité des plants est faible.

L'exploitation n'a fait l'objet d'aucune étude au niveau des sols. C'est donc dans l'optique de contribuer à résoudre au mieux ces problèmes que nous avons engagé notre travail sur le sujet intitulé : "Etude technico-économique d'un système d'irrigation privé de bananeraie à KOMPIENGA - phase d'expérimentation sur deux (2) hectares".

Le présent sujet vise essentiellement les objectifs suivants :

- Proposer un système d'irrigation approprié, pour une meilleure exploitation des deux (2) hectares ;
- Evaluer les coûts d'investissement et de production afin de se prononcer sur l'opportunité de la poursuite de cette activité.

Cette étude se fera en tenant compte des infrastructures déjà existantes :

- pompe de 60 m³/h ; pompe de 240 m³/h
- petits outillages agricoles ;
- les tuyauteries, etc.

Nous disposons d'une carte topographique cotée à l'échelle 1/1000^e du site. Ainsi il a paru nécessaire de procéder à un diagnostic de l'exploitation et par la suite nous essaierons de proposer un système d'irrigation. Ce qui nous conduira à un calcul économique.

ERRATA

- P11 - 2ème ligne Lire turbunage au lieu de turburage
- P13 - 2.3. Ecologie
1ère ligne Lire bananier a un besoin au lieu de : bananier à un besoin...
- P14 - 2.3.4. Les vents violents
1ère ligne Lire interdire au lieu de : interdir
2ème ligne Lire des pseudo-troncs au lieu de : des pseudo-tronc
- P15 - 2.4.4. Irrigation
6ème ligne Lire l'évapotranspiration maximale se calcule...
au lieu de : l'évaporation maximale réelle se calcule.....
- P21 - 19ème ligne Lire A KOMPIENGA, situé au SUD du pays
au lieu de : A KOMPIENGA situé à l'EST du pays.
- P29 - Tableau 7 3ème colonne lire 0-20** au lieu de : 0-20*
- P33 - Tableau 9 et 10
2ème ligne mm/j au lieu de mn
- P34 - Tableau 11
2ème ligne mm/j au lieu de mn
- P.35 - 6.2. Lire coefficients culturaux et phases végétatives du bananier
au lieu de : coefficient culturaux et phases végétatives de la banane.
8ème ligne Lire il est adopté la méthode israélienne
au lieu de : il est adoptée la méthode israélienne.
10 ème ligne 1er quart au lieu de : 1ère quart.
- P38 - Tableau 16
4ème ligne Lire ETM, mm au lieu de ETP, mm
6ème ligne Lire Pe au lieu de Pc.
- P44 8.4. Choix de la pompe
1ère ligne Lire hauteur manométrique totale
au lieu de hauteur de la manométrique totale
8ème ligne Lire longueur totale de la conduite est 186 mètres
au lieu de longueur totale de la conduite ϕ est 186 mètres.
- P. 56 - 12.3 Conclusion
4ème ligne Lire ne peuvent pas se faire
au lieu de ne peut se faire.

1. GENERALITES

1.1 - Situation

KOMPIENGA se situe au sud de Fada, dans le département de PAMA. Il est distant de PAMA de 35 km, non loin des frontières Togolaise, Beninoise et Nigérienne (cf Figure 1 et 2)

Ces coordonnées géographiques sont :

11°7 Latitude Nord

00°07 Longitude Est.

1.2. - Climat et végétation

Le climat est de type soudanien, caractérisé par deux principales saisons : Une saison sèche d'Octobre à Avril, et une saison des pluies de Mai à Septembre. La pluviométrie moyenne annuelle est de 860 mm d'après les données de la station de PAMA (1968-1992).

D'après les données des stations de Fada (1974-1994) et de Pô (1982-1990), les températures annuelles varient comme suit :

Tmin = 28.1°C

Tmax = 39.0°C

L'humidité relative moyenne est de 51 % (stations de Fada et de Pô). Deux vents principaux dominent la zone. Les moussons pendant la saison des pluies, en provenance des régions côtières de l'Afrique de l'Ouest et les vents de l'harmattan soufflant pendant la saison sèche, provenant du sahara.

La végétation est de type savane arborée avec des espèces dominantes comme le raisinier (*Ricinus Communis*) ; le néré (*Parkia biglobosa*) ; le karité (*Butyrospermum parkii*).

Figure 1

Relief et hydrographie

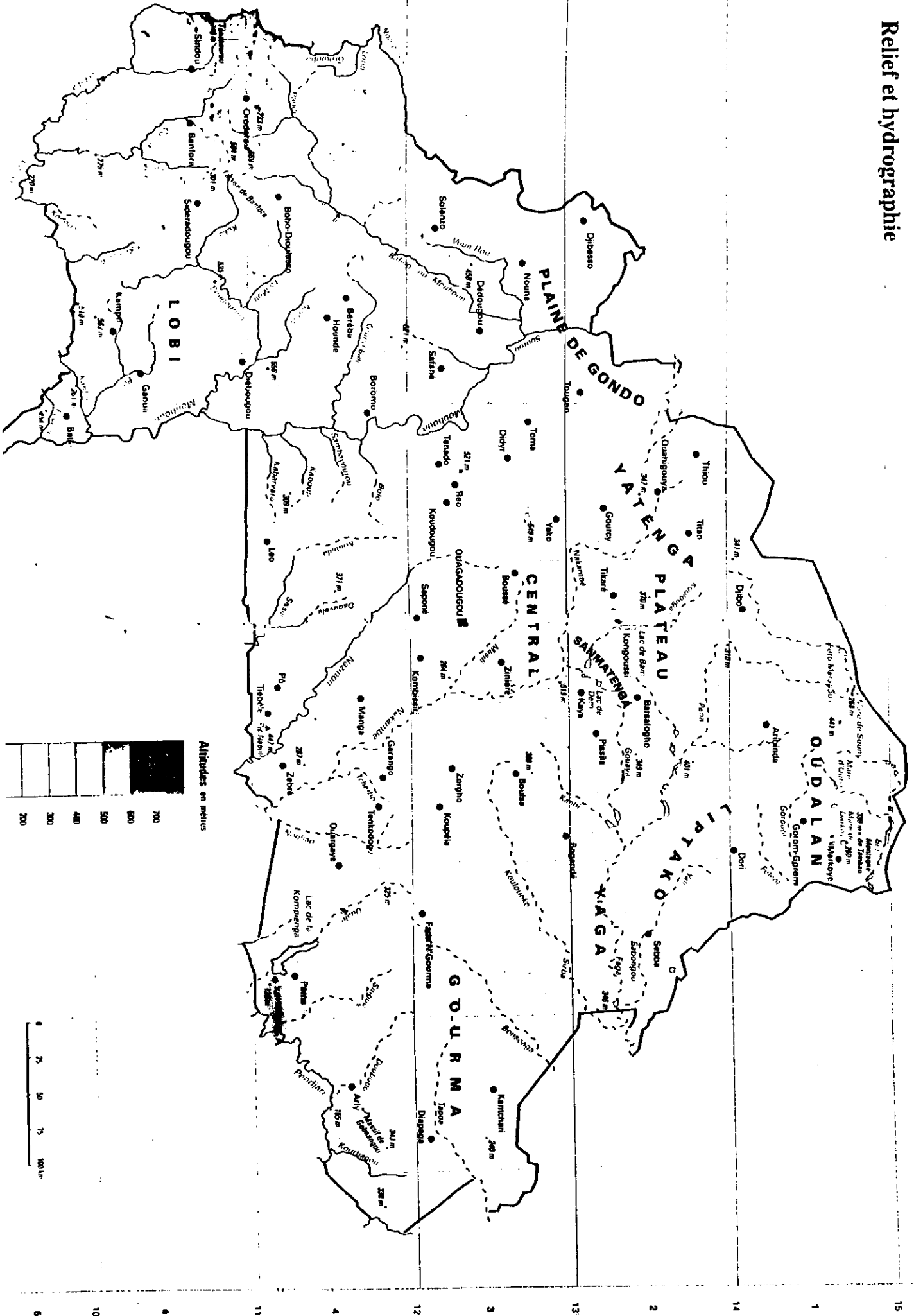
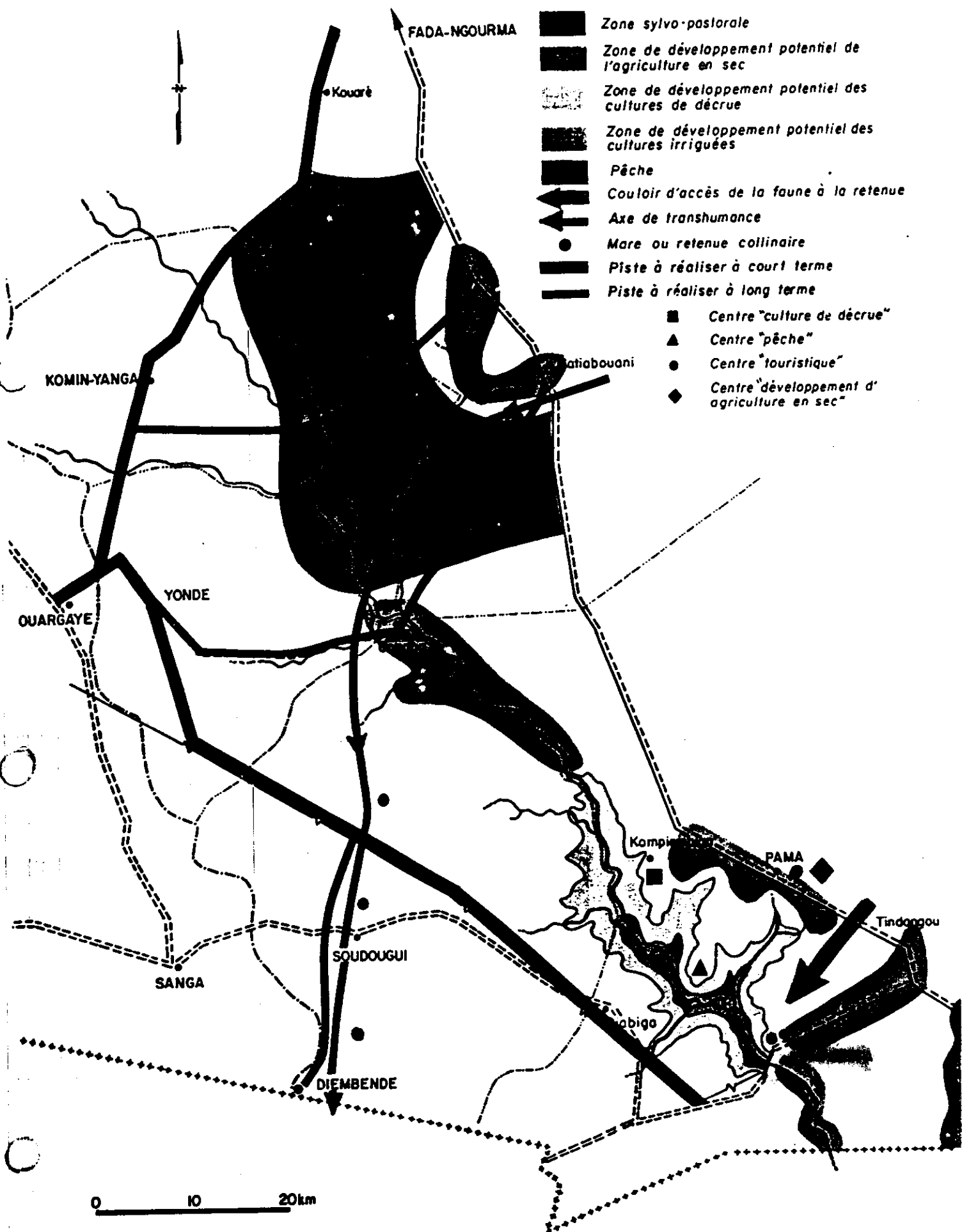


Figure 2

PRINCIPALES VOCATIONS DE LA ZONE ET ACTIONS PRIORITAIRES



1.3 - Ressource en eau

La rivière KOMPIENGA constitue le principal réseau hydrographique. C'est une rivière devenue pérenne à cause du turburage de la SONABEL. Ce qui constitue un facteur important permettant la conduite de l'irrigation en saison sèche. Les ressources en eau souterraine sont faibles avec des débits mobilisables de 0.5 à 1.0 m³/h*.

1.4. - Milieu humain

La région de KOMPIENGA est densément peuplée. Ce peuplement est surtout lié à la construction du barrage en 1985; un recensement effectué en 1990 estimait la population à 5000 habitants alors qu'avant elle était pratiquement beaucoup peu nombreuse. Les Gourmantchés sont l'ethnie dominante, vient ensuite les mossis et les peuhl, cependant on note une petite minorité de Togolais, Béninois et Nigériens. La principale activité est l'agriculture. Cette agriculture est centrée sur la production céréalière destinée surtout à l'auto consommation. La production maraîchère elle, est en grande partie commercialisée. La pêche occupe également une place importante, l'élevage est aussi développée.

1.5 - Activités Administratives et commerciales

La commune de KOMPIENGA dispose des infrastructures administratives assez développées :

- Un service de la SONABEL
- L'ONAT
- L'ONEA
- Le CRPA
- Un centre de santé
- L'ONP
- Service de la Douane
- Un service de détachement militaire
- Une école primaire de 6 classes
- Un Hôtel la KOMPIENGA
- Un responsable administratif

* "La ferme de Cathérine" Evaluation de projet création d'une bananeraie, Céline RICHARD juillet - août 1993.

Du point de vue commerce, il existe un marché d'une taille moyenne qui se tient tous les jours. Dans ce marché les échanges sont effectués surtout avec les Togolais et les Béninois. Ces derniers achètent les produits maraîchers comme la tomate. En retour ils y vendent des produits manufacturés. Il existe aussi un marché de bétail qui se tient chaque lundi. Par ailleurs il y a 4 pharmacies dont 3 sont privées. Le village pourrait se développer d'avantage, surtout avec l'aménagement de la vallée et la réalisation du plan quinquennal du développement du département de PAMA.

2. CONNAISSANCE AVEC LE BANANIER

2.1 - But de la culture

Le bananier du nom scientifique Musa, appartient à la famille des musacées. C'est une plante alimentaire, cultivée pour son fruit frais. On consomme souvent la pulpe de banane séchée ou réduite en farine pour l'alimentation des enfants, ou très rarement en alimentation animale. On l'exploite aussi pour extraire des longues fibres des graines foliaires.

2.2 - Botanique

2.2.1 - Origine

Les bananiers proviennent des bananiers sauvages à graines présents des pays d'extrême-Orient, notamment le nord de la Chine, des Phillipines, de Malaisie et au sud d'Australie. Ils se sont repandus dans les zones intertropicales humides et chaudes.

2.2.2 - Variétés

Il existe plusieurs variétés de bananiers dont les principales sont :
Lacatan, Poyo, Grande Noun, Nain, Gros Michel.

2.2.3 - Description

Le bananier est une plante herbacée dont la taille du pseudo-tronc varie entre 1,5 à 8 m selon les espèces. De la souche souterraine vivace appelée bulbe (0,3 à 0,6 m de diamètre) apparaissent de longues feuilles de dimensions croissantes. Le pseudo tronc constitue la charpente de la plante. Son cycle végétatif dure 10 à 14 mois selon les conditions et la variété. Le méristème terminal de la souche affleure le sol au cours de la période végétative, pendant laquelle est produite 15 à 25 feuilles fonctionnelles, il différencie une inflorescence dont la tige se développe à l'intérieur du pseudo-tronc.

La croissance interne peut durer environ trois (3) mois, puis le bourgeon apparaît extérieurement. De ce bourgeon naît le régime constitué de mains comportant deux rangées de fruits comprimés. Le régime est récolté avant que la maturité débute et est conservé ou transporté en condition réfrigérée (12,5°C). Une souche ne peut donner qu'un seul régime. Mais la souche produit plusieurs rejets latéraux enterrés au cours de la croissance de la tige. Un seul rejet est conservé en général pour assurer la succession végétale. Ainsi grâce à cette succession végétative, une bananeraie peut durer des dizaines d'années.

2.3 - Ecologie

Le bananier a un besoin en eau élevé. Il est sensible aux basses températures et aux vents. Le bananier convient bien aux sols sains, aérés et riches en azote et potasse.

2.3.1 - Les besoins en eau

Sous un climat chaud et humide, les besoins en eau sont généralement de 125 à 150 mm par mois. Mais dans les régions sèches et chaudes, ou en situation très ventée, les besoins en eau peuvent atteindre 200 mm par mois, voir plus. Le bananier résiste mal à la sécheresse, un déficit de plus d'un mois peut avoir une influence sur le rendement. Les vents peuvent causer la chute et cassure du pseudo-tronc.

2.3.2 - Les besoins en chaleur

La souche meurt sous gel. La température optimale est voisine de 28°C. Une température supérieure à 40°C peut entraîner des anomalies. La croissance du bananier est ralentie à une température inférieure à 24°C et est stoppée à une température voisine à 11°C.

A 12°C et en dessous, les échanges gazeux sont ralentis et la maturation est difficile.

2.3.3 - Les besoins en lumières

Le bananier admet une forte insolation, pourvu que les besoins en eau soient satisfaits. Une insolation de 2000 à 2400 heures par an lui est favorable. Une faible lumière ralentit sa croissance et provoque une augmentation de la taille des rejets. Cependant une insolation brutale, accompagnée d'un déficit hydrique sont à éviter.

2.3.4 - Les vents violents

Le bananier est sensible aux vents forts. Ceux-ci peuvent interdire même la pratique de la culture : chutes, cassures des pseudo-tronc.

2.3.5 - Les besoins en sols

Le bananier convient mieux aux sols profonds, meubles, bien aérés. Les sols doivent avoir une bonne structure. Il ne convient pas aux sols ayant des horizons durs et gravillonnaires. La nappe doit être au moins à 80 cm de profondeur. Le bananier convient aux sols ayant le PH variant entre 6.0 à 7.5. Comme éléments minéraux, le bananier a des besoins importants en potasse environ 100 kg/ha et en azote 250 kg/ha. Exception faite des sols très organiques, les apports d'azote sont indispensables de même pour le potassium. Le bananier supporte une salinité des eaux jusqu'à 300 mg/l de NaCl.

2.4 - Culture

2.4.1 - Préparation du sol

La culture du bananier nécessite une préparation préalable du sol. Il faut ameublir le sol tout en gardant l'ordre des horizons. Ce travail peut se faire par sous-

solage, ou labours. La plantation peut se faire dans des trous ou des sillons de 60 cm de profondeur.

2.4.2 - Densité et dispositions

Il existe plusieurs dispositions : triangle équilatéral, carrée, rectangle et lignes jumellées. La densité est de 2000 à 2500 plants par hectare. Elle peut être moins pour les régions peu ensoleillées (1600 à 1800 plants par hectare). La disposition carrée est de 2 m x 2 m ou 2,5 m x 2,5 m, dispositif rectangle 2 m x 2,5 m.

2.4.3 - Fumure

L'utilisation de matières organiques (compostes, pailles) sont très bénéfiques à la plante. Le besoin en azote est de 100 à 150 g par plante et celui en potassium est de 200 à 500 g de K_2O . La fumure devient inefficace en cas de fortes atteintes de nematodes.

2.4.4 - Irrigation

Dans le cas où la nappe se rapproche de 70 à 80 cm on n'irrigue pas en général. L'irrigation se fait soit par rigoles ou cuvettes ou par calants (aux îles canaries par exemple). On peut faire l'irrigation par aspersion, avec des systèmes fixes ou mobiles, ou l'irrigation au goutte à goutte. Sous temps ensoleillé les besoins sont estimés à 50 m³/ha/jour ; 36 m³/ha/jour par temps mi couvert, voir 19 m³/jour par temps couvert. L'évaporation maximale réelle se calcule à partir des données de l'évaporation du bac classe "A" par la formule : $ET = 1.1 \times EBAC \text{ Classe "A"}$.

2.4.5 - Entretien

Le suivi du bananier est très important. Cet entretien se résume :

- désherbage soit manuellement (machette), soit mécaniquement (motoculteur), soit chimiquement (paraquat 2 l/ha, simazine ou atrazine, 3 à 4 kg/ha).
- tronçonnage
- oeilletonnage
- remplacement des plants qui n'ont pas poussé.

2.4.6 - Protection des régimes, récoltes, rendements

Il faut protéger le régime contre les vents. Pour cela il faut soutenir le bananier avec un tuteur vertical enfoncé dans le sol. Le tuteur peut être en bois ayant deux perches. Il faut couper le bout de la tige après 2 ou 3 semaines de la floraison. Le régime doit être protégé contre certains insectes avec une gaine plastique (polyéthylène de 3 à 8 centième de mm d'épaisseur). La récolte est effectuée 80 à 90 jours après floraison dans les conditions optimales de température. Ce temps peut s'allonger jusqu'à 150 jours.

Il faut éviter la blessure du fruit et le grattage. Selon les techniques et les pays, les rendements sont très variables. Un rendement de 15 à 25 t/ha est médiocre, 25-35 t/ha moyen, 35-45 t/ha bon, 45-50 t/ha excellent. Ces poids ne tiennent pas compte du régime entier, mais des mains.

2.5 - Maladies et Ennemis du bananier

Comme beaucoup d'autres plantes, le bananier a des maladies, et des ennemis. Ce sont :

2.5.1 - La fusariose ou maladie de Panama

C'est une maladie qui est due a un petit champignon qui attaque les racines. La maladie se manifeste par le jaunissement des feuilles et par suite leur assèchement. Quelques espèces (Poyo, Naine, grande Naine ou Lacatan) résistent bien à cette maladie. Par contre le bananier gros michel ne resiste pas à la fusariose.

2.5.2- La cercosporiose ou maladie de Sigatoka

C'est une maladie qui survient quand la température est très élevée ou basse. Elle se manifeste par l'observation de points gris entourés de jaune-foncé sur les feuilles. Les bananiers respirent mal dans ces conditions. On la traite par l'huile minérale (15 à 20 litre pour 1 ha). Cette huile peut se mélanger avec :

- du Benlate OD : 300 grammes par hectare
- du Peltis : 0,7 litre par hectare
- du Thiabendazole : 500 grammes par hectare

2.5.3 - La cladosporiose ou fausse mosaïque

Cette maladie attaque les feuilles qui deviennent noires et sèchent.

On la traite avec du Zinèbe, du Manèbe ou du Mancozèbe (2 ou 3 kilo par hectare).

2.5.4 - Le "Bunchy-Top"

Due à un puceron, cette maladie se manifeste par une observation des raies vertes sombres sur les feuilles. Les feuilles ne grandissent pas et les bords sont abîmés. Dans ce cas il faut soit arracher le plant ou traiter avec du Malathion ou du Dieldrine.

2.5.5 - La maladie du "bout de cigare"

Cette maladie attaque les fruits en commençant par leur bout. Les fruits pourrissent. Pour remédier à cette maladie il faut couper la dernière main et casser le bouton rouge des fleurs mâles.

2.5.6 - La mosaïque

Elle se manifeste par des petits traits jaunes entre les nervures des feuilles, en direction de la nervure principale. On arrache le bananier atteint et on attend longtemps avant de replanter à la même place.

2.5.7 - Le bleu du bananier

C'est une maladie due à une carence de magnésium dans le sol. Un apport de Dolomie remédiera la maladie.

Quant aux ennemis du bananier, les plus dangereux sont : Les charançons, les anguillules, les thirps, les pucerons et les cochenilles.

2.5.8 - Les Charançons

Ce sont des insectes qui pondent des oeufs à la hauteur du collet. Après éclosion de ces oeufs, les larves mangent le bulbe (coeur du bananier) et par suite la plante meurt.

On lutte contre les charançons en utilisant :

- HCH 25 à 30 grammes par bananier
- Primicid 20 grammes par bananier
- Lindane 40 grammes par bananier
- Aldrine 2 grammes par bananier
- Dieldrine 2 grammes par bananier

Les traitements sont faits à la fin de la saison des pluies.

2.5.9 - Les nematodes

Ce sont des petits vers qui mangent les racines du bananier. Le bananier s'affaiblit et tombe sous l'effet du vent. On lutte contre les nématodes en utilisant :

- Némacur 5% : 60 grammes par bananier
- Furadan 10% : 30 grammes par bananier
- Mocap 10% : 45 grammes par bananier
- Némagon : 20 litres par hectare, 2 à 3 fois par an.

2.5.10 - Les thrips

Les larves et les adultes siègent presque toujours dans les enveloppes des feuilles et entre les fruits. La peau des fruits perd sa couleur puis devient brun rouge. On lutte contre les thrips en enlevant les mauvaises herbes. Quand les fleurs poussent, ajoutez au Gramoxone du Méthylparathion ou du Basudine.

2.5.11 - Pucerons, cochenilles

On le traite avec du HCH, de l'Aldrine ou du Dieldrine.

2.6 - Valeur alimentaire de la banane

La banane est un fruit énergétique

Eau	75,3 %
Glucides	22,0 %
Protides	1,3 %
Cendres	0,8 %
Lipides	0,6 %

2.7 - Conclusion

Le bananier est une plante cultivée pour plusieurs raisons

- Son fruit (les bananes)
- L'extraction des longues fibres de graines folières.

Ils existe plusieurs variétés dont : Lacatan, Poyo, Grande Nain, Nain, Gros Michel. Le bananier a un cycle végétatif qui dure de 10-14 mois selon les conditions et les espèces. Grâce à une succession végétative une bananeraie peut durer plusieurs années. C'est une plante exigeante en eau. Ses besoins sont couverts en général avec 125 à 150 mm d'eau par mois, voir souvent 200 mm par mois ou même plus.

Le bananier ne résiste pas aux basses températures (< 12°C). Il ne supporte non plus les températures élevées (> 40°C). La température optimale est voisine de 28°C. Le bananier a besoin d'une insolation de 2000 à 2400 heures par an. C'est une plante très sensible aux vents qui peuvent casser le pseudo-tronc. Le bananier convient mieux aux sols profonds, bien aérés avec le PH variant entre 6 à 7,5. La plante supporte une salinité des eaux jusqu'à 300 mg/l de NaCl.

La culture nécessite un travail préliminaire du sol (sous solage, labour) et la plantation est faite dans des trous ou des sillons de 60 cm de profondeur. La densité des plants est de 2000 à 2500 pieds à l'hectare, 1500 à 1600 pieds à l'hectare suivant l'ensoleillement. Les dispositions sont variées : carrée, triangle, rectangle. Le bananier a besoin aussi de matières organiques (compost, fumier) qui sont bénéfiques à la plante.

On peut irriguer soit par rigoles ou cuvettes, soit par calants. L'irrigation par aspersion et au goutte à goutte sont possibles. L'irrigation n'est pas faite en général si le niveau de la nappe est inférieur à 70 cm. Les besoins journaliers à l'hectare varient de 19 m³/h à 50 m³/h suivant l'ensoleillement. Les entretiens se résument surtout au desherbage, au tronçonnage, à l'oeilletonnage. Le régime doit être protégé contre les vents avec une gaine plastique (polyéthylène de 8 à 3 centième de mm d'épaisseur). Les rendements sont très variables 15 à 60 t/ha suivant les techniques et les pays.

Le bananier a des maladies dont la Furariose, la Cercosporiose, la Cladosporiose, le Bunchy Top, la maladie du "bout de cigare", la mosaïque, le bleu du bananier. Le bananier est attaqué par certains insectes comme les Charançons, les Nématodes, les Thirps, les Pucerons et les Cochenilles.

3. DONNEES STATISTIQUES

La production mondiale de la banane est estimée à 42 459 000 tonnes/an en 1985. D'après le Memento de l'Agronome, on a les estimations suivantes

Tableau 1 : Production (en 1000 T)

CONTINENT	1979-1981	1985
Amérique du sud et centrale	7207	7459
Amérique du sud	11206	12140
Asie	14547	16230
Europe	490	456
Afrique	4735	5047
Océanie	1089	1127
TOTAL MONDIAL	39274	42459

Tableau 2 : Production par pays

Rang	Pays	Production 1985 en 1000 T
1	Brésil	7505
2	Inde	4686
3	Philippines	4368
4	Indonésie	2085
5	Equateur	1705

Tableau 3 : Commerce 1985 (en 1000 T)

Rang	Pays	Importation	Pays	Exportation
1	USA	3067	Equateur	1074
2	Japon	680	Hondura *	920
3	RFA	589	Costa Rica *	882
4	France	426	Philippines	789
5	Italie	358	Colombie	786

* Données non officielles

4. PRODUCTION DE LA BANANE AU BURKINA FASO

La production de la banane au Burkina faso est faible. Elle serait due au fait que :

- les exigences en eau de cette plante sont élevées et demande une maîtrise d'eau de la part du producteur.
- Le suivi et l'entretien etc.

Un recensement est effectué en octobre 1990 par le service "Planteur externe" de FLEX FASO les superficies par principales zones sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Production de la banane au BURKINA FASO, campagne 1990/1991

Zones	Superficie (Ha)
Bobo-Dioulasso	75
Banfora	30
Orodara	16
Divers	19

Selon ce même service, la production pour la campagne 1990/1991 est estimée à environ à 3000 t soit 25 t/ha. A la station fruitière de FLEX FASO à Bobo-Dioulasso où une visite est effectuée, ce sont les variétés Poyo et Americani qui sont cultivées. La production de la banane est surtout développée au Sud Ouest et à l'Ouest du pays. A Kompienga situé à l'Est du pays, la production n'est pas très importante. Il y a un seul grand producteur de banane avec une superficie d'environ 4,5 ha. Les autres étant de petits producteurs avec une superficie d'environ 1 ha.

5. DIAGNOSTIC DES CONDITIONS ACTUELLES D'EXPLOITATION :

ETATS DES LIEUX

Le but de cette partie est d'analyser les différents aspects d'exploitation. Et partant chercher des solutions qui s'imposent.

5.1 - Source d'eau d'irrigation

La source d'eau d'irrigation est la rivière KOMPIENGA, alimentée par le turbunage de la SONABEL. Le volume d'eau lâché par jour varie suivant les besoins. Il est de 1792728 m³ au 1er décembre 1994, 1506960 m³ le 15 décembre de la même année et de 343098 m³ le 31 décembre 1994 (voir en annexe 1 les volumes d'eau lâchés par la SONABEL au mois de décembre de l'année 1994).

La rivière est située à environ 6 mètres en dessous de la bananeraie. La prise est faite avec un groupe motopompe (GMP). Cette pompe se place dans le lit de la rivière, réprofilée temporairement à cause de la construction d'un pont situé à proximité de la bananeraie.

5.2 - Le groupe motopompe

La pompe utilisée est de marque ROBIN, type SCR-80 R.

Les caractéristiques sont :

Hasp = 8,5 m ; Hmt = 32 m ; Q = 60 m³/h ; P = 3,7 kw, moteur à essence ; 4000 tr/mn. La hauteur d'aspiration actuelle est d'environ 80 cm. La hauteur de refoulement est d'environ 6 mètres sans les pertes de charge. Le débit de la pompe a été sommairement évalué à 23,2 m³/h à l'aide d'un récipient de 21 litres et d'un chronomètre. Ce débit passe dans les conduites ϕ 75 avec une vitesse de 1,76 m/s. La consommation est testée à partir d'une quantité d'essence de 3,5 litres entre 8 h et 11 h 30 mn ; soit 1 litre/h.

5.3 - Système d'irrigation

Le système d'irrigation consiste à un refoulement de l'eau dans les conduites ϕ 75 (PVC, acier galvanisé) jusqu'à l'entrée de la bananeraie sur une longueur de 80m. De là il existe des conduites en PVC, des coudes pour les raccordements. L'arrosage est fait par déversement de l'eau dans les casiers autour de chaque plant.

Ces casiers sont souvent mal faits. Il n'y a pas de planage dans les casiers. Ce qui fait que les plants ne bénéficient pas judicieusement de l'eau qui leur est apportée. L'arrosage est fait par rangée de 10 plants par un seul manoeuvre. Le tour d'eau est de 6 jours.

Quant au temps d'irrigation, il est difficile d'avoir une valeur exacte. Il est quand même inférieur à 8 heures par jour. Le manoeuvre perdant 1 heure à 1 heure 30 minutes pour déplacer les tuyaux d'une rangée à l'autre.

5.4 - Les moyens matériels utilisés

Il y a le groupe motopompe de marque ROBIN. La longueur totale des conduites est de 318 m dont 42 m en acier galvanisé et 276 m en PVC (PN 10). Toutes les conduites sont des $\phi 75$. Il faut noter la déformation de certaines conduites due au passage des animaux et des engins, le soleil. Les coudes sont au nombre de 3, tous des $\phi 75$, $87^{\circ} 30'$.

5.5 - Personnel utilisé

Le personnel permanent est constitué de deux personnes dont :

- un chef d'exploitation chargé du bon suivi de l'irrigation
- un manoeuvre chargé de l'irrigation

5.6 - Etat de la plantation

Cette observation a porté sur la topographie et les plants. En effet le terrain se présente comme une petite vallée avec deux parties hautes. Cependant la pente à l'entrée de la bananeraie est plus douce que celle de la partie extrême. Le nombre de plants compté est 700 dont 600 sont plus développés. Les moins développés sont rencontrés dans la partie extrême.

La densité actuelle des plants est de 5 m x 5.m.

Les feuilles sont déchirées par les vents. Dans ce sens un effort remarquable est fait. Il existe une clôture arborée en guise de brise vent dont l'effet n'est pas actuellement ressenti. La bananeraie est très enherbée. C'est le manoeuvre chargé de faire l'irrigation qui passe un bout de temps au desherbage. Il y a pas d'entretien quant à l'oieletonnage ou le tronçonnage des plants.

5.7 - Amendements

Les amendements faits se limitent à l'apport d'engrais chimique le NPK (16-16-16) 180 g sont apportés par pied tous les deux mois.

5.8 - La nature des sols

Une observation superficielle du sol révèle deux principales zones :

- Une première zone, à l'entrée de la bananeraie avec des sols noirs, constitués d'une quantité importante de limons.

- Une seconde zone, l'extrême de la bananeraie avec des sols un peu noir, constitués d'une quantité importante de sables fins.

Après cette observation, deux fosses ont été réalisées de profondeur d'environ 1 mètre dont une fosse par zone. Les descriptions faites à partir de ces fosses sont les suivantes :

Fosse 1 (sols noirs avec une quantité importante de limons)

- 0-20 cm : sols noirs (limons) avec de petites tâches jaunes (sables fins)
- 20-40 cm : sols bruns constitués de sables fins et de limons
- 40-60 cm : sols bruns constitués de limons et de sables fins, ddnt la teneur en limon est faible.
- 60-80 cm : identique aux sols de l'horizon 40-60 cm
- 80-100 cm : identique aux sols de l'horizon 40-60.cm

Fosse 2 (sols plus sableux)

- 0-20 cm : sols un peu noir constitués de limons et de sables fins
- 20-40 cm : sols bruns constitués de sables fins avec un peu de limons
- 40-60 cm : identique aux sols de l'horizon 20-40 cm
- 60-80 cm : identique aux sols de l'horizon 20-40 cm
- 80-100 cm : identique aux sols de l'horizon 20-40 cm.

5.9 - Conclusion

Il ressort de ce diagnostic une nécessité d'amélioration de cette exploitation .

Les actions d'amélioration à apporter se situent à plusieurs niveaux :

- Il faut penser dès maintenant à un emplacement définitif de la pompe en tenant compte bien sûr de l'exploitation future de toute la superficie disponible.

Le lieu de la prise semble être le mieux indiqué, car la rivière, le long de la bananeraie a des berges très raides (accès difficile). Il y a lieu également d'envisager un aménagement de cette partie par des perrés par exemple.

- Il est nécessaire que les conduites soient enterrées de la prise à l'entrée de la bananeraie. Cela permettra de les protéger contre les engins, les animaux et le soleil.

- La maîtrise d'eau n'est pas effective. Cela se traduit par des pertes d'eau importantes. Les casiers sont mal faits ou n'existent pas souvent. La rotation est élevée 6 jours pour les sols en présence. Le seul manoeuvre est insuffisant pour faire l'irrigation et l'entretien. De ce fait il y a lieu d'augmenter la main d'oeuvre pour mieux mener l'irrigation.

- Le matériel utilisé est mal entretenu. Il s'agit des conduites en PVC (PN10) qui sont exposées au soleil. La pompe également doit être révisée.

- Au niveau de la bananeraie, la densité des plants est très faible (700 plants sur 2 hectares). Dans les bonnes conditions cette densité devrait être de 2000 à 2500 plants à l'hectare.

5.10 - Etude pédologique

Cette étude pédologique a porté sur l'analyse granulométrique, la sédimentométrie, l'essai de perméabilité et la détermination du PH.

5.10.1 - Analyse granulométrique et la sédimentométrie

Six (6) échantillons ont été analysés en granulométrie et sédimentométrie. Le prélèvement est fait à l'aide d'une tarière. Quatre (4) échantillons sont prélevés à

une profondeur de 0-20 cm dont deux dans la zone limoneuse et le reste dans la zone plus sableuse.

Quant aux deux autres, ils sont prélevés à des profondeurs respectifs de 20-40cm, et 40-60cm dans la zone limoneuse.

L'analyse granulométrique a été faite par voie humide, car les sols comportaient des fines (voir en annexe 1 pour la procédure).

NB : Les prélèvements sont faits surtout à l'horizon 0-20cm, car la plus grande partie des racines du bananier ne dépassent pas une profondeur d'enracinement de 20cm.

5.10.1.1 - Résultats des analyses

Une analyse granulométrique a été faite sur terre fine pour fraction supérieure à 80 μ , une sédimentométrie a été faite pour les fractions de diamètre inférieur à 80 μ . Les résultats sont donnés dans le tableau 5 ci-dessous. Pour les courbes granulométriques (voir en annexe 1)

Tableau 5 : Résultats de la granulométrie et de la sédimentométrie

Profondeur de prélèvement (en cm)		0-20*	0-20*	0-20**	0-20**	20-40*	40-60*
Granulométrie Sédimentométrie (%)	Argiles	5	trace	trace	1	1	1
	Limons	41	27	14	15	22	15
	Sables fins	40	70	80	82	75	83
	Sables grossiers	3	2	4	1	2	1
TEXTURE		limono sableux	limono très sableux	sable limoneux	sable limoneux	sable limoneux	sable limoneux

(*) Echantillons prélevés dans la zone limoneuse

(**) Echantillons prélevés dans la zone plus sableuse

La texture est obtenue à partir du triangle des textures de l'US.

5.10.1.2 - Interpretation des résultats

Au vue des résultats obtenus, une tendance se dégage. Les sols analysés sont dans leur ensemble sablo-limoneux. Cependant la teneur en limon varie de 22% à 14%. Seul les deux échantillons 0-20* sont limono-sableux avec des teneurs en limons variant entre 27 à 41%.

La présence d'un pourcentage important de limon dans cette zone s'explique par la topographie du terrain, par effet de ruissellement les particules fines de la zone haute sont entraînées vers les zones basses. L'argile est presque inexistante au vue des analyses faites. La proportion de sable est important (sable très fin). Il constitut l'élément le plus important dans la composition des sols. Ceci est ressenti sur les courbes granulométriques qui sont étroites dans la partie des sables.

Quant à l'aptitude de ces sols à l'irrigation, ils présentent les avantages suivants :

- les sols sont profonds jusqu'à 1,0m (pendant la réalisation des fosses). Ce qui permettra un bon enracinement.
- les sols sont bien aérés
- la structure est assez bonne
- il y a pas une nécessité de réaliser des drains.

Ces sols présentent aussi des inconvénients :

- Il faut beaucoup d'eau pour faire l'irrigation.
- Les sols sont filtrants et de ce fait possèdent une faible capacité de rétention. La conséquence est que la reserve utile est faible. Cette reserve utile varie entre 20 et 130mm pour une profondeur de sol de un mètre*
- La fréquence d'irrigation sera serrée.

Malgré ces inconvénients, il semble que les sols sont quand même aptes à l'irrigation. Une amélioration de structure peut être faite par des amendements calciques, apports de matières organiques, labour.

* : Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations, Ministère de Coopération, P.91.

5.10.2 - Essai de perméabilité :

Deux types d'essai de perméabilité sont effectués :

- Un essai sur le terrain par la méthode de PORCHET
- Un essai au laboratoire à l'aide du perméamètre ICW

L'essai par la méthode de PORCHET a été réalisé dans la zone limoneuse. Au laboratoire quatre (4) essais sont effectués, dont deux à une profondeur de 0-20 cm en raison d'un essai par zone. Les deux autres à des profondeurs respectifs de 20-40 cm et 40-60 cm dans la zone limoneuse. Compte tenu de la description faite au niveau des fosses, il est jugé non nécessaire de faire des essais à des profondeurs de 20-40cm et de 40-60cm dans la zone sableuse.

5.10.2.1 - Résultats

- Méthode de PORCHET

C'est une méthode rapide pour avoir une idée de la vitesse d'infiltration. Elle consiste à réaliser un trou cylindrique de 5 à 10 cm de diamètre, d'une profondeur de 50 cm environ avec une tarière. Ce trou est ensuite rempli d'eau. On note ensuite la hauteur h_1 de l'eau à l'instant t_1 et la hauteur h_2 à l'instant t_2 et ainsi de suite. Soit r le diamètre de trou, la vitesse d'infiltration est donnée par la formule suivante.

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} - \log \frac{h_1 + \frac{r}{2}}{h_2 + \frac{r}{2}}$$

K : perméabilité m/s

t_1, t_2 : temps (en secondes) correspondant aux hauteurs respectives h_1 et h_2 hauteur d'eau (en mètres) aux instants t_1 et t_2 .

r : le rayon du trou cylindrique en m

Dans le tableau 6, il est présenté pour les différents intervalles de temps les valeurs de la perméabilité. Pour le détail des calculs (voir en annexe 2)

Tableau 6 : Valeurs de la perméabilité par la méthode de PORCHET

st (mn)	1	3	1	5	5	5	5	5
K.10 ⁻⁶ (m/s)	1.68	2.05	2.77	3.79.10 ⁻¹	7.83.10 ⁻¹	4.04.10 ⁻¹	6.10.10 ⁻¹	2.07.10 ⁻¹
kmoy.10 ⁻⁶ (m/s)	1,106							

- Essai de laboratoire

L'appareil utilisé est le perméamètre à charge constante (voir en annexe 2 le mode opératoire et les valeurs brutes). Les échantillons prélevés sont non remaniés. A l'aide d'un porte échantillonneur, les échantillonneurs remplis, sont fournis avec des couvercles en plastique qui ferment les échantillonneurs prévenant ainsi l'assèchement de l'échantillon de sol.

La formule permettant de calculer la perméabilité est la suivante :

$$K = \frac{(576 * Q)}{25 * h * 86400} \text{ (en m / s)}$$

Les résultats obtenus sont resumés dans le tableau 7

Tableau 7 : Résultats des essais de perméabilité

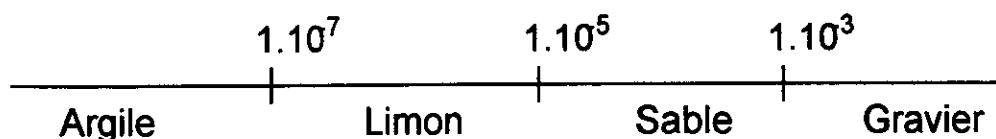
Profondeur de prélèvement (cm)	0-20*	0-20*	20-40*	40-60*
Kmoy (m/s)	7.06.10 ⁻⁶	3.51.10 ⁻⁴	3.4.10 ⁻⁴	2.51.10 ⁻⁴

* zone limoneuse

** zone moins limoneuse

5.10.2.2 - Interprétation des résultats

La méthode de PORCHET a abouti à une perméabilité moyenne ($k_{moyenne}$) égale à $1,106.10^{-6}$ m/s. Cette valeur correspond à la perméabilité des sols limoneuse sable fins; ce qui correspond aux types de sols obtenus lors des analyses précédentes. Suivant la littérature les ordres de grandeur de la perméabilité sont données comme suit :



Quant aux essais de laboratoire, la valeur $7,06.10^{-6}$ m/s se rapproche de ce que l'on rencontre dans la littérature pour ce type sol (limono-sableux). Il en est de même pour les autres valeurs ($3,51.10^{-4}$ m/s, $3,4.10^{-4}$ m/s, $2,51.10^{-4}$ m/s) qui correspondent à la perméabilité des sols sableux.

Au vue de ces valeurs, il est certain que la perméabilité des sols de la bananeraie est assez élevée. Donc il faut l'améliorer. Cette amélioration ne peut se faire qu'en jouant sur la structure du sol qui est dynamique et évolutive. De ce fait il y a lieu de faire des apports de matières organiques (fumier, compost) ou des amendements calciques.

5.10.3 - Détermination du PH

L'objet de cette opération est de savoir l'acidité ou la basicité des sols. Et partant apporter les amendements qui s'imposent. Ils est effectué trois (3) essais tous prélevés à une profondeur de 0-20 cm, dont deux dans la zone limoneuse et un dans la zone sableuse.

Deux types de PH sont déterminés : le PHeau et le PHKCl.

Le PHeau est déterminé comme suit

- Dans une éprouvette on prépare une solution de 20 g de sol avec 50 ml d'eau distillée.
- On agite cette solution pendant 30 minutes
- On mesure le PH avec le PHmètre

Le PH KCL est déterminé comme suit :

- Dans une éprouvette on prépare 20 g de sol plus du KCL à une normalité et 50ml d'eau distillée.
- On agite cette solution pendant 30 minutes
- On mesure le PH avec le PHmètre.

Les différentes mesures effectuées ont abouti aux résultats suivants (voir tableau 8)

Tableau 8 : Valeurs de PHeau et de PHKCL des échantillons

Echantillon	0-20*	0-20*	0-20**
PHeau	7.33	7.13	7.10
PHKCL	5.78	6.04	6.14
PHeau-PHKCL	1.55	1.09	0.96

* zone limoneuse

** zone sableuse

5.10.2 - Interprétation des résultats

Le PH des sols est neutre sinon très légèrement alcalins. Ce PH convient au banane dont le PH optimal varie entre 6 et 7,5. Le terme PHeau - PHKCL étant supérieur à 0,5, les sols ont une acidité potentielle élevée. Les PH actuels obtenus indiquent les sols ont une réserve suffisante pour fixer les cations. Il faut noter que le mode d'exploitation peut faire varier ces PH.

Alors il y a lieu de maintenir ces PH pour compenser les pertes en calcium dues aux exploitations en occurrence du sulfate de calcium (CaSO₄). Cependant il ne faut pas perdre de vue que le pouvoir tampon des sols du site est faible (sable limoneux). Par conséquent les amendements doivent être apportés à faible dose.

Ainsi après interprétations des résultats des analyses effectuées, il y a lieu d'évaluer les besoins en eau avant de faire une proposition du système d'irrigation.

6 EVALUATION DES BESOINS EN EAU

Cette évaluation est faite sur la base du calendrier cultural des plants déjà existants c'est-à-dire septembre 1994-juillet 1995. Les besoins en eau sont déterminés par certains facteurs qui ont une influence notoire sur la qualité de ces besoins. Ces facteurs peuvent se resumer ainsi :

- la demande imposée par le climat (l'évapo-transpiration potentielle, ETP)
- les propriétés hydro physiques du sol (efficacité globale du réseau)
- les apports naturels d'eau au cours du cycle végétatif de la plante (s'il y a lieu) que sont les pluies.

6.1 - Calcul de l'ETP

Le calcul de l'ETP est fait par la méthode de PENMAN modifié. Le choix de cette méthode se justifie par le fait qu'elle utilise plusieurs paramètres climatiques. De ce fait plus proche de la réalité.

Les paramètres intervenant sont :

- la température
- l'humidité relative
- la durée d'insolation
- la vitesse du vent.

Une petite station créée en 1989 par la SONABEL existe à KOMPIENGA. Cependant il n'a été possible de collecter, que les données sur la température (1992-1993) et les données pluviométriques (1989-1994). Ces données sont donc très insuffisantes pour faire le calcul de l'ETP. C'est ainsi que les données climatiques des station de Fada et de Pô ont été collectés.

Le choix de Fada se justifie parce que proche du site (distance à vol d'oiseau, 110 km). Le choix de station de Pô se justifie par sa proximité au site du point de vue latitude (11°10 latitude Nord). A la station de Fada il est collecté les données de 1974-1994 (voir annexe 3).

A la station de Pô il est collecté les données de 1982-1990 (voir annexe 3)

Il faut noter que la station de Pô date de 1982. Ainsi à l'aide du logiciel cropwat, il est calculé les ETP par station dont les valeurs sont résumés dans les tableaux 9 et 10.

Tableau 9 : ETP PENMAN station de Fada (1974-1993)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP _m	6.4	6.8	7.5	7.5	6.9	6.1	5.1	4.7	4.8	5.5	5.5	5.8

Tableau 10 : ETP PENMAN station de Pô (1982-1990)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP _m	7.5	8.1	8.2	7.9	7.4	5.9	5.0	4.6	4.9	5.5	5.8	6.6

Deux valeurs ont été vérifiées au niveau de chaque station en utilisant le tableau de la FAO. Ainsi pour le mois de Janvier il est obtenu respectivement 6.8 mm/j et 7.44 mm/j pour les stations de Fada et de Pô. Ces valeurs sont pratiquement identiques à celles obtenues par l'utilisation du logiciel.

Il faut remarquer que l'ETP de Pô est supérieure à celle de Fada.

Fada	2206.7 mm/an
Pô	2354.65 mm/an

Cette comparaison est indicative, car l'on sait que la serie de Fada est plus longue que celle de Pô. Ainsi pour le calcul de l'ETP du site il est tenu compte de la distance à vol d'oiseau de chaque station par rapport au site. Il est procédé comme suit :

Soit A_i distance à vol d'oiseau des stations par rapport au site (distance à vol d'oiseau Fada-Kompienga égale à 110 km ; distance à vol d'oiseau Pô-Kompienga égale à 200 km).

ETP_i = les ETP mensuelles des stations de Fada et de Pô

ETP_K = ETP mensuelles retenues pour le site.

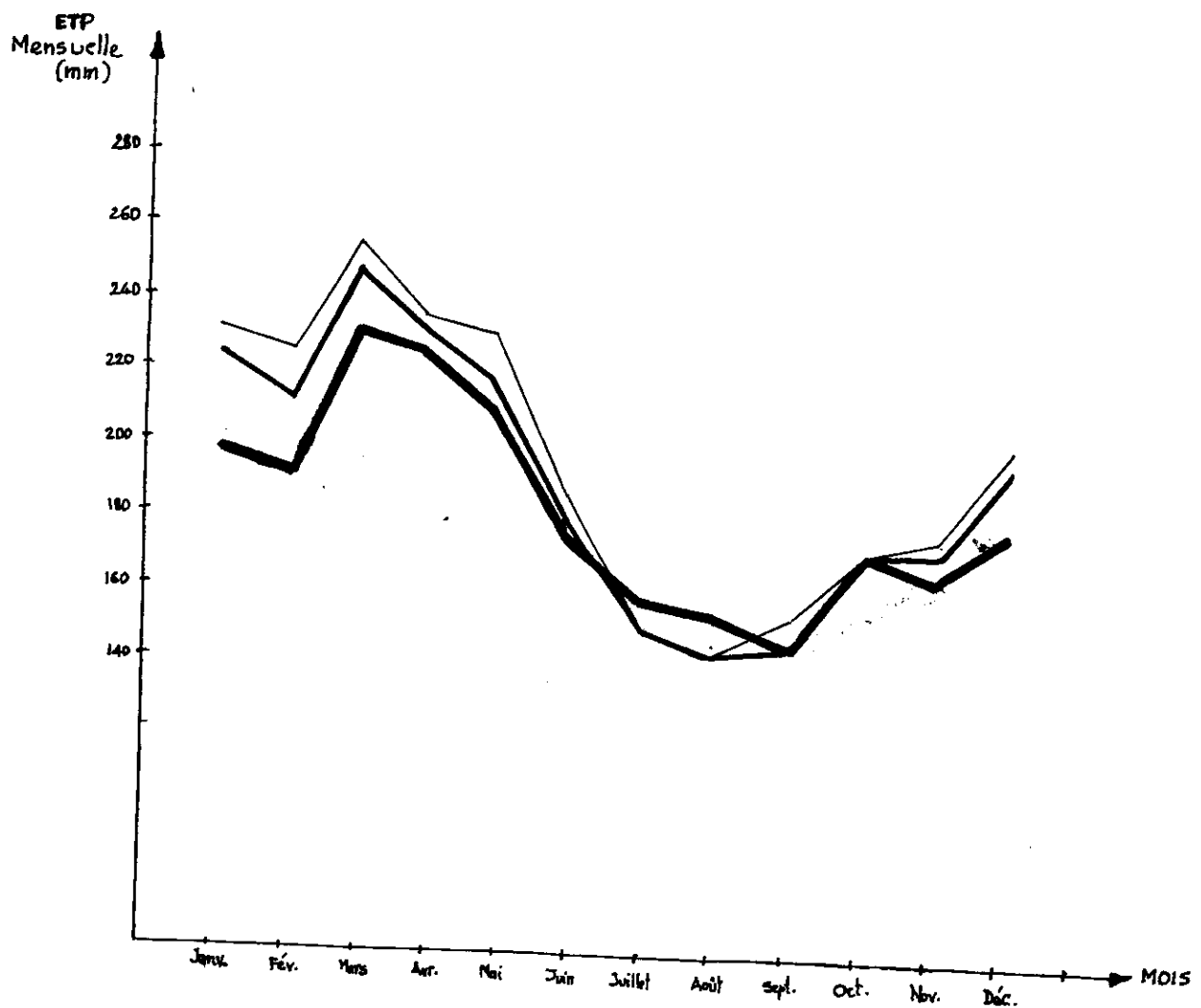
$$ETP_K = \frac{\sum A_i \cdot ETP_i}{\sum A_i}$$

Les valeurs obtenues sont resumées dans le tableau 11

Tableau 11 : Valeurs de l'ETP retenues pour le site à partir des stations de Fada et de Pô

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETPmn/j	7.1	7.6	8.0	7.8	7.2	6.0	5.0	4.6	4.8	5.5	5.7	6.3

(voir sur le graphe les courbes des différentes valeurs de l'ETP)



legende :

- ETP Station de PÔ (1982-1990).
- ETP retenue pour le site.
- ETP Station de FADA (1974-1994).

Au vue de ces courbes l'on remarque que les valeurs de l'ETP sont en général élevées aux 5 premiers mois de l'année. Elles chutent et atteignent leurs valeurs minimales au mois de juin, juillet, août septembre : Elles croissent ensuite à partir du mois d'octobre.

Les valeurs faibles sont observées pendant la saison des pluies. En effet pendant ces mois les pertes sont plus ou moins compensées par les pluies.

6.2 - Coefficients culturaux et phases végétatives de la banane

Le coefficient cultural (KC) est une caractéristique liée à chaque stade végétative de la plante. La durée de chaque phase végétative dépend de l'espèce et de la variété de la culture et aussi des conditions climatiques du milieu. En somme le coefficient cultural influe beaucoup sur les besoins en eau et il varie d'une phase végétative à d'autres de la plante.

Le cycle végétatif de la variété poyo dont il est question est de 12 mois. Pour ce qui concerne le cas présent en l'absence de données précise sur la durée de chaque phase végétative, il est adoptée la méthode israélienne. Selon cette méthode, la vie active d'une plante peut se diviser en quatre phases sensiblement égales.

- 1^{ère} Quart que l'on rationne à 0.25
- 2^{ème} Quart que l'on rationne à 0.5
- 3^{ème} Quart que l'on rationne à 0.75
- 4^{ème} Quart que l'on rationne à 1

Quant aux coefficients culturaux, nous nous sommes référés au document "réponse des rendements à l'eau - BULLETIN FAO D'IRRIGATION ET DRAINAGE N° 33". Ces valeurs sont résumées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Coefficients culturaux du bananier pour les différentes phases végétatives sous le climat tropical.

Culture	STADES DE DEVELOPPEMENT					Durée totale de la periode végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Bananier	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8

premier chiffre : avec humidité (HRmin > 70 %) et vent faible (U<5m/s)

second chiffre : avec faible humidité (HRmin<20 %) et vent fort (U>5m/s)

6.3 - La pluie

Les données disponibles à KOMPIENGA étant insuffisante, le choix s'est porté sur les données pluviométriques de la station de PAMA (1968-1992) située à 35 km du site.

(voir en annexe 3) les données pluviométriques de la station de PAMA (1968-1992) Les pluies moyennes mensuelles sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13 : Pluies moyennes mensuelles de la station de PAMA (1968-1992)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluie, mm	0.0	0.44	13.2	32.4	88.9	117.6	177.6	226.5	152.5	43.9	2.8	0.3

6.4 - Les besoins nets (BN)

Ces besoins constituent la quantité d'eau qu'il faut fournir à la plante déduction faite de la pluie efficace. En Inde par exemple, elle est prise égale à 70 % des pluies tombées, alors qu'en Birmanie on prend 80 % des pluies tombées, les pluies inférieures à 12mm étant exclus.

Pour le cas présent, il est adopté les formules ci-après, préconisées par l'IRAT

$$P < 20 \text{ mm} \quad P_e = P$$

$$P > 20 \text{ mm} \quad P_e = P - [0.15(P-20)].$$

Les pluies efficaces obtenues à partir des pluies moyennes mensuelles de la station de PAMA sont resumées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Pluies efficaces mensuelles

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluie, mm	0.0	0.44	13.2	32.4	88.9	117.6	177.6	226.5	152.5	43.9	2.8	0.3
Pluie efficace, mm	0.0	0.44	13.2	30.5	78.6	103.0	154.0	195.5	132.6	40.3	2.8	0.3

Les besoins nets sont calculés par la formule :

$$BN = ETP * K_c - P, \text{ mm ou m}^3/\text{h}$$

(voir le tableau 16 pour les valeurs des besoins nets mensuels)

6.5 - Les besoins bruts (BB)

Ils constituent la quantité d'eau nécessaire aux plantes en tenant compte des pertes d'eau dans le réseau et à la parcelle. Les besoins bruts sont déduits des besoins nets à travers l'efficacité globale du réseau (E_g).

$$BB = \frac{BN}{E} \text{ (en mm ou m}^3 \text{ / ha)}$$

(voir tableau 16 pour les valeurs mensuelles des besoins bruts);

La valeur de l'efficacité globale est obtenue en faisant le produit de l'efficacité du réseau conduite par une efficacité moyenne (réseau d'irrigation en terre et l'efficacité à la parcelle).

Ainsi l'efficacité du réseau conduite adopté est 0.85. Pour l'efficacité réseau d'irrigation en terre, l'on peut prendre selon le document "cours d'Hydraulique -Irrigation de J. D'AT DE SAINT FOULC" 0.6.

Quant à l'efficacité à la parcelle il est retenu 0.6.

Dans le tableau 15 est résumé les différentes valeurs de l'efficacité.

Tableau 15 - Valeurs des efficacités

Efficienc réseau conduite (E_c)	Efficienc réseau en terre E_r	Efficienc à la parcelle E_p	Efficienc moyenne (E_r, E_p) $E_m = \frac{(E_r + E_p)}{2}$	Efficienc globale du réseau $E_g = E_c * E_m$
0.85	0.6	0.6	0.6	0.51

Pour des raisons de commodité il sera retenu une efficacité globale :
 $E_g = 0.50$ pour la suite des calculs.

Tableau 16 : Besoins nets et besoins bruts de la banane

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETP	144.0	170.5	171.0	195.3	220.1	212.8	248.0	234.0	223.2	180.0	155.0	142.6
Kc	0.5	0.5	0.5	0.85	0.85	0.85	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.85
ETP,mm	72.0	85.3	85.5	166.0	187.1	180.9	272.8	257.4	245.5	180.0	155.0	122.6
P, mm	152.5	43.9	2.8	0.3	0	0.4	13.2	32.4	88.9	117.9	177.6	226.5
Pc, mm	132.6	40.3	2.8	0.3	0.0	0.4	13.2	30.5	78.6	103.0	154.0	195.5
BN,mm	(60.6)	45.0	82.7	165.7	187.1	180.5	259.6	226.9	166.9	77.0	1.0	(72.9)
Eg	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
BB, mm	(121.2)	90.0	165.4	331.4	374.2	361.0	519.2	453.8	333.8	154.0	2.0	(145.8)

Commentaire :

BN = 1392.4 mm

BBT = 2784.8 mm

On remarque que pour les mois d'Août et septembre Les besoins sont couverts avec les pluies. Au mois de juillet on peut s'en passer de l'irrigation compte tenu de sa quantité. Donc l'irrigation n'est pas nécessaire pendant 3 mois. Compte tenu de la succession végétative du bananier, il est préférable de fixer une dose à apporter par mois.

En faisant la moyenne des besoins nets on obtient 154.7mm/mois. Cependant cette valeur semble défavoriser beaucoup les plants à certain mois. Ainsi il est adopté une dose de 200mm/mois qui se rapproche des doses des mois où les besoins élevés.

7. CALCUL DES PARAMETRES DE BASE

Il faut signaler que la superficie brute de l'exploitation est estimée à 20750 m². La superficie nette est d'environ 20 000 m² en tenant compte de l'emprise du réseau.

La rotation adopté est de 3 jours. Ce choix se justifie par la nature des sols de l'exploitation (sable limoneux dans l'ensemble).

Les paramètres de base déterminés sont :

- La dose d'eau
- La dose journalière
- La superficie à irriguer par rotation
- La dose à apporter par rotation
- Le temps de pompage en fonction du débit de la pompe existante (23.2

m³/h).

Dans le tableau 17 est résumé les valeurs obtenues (pour le détail des calculs voir en annexe 4).

Tableau 17 : Valeurs des paramètres de base déterminés

Dose d'eau (mm/mois)	400
Dose journalière (mm)	13.3
Superficie à irriguer par rotation (ha)	0.67
Dose à apporter par rotation (m ³)	268
Temps de pompage (heure)	11 h 30'

Commentaire :

Cette observation porte sur le paramètre temps pompage. Bien que ce temps 11 h 30' soit dans l'ordre de grandeur des temps admis en irrigation gravitaire reste quand même élevé. En effet il faut remarqué que le débit de la pompe (6.4 l/s) est très faible.

Ce débit serait très difficile à manipuler par les irrigants, la perméabilité des sols de l'exploitation étant assez élevée. Les débits conseillés pour faire l'irrigation dans des types sols de l'exploitation varient entre 20 l/s et 40 l/s.

C'est dans ce sens qu'une proposition est faite. Nous conseillons de ce fait un débit de 20 l/s qui est plus facile à manipuler, et le temps de pompage est réduit à 4 heures. Rappelons quand même qu'il existe une pompe de 240 m³/h (66.67 l/s). Ce débit est élevé et sera difficile à manipuler. Avec cette pompe il faudrait prévoir un réservoir. Cette solution semble être très coûteuse. (Voir en annexe 4 pour la justification).

Ainsi avec un débit de 20 l/s (72 m³/h), le réseau sera redimensionné.

8. PROPOSITION DU SYSTEME D'IRRIGATION

8.1 - Conception du système d'irrigation

Le système d'irrigation adopté est le système par déversement dans les casiers. C'est un système simple qui permettra l'utilisation de la main d'oeuvre locale. Le système consiste en un prélèvement de l'eau dans la rivière par pompage. Cette eau est refoulée à l'aide de tuyauteries vers trois points hauts de l'exploitation, où sont prévus des canalisations en terre (canaux primaires). Il existe 3 canaux primaires notés P_1 , P_2 , P_3 de longueur respective 180.0m ; 194.0m et 222.0m.

De ces points par écoulement dans les canaux secondaires, l'eau est répartie dans les casiers à travers des entrées. Ces canaux secondaires ont une longueur variant de 20 à 45 mètres. Il existe 19 prises de secondaires sur chacun des canaux primaires P_1 et P_2 et 20 sur le canal primaire P_3 . Il sera réservé des lévés de terre le long des canaux afin de permettre le bon fonctionnement des bouches à eau. Les canaux secondaires sont confectionnés entre deux rangés de casiers. Sur la base d'une densité des plants de 2.5 m x 2.5 m, il aura 400 casiers à l'hectare. La superficie étant de 2.0 ha il aura alors 800 casiers. Chaque casier comportera 4 plants. Ce qui indique qu'il est possible d'avoir 3200 plants. Il faut souligner un bon planage des casiers est important afin d'avoir une bonne uniformité de l'eau à l'intérieur de ces derniers.

Les dimensions des casiers sont : 5m x 5 m soit 25 m² (voir le schéma de principe).

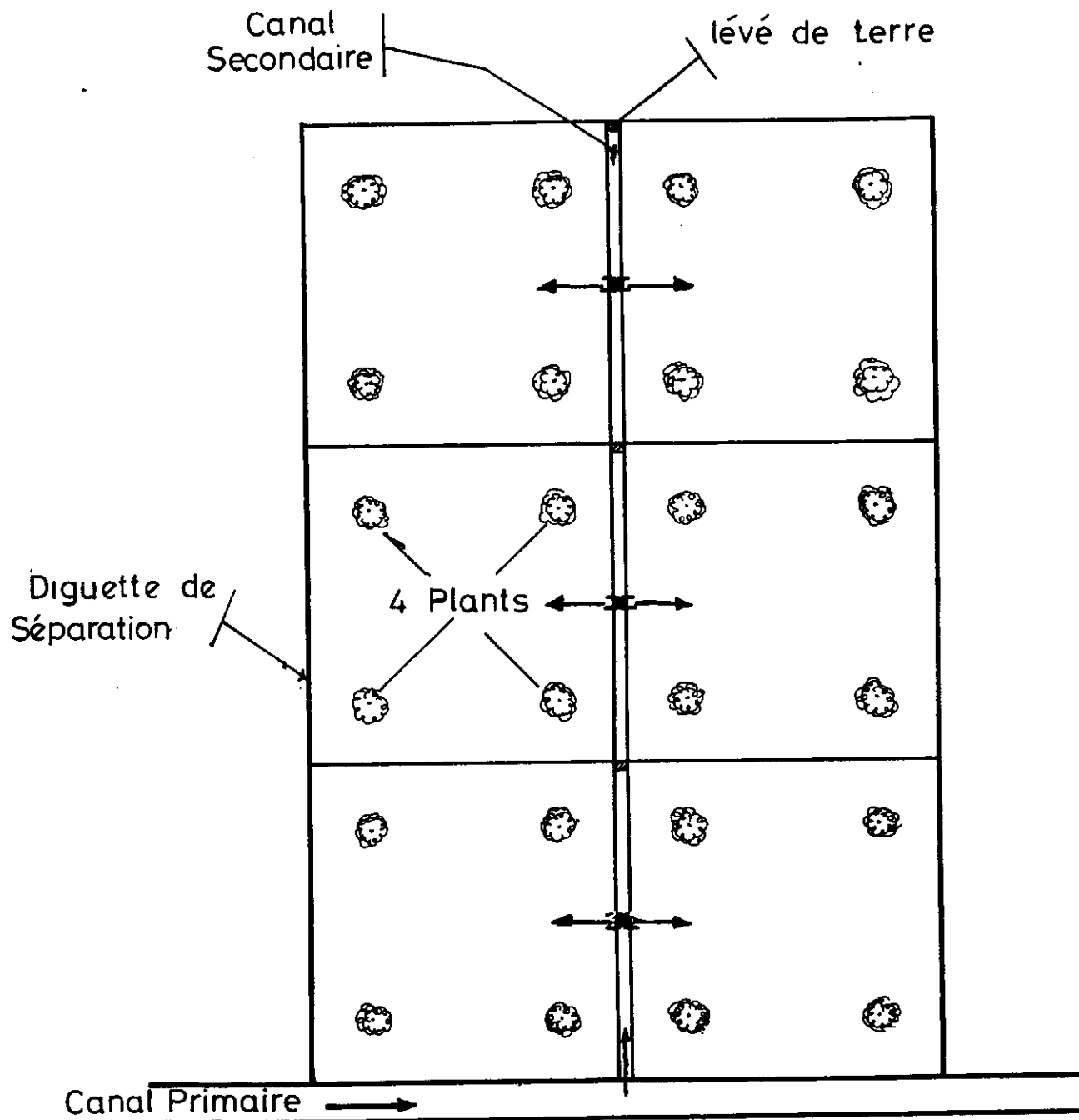


Schéma de principe d'Aménagement

8.2 - Dimensionnement du réseau

Le réseau sera dimensionné avec un débit de 20l/s.

8.2.1 - Les canaux en terre

La formule utilisée est celle de Manning STRICKLER.

Pour le calcul les valeurs suivantes ont été adoptées.

Le coefficient de rugosité K_s est prise égale à 30. Cette valeur est choisie dans le tableau de valeur du coefficient de rugosité $n = 1/K$ (d'après RE. Horton)

la pente I adoptée est de 3 ‰

le fruit des berges est prise égale à 1.5

la largeur au plafond B retenue est 30 cm

il est prévu une revanche R de 10cm

(voir en annexe 5 pour le détail des calculs)

Avec ces données les dimensions obtenues sont les suivantes :

$$b = 0.3 \text{ m}$$

$$h = 0.13 \text{ m}$$

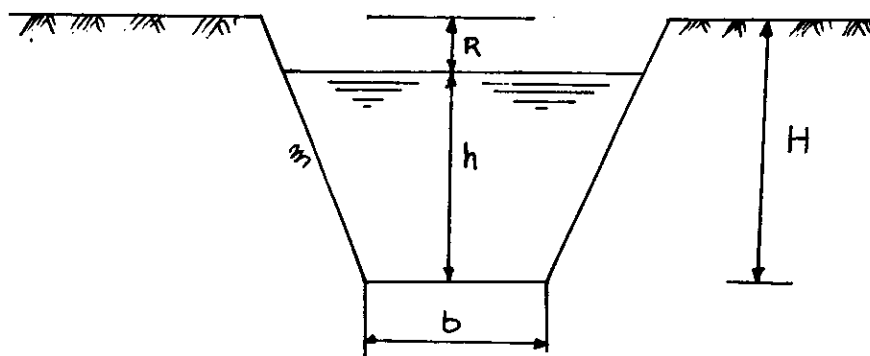
$$R = 0.10 \text{ m}$$

$$H = 0.23 \text{ m}$$

$$m = 1.5$$

$$V = 0.32 \text{ m/s}$$

voir schéma d'un canal type



8.2.2 - Diamètre des conduites

La formule utilisée est la suivante

$$D = \left(\frac{4*Q}{\pi * 3600 * V} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (D \text{ en mm, } Q \text{ en m}^3/\text{s} ; V \text{ en m/s})$$

La vitesse est fixée à 1.0m/s. Le calcul a abouti à : D = 159.6 mm

Il est retenu un diamètre standard D = 144 mm. Ce qui donne une vitesse V = 1.2 m/s (admissible). Les conduites sont en PVC

8.3 - Aménagement de la berge

Cet aménagement s'avère nécessaire à l'endroit où se place la pompe actuellement. Il a pour objet de protéger la berge en cet endroit contre les eaux de ruissellement. Mais aussi permet un accès beaucoup plus facile à la rivière. Cet aménagement sera fait sur une longueur de 10 m. La protection sera de type longitudinale avec perré par exemple.

8.4 - Choix de la Pompe

- Calcul de la hauteur de la manométrique totale

La hauteur manométrique totale se définit comme la somme des pertes de charge totales et de la hauteur géométrique totale.

Pour le cas présent la hauteur géométrique est estimée à 7 mètres. Les pertes de charge à l'aspiration sont estimées à 3 mètres. Les pertes de charge linéaires sont calculées par la formule de Manning Strickler.

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires. La longueur totale de la conduite est 186 mètres.

Les conduites sont PVC de diamètre = 144 mm

Ainsi après calcul il est obtenu les valeurs suivantes : pertes de charge linéaires et singulières égales à 11.8m (pour le détail des calculs voir en annexe 5)

- Choix de la pompe

La pompe à choisir doit avoir les performances suivantes :

$$Q = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Hmt} = 11.8\text{m}$$

Ainsi il est choisi une pompe de marque ROBIN dont les performances sont :

$$Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Hmt} = 26 \text{ m}$$

$$P = 5.5 \text{ CV (moteur Diesel)}$$

- Le diamètre obtenu avec 72 m³/h est maintenu

9 - ORGANISATION DE L'IRRIGATION

L'irrigation se fera de l'aval vers l'amont et la totalité du débit est desservi dans un seul canal secondaire. L'irrigation sera menée par deux personnes. En effet un levé de terre sera prévu au bout du canal primaire et du dernier secondaire à irriguer. Ainsi l'eau est répartie dans les derniers casiers à travers des entrées. Une fois que ces casiers sont remplis, un levé de terre est fait à l'aval des casiers précédents qui à leur tour sont desservis.

Ainsi de proche en proche il est irrigué tous les casiers dominés par le secondaire en question. Ce qui amène à faire un levé de terre dans le primaire juste à l'aval de l'avant dernier secondaire. Et on procède comme précédemment jusqu'à alimenter tous les casiers.

En résumé, chaque fois un levé de terre est fait dans le canal primaire à l'aval immédiat du secondaire à desservir. Il en est de même pour les secondaires dont le levé est fait à l'aval immédiat des casiers à irriguer.

Cette irrigation sera menée sous la supervision d'un responsable à l'irrigation. Ce responsable doit bien suivre le bon déroulement du travail. C'est lui qui doit démarrer et arrêter la pompe. Il s'occupe de l'entretien de la pompe (vidange, graissage, changement de filtres, petites répartitions etc.). Enfin il s'occupera de l'entretien du réseau.

10. RECOMMANDATIONS

Faire un aménagement c'est bien, mais l'entretenir est encore mieux. En effet l'entretien garantit la pérennité de l'aménagement et assure sa viabilité.

En matière d'entretien nous formulons les recommandations suivantes :

- Au niveau aménagement :

Le réseau d'irrigation doit être bien entretenu. En effet un réseau d'irrigation défectueux pourrait entraîner des pertes d'eau importantes et par suite des déficits hydriques au niveau des bananiers, qui résistent mal à la sécheresse.

Ainsi il faut surélever les diguettes cassées et entretenir les canaux. Les conduites en PVC doivent être protégées contre le soleil, les animaux et les engins. La pompe doit être bien entretenue (vidange, graissage, changement de filtres etc) qui assurent sa viabilité.

- Au niveau agronomique :

Compte tenu de la nature des sols de l'exploitation (sable limoneux), il faut faire des apports de matières organiques (fumier ou compost). Compte tenu des difficultés pour collecter une grande quantité de fumier, il est mieux indiqué de prévoir des compostières sur place. Ces amendements vont améliorer la structure du sol, il en est de même pour la perméabilité.

Ce apport peut se faire à hauteur de 30 à 40 tonnes à l'hectare. A côté de ces amendements organiques, l'apport d'engrais chimique s'avère utile, surtout le potassium et l'azote dont le bananier a plus besoins. On peut apporter par exemple le NPK 12-6-20 ou 10-10-20

Le traitement phytosanitaire est nécessaire surtout contre :

- Les nématodes que l'on traite avec des produits comme le Nematicure, le murale, le furadan.

- La cercoporiose qu'on traite avec le tilte.

La densité des plants doit être relevée avec la plantation de 2500 bananiers. Il faut remplacer les plants qui n'auront pas poussés. Il faut faire le désherbage tous les deux mois, car elles peuvent concurrencer pour l'extraction des éléments nutritifs.

Une augmentation de la main d'oeuvre doit être envisagée. Cette main d'oeuvre restera sur place. Pour ce faire il faut prévoir une construction d'un logement et d'un magasin.

11. ETUDE ECONOMIQUE

11.1 - Analyse du marché de la banane

Deux enquêtes sont réalisées respectivement à KOMPIENGA et auprès de la Société FLEX FASO à Ouagadougou.

Les objectifs recherchés sont :

- Etudier les périodes de pointe de consommations de la banane
- Stratifier la demande (Hôtel, Société, famille, grossistes)

Ces enquêtes ont permis d'obtenir les résultats suivants :

11.1.1 - Commerce

Les enquêtes réalisées à KOMPIENGA attestent que la banane fait parti des habitudes alimentaires des couches sociales. Les bananes sont achetées au marché pour les consommateurs à 150 FCFA le kilogramme. Les grossistes s'approvisionnent auprès des producteurs à 100 FCFA le kilogramme et écoulent leur produit au marché, quelque fois à NADJAGOU situé à 17 km de KOMPIENGA. Les producteurs locaux n'ont pas de problème pour écouler leur production.

A FLEX FASO, nous avons rencontré le Directeur Commercial. Ce dernier nous a affirmé que FLEX FASO pourrait acheter la production. Cependant il faut passer un contrat de production qui précisera la quantité de produit prévu. Actuellement FLEX FASO achète le kilogramme de banane à 90 F CFA bord champs à Bobo-Dioulasso (360 km de Ouagadougou) et à 125 F CFA à Ouagadougou.

11.1.2 - Consommation

Les dépenses moyennes par famille se situent à 165 FCFA selon les enquêtes réalisées à KOMPIENGA. A l'Hôtel la KOMPIENGA la consommation est très variable en fonction des clients, 100 à 3000 FCFA par semaine. Les périodes de pointe de consommation sont liées aux périodes de la banane (octobre, novembre,

décembre, janvier). 76% des enquêtés estiment que l'approvisionnement du marché est irrégulière, surtout pendant le mois de Mars et pendant la saison des pluies.

11.1.3 - Débouchés pour une production locale

A Kompienga, il semble avoir des possibilités d'écouler le produit. Cela se justifie par le fait que les producteurs locaux n'ont pas de problème pour écouler leur production. Aussi l'irrégularité du marché à certaines périodes de l'année indique qu'il existe des possibilités. Cependant cette possibilité n'est pas encore énorme. Les grossistes s'approvisionnent avec des quantités faibles (3750 FCFA par semaine).

Quant à FLEX FASO, elle peut acheter une grande production, car dispose des chambres froides pour la conservation.

En conclusion, nous estimons qu'il est préférable, que le calcul économique soit fait sur la base du prix d'achat de FLEX FASO au bord champs (90 FCFA le kilogramme). Ainsi si l'activité est rentable au prix de FLEX FASO, elle serait rentable également lorsqu'une partie de production est vendue à KOMPIENGA.

11.2 - Programme de production

11.2.1 - Capacité de production

Actuellement, il existe 700 plants plantés en septembre 1994 sur 2 ha. Il faut noter qu'en réalité il devrait avoir 3200 plants. Ce qui suppose qu'il faut impérativement planter 2500 plants.

Cette nouvelle plantation serait prévu au mois de septembre 1995 afin de permettre les travaux de pré-plantation (piquetage, trouaison, fumure de fond) : Le calcul économique est fait sur la base de 3200 plants sur 2 ha. Le rendement adopté est de 20 T/ha (rendement moyen de la production de banane au Burkina Faso).

La première récolte est effectuée 12 mois après la plantation (variété poyo). Les cycles se succèdent tous les six mois. (voir le tableau 18 pour le programme de la production)

Tableau 18 : Programme de production de la banane

Période	Août	Février	Août
Récolte	1996	1997	1997
Plantation (septembre 1995)	40	40	40

Bilan : 40 tonnes en 1996

80 tonnes en 1997

11.2.2 - Prévision de recettes pour les deux premières années :

Le calcul des recettes est fait sur la base du prix d'achat FLEX FASO (90 FCFA le kilogramme)

Tableau 19 : Recettes prévisionnelles de la production de la banane

Période	Août	Février	Août
Récolte	1996	1997	1997
Recettes (FCFA)	3600000	3600000	3600000

Bilan 1996 : 3.600.000 FCFA

Bilan 1997 : 7.200.000 FCFA

11.3 - Estimation des coûts

Pour mener à bien l'activité, il est nécessaire d'effectuer certains aménagements et d'acquérir du matériel.

* Aménagement

- Protection de la berge de la rivière
- Construction d'un magasin et d'un logement

*** Matériel à acquérir**

- Matériel d'irrigation : groupe moto pompe et tuyauterie

- Matériel végétal (2500 pieds de bananier) dont 1000 pieds seront disponibles dans la bananeraie

- 5 cordeaux de plantation de 100m

- 5 pics

- 10 machettes

- 5 haches

- Carburant et lubrifiant pour le groupe motopompe.

*** Estimation des coûts**

Au niveau du site, l'utilisation de la main d'oeuvre locale contractuelle est payée à 1000 FCFA la journée de 8 heures de travail.

Le transport de matières organiques par charrette à raison de 500 FCFA le voyage. La paye du personnel permanent est :

- Chef d'exploitation 55.555 FCFA/mois

- 2 irrigants à raison de 15.000 FCFA/mois chacun.

Au niveau des aménagements, la protection de la berge en perré maçonné est de 4800 FCFA le mètre carré (10 m x 5 m) soit 240.000 FCFA.

L'estimation du coût de la main d'oeuvre sur certains travaux d'exploitation a été faite sur la base d'une journée de travail de 8 heures et sur les normes déduites de l'expérience de FLEX FASO. La construction des locaux est évalué à 1.000.000 FCFA. Le prix de la pompe est obtenu à FASOHYDRO. Nous nous sommes référés aussi au bordereau des prix des projets d'alimentation en eau potable, barrage et aménagement hydro-agricole.

11.4 - Coûts d'investissement

Dans le tableau 20 est résumé les différents coûts de l'investissement.

Tableau 20 : Coûts d'investissement pour une bananeraie de 2 ha

Nature	unité	coût unitaire (FCFA)	Quantité	Coût total (FCFA)	Durée d'amortis- sement (années)	Amortissement (FCFA)
Aména-gement	m2	4800	50	240000	5	48000
Locaux	U		2	1000000	5	200000
Pompe	U	2500000	1	2500000	5	500000
Tuyauterie	ml	18200	185	3367000	5	675400
Coude 90°	U	20000	1	20000	5	4000
pelle, pioche, ratot	U			62180	2	31090
Dabat	U	1000	10	6000	2	3000
Charrette	U	57000	1	57000	5	11400
Matériel végétal	U	90	1500	135000	2	67500
cordeaux de plantation de 100 m	U	4000	10	40000		
Pics	U	2000	5	10000	2	5000
Machettes	U	1500	5	7500	2	3750
Haches	U	2000	5	10000	2	5000
Compostière	U	4000	2	8000		
Piquetage	ha	1500	2	3000		
Trouaison	ha	10000	2	20000		
Fumure de Fond	T	5000	10	50000		
Confection des casiers	ha	50000	2	100000	2	50000
Plantation	ha	10000	2	20000	2	10000
Casier de récolte	U	3500	50	175000	10	17500
Déblai pour canaux	m3	1000	68.103	68108		
COUT PARTIEL				7898788		
Imprévus (10%)				789880		
COUT TOTAL				8688668		1631640

Le coût à l'hectare est de 4 344 334 FCFA

11.5 - Coûts d'exploitationTableau 21 : Coût d'exploitation pour une bananeraie de 2 ha

Nature	Unité	Coût unitaire (FCFA)	Nombre par an	Quantité	Coût total (FCFA)
Travaux d'exploitation					
Oeilletonnage	ha	1680	6	2	20.160
Désherbage	ha	7000	6	2	84.000
Traitement	ha	840	2	2	3360
Epannage engrais	ha	560	6	2	6720
Tronçonnage tige	ha	7000	2	2	28.000
Récolte	ha	60.000	2	2	240.000
Changement récolte	ha	3000	2	2	12.000
SOUS TOTAL					394.240
Groupe motopompe					
Gasoil	l	250		2160	540.000
Lubrifiant	l	800		50	40.000
Entretien	Forfait 5% prix pompe				125.000
SOUS TOTAL					705.000
Traitement					
Tilt	l	12.000	2	2	24.000
Miral	Kg	2360	2	12.5	59.000
SOUS TOTAL					83.000
Intrants					
Engrais NPK(16-16-16)	Kg	120	6	3840	460.800
SOUS TOTAL					460.800
Transport matière végétal	U	50		1500	75.000
SOUS TOTAL					75.000
Frais personnel	U			3	1.026.660
SOUS TOTAL					1.026.660
					2.744.700

11.5 - Compte d'exploitation prévisionnel

Tableau 22 : Compte d'exploitation d'une exploitation de 2 ha de bananeraie

Année Désignation	1996	1997
Chiffre d'affaire	3.600.000	7.200.000
Fournitures consommés	1.518.040	1.518.040
Transport consommé	75.000	0
Services consommés	125.000	125.000
Frais personnel	1.026.660	1.026.660
Charges et pertes divers	200.000	200.000
Impôts et taxes	0	0
Résultat avant amortissement	655.300	4.330.300
Dotations aux amortissements	1.631.640	1.631.640
Résultat d'exploitation	2.286.940	5.961.940

Commentaire

Le compte de résultat des deux premières années de cette phase d'expérimentation révèle que l'activité est rentable. La première année la rentabilité est de 2,3 millions de FCFA. Alors qu'en 1997 elle est doublée. Cela est dû au fait qu'à la première il y a lieu une seule récolte.

Il faut souligner que le maintien ou l'augmentation de la bonne rentabilité ne peut se faire qu'en respectant la densité des plants, mais aussi un bon suivi de la plantation (entretien) dont dépend le rendement.

12. TRAJECTOIRE DE DEVELOPPEMENT SUR LES 11 HECTARES

RESTANTS

Madame Catherine RICHARD à quelques idées plus ou moins précises de la manière dont elle envisage l'avenir. Ainsi la promotrice ambitionne de procéder à des extensions de son exploitation en culture de bananiers, mais aussi des papayers, des orangers et manguiers. De ce fait il a paru nécessaire de donner quelques directives quant à la conception du système d'irrigation. Ainsi les propositions suivantes sont faites :

12.1 - Extension de l'exploitation

La superficie restante est estimée à 11,3 hectares. Ainsi la répartition de la superficie envisagée par culture est la suivante :

- culture de banane	2.7 ha
- culture de papaye	2.9 ha
- orangers	3.1 ha
- manguiers	2.6 ha

La première récolte pour les orangers et les manguiers a lieu 5 ans après la plantation. Quant aux papayers, ils produisent 12 mois après la plantation.

12.2. - Directives sur la conception du système d'irrigation

12.2.1 - Bananiers et papayers

Le système d'irrigation prévu est identique à celui de la phase d'expérimentation. Ainsi l'eau pompée sera refoulée vers les points hauts où se trouvent des canalisations en terre (primaire). Ces derniers desservent les secondaires, qui à leur tour alimentent les casiers.

Les conduites passeront le long de la limite du verger, coté Est. Le primaire P3 de la phase d'expérimentation sera rédimensionné en vue de pouvoir faire l'irrigation de part et d'autre de ses berges.

La densité des plants pour le papayer est identique à celle du bananier. Ainsi avec les superficies prévues, il faut respectivement 5400 et 5800 pieds de bananiers et papayers.

12.2.2 - Orangers et manguiers

Dans ce cas, l'arrosage se fera au niveau de chaque pied d'oranger et de manguiers, par déversement de l'eau dans des cuvettes. Pour éviter que l'eau d'irrigation mouille le collet il sera adopté le principe de double cuvette. Les densités des plants sont :

10 m x 10 m pour les manguiers, soit 100 pieds à l'hectare

6 m x 8 m pour les orangers, soit 200 pieds à l'hectare.

Avec les superficies prévues il faut :

310 pieds de manguiers

520 pieds d'orangers

Les besoins en eau sont estimés sommairement. Sur ces bases il sera choisi la pompe qu'il faudrait.

12.2.3 - Besoins en eau

Les besoins en eau pour le manguiers et l'oranger sont évalués à 120 mm/mois (d'après le mémento de l'agronome).

Les besoins en eau pour le bananier sont pratiquement identiques à ceux du papayer : 200 mm/mois.

12.2.4 - Choix de la pompe

Pour ce faire il est adopté une rotation de 6 jours pour les manguiers et les orangers. Une rotation de 3 jours est adopté pour les bananiers et les papayers. Ce qui abouti à des doses de 240 m³/ha/rotation pour les manguiers et les orangers et 200 m³/ha/rotation pour les bananiers et papayers.

Rappelons que la superficie totale réservée pour manguiers et oranger est d'environ 5.7 ha et celle des bananiers et papayers est d'environ 7.6 ha (les 2 hectares de la phase d'expérimentation compris).

Ainsi il sera irrigué environ 1 ha par jour au niveau des arbres fruitiers et 2.5 ha par jour pour les manguiers et papayers. En prenant une efficacité globale égale à 0.50 et un temps de pompage de 8 heures par jour il faut respectivement une pompe de 60 m³/h et 125 m³/h. Les arbres fruitiers et les bananiers et manguiers. Ce qui donne un débit total à fournir égal à 185 m³/h.

Rappelons aussi qu'il existe une pompe de 240 m³/h. Ce qui suppose que ce dernier serait à mesure d'assurer l'irrigation.

Diamètre des conduites

Avec un débit de 240 m³/h, il faudrait prévoir des conduites en PVC de diamètre égal à 294 mm. (voir en annexe 5 pour le détail de tous les calculs).

12.3 - Conclusion

Il faut noter que les différents aspects étudiés ne sont pas figés. De ce fait une étude plus approfondie serait nécessaire pour la conception définitive du système d'irrigation. Il est souhaitable d'étudier les sols quant à leur profondeur, car les arbres fruitiers ne peut se faire sur des sols peu profonds.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude, il ressort du diagnostic effectué, une nécessité d'améliorer les conditions d'exploitation de la bananeraie. Pour ce faire une étude pédologique sommaire réalisée révèle que les sols de la bananeraie sont aptes à la culture de la banane du point de vue structure et profondeur.

Ces sols sont dans leur ensemble de type sable limoneux avec des proportions de sables variant entre 77% et 84% et de limons variant entre 14% et 22%. La perméabilité variant de $3.51.10^{-4}$ à $7.06.10^{-6}$ m/s est assez élevée. Quant au PH, il varie de 7.10 à 7.33, convenable aux bananiers. Le besoin en eau est évalué à 200 mm/mois. Le tour d'eau adopté est 3 jours compte tenu de la nature des sols en présence.

La pompe utilisée actuellement fournit un débit en tête du réseau faible (6.4l/s), difficile à manipuler. Il a été proposé de faire le débit en tête du réseau à 20l/s.

La pompe choisie est de marque ROBIN, $Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}$, Hmt = 26 m.

Par rapport à la conception du réseau, il est proposé un système d'irrigation par gravité. Ce système consiste à refouler l'eau à l'aide de tuyauterie $\phi 144$ vers 3 points hauts de l'exploitation où sont prévus des canalisations en terre (primaires).

Ces 3 canaux primaires notés P_1 , P_2 , P_3 desservent des secondaires, qui à leur tour alimentent des casiers comportant 4 plants à travers des entrées. Il aura 800 casiers de superficie 25 m^2 chacun. La densité est de 1600 plants à l'hectare. L'irrigation sera menée par deux personnes et superviser par un responsable à l'irrigation. Le temps d'irrigation est de 4 heures par jour. La main d'oeuvre restera sur place.

De ce fait il est prévu la construction d'un logement, d'un magasin et un aménagement de la berge de la rivière. Le coût d'investissement s'élève à 8.7 millions, le coût d'exploitation s'élève à 2.7 millions. Les recettes sont de 3.6 millions en 1996 et 7.2 millions en 1997.

Le résultat d'exploitation est de 2.2 millions en 1996 et 5.9 millions en 1997. Ce qui indique que cette activité est rentable. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que cette rentabilité ne peut être réelle que s'il y a un bon suivi de la plantation et un entretien du réseau. Quant à l'avenir, nous pensons comme Madame Catherine RICHARD qu'une extension pourrait être envisagée. Et dans ce sens une étude sommaire est faite, notamment l'augmentation de la superficie de la culture de banane, la prévision d'autres cultures, comme les papayers, les orangers, les manguiers. Quant à la directive donnée pour la conception du réseau proposée nécessitera une étude plus détaillée pour sa mise en place effective.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAMPION, J. (1963). Le bananier - Maisonneuve et Larouse, Paris, 1963
 "(Techniques agricoles et productions tropicales, n°1)
 CRET Diverses méthode d'irrigation. Collection Techniques Américaines N°123,
- D'AT DE SAINT FOULC, J. (1988). Cours d'Hydraulique-Irrigation, deuxième édition,
 EIER; Ouagadougou, Juin 1988, polycopié de cours.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. (1986). Les besoins en eau des cultures. Bulletin
 FAO d'irrigation et de drainage N°24. Rome, 1986.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H.. Réponse des rendements à l'eau.
 Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N°33. Rome, 1980.
- GTZ. Expérimentation de Techniques d'irrigation en zone sahéenne
- IBRAHIMA A. (1994). Le climat et les besoins en eau des cultures
 EIER, Ouagadougou, Juillet 1994, polycopié de cours.
- IDANI O., TRAORE D. (1993)
 Projet d'aménagement d'un périmètre de production de banane et de papayer
 Etude de Faisabilité Financée par le programme micro-réalisation de la Coopération
 CANADO-BURKINABE,
 Centre de production agricole de Boborolo, Mai 1993.
- INADES-FORMATION (1985)
 Le bananier dans la serie, "les productions de l'agriculteur", Abidjan 1985.
- INADES-FORMATION (1987), Vivre avec la secheresse
 Agripromo N°56, revue trimestrielle interafricaine de promotion rurale
 Abidjan, Janvier 1987.
- Ministère Français de la Coopération et de Développement (1991)
 Memento de l'Agronome
 Collection Technique rurales en Afrique, France, 1991.

Ministère Français de la Coopération et de Développement (1979)
Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations
Collection Technique rurales en Afrique, France, 1979.

Richard, C. (1993), Evaluation de projet création d'une bananeraie,
Ouagadougou Août 1993.

SIMA (1977). La mécanisation dans les systèmes de culture bananière

SMITH, A. (1992). L'eau, le sol, la plante. Etude de cas, applications.
EIER, Ouagadougou, Juin 1992, photocopié de cours.

SOLTNER D. (1992).

Les bases de la production végétale Tome 1 le sol.

19è Edition 1992.

Collection Sciences et Techniques Agricoles, Sainte-Gemmes-Sur-Loire, 1992.

ANNEXES

ANNEXE I

A- ANALYSE GRANULOMETRIQUE

A1 - Objet L'analyse granulométrique a pour but d'établir la courbe granulométrique d'un matériau. Cette courbe renseigne sur la répartition des particules qui le composent, en fonction de leur taille (texture).

A2 - Principe

L'analyse granulométrique est faite par voie humide. Cette opération s'impose dès que le matériau comporte des fines.

Le sol est dilué ensuite. Après tamisage au tamis 80 μ , le refus est passé à l'étuve. Il en est de même pour les passants pour la sédimentométrie. Les sols sont pesés après.

A3 - Mode opérative

Soit P le poids sec de l'échantillon, on vérifie la relation suivante $200 D < P < 500 D$, avec P en grammes, et D le diamètre des plus gros grains en mm.

On superpose les tamis par ordre (maille ou module décroissant vers le bas).

L'échantillon est mis dans le tamis supérieur. On le secoue. Les refus sont récupérés dans une tasse pour être pesés et ainsi de suite.

A4 - Résultats

On pèse les poids P_1, P_2, P_3 des refus dans chaque tamis (diamètres décroissants).

On détermine ensuite les poids des grains dont les diamètres sont inférieurs aux diamètres précédents. Soient Q_1, Q_2, Q_3, \dots

On déduit par la suite les pourcentages Y_1, Y_2, Y_3 des grains de diamètres inférieurs au précédents.

Ainsi

$$\begin{aligned} q_1 &= P - P_1 & Q_2 &= P - P_2, & Q_3 &= P - P_3 \text{ etc.} \\ Y_1 &= 100 \times Q_1/P & Y_2 &= 100 \times Q_2/P & Y_3 &= 100 \times Q_3/P \text{ etc.} \end{aligned}$$

Les résultats obtenus sont reportés sur la courbe (d, Y)

B - SEDIMENTOMETRIE

B1 - Appareillage

- Un densimètre gradué de 995 à 1030
- Une éprouvette graduée de 100 ml
- Un thermomètre
- Un chronomètre
- Un agitateur
- Defloculant (amoniaque)

B2 - Mode opérative

La sédimentométrie est faite avec les passants mis à l'eture lors du tamisage par voie humide au tamis 80 μ . On prélève un poids P de ce sol (en général 20g) qu'on dilue avec de l'eau distillée.

- On verse le tout dans une éprouvette d'un litre
- On ajoute 5 ml d'amonique et on rempli à un litre l'éprouvette avec de l'eau distillée soit V le volume.
- On agite ce mélange à l'aide d'une tige pendant 5 minutes avec des mouvements allant de bas en haut.

B3 - Mesures

- On déclanche le chronomètre dès que cesse l'agitation
- On introduit immédiatement le densimètre dans la solution et relever ses indications après 30s, 1 et 2 mn
- Pour ces trois premières mesures n'est pas retirer de la solution
- On fait les mêmes mesures aux temps, 5 m ; 10, 20, 40, 80, 24 heures.

NB : Pour les lectures, le densimètre est introduit 15 à 20s avant et après on relève la température.

B4 - Calculs

Calcul du diamètre D des grains et donnés par la formule suivante :

$$D = \sqrt{\frac{30\eta.H}{(I_s - 1)g.t}}$$

D = le diamètre en mm

η = la viscosité cinématique, en poises

$$\eta = \frac{0.0173}{1 + 0.0337 * \theta + 0.00022 \theta^2} \quad \begin{array}{l} \theta \text{ en } ^\circ\text{C} \\ \eta \text{ en poises} \end{array}$$

H = la hauteur de chute, en cm

I_s = la masse volumique de la particule, en g/cm³ (valeurs prise 2.7g/cm³)

t = le temps, en mm

H = H_r pour les premières mesures effectués avant de retirer la densimètre

H = H'_r pour les autres

H_r = H_o - (R_h + C_m).d

$$H'_r = H_r - \frac{B}{2S}$$

H_o = la distance entre centre de poussée et division 1000 en cm

R_h = la lecture du densimètre (τ nombre de divisions)

C_m = la correction due au ménisque (nombre de divisions)

d = la distance entre 2 graduation successives, en cm

β = volume du bulbe du densimètre, en cm³

S = la section de l'éprouvette graduée en cm³

Le calcul du pourcentage des grains de diamètre inférieur à D est donné par la formule qui suit

$$\% = \frac{V}{P} \cdot \frac{P_s}{P_s - 1} \cdot \frac{R - R_o}{10}$$

R = R_h + C_m + M_t - x

R_o = densité de l'eau à la température du mélange

M_t = correction due à la température

x = Correction due au défloculant

E. I. E. R.
OUAGADOUGOU

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : _____

Provenance : KOMPIENGA
 Echantillon : 0-20**
 Operateur : SAINDO
 Date : 6/03/95

CAILLoux

GRAVIER

SABLE

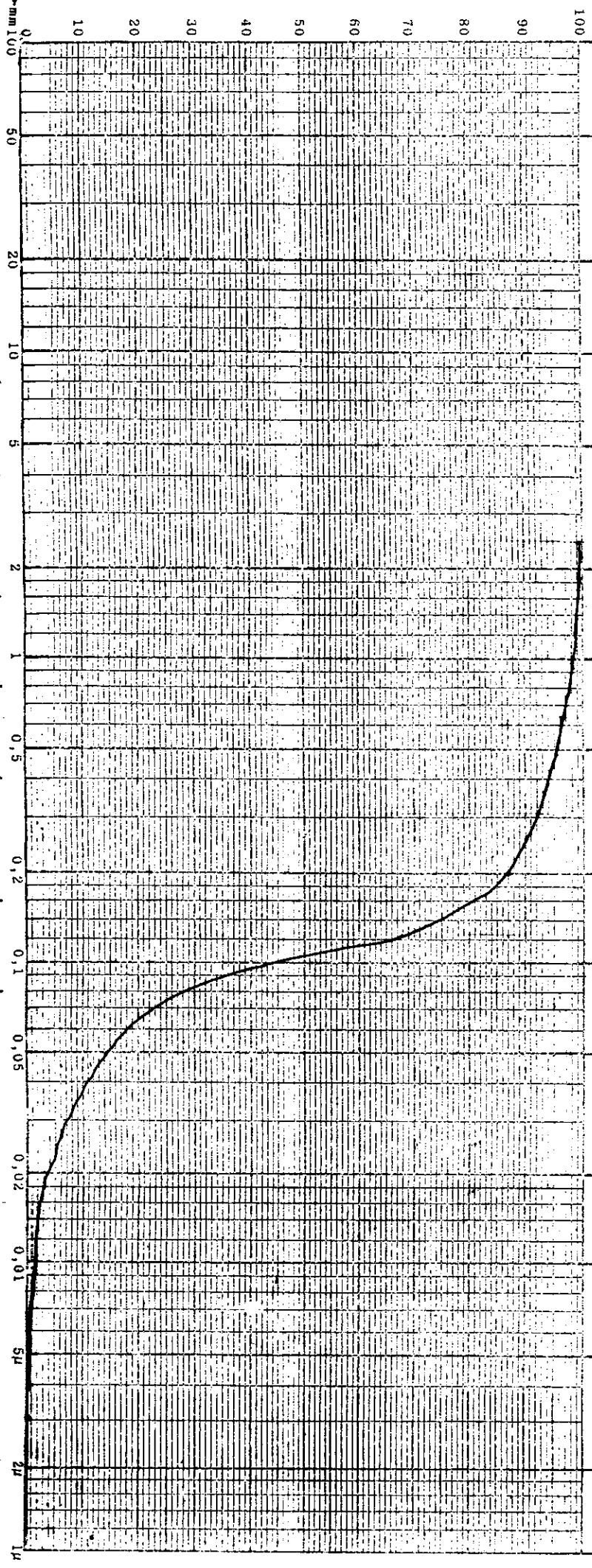
SIILT

ARGILE

Tamissage

Sédimentation

pourcentage en poids < à l'abscisse



mm 100 80 50 49 47 46 43 40 39 37 33 30 27 23 20
 3" 2" 1" 3/4" 1/2" 4 10 40 100 200
 MODULE AFNOR
 A. S. T. M.

Equivalent de sable à vue piston

LL	LP	IP	VA
Class. USCS :			

E. I. E. R.
OUAGADOUGOU

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : _____

Provenance : KOMPENGA

Echantillon : 0-20*

Opérateur : GHINBO

Date : 6/03/95

Tamissage

CAILLoux

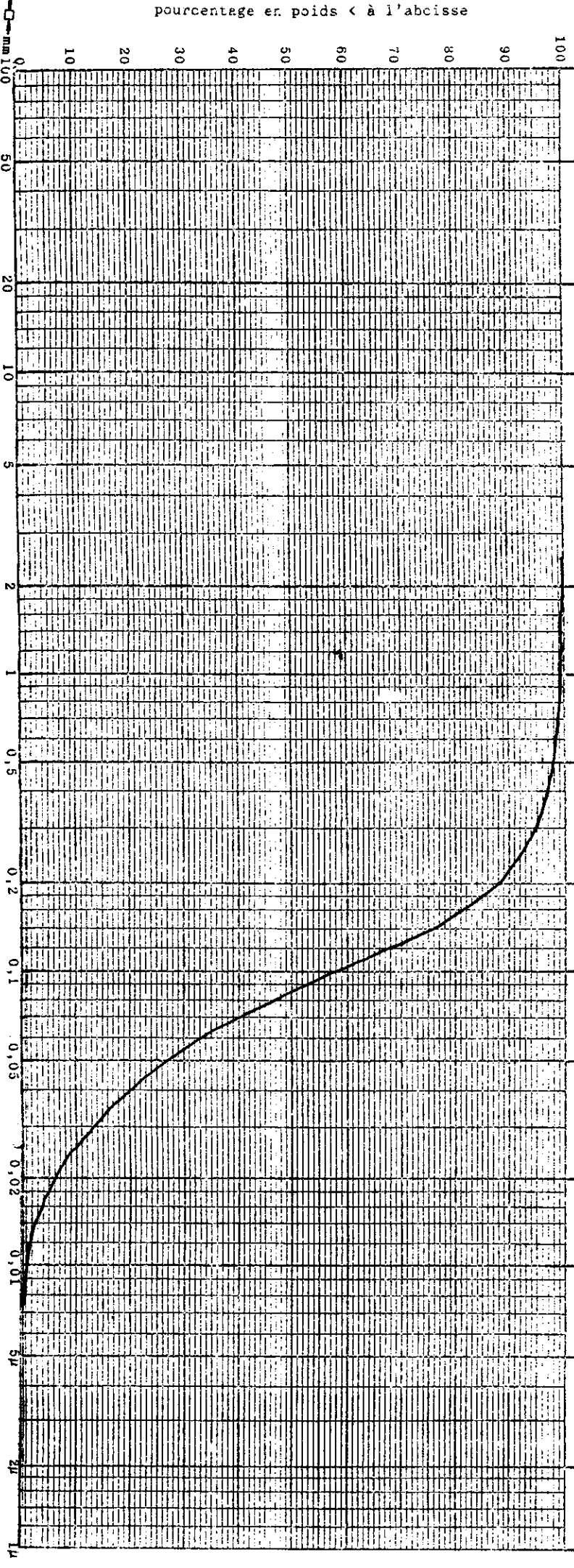
GRAVIER

SABLE

SILT

ARGILE

Sédimentation



mm 100 80 50 49 47 46 40 20 10 5 2 1 0,5 0,5 0,2 0,1 0,05 0,02 0,01

3" 2" 1" 3/4" 1/2"

4 10 40 100 200

A. S. T. M.

Equivalent de sable à vue platon	
----------------------------------	--

LI	LP	IP	VS
Class. USCS :			

E. I. E. R.
O. U. A. G. A. D. D. O. U. G. O. U.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : _____

Provenance : KOMPIENGA
Echantillon : 20-40*
Opérateur : GUINDO
Date : 6/03/95

CAILLoux

GRAVIER

SABLE

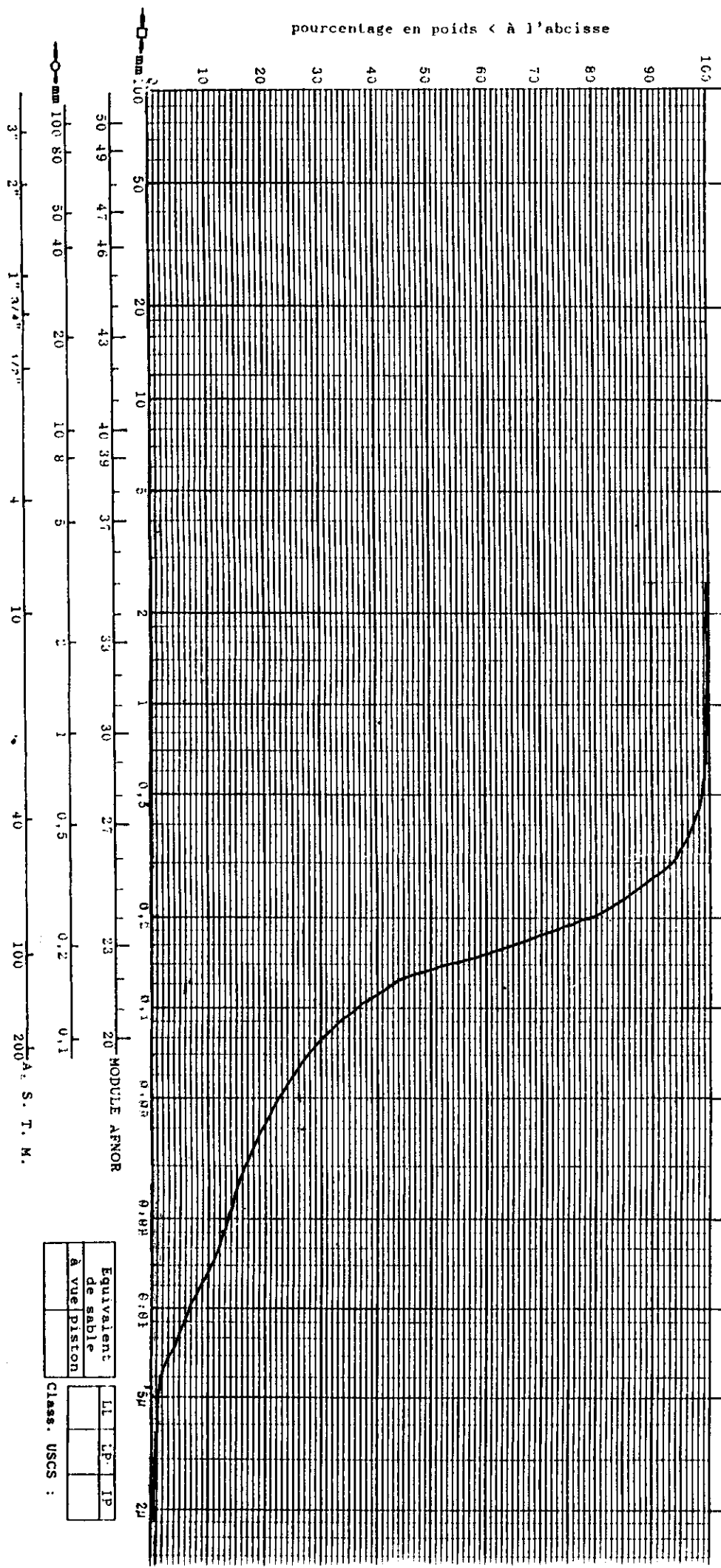
SLILT

ARGILE

Tamissage

Sédimentation

pourcentage en poids < à l'abscisse



Equivalent de sable à vue piston

Class. USCS :

LL	CP	IP
----	----	----

A. S. T. M.

SONABEL
DT/SPIIT
DH Kompienga

RELEVES MENSUELS (NIV. VOL. DEB. ENERG. PLUIE)

MOIS DE : DECEMBRE 1994

DATE	Niv.Am. (m)	Niv.Av. (m)	Vol turb (m ³)	Debturb (m ³ /s)	EngPro (MWh)	Pluie (mm)
1	178.84	146.65	1792728.00	20.75	142.28	0.0
2	178.85	145.44	2013480.00	23.30	159.80	0.0
3	178.86	146.39	1555596.00	18.00	123.46	0.0
4	178.86	145.88	1440180.00	16.67	114.30	0.0
5	178.86	145.90	1588986.00	18.39	126.11	0.0
6	178.87	146.64	1605870.00	18.59	127.45	0.0
7	178.87	146.65	1580418.00	18.29	125.43	0.0
8	178.87	145.12	1621872.00	18.77	128.72	0.0
9	178.89	145.00	2000250.00	23.15	158.75	0.0
10	178.90	145.50	1146600.00	13.27	91.00	0.0
11	178.91	145.74	795312.00	9.21	63.12	0.0
12	178.91	146.15	1322244.00	15.30	104.94	0.0
13	178.91	145.81	1738044.00	20.12	137.94	0.0
14	178.91	145.77	1506078.00	17.43	119.53	0.0
15	178.91	145.03	1573362.00	18.21	124.87	0.0
16	178.92	144.94	1506960.00	17.44	119.60	0.0
17	178.93	146.02	719460.00	8.33	57.10	0.0
18	178.93	146.08	1183140.00	13.69	93.90	0.0
19	178.93	145.81	1492470.00	17.27	118.45	0.0
20	178.93	145.77	1571850.00	18.19	124.75	0.0
21	178.92	145.68	1829520.00	21.18	145.20	0.0
22	178.91	147.01	1532160.00	17.73	121.60	0.0
23	178.91	146.15	1148616.00	13.29	91.16	0.0
24	178.90	146.08	333144.00	3.86	26.44	0.0
25	178.90	146.10	0.00	0.00	0.00	0.0
26	178.88	146.50	865242.00	10.01	68.67	0.0
27	178.88	146.22	910728.00	10.54	72.28	0.0
28	178.87	145.92	1076040.00	12.45	85.40	0.0
29	178.86	144.94	1002834.00	11.61	79.59	0.0
30	178.86	144.91	982926.00	11.38	78.01	0.0
31	178.86	144.89	343098.00	3.97	27.23	0.0
			39779208	14.85	3157.08	0.0

ANNEXE II

Méthode de PORCHET

Schéma de principe

La méthode de PORCHET est une méthode rapide permettant d'avoir une idée de la vitesse d'infiltration d'un sol donné. Le principe est le suivant

On creuse un trou cylindrique de 5 à 10 cm de diamètre avec une tarière à une profondeur d'environ 50 cm

- On remplit ce trou d'eau, puis on attend pendant quelques minutes
- On remplit de nouveau le trou et on observe la variation de niveau
- On note la hauteur h_1 de l'eau à l'instant t_1 et la hauteur h_2 à l'instant t_2 et ainsi de suite. La vitesse d'infiltration K est donnée par la formule.

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \cdot \log \frac{h_1 + \frac{r}{2}}{h_2 + \frac{r}{2}}, \text{ ou } r = \text{rayon du trou}$$

Il a été réalisé un essai avec cette méthode. Le trou est fait avec une tarière de 5 cm de diamètre avec une profondeur de 53 cm. Après avoir rempli de nouveau le trou les résultats suivants sont obtenus :

t (mn)	0	1	4	5	10	15	20	25	30
h (cm)	53	52	48.5	47.0	46.0	44	43	42	40

Ainsi on calcule K entre les intervalles de temps

1er cas $t_1 = 0 ; t_2 = 1 , r = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{2} = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ m}, h_1 = 0.53 \text{ m}, h_2 = 0.52 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2(1-0) * 60} * \log \frac{0.53 + \frac{0.025}{2}}{0.52 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 1.68 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

2è cas $t_1 = 1 ; t_2 = 4 , r = 0.025 ; h_1 = 0.52 ; h_2 = 0.485$

On trouve $K = \frac{0.025}{2(4-1) * 60} * \log \frac{0.52 + \frac{0.025}{2}}{0.485 + \frac{0.025}{2}}$

$$K = 2.05 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

3è cas $t_1 = 4 \text{ m} ; t_2 = 5 \text{ m} , r = 0.025 \text{ m} ; h_1 = 0.485 \text{ m} ; h_2 = 0.47 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2(5-4) * 60} * \log \frac{0.485 + \frac{0.025}{2}}{0.47 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 2.77 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

4è cas $t_1 = 5 \text{ m} ; t_2 = 10 \text{ mm} , r = 0.025 \text{ m} ; h_1 = 0.47 \text{ m} ; h_2 = 0.46 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2(10-5) * 60} * \log \frac{0.47 + \frac{0.025}{2}}{0.46 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 3.79 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

5è cas $t_1 = 10 \text{ mm} ; t_2 = 15 \text{ m} , r = 0.025 \text{ m} ; h_1 = 0.46 \text{ m} ; h_2 = 0.45 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2 * (15-10) * 60} * \log \frac{0.46 + \frac{0.025}{2}}{0.44 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 7.88 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

6è cas $t_1 = 15 \text{ mm} ; t_2 = 20 \text{ m} , r = 0.025 \text{ m} ; h_1 = 0.44 \text{ m} ; h_2 = 0.43 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2 * (20 - 15) * 60} * \log \frac{0.44 + \frac{0.025}{2}}{0.43 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 4.04 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

7è cas $t_1 = 20 \text{ mm} ; t_2 = 55 \text{ m} , r = 0.025 \text{ m} ; h_1 = 0.43 \text{ m} ; h_2 = 0.42 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2 * (25 - 20) * 60} * \log \frac{0.43 + \frac{0.025}{2}}{0.42 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 4.13 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

8è cas $t_1 = 25 \text{ mm} ; t_2 = 30 \text{ mm} , r = 0.025 \text{ m} ; h_1 = 0.42 \text{ m} ; h_2 = 0.40 \text{ m}$

$$K = \frac{0.025}{2 * (30 - 25) * 60} * \log \frac{0.42 + \frac{0.025}{2}}{0.40 + \frac{0.025}{2}}$$

$$K = 8.57 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

Le Kmoyen est la moyenne des différents K obtenus.

$$K_{\text{moy}} = \frac{(1,68 + 2.05 + 2.77 + 3.79 \cdot 10^{-1} + 7.83 \cdot 10^{-1} + 4.04 \cdot 10^{-1} + 4.13 \cdot 10^{-1} + 8.57 \cdot 10^{-1}) 10^{-6}}{8}$$

$$\underline{\underline{K_{\text{moy}} = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}}}$$

INTRODUCTION

L'organisation et l'exécution des projets de développement hydraulique et d'aménagement (par ex. : le drainage et l'irrigation) est presque toujours précédée par des recherches hydrogéologiques.

Ces recherches vise en partie à acquérir une image claire de la situation hydrog¹ique existante, et en partie à déterminer le critère devant être appliqué correctement aux réserves économiques d'eau.

La première phase de la recherche, déterminant les propriétés du sol telles que la perméabilité (horizontale et verticale), peut se faire sur terrain aussi bien qu'en laboratoire.

Il y a diverses méthodes de recherche sur terrain pour la détermination de la perméabilité (facteur K) dépendant du matériel disponible et des exigences de la recherche. Ces méthodes vont de la méthode de simple trou d'Auger et du double rang d'infiltromètre (cat. n° 09.01.04, document disponible sur demande), aux plus compliqués essais de pompage.

En effectuant des mesures sur les échantillons, la perméabilité du sol ou de la couche de sol est déterminée au laboratoire.

Le perméamètre de laboratoire ICW est particulièrement approprié aux mesures de perméabilité des échantillons de sols non remaniés. Pour mesurer la perméabilité des échantillons de sols remaniés et préparés on utilise le perméamètre à panneaux (cat. n° 09.03, document disponible sur demande).

H1 ECHANTILLONS ET ECHANTILLONNAGE

Pour la détermination de la perméabilité du sol avec le perméamètre de laboratoire ICW les échantillons non remaniés sont surtout utilisés, qui mise dans des échantillonneurs relativement petits.

1.1. Les échantillonneurs de sols :

Des cylindres en aciers inoxydable (aussi appelé échantillonneurs de sol, ou échantillonneurs) sont utilisés pour des échantillons superficielles (de 2 ou 3m de profondeur). Ces échantillonneurs peuvent avoir les dimensions suivantes :

Φ53 x Φ55 mm contenu 100 cm³

Φ60 x Φ56 mm contenu 100 cm³

Φ84 x Φ80 mm contenu 250 cm³

Les échantillonneurs sont remplis à l'aide d'un porte échantillonneur (voir cat. n° 07.08) ou avec les matériels d'échantillonnage de sol (voir ci-dessous)

Il existe 3 méthodes d'échantillonnage :

- l'échantillonnage de surface
- l'échantillonnage aux trous d'auger
- l'échantillonnage aux trous profités

Divers trous d'échantillonnage de sol ont été développés pour ces échantillonnages.

07 - série A : trous d'échantillonnage pour des sols tendres plus ou moins au dessus du niveau d'eau

07 - série B : trou d'échantillonnage pour des sols tendres plus ou moins au-dessus du niveau deau.

07 - série C : trou d'échantillonnage pour des sols tendres et dures au-dessus et en dessous du niveau d'eau (voir photo 1)

07 -06 - trou d'échantillonnage universel pour échantillonnage hydraulique.

Les échantillonneurs remplis sont fournis avec des couvercles en Aluminium ou en plastique qui ferment les échantillonneurs prévenant ainsi l'assèchement de l'échantillon de sol. Les échantillons sont transportés dans des boîtes spécialement en aluminium, liées avec du caoutchouc mousse, qui les protègent contre l'humidité et la chaleur particulièrement importantes sur les tropiques.

Une description détaillée des échantillonneurs et leurs accessoires de remplissage est disponible (brochure I/6/8/E).

1-2. Guides généraux pour la collecte des échantillons de sols non remanié dans les échantillonneurs :

Un nombre suffisant d'échantillons doit être collecté pour obtenir des données fiables.

Le double ou le triple échantillonnage est suffisant pour les dépôts sablonneux (par ailleurs la recherche au laboratoire s'effectue en double ou triple).

Cependant, dans les sols denses argileux la structure est d'une grande importance, d'où beaucoup de variation de la perméabilité, l'échantillonnage doit s'effectuer en groupe de 20 ou 30. Le taux d'humidité est aussi d'une grande signification au cours de l'échantillonnage de ces sols comme l'argile perd ces propriétés plastiques et devient dure et émiéttée en séchant.

L'échantillonnage doit se faire avec beaucoup d'attention.

C'est la raison pour laquelle on les garde dans des échantillonneurs; lorsque la quantité de sol ne suffit pas, ne pas donner de résultats corrects. Lorsque le sol se brise pendant l'extraction de l'échantillonneur du sol, alors l'échantillonnage doit être repris.

Un surplus d'échantillon peut être coupé d'un mouvement sciant le long du bord de l'échantillonneur æc un petit couteau. Avec les sols très cohésifs, on doit faire attention de ne pas fermer hermétiquement la surface de l'échantillon qui restera rugueuse.

1-3 La méthode indirecte de prélèvement des échantillons non remaniés :

La méthode directe de collecte des échantillons remaniés sera mentionnée plus loin. Elle est principalement utilisée par ce qu'elle prend moins de temps. Aussi les chances que

l'échantillon soit réellement "non remanié" est plus grand que pour les autres méthodes. Cependant si les échantillons non remaniés sont à prendre dans des couches profondes, il est très difficile voire impossible de les collecter avec des échantillonneurs, la méthode indirecte est alors utilisée : les échantillonneurs sont collectés pour des échantillons prévus. (voir 04-11 : l'échantillonneur 04-11 AKKERMAN et l'échantillonneur 04-14 VAN der HORST).

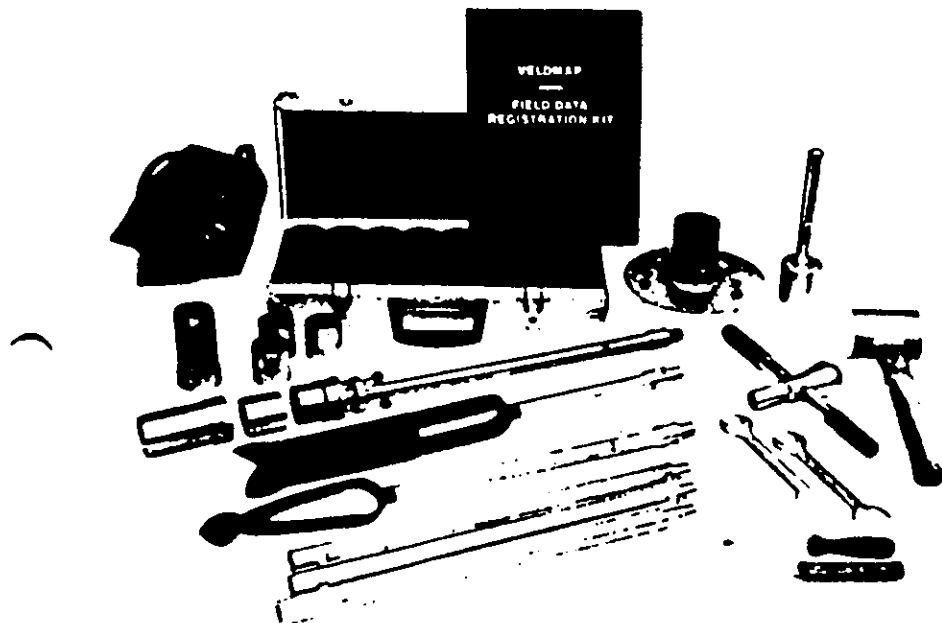


Photo 1: Soil sampling kit for soft and hard soils, both above and below the water level (07.Set C.53).

H2 DESCRIPTION DU PERMEAMETRE DE LABORATOIRE ICW

En principe il est possible de présenter les perméamètres de toutes les tailles, dépendant du nombre d'échantillons pouvant être mesurés simultanément. Des plans avec une série de 5 à 10 échantillons pouvant être délivré par pas de 5. Les formes standard appropriées pour les noyaux d'échantillons $\Phi 53 \times \Phi 50$ mm, sont fournis avec un pont d'un point de mesure (voir photo 2) pour la mesure des différents niveaux de pressions.

En utilisant un grand nombre d'échantillons, un pont de 5 points de mesure a été développé pour que la pression puisse être mesurée dans 5 cylindres simultanément (voir photo 3). Fermés ou ouverts tous les deux systèmes peuvent être fournis. Avec le système fermé une cuve de stockage, une pompe à eau et un filtre sont inclus. Ceux-ci sont inutiles pour les systèmes ouverts, parce que ces séries sont liées au milieu d'alimentation en eau et un bassin d'eau peut être utilisé pour la sortie.

Un système fermé offre la possibilité de mesurer les échantillons avec d'autres solutions que l'eau, le sel peut être ajouté aux échantillons d'un fond salé, autrement les ions N_a^+ seront lessivés, et les fragments de sols déliés touchent les capillaires.

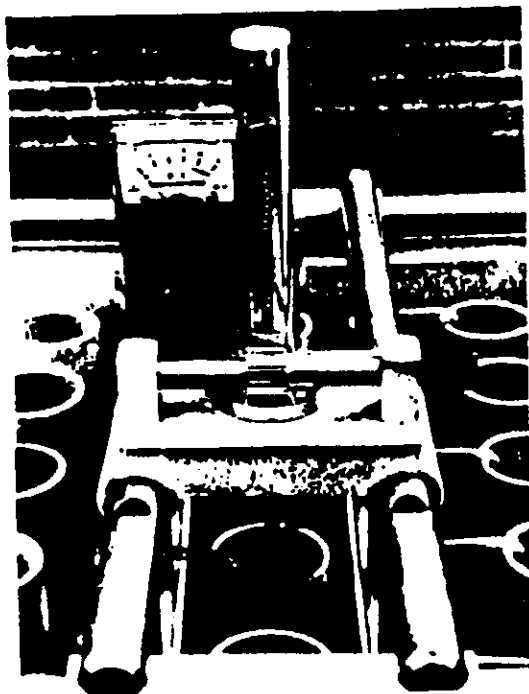


Photo 3: One point measuring bridge.

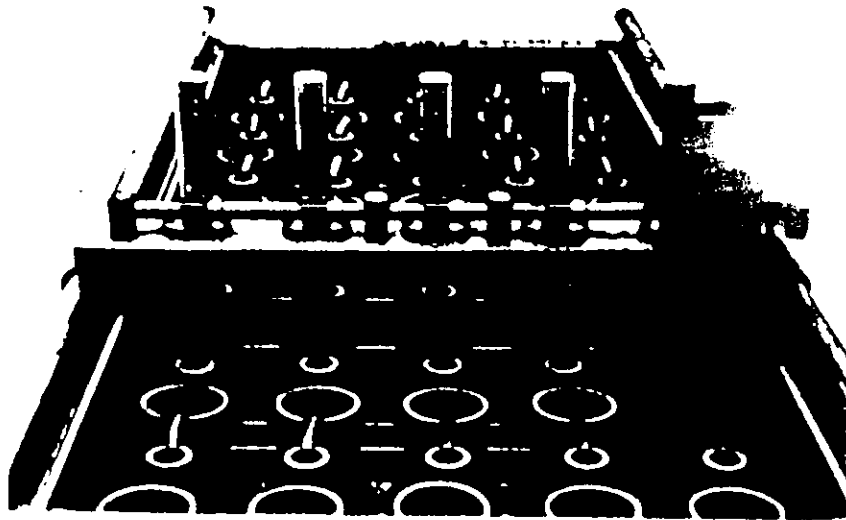


Photo 3: 5 point measuring bridge.

Les 5 plans suivants peuvent être délivrés

09-02-01. Perméamètre, système ouvert, pont à un point de mesure

09-02-01-05 perméamètre, système ouvert, pont à un point de mesure pour 5 échantillonneurs

Φ53 x Φ50 mm

09-02-01-10 perméamètre, idem, pour 10 échantillons

09-02-01-15 perméamètre, idem, pour 15 échantillons

09-02-01-20 perméamètre, idem, pour 20 échantillons

09-02-01-25 perméamètre, idem pour 25 échantillons

09-02-01-30 perméamètre, idem, pour 30 échantillons

09-02-02 Perméamètre, système fermé, pont à un point de mesure : 220V - 50Hz

09-02-02-10 perméamètre, idem, pour 10 échantillons

09-02-02-15 perméamètre, idem, pour 15 échantillons

09-02-02-20 perméamètres, idem, pour 20 échantillons

09-02-02-25 perméamètre, idem, pour 25 échantillons
09-02-02-30 perméamètre, idem, pour 30 échantillons
09-02-02-03 Perméamètre, système ouvert, pont à cinq points de mesure
09-02-03-20 perméamètre, système ouvert, pont à cinq points de mesure pour 20
échantillonneurs $\Phi 53 \times \Phi 50$ mm
09-02-03-25 perméamètre, idem, pour 25 échantillons
09-02-03-50 perméamètre, idem, pour 50 échantillons.
09-02-03-20 perméamètre, système fermé, pont à cinq points de mesure pour 20
échantillonneurs $\Phi 53 \times \Phi 50$ mm
09-02-04-25 perméamètre, idem, pour 25 échantillons
09-02-04-50 perméamètre, idem, pour 50 échantillons

Aussi nécessaire (mais ne faisant pas partie du perméamètre standard)

07 série C53 le trou d'échantillonnage pour sols tendres et durs au dessus et en dessous du niveau d'eau, $\Phi 53\text{mm}$, le trou standard à 2m de profondeur.

Série 07-01-53 - boîte en aluminium avec 24 échantillonneurs de sols $\Phi 53 \times \Phi 50\text{mm}$

(contenu 100), incluant 48 couvercles en plastique $\Phi 53\text{mm}$

09-01-09 chronomètre

98-29 Cuve trempée, $\Phi 250$, complétée avec une assiette de fond et un plateau inséré, en plastique.

Note :

Le perméamètre de laboratoire ICW pour les échantillonneurs $\Phi 60 \times \Phi 56\text{mm}$ et $\Phi 48 \times \Phi 80\text{mm}$ sont disponible sur demande ainsi que les accessoires de ce perméamètre.

Parties en Réserves

09-02-11-01 chargeur de filtre pour système fermé

09-02-11-02 burette en verre avec une coque d'arrêt, court model

09-02-11-03 burette en verre avec une coque d'arrêt, long model

09-02-11-04 syphon plastique

09-02-11-05 perméamètre porte-échantillonneur pour échantillonneurs $\Phi 53\text{mm}$

09-02-11-07 double tamis à disque pour échantillonneurs $\Phi 53\text{mm}$

09-02-11-08 batterie, Berec n° B 122, 22,5V2.2 -

2-2 Principe du perméamètre de laboratoire ICW (voir fig 1).

La détermination de la perméabilité des échantillons non remaniés est un sujet simple. En créant une différence de pressions d'eau entre les deux côtés de l'échantillon bien saturé, l'eau passe à travers l'échantillon. Cet écoulement est mesuré et forme ensemble avec la différence de pressions et les dimensions de l'échantillon les données essentielles pour les calculs de perméabilité.

Le perméamètre de laboratoire ICW fonctionne sur le principe suivant :

Dans un système fermé la pompe de circulation 1 élève l'eau de la cuve de stockage 3 à travers le filtre 3, au régulateur 4 de niveau réglable.

A ce régulateur deux autres tuyaux sont reliés : une conduit au conteneur en plastique, l'autre cueille le surplus d'eau vers la cuve de stockage. Le régulateur garde le niveau d'eau exigé dans le conteneur, alors les deux, régulateur et conteneur font partie d'un système de vases communiquant (i.e. : le niveau dans le régulateur = niveau dans le conteneur).

Actuellement un échantillon de sol bien saturé (dans l'échantillonneur 6) est placé dans un porte échantillonneur spécial, qui à son tour est placé dans le conteneur.

Le siphon 7 conduira l'eau suintant à travers l'échantillon en passant par la burette 8 ; le bassin de fuite 9, jusqu'à la cuve de stockage sur une différence h entre le niveau d'eau avant et après le porte échantillonneur.

Dans ce sens, un écoulement continu de l'eau s'effectue à travers l'échantillon, pouvant par collecte de cette eau dans une éprouvette en enregistrer le temps d'écoulement. Dans un système ouvert l'eau s'écoule directement dans un système de vidange.

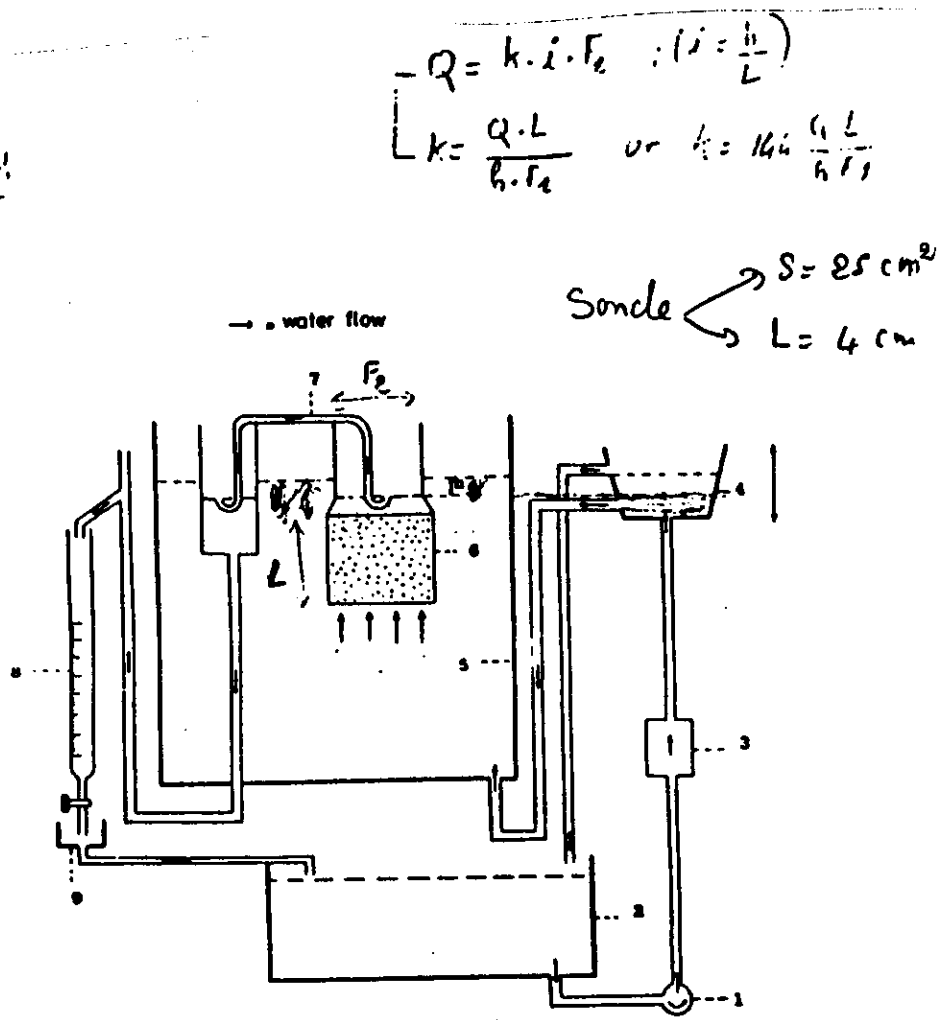


Fig. 1: Principle of the laboratory permeameter.

7

H3 DESCRIPTION ET MODE OPERATOIRE DES DIFFERENTS SYSTEMES

3.1 Préparation

La première condition est un échantillon vraiment non remanié
A l'arrivée au laboratoire, le dessus et le fond de l'échantillonneur sont contrôlés pour voir s'ils sont hermétiquement fermés.

Lorsque les échantillons ne sont pas sérieusement fermés, ils ne donneront pas de valeurs représentatives. Des mauvaises fermetures peuvent être supprimées en enlevant les petites particules à l'aide de la pointe d'un couteau pour que les pores et les passages de racines soient ouvertes

3.2. Saturation des échantillons :

Les échantillons peuvent être saturés conformément aux méthodes suivantes, dépendant des matériels disponibles et des exigences de la recherche.

- a- dans un bassin d'eau
- b- dans une cuve trempée (sous vide, utiliser l'eau non gazeuse) (voir 98-29)
- c- dans le conteneur du perméamètre.

a) Après avoir placé une petite pièce de gaze hydrophilique avec une passoire capsule au fond des échantillons, ils sont placés dans un petit bassin d'eau pour saturation. Le niveau d'eau dans le bassin doit rester approximativement à 1cm en dessous du sommet de l'échantillonneur. Le temps de saturation dépend du type de sol : 1 journée pour les sols grossiers, 2 jours pour le sable fin, 3 jours pour les sols argileux.

b.) Les procédés standards américains, Allemands et Russes exigent que la saturation se fasse sous vide, autrement 80% de la saturation doit être atteinte (parffit & Pehrson, 1948). De l'eau non gazeuse doit être utilisée comme l'air s'échappant de l'eau (à travers l'échantillon) remue sa structure. Dans un premier temps les échantillons sont placés sous vide pour 15 minutes, pendant qu'au fond un lent processus de saturation avec de l'eau non gazeuse prend place. Ayant tenu 12 heures sous l'eau, les échantillons sont entièrement saturés.

c) Les échantillons peuvent aussi être saturés dans le contenu du perméamètre. Les échantillonneurs sont placés dans le porte échantillonneur (voir 3-3), qui sont placés dans le perméamètre. Une saturation lente s'ensuit à l'aide du régulateur de niveau. Le temps de saturation varie avec le type de sol et peut atteindre 3 jours (voir a).

NB : La saturation ne doit pas être faite aussi rapidement , à cause du danger d'inclusion de l'air, qui generait l'écoulement de l'eau, résultat des valeurs incorrectes de mesure.

3-3. Placer l'échantillonneur sur le porte échantillonneur (voir fig.2)

La gaze hydrophilique et le double passoire 3 sont fixés sur la partie émoussée de l'échantillonneur 2, qui a été nettoyé au paravant, et l'échantillonneur est placé avec la coupe d'arête contre (échangeable) 0- échantillonneur 1.

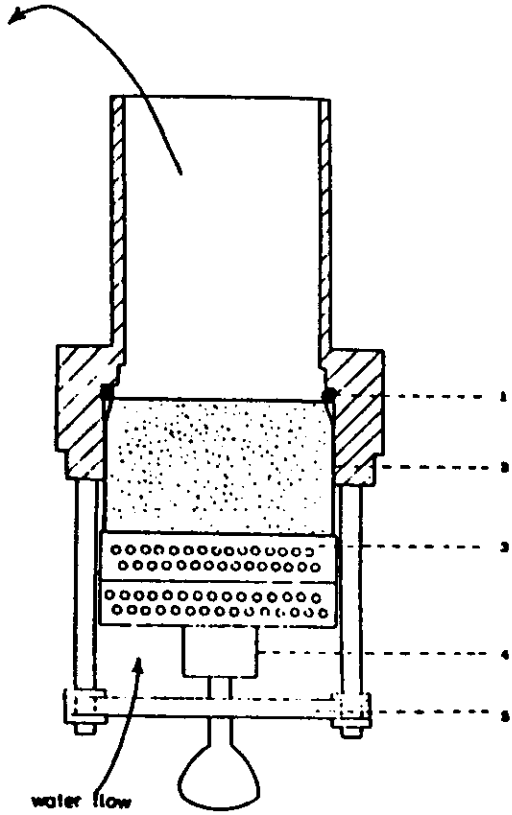


Fig. 2: Construction of a ringholder.

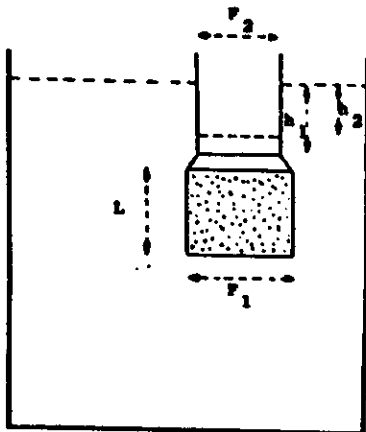


Fig. 3: Permeability reading by falling head method.

Le pont 5 est fermé et le bloc nylon de pression 4 est tendu pour presser fermement l'échantillonneur autour du 0-échantillonneur. Le double pasoire est perforé pour assurer qu'il n'y ait pas d'effet défavorable sur les mesures.

3-4. Mode opératoire du perméamètre de laboratoire ICW

Les méthodes de mesures suivantes peuvent être distinguées lorsqu'on détermine la perméabilité d'un sol.

- 1- avec une charge constante durant les mesures
- 2- avec une charge variable durant les mesures.

Les échantillons de mesure peuvent se diviser en trois groupes :

- a) : les échantillons de haute perméabilité : le niveau d'eau dans le porte échantillonneur équilibre le niveau d'eau dans le conteneur en moins d'une heure. Dans ce cas la 1^{ère} méthode peut être utilisée.
- b) : les échantillons plus ou moins perméables : il peut prendre plusieurs heures avant que les niveaux d'eaux s'égalisent. Dans plus de cas la 1^{ère} méthode peut être utilisée.
- c) : les échantillons de faibles perméabilité ; si la lame d'eau atteint seulement le haut de l'échantillon après un jour alors la perméabilité doit être mesurée selon la seconde méthode.

Si après 3 jours l'eau n'apparaît pas sur l'échantillon, alors pour tous les besoins de la pratique, la perméabilité peut être considérée comme nulle.

Le perméamètre doit être préparé pour l'utilisation avant le début des mesures. Il est rempli d'eau après que l'appareil ait été réglé horizontalement. Avec les systèmes fermés la cuve de stockage doit être remplie d'eau et les pompes et les tuyaux doivent être vidés d'air. La soupape du tuyau de suction empêche le niveau d'eau de chuter, pour que les pas décrits ci-dessus s'ensuivent une seule fois. Les échantillons saturés sont ensuite placés dans les porte échantillonneurs qui à leur tour sont plongés dans le conteneur rempli d'eau, où ils restent sur une plate forme en nylon amovible. Une différence de niveau d'eau se crée entre l'intérieur et l'extérieur du porte échantillonneur avec le régulateur de niveau. Cette différence en pression sur les 2 faces de l'échantillon permet le mouvement ascendant de l'eau à travers l'échantillon, ainsi l'eau s'écoulera naturellement du sommet au bas de l'échantillon. La vitesse à laquelle l'eau s'élève à l'intérieur de l'échantillonneur donne une indication sur le choix de l'utilisation des 2 méthodes (voir ci-dessus).

3-4-1. Détermination de la perméabilité par la méthode de charge constante

Cette méthode est utilisée pour beaucoup de sols, exceptés les sols de très faible perméabilité (argile, tourbe).

Les siphons remplis d'eau au paravant, sont placés quand le niveau d'eau à l'intérieur du porte échantillonneur est le même qu'à l'extérieur. Ceux-ci gardent l'eau au-dessus des échantillons à un niveau déterminé pouvant être ajusté en bougeant les tuyaux en nylon et les

burettes de verre en hauteur. Lorsque la différence des mesures de niveau constant (h) devant être maintenu entre l'intérieur et l'extérieur du porte échantillonneur qui varie entre 2 mm (sols de forte perméabilité) et 20 mm (sols de faible perméabilité). Le facteur K peut être bien déterminé avec la plus petite différence de niveaux possible.

L'eau coule maintenant régulièrement à travers l'échantillon et lorsque la quantité par unité de temps (m^3/min) atteint une lecture constante alors on mesure la différence de niveau, entre l'intérieur et l'extérieur du porte échantillonneur. De toutes les valeurs enregistrées une conclusion est tirée.

Avec cette méthode la perméabilité horizontale et verticale peuvent être mesurée, selon les positions de l'échantillon.

N.B. : le temps de mesure avec les échantillons de faible perméabilité peut être considérablement écourté en remplissant au paravant d'eau le tuyau de communication entre l'échantillonneur et la burette.

3-4-2. Détermination de la perméabilité par la méthode de charge variable :

Cette méthode s'applique aux sols peu perméables, par exemple : l'argile ou le tourbe. La principale différence avec la méthode ci-dessus est liée au fait qu'on ne peut mesurer la quantité d'eau qui s'écoule de l'échantillon, mais la hauteur de l'eau (h_1-h_2) au-dessus de l'échantillon dans un temps déterminé proportionnellement ($t_2 + t_1$).

On doit tenir compte d'une certaine quantité d'évaporation de l'eau d'écoulement du porte échantillonneur (voir H₄, Assimilation)

Essai de PERMEABILITE

h.	Lecture AMONT (AM)	Lecture AVALE (AV)	h = AM - AV	Volume recueilli (V) en ml	Temp (t)	Q = V/t	i = $\frac{h}{L}$	$K = \frac{1576 \times Q}{16400 \times h} = \text{m/s}$ $K = \frac{1576 \times Q}{16400 \times h} = \text{m/s}$	k moyen m/s
4/95 40*	6.8	4.7	2.1	3.2	1'03"81	3.08	0.525	$3.91 \cdot 10^{-4}$	$3.5 \cdot 10^{-4}$
				2.5	1'00"30	2.49	0.525	$3.16 \cdot 10^{-4}$	
				2.7	1'00"39	2.69	0.525	$3.41 \cdot 10^{-4}$	
40*	6.8	4.7	2.1	2.5	1'00"27	2.49	0.525	$3.16 \cdot 10^{-4}$	$3.3 \cdot 10^{-4}$
				2.6	1'00"34	2.60	0.525	$3.3 \cdot 10^{-4}$	
				2.7	1'00"35	2.69	0.525	$3.41 \cdot 10^{-4}$	
				$K_{moy} = \frac{3.3 \cdot 10^{-4} + 3.5 \cdot 10^{-4}}{2} = 3.4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$					

Essai de PERMEABILITE

h.	Lecture AMONT (AM)	Lecture AVALE (AV)	R=AM-AV	Volume recueilli (V)	Temp (t)	Q = V/t	i = $\frac{R}{L}$	$K = \frac{576 \times Q}{R \times h} = \frac{m/s}{2000}$ $K = \frac{576 \times Q}{R \times h} = \frac{m/s}{moyen}$	k
60*	6.8	4.7	2.1	2.1	1'00"20	2.09	0.525	$2.66 \cdot 10^{-4}$ m/s	$2.61 \cdot 10^{-4}$
				2.0	1'00"20	1.99	0.525	$2.53 \cdot 10^{-4}$	
				2.1	1'00"52	2.08	0.525	$2.65 \cdot 10^{-4}$	
				2.1	1'00"52	2.08	0.525	$2.65 \cdot 10^{-4}$	$2.61 \cdot 10^{-4}$
				2.0	1'01"41	2.27	0.525	$2.42 \cdot 10^{-4}$	
				2.1	1'00"25	2.09	0.525	$2.66 \cdot 10^{-4}$	
	7.1	4.5	2.6	2.0	1'00"22	1.99	0.65	$2.05 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$ m/s
				5.5	2'37"12	2.32	0.65	$2.38 \cdot 10^{-4}$	
				3.5	1'30"53	2.68	0.65	$2.75 \cdot 10^{-4}$	
	7.0	4.5	2.5	2.3	1'01"41	2.27	0.625	$2.42 \cdot 10^{-4}$	$2.42 \cdot 10^{-4}$ m/s
				2.3	1'01"31	2.27	0.625	$2.42 \cdot 10^{-4}$	
				2.3	1'01"53	2.26	0.625	$2.42 \cdot 10^{-4}$	
			$K_{moy} = \frac{2.61 \cdot 10^{-4} + 2.61 \cdot 10^{-4} + 2.4 \cdot 10^{-4} + 2.42 \cdot 10^{-4}}{4} = 2.51 \cdot 10^{-4}$ m/s.						

ANNEXE III

RECAPITULATIF DES DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Station de Pô (1982-1990)

- Latitude 11°10' NORD
- Longitude 01°09' OUEST
- Altitude 320 m

	Température moyenne mensuelle (°c)	Humidité relative moyenne mensuelle %	Insolation (heures) 1/10	Vent à 2 m		ETP PENMAN (mm/j)
				m/s	Km/j	
Janvier	25.7	22.4	9.2	2.1	181.4	7.5
Février	28.8	21.2	9.1	1.9	164.2	8.1
Mars	31.3	33.2	8.3	1.9	164.2	8.2
Avril	32.3	47.9	8.6	1.9	164.2	7.9
Mai	30.8	58.4	9.2	2.0	172.8	7.4
Juin	27.8	70.1	8.4	1.6	138.2	5.9
Juillet	26.42	79.5	7.6	1.3	112.3	5.0
Août	25.9	80.6	6.3	1.1	95.0	4.6
Septembre	26.3	78.8	7.5	1.0	86.4	4.9
Octobre	28.0	66.4	9.0	0.8	69.10	5.5
Novembre	26.9	42.8	9.4	1.0	86.4	5.8
Décembre	25.5	27.5	9.0	1.7	146.9	6.6

STATION DE FADA (1974-1994)

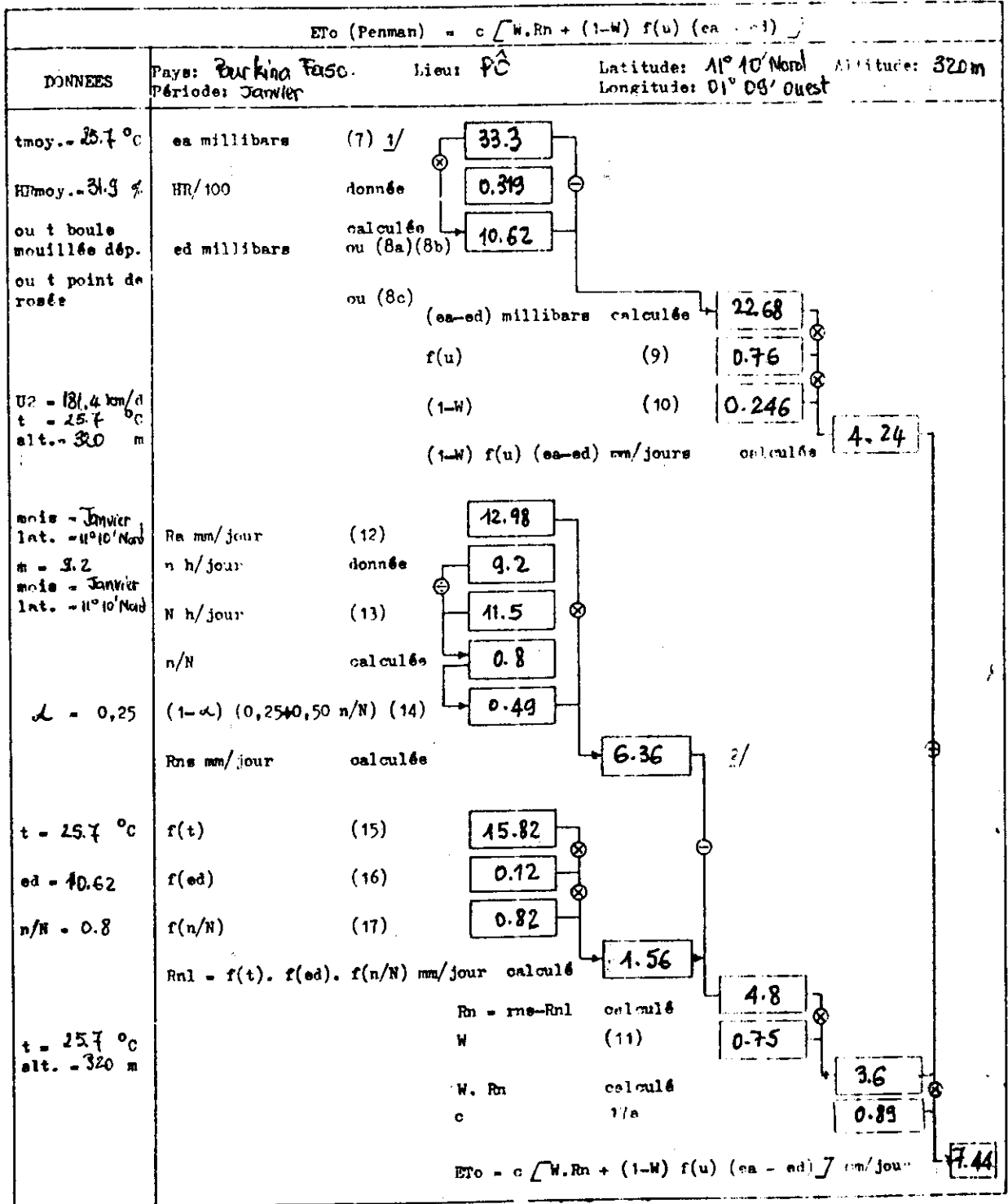
- Latitude 12°4' NORD
- Longitude 00°22' EST
- Altitude 309 m

	Température moyenne mensuelle (°c)	Humidité relative moyenne mensuelle %	Insolation (heures) 1/10	Vent à 2 m		ETP PENMAN (mm/j)
				m/s	Km/j	
Janvier	25.2	26.3	8.7	1.5	129.6	6.4
Février	28.2	22.9	9.3	1.2	103.7	6.8
Mars	31.1	27.9	8.0	1.4	121.0	7.5
Avril	32.8	40.6	8.2	1.4	121.0	7.5
Mai	31.8	56.7	8.4	1.5	129.6	6.9
Juin	28.8	68.3	8.7	1.4	121.0	6.1
Juillet	26.8	73.8	7.2	1.1	95.0	5.1
Août	26.3	80.6	6.9	0.9	77.8	4.7
Septembre	25.4	76.4	7.4	0.8	69.1	4.8
Octobre	28.5	62.3	8.7	0.8	69.1	5.5
Novembre	27.5	40.5	8.8	0.8	69.1	5.5
Décembre	25.4	28.2	8.9	1.2	103.7	5.8

STATION DE PAMA (1968 - 1992); Latitude: 11° 15' Nord ; Longitude : 00° 04 Est
 Pluie Altitude: 240 m.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1968	0	0.3	29.4	67.0	131.6	143.4	280.9	202.3	163.4	129.8	0	0
1969	0	0	tr	88.5	94.9	156.6	186.7	269.8	208.2	92.6	24.0	0
1970	0	0	tr	5.7	90.3	97.1	236.8	357.8	288.8	9.8	0	0
1971	0	0	36.9	51.1	79.8	142.8	110.2	189.7	139.1	48.9	0	0
1972	0	9.0	9.6	96.8	53.1	201.3	133.2	197.1	197.5	31.4	0	0
1973	0	0	6.5	33.1	98.4	135.1	244.4	270.0	191.7	46.5	0	0
1974	0	0	0.5	24.0	80.4	13.4	213.4	399.8	281.4	80.1	0	0
1975	0	0	tr	16.6	106.6	70.4	306.3	117.0	202.9	37.0	1.3	0
1976	0	tr	0	38.0	72.8	136.2	97.2	155.2	87.6	79.0	31.9	0
1977	0	0	2.0	3.8	53.9	26.7	275.4	157.3	154.5	31.7	0	0
1978	0	0	46.6	75.1	84.1	151.4	84.1	289.5	101.6	175.0	0	0
1979	0	0	3.1	0	70.9	200.6	204.2	255.9	255.8	46.1	0	0
1980	0	0	0	15.4	53.5	103.8	142.1	278.1	174.0	57.8	8.2	0
1981	0	0	7.6	22.6	232.3	174.9	194.2	242.5	153.8	16.6	0	0
1982	0	1.7	57.6	48.9	99.0	90.8	100.0	131.6	153.5	80.1	0	0
1983	0	tr	0	0	37.1	140.4	207.1	144.1	56.6	0.7	0	0
1984	0	0	8.0	15.4	121.1	99.1	44.8	154.6	94.8	44.7	0	0
1985	0	0	0	21.4	95.5	61.1	198.6	123.1	200.8	40.8	0	0
1986	0	0	0	70.1	95.4	126.0	223.2	140.7	120.0	24.6	tr	0
1987	0	0	20.5	0	61.9	86.7	173.3	281.1	95.3	37.3	0	0
1988	0	0	21.2	35.5	40.2	80.1	121.0	274.2	244.0	1.0	5.6	0
1989	0	0	9.0	39.8	64.9	95.4	121.7	342.1	184.7	36.8	-	8.6
1990	0	0	0	37.2	111.6	181.1	119.0	172.7	70.6	32.8	0	0
1991	0	0	70.3	165.7	91.5	90.1	228.1	344.9	108.4	40.2	0	0
1992	0	0	0	26.7	101.1	143.2	195.1	170.8	76.0	35.0	0	0
Moy	0	0.44	13.2	32.6	88.9	117.9	177.6	226.5	152.5	43.9	2.8	0

MODELE POUR LES CALCULS DE LA METHODE DE PENMAN



1/ Les chiffres entre parenthèses renvoient au Tableau correspondant.

2/ Quand on connaît les données R_s, R_{ns} = 0,75 R_s.

ANNEXE 4

CALCUL DES PARAMETRES DE BASE

• $\boxed{\text{Dose d'eau} = \frac{BB}{E}}$, BB en mm/mois

$$\text{Dose d'eau} = \frac{200}{0.5} = 400 \text{ mm/mois}$$

- La rotation est prise égale à 3 jours

- La dose journalière Dj

$$Dj = \frac{\text{Dose d'eau}}{30} = \frac{400}{30} = 13,3 \text{ mm}$$

- Superficie nette étant égale à 2 ha, la superficie par rotation serait : $2/3 = 0.67 \text{ ha}$

- Dose à apporter par rotation

$$0 : 67 * 400 = 268 \text{ m}^3$$

- Temps de fonctionnement de la pompe avec un débit Q de 23.2 m³/h

$$\text{Temps de fonctionnement} = \frac{\text{Dose à apporter par rotation}}{Q}$$

$$\text{Temps de fonctionnement} = \frac{268}{23,2} = 11.55 \text{ soit } 11 \text{ h } 30 \text{ mn}$$

Avec le débit Q' = 72 m³/h (20 litres/s) on a :

$$\text{Temps de fonctionnement} = \frac{268}{72} = 3,7 \text{ soit } 4 \text{ h}$$

ANNEXE 4 (suite)

Justification du choix de la pompe de 20 l/s

L'objectif recherché dans cette étude est de minimiser le coût d'investissement. Ainsi avec le choix de la pompe de 240 m³/h, il faut prévoir un réservoir de volume de 268 m³ et de tuyauteries ϕ 201.4 sur une longueur de 200 m.

Coût réservoir et tuyauterie

Pour 268 m³, il faut par exemple un réservoir rectangulaire de dimensions :

longueur L = 9.5 m

largeur l = 6.5 m

hauteur h = 4.5

Avec une épaisseur du béton égale à 0.2, la construction de ce réservoir nécessite un volume de béton d'environ 42.87 m³, le m³ du béton dosé à 350 kg/m³ pour le béton armé est de 70.000 FCFA, on a indiqué que le coût du réservoir coûtera environ 3.000.900 FCFA.

Au niveau de la tuyauterie, la conduite ϕ 201.4 coûte 28.200 FCFA le mètre linéaire. Ce qui engendre un coût de 5.640.000 FCFA.

Ainsi l'utilisation de la pompe de 240 m³/h augmente le coût d'investissement de 8.640.000 FCFA.

Coût pompe de 72 m³/h et tuyauterie

La pompe 75 m³/h coûte 2.500.000 FCFA

Tuyauterie, la conduite ϕ 144 coûte 18.200 FCFA le mètre linéaire. Ainsi une longueur de 186 m il faut investir 3.367.000 FCFA. L'utilisation de la pompe de 75 m³/h augmente le coût d'investissement de 5.867.000 FCFA.

Conclusion :

Tous les autres coûts d'investissement étant identiques; on remarque qu'il faut 2.773.000 FCFA en choisissant la pompe de 240 m³/h par rapport à celle de 75 m³/h.

ANNEXE 5

DIMENSIONNEMENT DU RESEAU

- Canaux en terre

La formule utilisé est celle de Manning Strickler

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ou $R = S/P$

$$S = h(b + mh) ; P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$h = \frac{\left(\frac{Q}{k_s \sqrt{I}}\right)^{3/5} \left(b + 2h\sqrt{1 + m^2}\right)^{2/5}}{(b + mh)}$$

h = le tirant d'eau (m)

Q = débit de dimensionnement (m³/s)

K_s = coefficient de régularité de Manning Strinckler

I = pente du canal (‰)

b = largeur au plafond (m)

m = fruit des berges

On fixe b et h est obtenu par itération successive et on verifie la vitesse. Ainsi en fixant $b = 0,3$ m ; $m = 1,5$; $I = 3$ ‰ ; $K_s = 30$ avec $Q = 0.02$ m/s

On obtient :

$$h = 0.13 \text{ m}$$

$$V = 0.32 \text{ m/s}$$

en adoptant une revanche $R = 0.10$ m, la hauteur totale du canal serait

$$H = 0.13 \text{ m} + 0.10 \text{ soit } 0.23 \text{ m.}$$

- Conduite

La formule utilisée est :

$$\underline{Q = V \cdot S} \quad \text{avec } S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Q en m³/s

V en m/s

S en m²

De cette formule on tire D, soit $D = \left(\frac{4 Q}{V \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$

Q = 0.20 m³/s ; on fixe V = 1 m/s

$$D = \left(\frac{4 * 0.02}{1 * \pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 159.6 \text{ mm}$$

On retient un diamètre standard D = 144.0 mm avec une vitesse V = 1.2 m/s

• Calcul de la hauteur manométrique totale

HMT = HG + ΔHt

HG = hauteur géométrique totale

ΔHt = les pertes de charge totale

• La hauteur géométrique totale est estimée à 7 m

• ΔHt = ΔHasp + ΔHL + ΔHs

ou ΔHasp : pertes de charges à l'aspiration prise égale à 3 m

ΔHL : pertes de charge linéaire calculées par la formule de Manning Strickler :

$$\Delta HL = \frac{10.29 \cdot Q^2}{K_s^2 D^{\frac{16}{3}}} \cdot L$$

ΔHs : pertes de charge singulières prise égale à 10% des pertes de charge linéaire.

Les conduites sont en PVC (K_s = 120)

Longueur des conduites égale à 185m ; Q = 72 m³/h

$$\Delta H_L + \Delta H_s = 1.1 * \frac{10.29 * 72^2}{(120)^2 * (0.144)^{16/3}} * 185 = 1.80$$

$$\Delta H_t + \Delta H_{asp} + \Delta H_L + \Delta H_s + H_G = 3 \text{ m} + 1.80 + 7 \text{ m} \text{ soit } 11.8 \text{ m.}$$

- Choix de la pompe

La pompe à choisir doit avoir les performances :

$$Q = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{mt} = 11.80 \text{ m}$$

Il a été choisi la pompe marque ROBIN

$$Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{mt} = 26 \text{ m}$$

$$P = 5.5 \text{ CV (moteur Diesel)}$$

CHOIX DE LA POMPE (EXTENSION DE L'EXPLOITATION)

Les besoins en eau des arbres fruitiers sont de l'ordre de 120 mm par mois. La dose d'eau pour le bananier et papayer 200 mm par mois

- Manguiers et orangers

Tour d'eau 6 jours

$$\text{Dose journalière} \quad \frac{120}{30} = 4 \text{ mm/j}$$

- Besoin d'eau à l'hectare et par rotation
4 mm x 6 soit 24 mm/rotation
- Nombre d'hectare à irriguer par jour
La superficie totale réservée aux agrumes est de 5.7 ha
d'où on a $\frac{5.7}{6}$ soit 0.95 ha à irriguer par jour soit 1 ha
- Les besoins en eau par rotation
1 ha x 240 m³ = 240 m³

Si on fixe un temps de fonctionnement de la pompe par jour à 8 heures avec une efficacité de 0.50

Le débit en tête de réseau serait :

$$\frac{240 \text{ m}^3}{0.50 * 8 \text{ h}} \text{ soit } 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Bananiers et papayers

Tour d'eau 3 jours

Dose journalière est de $\frac{200}{30}$ soit 6.67 mm/j

- Besoin d'eau à l'hectare et par rotation est
6.67 x 3 soit 20.01 mm/rotation
- Nombre d'hectare à irriguer par jour
(la superficie totale réservée aux bananiers et papayers est 7.46 ha)
d'où on a $\frac{7.5}{3}$ soit 2.5 ha
- Les besoins en eau de 2.5 ha est
2.5 * 20.01 soit 50.025 mm ou 500.25 m³
- Avec un temps de fonctionnement de 8 heures par jour et une efficacité de 0.50,
le débit en tête du réseau vaut :

$$\frac{500.25}{0.51 * 8} \text{ soit } 125.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit en tête du réseau qu'il faut est de
125 m³/h + 60 m³/h soit 185 m³/h

NB : il existe une pompe de 240 m³/h qui pourrait satisfaire le débit souhaité.

- Diamètre des conduites

On a : $Q = V \cdot S$

$$Q = V \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

Nous fixons une vitesse à 1 m/s

$$d = \left(\frac{4 \cdot Q}{1/3600 * \pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d = \left(\frac{4 * 240}{1 * 3600 * \pi} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ soit } 291.3 \text{ mm, nous restons } \phi 294 \text{ mm en PVC}$$

$$\text{La vitesse serait : } V = \frac{4 Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 240}{\pi * 3600 * (0.294)^2} \text{ soit } 0.98 \text{ m/s.}$$