MEMOIRE
DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

BILOA Gatien

ANNEE 1992-1993

CONTRIBUTION A LA CONCEPTION D'UN SYSTEME D'EXHAURE ET DE DISTRIBUTION D'EAU AU NIVEAU PARCELLAIRE DANS LE CADRE DES PETITS PERIMETRES MARAICHERS VILLAGEOIS DANS LE CENTRE-EST BURKINABE

Mention :

E. I. E. R.
Enregistré à l'Arrivée
le _____ s/N° 186/93

Encadrement
TRAN MINH DUC

ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE L'EQUIPEMENT RURAL
(E.I.E.R)
OUAGADOUGOU - BURKINA FASO

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur
de l'Equipement Rural

PRESENTE PAR : BILOA GATIEN

ANNEE SCOLAIRE : 1992-1993

THEME :

"CONTRIBUTION A LA CONCEPTION D'UN SYSTEME D'EXHAURE ET DE DISTRIBUTION D'EAU AU NIVEAU PARCELLAIRE DANS LE CADRE DES PETITS PERIMETRES MARAICHERS VILLAGEOIS DANS LE CENTRE-EST BURKINABE".

ENCADREMENT : Monsieur TRAN MINH DUC

D E D I C A C E

- A Angnès, ma chère épouse et "petite soeur bien aimée" qui m'a toujours apporté un soutien moral et matériel sans faille depuis notre mariage le 21 septembre 1981 !

- A Jean Eric, Marthe Neilly, Odile Diane et Justin Boris, mes chers enfants qui ont bien supporté mes 3 années d'absence du toit familial !

- A mes parents, beaux-parents et amis !

- Aux grandes familles Melingui Mala, Kouna Edidiba et Dama Nkengué !

- Enfin, avec une pensée pieuse, à mon feu beau-père Dama Jean et à ma feue grand-mère Bassa Martha, qui, m'ayant béni lors de mon départ le 4 octobre 1990 du toit familial, ne m'y accueilleront pas à mon retour, car rappelés entre temps par Dieu !

  Que de l'au-delà, ils puissent apprécier le fruit de ce travail que le Seigneur ne leur a pas donné l'occasion de me voir achever.

R E M E R C I E M E N T S

Qu'il me soit permis, à travers ces lignes, de remercier sincèrement tous ceux qui ont oeuvré pour la rédaction de ce mémoire ainsi que tous ceux qui m'ont aidé tant pour le concours d'entrée que pour ma formation à l'E.I.E.R.

Ces remerciements s'adressent plus particulièrement à :

- Monsieur TRAN MINH DUC, mon directeur de mémoire et chef de département H. A. à l'E.I.E.R. pour sa constante disponibilité à mon endroit,

- Monsieur FAHO Théophile, directeur du Projet de développement rural intégré du Centre-Est, pour le très bon encadrement qu'il m'a accordé à chacune de mes sorties sur les sites d'étude près de Tenkodogo, et pour ses précieux conseils,

- Tout le corps enseignant de l'E.I.E.R. : professeurs, chargés des T.D et des T.P,

- Tout le personnel de l'E.I.E.R.,

- Mon épouse et mes enfants pour leurs innombrables lettres qui ont été pour moi un soutien moral inestimable,

- Mes amis ESSOMBA Bonard Claude et TSOBGUE Thomas pour les documents précieux qu'ils m'avaient offerts en vue de la préparation du concours d'entrée à l'E.I.E.R.,

- Mon camarade et "petit frère" TEMECHING Koutti François pour toute la documentation mise à ma disposition lors de la conduite des études des projets et à l'occasion de la rédaction de ce mémoire,

- Mon camarade et "petit frère" TALLA André pour l'aide qu'il m'a accordée lors de la confection de ce mémoire,

- Tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont assisté ma famille durant mes trois longues années d'absence.

S O M M A I R E

Pages

* **SIGLES**
* **RESUME**
* **RAPPORT**

0. INTRODUCTION 1

I - ETUDES REALISEES 3

I.1. ETUDES SOCIO-ECONOMIQUES 3

I.1.1. Enquêtes auprès des G.V.F. 3

I.1.2. Etude sommaire du marché local 4

I.1.3. Investigations sur les sources probables de financement des investissements 4

I.2. ETUDES TECHNIQUES 5

I.2.1. Etudes réalisées 5

I.2.2. Conséquences : possibilités d'amélioration du système actuel 16

II - SOLUTION PROPOSEE 19

II.1. JUSTIFICATION DES CHOIX 19

II.1.1. Ressources en eau 19

II.1.2. Moyen d'exhaure 19

II.1.3. Mode d'irrigation 20

II.2. DESCRIPTION DE LA SOLUTION RETENUE ET PERSPECTIVES 21

II.2.1. Aspect technique 21

II.2.2. Aspect socio-économique et financier 23

III. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 29

* **ANNEXES**
* **BIBLIOGRAPHIE**

S I G L E S

P.D.R.I.	= Projet de développement rural intégré
P.D.R.I/CE	= Projet de développement rural intégré de la région du Centre-Est
G.V.F.	= Groupement villageois des femmes
F.A.O.	= Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GCP/BKF/031/ITA	= Programme de coopération FAO - Gouvernement du Burkina Faso pour le financement des activités du P.D.R.I/CE
O.N.P.F.	= Office national des puits et forages
S.A.R.	= Sodium absorption ratio (teneur d'absorption du sodium)
E.T.P.	= Evapo transpiration potentielle
E.T.M.	= Evapo transpiration maximale
K_C	= Coefficient cultural
B.B.	= Besoins bruts en eau d'irrigation
P.D.C.	= Pertes de charges
K_S	= Coefficient de Manning Strickler
A.P.S	= Avant projet sommaire
A.P.D.	= Avant projet détaillé
T.N.	= Terrain naturel
B.A.	= Béton armé

R E S U M E

Il s'agit, dans cette étude qui a été sollicitée par le P.D.R.I du Centre-Est, de proposer une solution pour l'irrigation efficiente de deux périmètres maraîchers gérés par 2 G.V.F à Oumnonghin et Oueguedo, dans la province du Boulgou au Burkina Faso.

Les rendements actuels obtenus dans ces périmètres sont largement en deçà des prévisions, à cause des très mauvaises conditions d'alimentation en eau des parcelles : il existe 3 puits de moins de 10 m de profondeur dans les 2 périmètres (2 à Oumnonghin et 1 à Ouéguédo) sans hélas, moyen d'exhaure. Les femmes y puisent de l'eau dans de petits récipients et la transportent pour l'arrosage de leurs parcelles, qui pour la plupart du temps, en sont très éloignées. Elles se fatiguent ainsi, sans pour autant arroser convenablement leurs cultures.

Des études socio-économiques et techniques ont été réalisées avant qu'une solution ne soit proposée pour pallier à ces difficultés.

→ Pour les études socio-économiques, des enquêtes ont été menées auprès des membres des 2 G.V.F, de la direction du P.D.R.I/CE, de certains services techniques locaux et au niveau du marché de Tenkodogo, le chef-lieu de la province du Boulgou.

Il en est ressorti que :

- toutes les femmes qui souffrent beaucoup pour irriguer leurs cultures, sont prêtes à participer physiquement, voire financièrement pour résoudre ce problème. Cependant, elles n'ont aucune solution technique à proposer étant donné que la plupart d'entre elles n'ont jamais vu d'autres modes d'irrigation que l'arrosage manuel qu'elles pratiquent.

- le marché local n'est saturé par moments que de tomates. Une amélioration des rendements ne posera donc pas de grands problèmes d'écoulement si surtout une bonne politique de diversification des cultures est menée.

- à la direction du P.D.R.I., on est soucieux du problème et on recherche actuellement des sources de financement pour les investissements qu'impliquera la réhabilitation de ces périmètres. Ce sera certainement sous forme de subventions remboursables et non remboursables mais dont les modalités exactes ne sont pas encore définies.

- les puits au départ étaient équipées de pompes manuelles de marque ATESTA, qui, parce que mal entretenues, se sont toutes détériorées.

→ Pour les études techniques, des essais de pompage sur 2 puits (1 puits par site), des essais d'infiltrométrie, des levés topographiques, une analyse de qualité d'un échantillon d'eau des puits et une estimation des B.B. en eau d'irrigation en période de pointe ont été effectués. Il en est ressorti que :

- l'eau des puits existants est d'excellente qualité pour l'irrigation

- les ressources actuelles en eau peuvent être insuffisantes en période de pointe, si toutes les parcelles sont mises en culture

- la nature du terrain (pentes ≥ 10 °/oo par endroits à Ouéguédo et vitesse d'infiltration horizontale de 207 mm/h à Oumnonghin) associée à la méconnaissance d'autres modes d'irrigation par les femmes incitent qu'on continue de pratiquer l'arrosage manuel.

→ Compte tenu de ce qui précède, il a été proposé :

- Au niveau de la ressource en eau, d'approfondir les 3 puits existants jusqu'à 10 m et de creuser 3 puits supplémentaires de 10 m à Oumnonghin. Les estimations hydrogéologiques montrent en effet qu'avec 6 puits de 10 m, on peut se mettre à l'abri des pénuries d'eau à tout moment. Tous ces puits devraient être équipés d'un bassin de stockage-distribution d'eau de 3 m^3 de capacité.

- Au niveau de l'exhaure : d'équiper chaque puits d'un système d'exhaure à traction humaine appelé "bidon-verseur", vu le manque de compétences techniques dans les 2 G.V.F. pour l'entretien des pompes. Avec ce moyen, on peut remplir chacun des bassins évoquées ci-dessus en moins d'une heure de temps.

- Au niveau de la distribution d'eau : de disséminer des bassins de stockage de 3 m^3 chacun dans les 2 périmètres (5 bassins par ha). Il seront alors alimentés en eau par les bassins de stockage-distribution décrits ci-dessus à travers des conduites P.V.C. enterrées de 53 mm de diamètre intérieur.

- Au niveau de l'arrosage : que chaque femme, équipée d'un arrosoir, puise de l'eau dans le bassin le plus proche de sa parcelle pour l'y asperger manuellement. Les fréquences et les doses d'arrosage seront fonction du stade végétatif des cultures et de besoins en eau d'irrigation.

→ Tous ces travaux qui, en principe, devraient coûter moins de 10.000.000 francs CFA, pourront être financés par :

- Les membres des G.V.F. sous forme de ravitaillement des chantiers en matériaux locaux, d'investissements humains, d'apport en argent frais d'un montant à déterminer.

- La direction du P.D.R.I/CE sous forme de subventions remboursables et non remboursables à mieux définir.

Enfin, avant d'engager ces travaux, il est souhaitable de les insérer dans une politique globale d'aménagements des 2 bas-fonds et de reconfirmer au préalable tous les essais hydrogéologiques.

0. INTRODUCTION

L'amélioration du niveau de vie en milieu rural et la recherche de l'autosuffisance alimentaire constituent quelques uns des pôles d'actions de lutte que mènent nos pays contre leur sous-développement.

Au Burkina Faso, cette politique est entre autres, mise en pratique à travers la création d'un certain nombre de projets de développement rural intégré (P.D.R.I.).

S'agissant particulièrement du P.D.R.I. du Centre-Est dont la direction est implantée à Tenkodogo dans le Boulgou, il couvre les provinces administratives du Boulgou et du Kouritenga, d'une superficie totale de 11 272 km^2 (voir carte de localisation de la zone du projet : annexe 1).

L'objectif global qui lui avait été assigné lors de sa création en 1983 était d'"assister les institutions départementales dans toutes leurs dimensions (humaines, financières et matérielles) afin qu'elles deviennent capables d'une part, de réaliser et d'entretenir des infrastructures de base indispensables au développement, d'autre part d'impulser et d'aider en s'appuyant sur les groupements villageois, le mouvement du monde rural vers un plus haut niveau de productivité et de production agricoles et vers de meilleures conditions de vie familiale et collective".

Pour atteindre cet objectif, le P.D.R.I. du Centre-Est a :

- mis et/ou fait mettre en place des infrastructures diverses : pistes de desserte, écoles, points d'eau, dispensaires, magasins et centres de transformation des produits agricoles, etc...

- fait créer des groupements villageois qu'il assiste soit directement, soit à travers les services provinciaux spécialisés dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage, de la conservation de l'environnement, etc...

Dans le domaine agricole, entre autres actions, le P.D.R.I. du Centre-Est s'est attelé à développer la production des cultures maraîchères : 20 périmètres ont été créés dont 16 fonctionnent avec plus ou moins de bonheur.

Le plus grand problème qu'on y rencontre est le ravitaillement en eau des cultures.

C'est ainsi donc que le P.D.R.I. du Centre-Est a sollicité une étude sur 2 périmètres cibles gérés par deux groupements villageois de femmes (G.V.F.) dans les villages de Oumnonghin et de Ouéguédo. Dans ces deux périmètres, il existe des puits sans moyen d'exhaure, les pompes manuelles ATESTA qui y avaient été installées ayant été mal entretenues et endommagées. De plus, beaucoup de parcelles sont très éloignées de ces puits. Tout compte fait, le puisage manuel de l'eau et les grandes distances parcourues par les femmes pour l'apporter vers leurs parcelles influent négativement sur la qualité de l'irrigation.

A moyen terme, le P.D.R.I/CE compte mettre les conclusions de cette étude en exécution, en apprécier les résultats pour éventuellement réhabiliter tous les autres périmètres maraîchers.

Cette étude, intitulée "Contribution à la conception d'un système d'exhaure et de distribution d'eau au niveau parcellaire dans le cadre des petits périmètres maraîchers villageois dans le Centre-Est burkinabé" a été menée sous une approche bidimensionnelle : socio-économique et technique.

Son déroulement fait l'objet de la première partie de ce rapport alors que la solution proposée en constitue la deuxième partie. Des recommandations viennent enfin le conclure.

I. ETUDES REALISEES

I.1. ETUDES SOCIO-ECONOMIQUES

L'objectif visé à ce niveau est d'apprécier :

- l'intérêt réel que chaque groupement accorde à l'amélioration du système d'alimentation en eau dans son périmètre,

- le niveau d'investissement envisageable, étant entendu qu'il est fonction de la source de financement, du niveau de participation effective des groupements et de la plus-value attendue au terme des travaux,

- la facilité d'écoulement des produits sur le marché local,

- les techniques traditionnelles d'irrigation maîtrisées par les populations.

A cet effet, des enquêtes ont été menées auprès de chacun des deux G.V.F, de la direction du projet, de certains services provinciaux spécialisés (agriculture, statistiques) et au niveau du marché de Tenkodogo.

I.1.1. Enquêtes auprès des G.V.F.

a) Méthodologie

Un échantillon de 21 femmes sur les 54 que comptent les 2 G.V.F. a été sélectionné au hasard.

Il leur a été proposé un questionnaire-interview comportant des questions fermées et des questions ouvertes (voir annexe 2).

b) Résultats

D'une façon générale, il ressort de ces enquêtes que :

1) 86 % des femmes souhaitent diversifier davantage les cultures sur leurs parcelles. La tomate qui, en effet, constitue leur culture principale, se vend de moins en moins bien.

2) 100 % se plaignent des conditions d'irrigation et 62 % ne savent que faire pour résoudre ce problème.

3) 86 % n'ont jamais vu un autre mode d'irrigation en dehors de l'arrosage manuel qu'elles pratiquent sur leurs parcelles.

4) 100 % sont prêtes à participer physiquement aux travaux d'amélioration de leur système d'exhaure et de distribution d'eau.

5) 81 % sont en plus prêtes à y ajouter, même de façon très modeste, une participation financière.

6) Enfin, 80 % ne s'inquiètent pas sur l'écoulement de leurs produits en cas d'amélioration des rendements, consécutive à une irrigation plus efficiente. Seules 10 % en effet estiment qu'il y aurait surproduction des tomates.

I.1.2. Etude sommaire du marché local

D'après les observations faites sur le marché de Tenkodogo entre le 13 et le 25 avril 1993 et les résultats d'une étude réalisée par le service provincial des statistiques du Boulgou entre octobre 1990 et avril 1991, il ressort que sur le plan :

a) De la disponibilité des produits maraîchers au marché

Alors que certains produits cultivés localement abondent sur le marché (oseilles, tomates, gombos, aubergines, choux), d'autres par contre sont rares vu qu'ils viennent généralement d'ailleurs (oignons, ail, piment, pomme de terre, gingembre).

Par ailleurs, pour chaque produit, il existe des périodes de saturation et des périodes de relative absence sur le marché.

Ce sont donc deux situations de fait bénéfiquement exploitables, si on choisit de cultiver désormais sur les périmètres, des produits rares sur le marché et s'il est agronomiquement possible de caler le calendrier cultural tel qu'on les récolte plutôt pendant leurs traditionnelles périodes de soudure.

b) Des prix de vente des produits maraîchers (Voir annexe III)

Les prix fluctuent en fonction de la disponibilité de chaque produit sur le marché et varient dans certains cas du simple au double, voire plus.

I.1.3. Investigations sur les sources probables de financement des investissements

Les actions du P.D.R.I/CE évoquées plus haut ont été financées par le gouvernement italien dans le cadre d'un programme de coopération FAO-Gouvernement du Burkina Faso intitulé : GCP/BKF/031/ITA.

Ce programme est malheureusement arrivé à son terme en 1990. Seulement, ses acquis doivent être consolidés et renforcés. C'est ainsi que le P.D.R.I. négocie le financement d'un autre programme avec d'autres bailleurs de fonds. L'approche de ce programme sera différente au niveau des relations avec les paysans, qui devront passer de l'assistanat au partenariat.

Dans ce cadre, la réhabilitation des périmètres pourra être :

a) D'une part préfinancé par ce nouveau programme sous forme :

a.1) de subventions non remboursables

a.2) des crédits remboursables dans des conditions à définir au moment opportun

b) D'autre part financé par les G.V.F. eux-mêmes sous forme

b.1) de collecte de fonds

b.2) du ravitaillement du chantier en matériaux locaux (gravier, sable, etc...)

b.3) d'investissements humains

b.4) de prise en charge de certains ouvriers recrutés sur place

Au stade actuel des investigations, aucun chiffre sur le montant net des investissements à prévoir ne peut être avancé, ni les conditions exactes des subventions remboursables et non remboursables.

En plus des considérations sociologiques évoquées plus haut, le choix de la solution sera surtout donc influencé par les considérations techniques abordées ci-dessous, même s'il est vrai que l'aspect "Coût" ne peut en aucune façon être négligé.

I.2. ETUDES TECHNIQUES

I.2.1. Etudes réalisées

a) Etudes topographiques
(voir annexes 4, 13A et 13B)

Les plans topographiques des deux périmètres font ressortir :

a.1) à Oumnonghin

* Une superficie brute du périmètre de 1,94 ha

* Une pente longitidunale moyenne de 1,90 °/₀₀ avec des pointes de plus de 2,50 °/₀₀ sur certains tronçons.

* Une pente transversale moyenne de 3,66 °/₀₀ avec des pointes de plus de 4,00 °/₀₀ sur certains tronçons.

a.2) <u>à Ouéguédo</u>

* Une superficie brute du périmètre de 0,36 ha

* Une pente longitidunale moyenne de 6,97 °/oo avec des pointes de plus de 8,00 °/oo sur certains tronçons.

* Une pente transversale moyenne de 10,86 °/oo avec des pointes de plus de 12,50 °/oo sur certains tronçons.

b) <u>Essais in Situ</u>

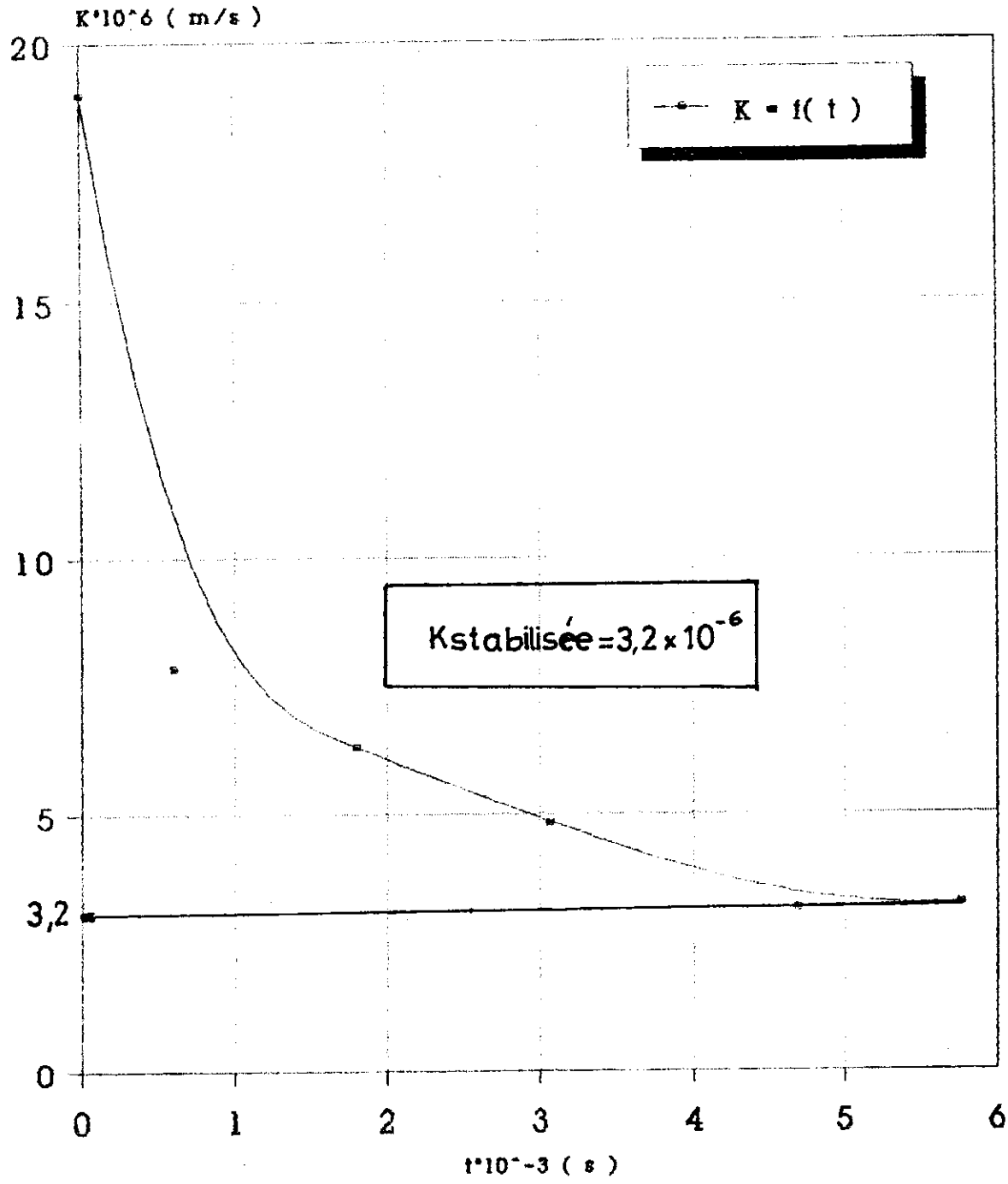
b.1) <u>Essais de perméabilité</u>

* <u>Par la méthode de Porchet</u>

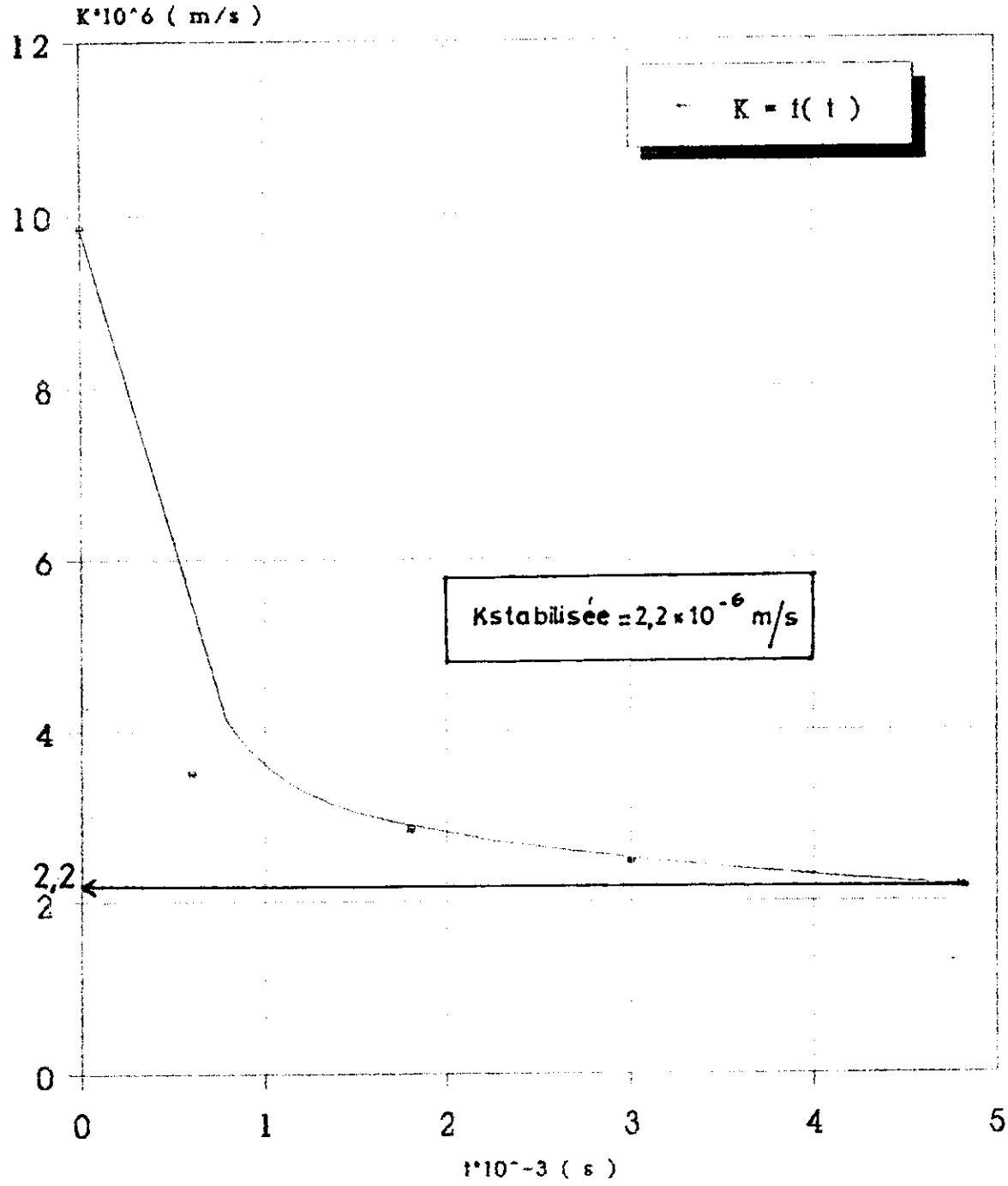
Les résultats obtenus sont récapitulés ci-dessous :

OUMNONGHIN (rayon du trou : r = 7,5 cm)				OUEGUEDO (rayon du trou : r = 5 cm)			
Heures	durée d'infiltration t_i (s)	Lame d'eau mesurée h_i (m)	$K (m/s) = \frac{r}{t_{i+1}-t_i} \times \ln \frac{h_i+\frac{r}{2}}{h_{i+1}+\frac{r}{2}}$	Heures	durée d'infiltration (t_i (s)	Lame d'eau mesurée h_i (m)	$K (m/s) = \frac{r}{t_{i+1}-t_i} \times \ln \frac{h_i+\frac{r}{2}}{h_{i+1}+\frac{r}{2}}$
10H07	0	0,42	$1,9 \times 10^{-5}$	10H17	0	0,384	$9,84 \times 10^{-6}$
10H17	600	0,30	$7,85 \times 10^{-6}$	10H27	600	0,298	$7,50 \times 10^{-6}$
10H37	1800	0,225	$6,29 \times 10^{-6}$	10H47	1800	0,248	$2,84 \times 10^{-6}$
10H58	3060	0,175	$4,83 \times 10^{-6}$	10H57	2400	0,23	$3,40 \times 10^{-6}$
11H25	4680	0,135	$3,16 \times 10^{-6}$	11H07	3000	0,21	$2,47 \times 10^{-6}$
11H43	5760	0,12	$3,23 \times 10^{-6}$	11H22	3900	0,19	$2,00 \times 10^{-6}$
12H01	6840	0,106	/	11H37	4800	0,175	$2,17 \times 10^{-6}$
				11H52	5700	0,16	/

Essai de perméabilité par la méthode de PORCHET à OUMNONGHIN



Essai de perméabilité par la méthode de PORCHET à OUEGUEDO



On déduit de ces tableaux et courbes que les coefficients d'infiltration stabilisée sont de :

- Oumnonghin : $K = 3,2.10^{-6}$ m/s

- Ouéguédo : $K = 2,2.10^{-6}$ m/s

Ce sont donc des sols assez imperméables, aptes à l'irrigation.

* Infiltrométrie par la méthode de double-anneau de MUNTZ

Les opérations et résultats expérimentaux sont récapitulés dans les tableaux en annexes n° 5 et n° 6.

Des courbes représentant les vitesses d'infiltration verticales en fonction du temps, ci-dessous tracées, il ressort que :

- à Oumnonghin : la vitesse d'infiltration verticale stabilisée est de v = 207 mm/h.

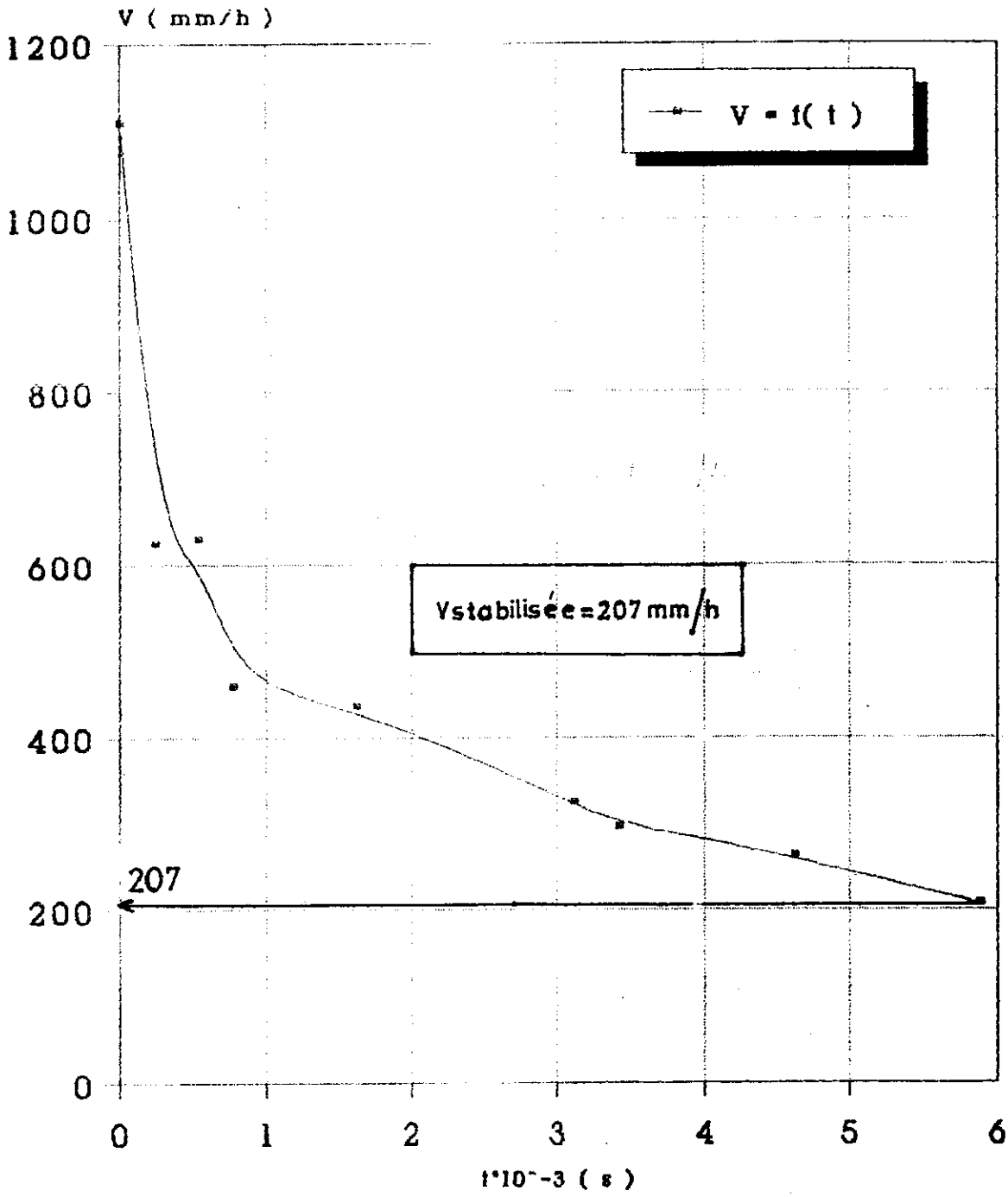
Cette vitesse assez élevée, traduit la présence de nombreuses fentes de retrait à la surface du sol. En cas d'irrigation de surface, il faut donc prévoir un débit d'attaque supérieur aux besoins pour boucher ces fentes de retrait.

- à Ouéguédo : la vitesse d'infiltration verticale stabilisée est de v = 40 mm/h.

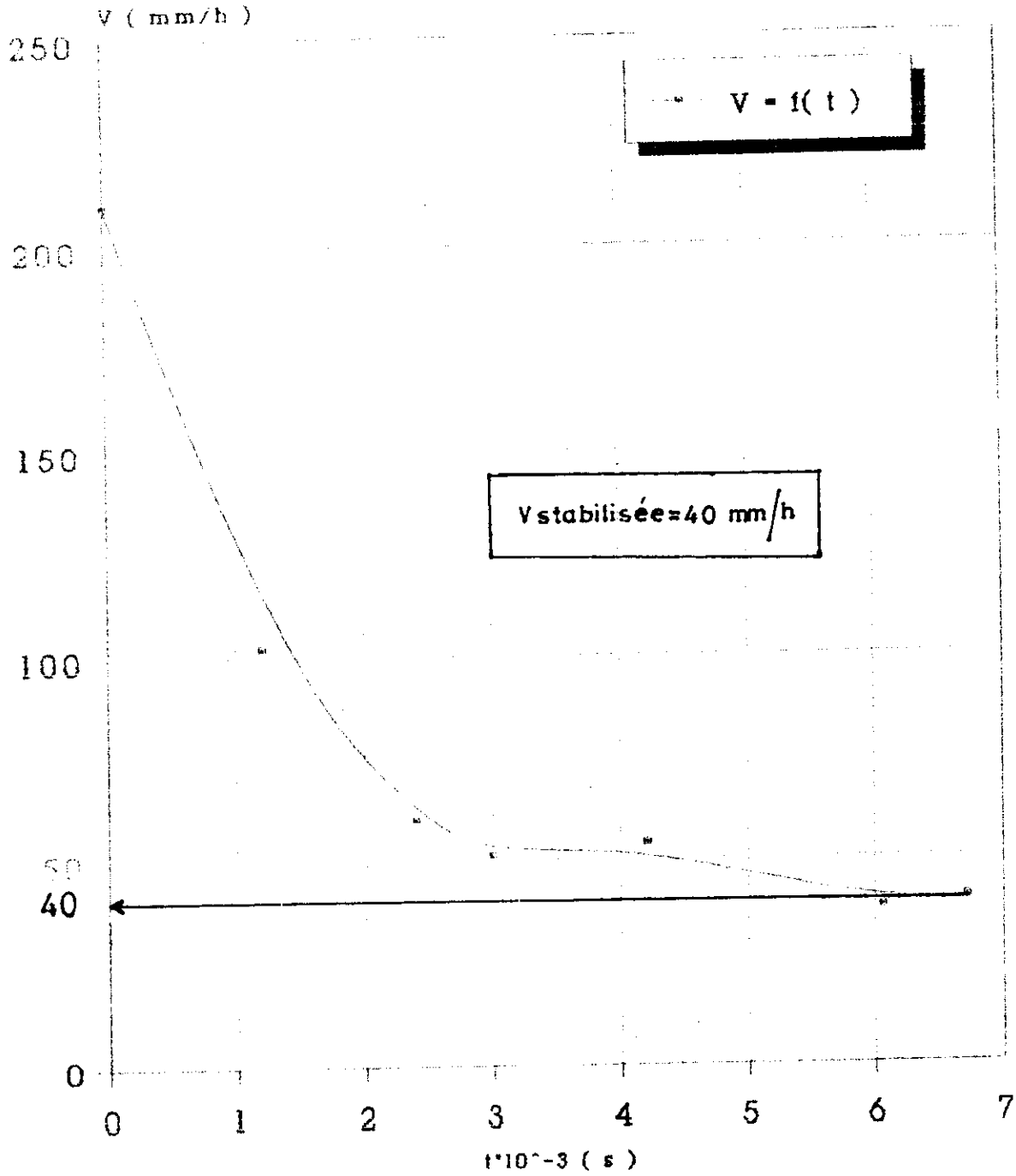
C'est une vitesse qui confirme la valeur du coefficient K trouvée par la méthode de PORCHET.

Hormis les considérations d'ordre topographique, ce site serait parfaitement apte à l'irrigation par ruissellement. Il l'est par ailleurs à l'aspersion et à l'arrosage manuel.

Infiltrométrie double anneau
OUMNONGHIN



Infiltrométrie double anneau
OUEGUEDO



b.2) Rabattements et remontées des puits

* Description sommaire des puits

nombre
. A Oumnonghin : 2
. A Ouéguédo : 1

Diamètres
. A Oumnonghin : 1,40 m pour les 2 puits

. A Ouéguédo : 1,80 m

Profondeurs totales

. A Oumnonghin : puits n°1 : 7,5 m et
puits n°2 : 3,5 m

. A Ouéguédo : 6,50 m

Niveaux statistiques

. A la fin de la saison des pluies (enquêtes in situ)

N_S = 0 par rapport au niveau du T.N. sur les 2 périmètres

. Le jour des essais

- A Oumnonghin (le 21 avril 1993)
N_S = -2,40 m par rapport au niveau du T.N.

- A Ouéguédo (le 20 avril 1993)
N_S = -3,50 m par rapport au niveau du T.N.

* Résultats des essais (voir documents annexes n°s 7 et 8)

Désignation	Puits n°1 de Oumnonghin	Puits de Ouéguédo
Débit de vidange (m^3/H)	≈ 3	0,72
Durée de vidange (mn)	30	70
Rabattement (m)	0,80	0,10
Durée remontée (mn)	142	169
Remontée (m)	0,67	0,22

* Interprétations des résultats d'après la méthode C.I.E.H.-BURGEAP

→ Principe de la méthode

. Connaissant

- La profondeur totale p de chaque puits
- Les niveaux statistiques N_{so} et N_{sm} au début de la saison sèche et le jour des essais,
- La durée totale de la saison sèche Ds en mois. Pour notre cas, Ds est estimé à 8 mois,
- Le temps De (en mois) écoulé entre le début de la saison sèche (début octobre) et la période des essais (20-21 avril). Pour notre cas De$\approx$ 6,7 mois,
- Les niveaux de l'eau N_f à la fin de la vidange, N_{10}' et N_{70}' à 10 mn et 70 mn après le début de la remontée (voir annexes n°s 8_A et 8_B),
- Les diamètres des puits D en mètres.

. On calcule tour à tour

- Les charges d'eau au repos Ho au début de la saison sèche et Hm au jour des essais :

$H_o = p - N_{so}$
$H_m = p - N_{sm}$

- La variation prézométrique dH probable :

$$dH = \frac{H_o - H_m}{D_e} \times D_s$$

entre le début et la fin de la saison sèche,

- Le coefficient adimensionnel $L = \frac{dH}{H_o}$

- La vitesse de remontée R_2 en m/h : $R_2 = N_{10}' - N_{70}'$

- Le volume spécifique V_s en m^3 : $V = \frac{\pi D^2}{4} \times 1\ m$

- Le débit instantané Q_i en m^3/h : $Q_i = V_s \times R_2$

- Le rabattement Si en fin d'essai en m : $S_i = N_{sm} - N_f$

- Le débit spécifique de l'essai C_e en $m^3/h/m$:

$$Ce = \frac{Q_i}{S_i}$$

. On déduit enfin à partir de L, H_o et C_e, le débit Qe en m^3/j exploitable en fin de saison sèche, grâce à un abaque mis au point par le C.I.E.H-BURGEAP.

Résultats obtenus (voir annexes n°9)

. Avec les profondeurs actuelles

- puits n°1 de Oumnonghin : H_o = 7,5 m, L = 0,38

$C_e = 0,72\ m^3/h/m$ et
$Q_e = 20,5\ m^3/j$

- puits de Ouéguédo : H_o = 6,5 m L = 0,64
$C_e = 0,91\ m^3/h/m$ et
$Q_e = 11\ m^3/j$

. Si on approfondissait chaque puits jusqu'à 10 m

- Oumnonghin : H_o = 10 m, L = 0,29,
$C_e = 0,72\ m^3/h/m$ et
$Q_e = 35\ m^3/j$

- Ouéguédo : H_o = 10 m, L = 0,42,
$C_e = 0,91\ m^3/h/m$ et
$Q_e = 33\ m^3/j$

c) Appréciation de la qualité de l'eau

* Des analyses de qualité d'eau effectuées par l'office national des puits et forages (O.N.P.F.) dans toute la zone du projet, font ressortir que l'eau des puits de Oumnonghin et de Ouéguédo est de bonne qualité pour l'irrigation.

* Néanmoins, un échantillon d'eau du puits de Oumnonghin a été prélevé et a été analysé dans les laboratoires de l'E.I.E.R.

Les résultats de cette analyse sont les suivants :

- p^H à 25°c = 6,02

- conductivité électrique = 102 us/cm soit 0,102 $\frac{ds}{m}$ ou

102 uhos/cm

- C_a^{+}+ = 8,2 mg/l soit $\frac{8,2}{20}$ = 0,41 meq/l

- M_g^{+} = 4,6 mg/l soit $\frac{4,6}{12,2}$ = 0,38 meq/l

- Cl^{-} = 20,7 mg/l soit $\frac{20,7}{35,4}$ = 0,58 meq/l

- $N^{O}{}_3^{-}$ = 2,5 mg/l

- N_a^{+} = 6,6 mg/l soit $\frac{6,6}{23}$ = 0,29 meq/l

Il peut en être déduite, la teneur d'absorption du sodium (S.A.R.) qui est définie par :

$$S.A.R. = \frac{N_a^{+}}{\sqrt{\left(\frac{C_a^{\pm} + + M_g^{\pm}}{2}\right)}}$$

et qui pour notre cas vaut donc 0,46

La S.A.R. et la conductivité électrique obtenues ci-dessus permettent de classer cet échantillon d'eau dans le groupe C_1-S_1 (eau de très bonne qualité pour l'irrigation) du diagramme de Riverside (voir annexe 10).

d) Estimation des besoins en eau en fin de saison sèche

L'objectif de ce paragraphe est de comparer les B.B. en eau d'irrigation en fin de saison sèche au débit exploitable des puits (à la même période) évalué ci-dessus.

* A cet effet, les valeurs de l'E.T.P. à Tenkodogo (voir annexe 11) calculées dans le cadre des études du projet de Bagré ont été utilisées.

L'efficience globale (Eg) des réseaux, sous réserve d'études approfondies, peut être estimée à 0,75, conformément à ce que recommande la littérature sur le maraîchage.

* En fin de saison sèche au mois de mai, le maraîchage, d'après le calendrier actuel, est à la phase de maturation et le coefficient cultural K_c peut être pris égal à 0,8 en moyenne.

La phase de pleine végétation ($K_C \approx 1,1$) a alors lieu en Mars, période au cours de laquelle la méthode BURGEAP-CIEH utilisée ici ne permet pas de prévoir le débit maximum exploitable par les puits. La prudence commande donc qu'il soit estimé au débit (en m^3/j) exploitable en fin de saison sèche et évalué dans le sous-paragraphe b.2) ci-dessus.
En conséquence, la valeur de l'E.T.M. la plus élevée dans ces deux cas sera celle qui sera prise en compte dans l'évaluation de B.B. en eau d'irrigation.

Les valeurs obtenues sont les suivantes :

Mois	Mars	Mai
E.T.P. (mm/mois)	189	208
K_C	1,1	0,8
E.T.M.(mm/mois)=K_C x E.T.P.(mm/mois)	208	165
$B.B.(mm/mois)=\frac{E.T.M.(mm/mois)}{0,75}$	277	220
$B.B.(mm/j)=\frac{B.B.(mm/mois)}{31}$	9	7

* Les B.B. à tenir en compte dans les conditions les plus défavorables sont donc de 9 mm/j, c'est-à-dire 90 m^3/ha/j.

Pour Oumnonghin (1,94 ha), il faut ainsi 1,94 x 90 = 175 m^3/j
Pour Ouéguédo (0,36 ha), il faut plutôt 0,36 x 90 = 32 m^3/j

Il peut ainsi être vérifié que dans les conditions actuelles, les ressources en eau seraient insuffisantes en cas de mise en culture de la totalité des parcelles des deux périmètres.

I.2.2. Conséquences : possibilités d'amélioration du système actuel

a) Ressources en eau

Elles doivent être augmentées.

a.1) A Oumnonghin (B.B.=175 m^3/j)

Il est question de choisir entre :

* 9 puits de 7,5 m de profondeur (Q_e = 20,5 m^3/j par puits)

ce qui revient à :

- approfondir le 2e puits du périmètre dont la profondeur actuelle est de 3,5 m
- et creuser 7 puits supplémentaires de 7,5 m de profondeur

* 5 puits de 10 m de profondeur (Q_e = 35 m^3/j par puits)

ce qui revient à :

- approfondir les 2 puits existants jusqu'à 10 m
- et creuser 3 puits supplémentaires de 10 m de profondeur

a.2) A Ouéguédo (B.B. = 32 m^3/j)

Le choix devra être fait entre :

* 3 puits de 6,5 cm de profondeur (Q_e = 11 m^3/j par puits) c'est-à-dire le maintien intact du puits actuel et le creusage de 2 autres puits identiques
* 1 puits de 10 m de profondeur (Q_e = 33 m^3/j) c'est- à-dire le surcreusage du puits actuel sur 3,5 m.

b) Moyen d'exhaure

2 possibilités peuvent être analysées

b.1) Le pompage

Il peut être mis en place

* des pompes motorisées
* des pompes à main

b.2) L'amélioration du puisage manuel qui actuellement se fait à l'aide de petits sceaux accrochés à des cordes.

c) Irrigation

Compte tenus des résultats des études topographiques, des essais de perméabilité et de l'analyse de la qualité de l'eau, il peut être envisagé.

c.1) L'irrigation de surface à condition :

* d'effectuer des travaux préliminaires de planage là où les pentes du terrain naturel sont supérieures à 8 °/oo.

* de prévoir dans le cas spécifique du périmètre de Oumnonghin, un débit d'attaque supérieur au débit normal d'alimentation, vue la valeur assez élevée (207 mm/h) de la vitesse d'infiltration verticale de MUNTZ. On boucherait ainsi rapidement les fentes de retrait qu'on retrouve à la surface du sol.

c.2) L'aspersion

Il devra alors être choisis des asperseurs dont la pluviométrie (en mm/h) est inférieure aux vitesses d'infiltration verticale évaluées lors des essais in situ (40 mm/h et 207 mm/h).

On retrouve heureusement facilement ces types d'asperseurs sur le marché.

Toutefois, la grande vitesse d'infiltration verticale à Oumnonghin (207 mm/h), n'y est pas favorable à une bonne aspersion.

c.3) L'arrosage manuel à condition de multiplier les bassins de stockage d'eau, afin de réduire les distances à parcourir pour atteindre les parcelles.

Beaucoup de membres des G.V.F. ont estimé qu'un rayon d'action de 40 à 50 m par bassin de stockage peut être envisagé, ce qui reviendrait alors à prévoir en moyenne 5 bassins par hectare.

d) En résumé

On a 2 à 3 variantes techniques possible à chaque niveau, au terme des études techniques.

Des considérations socio-économiques devraient permettre d'éliminer certaines de ces variantes pour ne proposer qu'une solution unique à chaque niveau d'intervention et c'est l'objet de la deuxième partie ci-dessous.

II. SOLUTION PROPOSEE

II.1. JUSTIFICATION DES CHOIX

II.1.1. Ressources en eau

On a démontré dans la première partie de l'exposé qu'on devait augmenter le nombre de puits.

Le choix devait être fait entre :

- un très grand nombre de puits s'ils conservent les profondeurs actuelles. Il en faudrait alors 12 au total dont 9 à Oumnonghin et 3 à Ouéguédo;

- un nombre moins élevé de puits si on approfondit ceux qui existent jusqu'à 10 m avant d'en creuser d'autres de même profondeur. Il en faudrait alors 6 au total dont 5 à Oumnonghin et 1 seul à Ouéguédo.

Or, une multiplication excessive des puits dans un site risque de créer des interférences entre leurs différents rayons d'action, ce qui réduirait alors leurs débits unitaires d'exploitation et fausserait les prévisions.

C'est pour cette raison qu'il semble opportun d'opter pour la deuxième approche à savoir :

- 5 puits de 10 m de profondeur à Oumnonghin, ce qui revient à surcreuser les 2 puits qui y existent actuellement et à y creuser 3 autres puits de 10 m;

- 1 puits de 10 m de profondeur à Ouéguédo, ce qui revient à surcreuser le puits qui y existe actuellement.

II.1.2. Moyen d'exhaure

* Les pompes manuelles ATESTA, qui avaient été installées sur les premiers puits n'ont pas duré plus de deux ans à cause certainement de la mauvaise maîtrise de leur condition de captage et d'un entretien déficient.

N'étant pas sûr de posséder actuellement dans les 2 G.V.F., des compétences techniques capables de pallier à ces lacunes dans un avenir proche, il apparaît inopportun de retenir à nouveau cette solution qui a fait la preuve de son inefficacité dans le passé.

* Quant aux pompes motorisées, le problème de leur entretien se pose autant, sinon plus que pour les pompes manuelles.

De plus, elles coûtent cher au fonctionnement (gas oil ou énergie électrique) et semblent plus adaptées quand on doit couvrir de grandes superficies, ce qui n'est pas le cas par exemple pour le périmètre de Ouéguédo qui n'a que 0,36 ha. C'est également donc une solution inopportune à retenir.

* L'exhaure manuel, compte tenu de tout ce qui précède, semble présenter le moins d'inconvénients.

Il est tout simplement question de l'améliorer afin de réduire la pénibilité du travail des femmes.

II.1.3. Mode d'irrigation

* L'irrigation par ruissellement, même si elle n'implique pas des coûts d'investissements très élevés, présente l'inconvénient majeur de nécessiter des travaux de terrassements susceptibles de modifier la texture du sol par endroits.

De plus, et c'est le côté le plus important, la majorité des membres des 2 G.V.F. ne maîtrisent pas ce mode d'irrigation. Beaucoup (86 %) n'ont même jamais vu le pratiquer.

Il apparaît donc imprudent de le leur imposer.

* L'irrigation par aspersion, elle, coûte cher à l'investissement et même au fonctionnement.

De plus, elle exige des pompes motorisées pour la reprise de l'eau. Or, l'entretien de ces pompes ne peut pas être assurée de façon efficiente par les G.V.F.

Ce mode d'irrigation est donc comme le premier, lui aussi déconseillé.

* L'arrosage manuel sera ainsi proposé :

le puisage de l'eau se fera simplement dans les bassins de stockage à disséminer dans les 2 périmètres. Comme on l'a vu dans la première partie, on peut en construire 5 par hectare. En effet, une distance de 40 à 50 m entre un bac et la parcelle à desservir la plus éloignée peut être couverte par les femmes avec nettement moins de difficultés que dans la situation actuelle.

Quant à l'arrosage des plantes, il se fera grâce aux arrosoirs dont se seraient équipées les femmes.

La fréquence et la dose d'arrosage, tout comme la description détaillée de la solution globale retenue sont abordées dans le sous-titre ci-dessous.

II.2. DESCRIPTION DE LA SOLUTION RETENUE ET PERSPECTIVES

II.2.1. Aspect technique

a) Ressource en eau (puits)

Désignation	Oumnonghin	Ouéguédo
Nombre de puits	5	1
Diamètre (en mètres)	1,40	1,80
Profondeur totale (en mètres)	10	10
Débit unitaire journalier d'exploitation en fin de saison sèche (en m^3/j)	35	33

Au droit de chaque puits, sera installé un bassin devant servir parallèlement à distribuer l'eau aux autres bassins éventuels alimentés par ledit puits, et à stocker l'eau pour l'arrosage des parcelles environnantes.

Sa capacité utile peut être de 3 m^3, ce qui revient à construire un bassin circulaire en béton armé de 2 mètres de diamètre intérieur et d'un mètre de hauteur par exemple.

Une épaisseur de 0,20 m pour les murs horizontaux et pour la base peut être envisagée.

b) Moyen d'exhaure

La solution proposée est le "bidon-verseur". C'est un moyen d'exhaure manuel utilisé au nord-Cameroun dans le cadre de l'hydraulique villageoise et pastorale.

Une variante plus améliorée a été installée avec succès par un hydrogéologue consultant de la F.A.O. (M. Trasforini) sur quelques puits pastoraux dans le bassin de la Nouhao dans la province du Boulgou lors de l'exécution du programme GCP/BKF/031/ITA.
C'est cette variante qui est justement proposée ici.

b.1) Description sommaire du "bidon-verseur" (voir annexe 12)

Le "bidon-verseur" est un demi-fût de 120 l de contenance, au fond duquel on a adapté un clapet anti-retour.

Cet ensemble est solidaire à une manche métallique reliée à un treuil préalablement installé sur le puits par une corde rigide.

b.2) Fonctionnement du "bidon-verseur"

Quand on fait descendre l'ensemble dans le puits, le clapet s'ouvre et facilite l'entrée de l'eau dans le demi-fût.

Une fois le demi-fût rempli d'eau, on fait remonter l'ensemble en enroulant la corde sur le treuil. Le clapet se ferme alors sous l'effet du poids de la colonne d'eau.

Enfin, en fin de course, le demi-fût par basculement déverse sa contenance dans le bassin de stockage-distribution décrit ci-dessus.

b.3) Performances du "bidon-verseur"

Pendant les plus basses eaux, quand la nappe se situe entre -6m et -8m du niveau du terrain naturel, il est humainement envisageable de prévoir une durée moyenne de 2 minutes pour le cycle : descente-montée et déversement de la contenance du "bidon-verseur" dans le bassin de stockage-distribution.

Par heure, on peut donc s'attendre à 25-30 déversements de 120 l d'eau dans le bassin, ce qui correspond à un débit de remplissage de 3 à 3,6 m^3/h.

Ce débit, qui est naturellement plus élevé pendant les plus hautes eux, a l'ordre de grandeur de celui des pompes manuelles ATESTA initialement installées dans les puits et qui variait entre 1,5 m^3/h et 5 m^3/h, en fonction des conditions de captage.

c) Irrigation : stockage d'eau et arrosage

c.1) Stockage d'eau (voir annexes 13)

L'eau est stockée dans des bassins devant desservir chacun $1/5^e$ d'ha. Sur la base des superficies actuelles, il faudrait donc prévoir :

- 10 bassins dans le périmètre de Oumnonghin pour sa superficie de 1,94 ha,

- 2 bassins dans celui de Ouéguédo pour sa superficie de 0,36 ha.

Chaque puits devra par conséquent desservir 2 bassins :

- le premier a été décrit dans le paragraphe II.2.1 a) ci-dessus sur la ressource en eau,

- le deuxième, installé au plus à une cinquantaine de mètres du premier, peut lui être identique tant dans sa forme et constitution (cylindrique et en béton armé) que dans sa contenance (3 m^3 environ).

Il sera en outre relié au premier bassin par une conduite P.V.C. 6 bars de 53 mm de diamètre intérieur (voir calculs en annexe 14) au bout de laquelle un robinet-vanne sera prévu.

En fonction des p.d.c. ayant servi au dimensionnement de ces conduites, de la topographie du terrain et du niveau du premier bassin, ce deuxième bassin peut être semi-enterré ou non.

Quant aux conduites P.V.C., il est plus indiqué de les enterrer par souci de commodité et pour réduire les pertes de terre consécutives à l'espace qu'elles occuperaient si elles ne l'étaient pas.

c.2) Arrosage

Chaque femme devrait venir puiser l'eau stockée dans le bassin le plus rapproché de sa parcelle, grâce aux arrosoirs dont elles se seraient au préalable équipée.

La dose et la fréquence d'arrosage sont fonction du stade végétatif des cultures et des besoins en eau d'irrigation. Tout ce qui peut en être dit ici est que :

- Pour les jeunes plants (phases initiales et de développement), il faudrait des doses modestes à des fréquences plus régulières. On pourrait par exemple arroser 3 fois par jour dans la matinée, à la mi-journée et dans la soirée.

- Pour les plants plus âgés (pleine végétation et récolte), il faudrait des doses plus accentuées à des fréquence moins régulières. On pourrait par exemple réduire le nombre d'arrosages journaliers à deux dans la matinée et dans la soirée.

II.2.2. Aspect socio-économique et financier

a) Coût des investissements

Les chiffres obtenus dans ce paragraphe ne donnent que l'ordre de grandeur des investissements à réaliser, car les études techniques détaillées des ouvrages ne sont pas faites dans le cadre de ce travail.

Par ailleurs, les prix unitaires utilisés ici proviennent :

- soit des prix de revient des travaux antérieurs similaires réalisés par le P.D.R.I/CE,

- soit des bordereaux des prix en vigueur au Burkina Faso.

DESIGNATIONS	Unité	Prix unitaire (F CFA)	OUMNONGHIN		OUEGUEDO		TOTAL	
			Qté	Prix total (F CFA)	Qté	Prix total (F CFA)	Qté	Prix total (F CFA)
Puits : surcreusement des anciens puits + creusement et équipement des puits neufs	(m)	111 445 (*)	39	4.346.355	3,5	390.058	42,5	4.736.413
Construction des bassins de stockage	(m)	194.400	10	1.944.000	2	388.800	12	2.332.800
Achat et pose des conduites PVC	(m)	2.700	250	675.000	50	135.000	300	810.000
Achat et pose de robinet-vannes	(u)	13.500	5	67.500	1	13.500	6	81.000
Mise en place des chèvres à treuil	(u)	25.000 (1)	5	125.000	1	25.000	6	150.000
Bidon-verseur	(u)	25.000 (1)	5	125.000	1	25.000	6	150.000
Total	/	/	/	7.282.855	/	977.358	/	8.260.213
Imprévus (15 %)	/	/	/	1.092.428	/	146.604	/	1.239.032
Total général	/	/	/	8.375.283	/	1.123.962	/	9.499.245

(*) : Prix de revient du P.D.R.I/CE (Subvention + participation des paysans)

(1) : Forfaits

N.B. : Le métré d'un bassin de stockage est évalué dans l'annexe 15

b) Financement

Des décisions relatives à ce problème sont prises à un niveau supérieur en fonction des considérations qui ne sont pas toutes maîtrisées dans le cadre de cette étude.

En conséquence, il est juste proposé ici un schéma de financement des opérations dont pourraient s'inspirer les futurs décideurs pour élaborer leur plan final de financement.

Ainsi :

b.1) Les bailleurs de fond pourront prendre à leur charge sous forme :

* Des crédits remboursables : l'achat des matériaux non locaux (ciment, fers à béton, explosifs), du carburant et lubrifiant, des conduites P.V.C. et accessoires, des arrosoirs, etc...

D'après M. Trasforini, l'expert hydrogéologue de la FAO responsable du volet puits et forage lors de l'exécution du programme GCP/BKF/031/ITA, ce chapitre avait alors constitué 40 % des charges totales relatives aux travaux sur les puits.
Sur la base du même pourcentage, cela représenterait un peu moins de 3.800.000 francs CFA pour la réhabilitation des périmètres de Oumnonghin et de Ouéguédo.

Un délai de remboursement de 5 ans sans intérêt (soit des échéanciers annuels d'environ 760.000 francs CFA pour les deux G.V.F. au prorata du crédit de chacun d'eux) est alors facilement imaginable.

* Des subventions non remboursable : salaires des agents du projet chargés de l'exécution, du suivi et contrôle des travaux; amortissements et entretien des véhicules et autres matériels de chantier.

Ce chapitre, susceptible de constituer environ 50 % des charges totales des travaux sur les puits, pourrait donc dans le cadre de cette étude, valoir un peu moins de 4.750.000 francs CFA.

b.2) Les membres des deux G.V.F. pourront prendre à leur charge sous forme :

* De collecte directe de fonds : le salaire des petits ouvriers engagés au niveau des villages lors de l'exécution des travaux : aide-maçons, aide-puisatiers, gardiens de nuits, etc...

Seule l'évaluation exacte de ces charges salariales peut déterminer le montant à collecter par membre.

* D'investissements humains :

- Ravitaillement des chantiers en matériaux locaux : sable et gravillon

- Exécution de tous les petits travaux liés à l'installation des chantiers, aux terrassements pour pose de canalisation et construction des bassins de stockage d'eau, etc...

c) Possibilités de rentabilisation

Ce problème peut être vu sous deux aspects :

1) L'investissement est-il globalement rentable, c'est-à-dire le surplus de la production attendu à l'issue de la réhabilitation des périmètres peut-il à moyen terme amortir toutes les dépenses engagées pour leurs travaux de réhabilitation et leur entretien annuel?

2) Les nouveaux revenus annuels des 2 G.V.F. peuvent-ils leur permettre de rembourser leurs échéanciers sans problème?

Le premier aspect semble difficile à aborder car :

- les productions exactes actuelles sur les 2 périmètres ne sont pas connues. Il est alors difficile d'apprécier dans l'avenir le surplus de production issu des travaux de réhabilitation.

- au stade actuel des études, il manque certaines données à caractère macro économique permettant de faire une analyse fiable : taux de réactualisation, délai d'amortissement des équipements, etc...

En conséquence, c'est le deuxième aspect du problème qui sera abordé ici. Une étude menée par le service provincial de l'agriculture du Boulgou en 1991 et en 1992 a fait ressortir les rendements potentiels annuels de certains produits maraîchers dans la province. En voici quelques résultats :

Produits	Oignons	Choux	Ail	Carotte	Tomate	Auber-gine	Piment	Haricot vert	Pomme de terre
Rende-ments (t/ha)	41	45	13	40	50	30	17	6	26

Sous réserve du choix définitif des cultures à mettre en place après la réhabilitation des périmètres et compte tenu des habitudes culturales déjà acquises, il peut être fait des hypothèses suivantes :

Cultures	Tomate	Oignon	Haricot	Piment	Choux	Auber-	Ail	Total
% des surfaces occupées	30 %	20 %	15 %	10 %	10 %	10 %	05 %	100 %

A partir des prix moyens des produits maraîchers observés sur le marché de Tenkodogo (voir annexe 3), une valorisation de ces productions peut être faite pour donner l'ordre de grandeur des revenus agricoles bruts susceptibles d'être obtenus par les 2 G.V.F., sur la base des superficies actuellement exploitées : 1,94 + 0,36 = 2,30 ha.

De façon globale (c'est-à-dire sans déduire l'autoconsommation et autres pertes), ces revenus agricoles bruts sont estimés dans le tableau ci-dessous :

Cultures	% de la superficie occupée	Superficie occupée (ha)	Rendement potentiel (kgs/ha)	Production potentielle (kgs)	Prix moyen sur le marché (F CFA/ha)	Revenu brut du produit (F CFA)
Tomate	30 %	0,69	50.000	34.500	171	5.899.500
Oignon	20 %	0,46	41.000	18.860	188	3.545.680
Haricot	15 %	0,345	6.000	2.070	120	248.400
Piment frais	10 %	0,23	17.000	3.910	98 (*)	383.100
Choux	10 %	0,23	45.000	10.350	110	1.138.500
Aubergine	10 %	0,23	30.000	6.900	130	897.000
Ail	5 %	0,115	13.000	1.495	1.167	1.744.665
/	100 %	2,3	/	/	/	13.856.845

(*) 10 % du prix d'achat moyen du piment sec

Si l'autoconsommation et les pertes à la récolte sont évaluées à 40 % de la production - et ce pourcentage n'est pas trop élevé dans le contexte africain - le revenu agricole brut réel des deux G.V.F. peut alors être évalué à 60 % du chiffre ci-dessus, soit environ 8.300.000 F CFA par an.

Logiquement, avec ce revenu agricole brut annuel, les deux G.V.F. peuvent sans grandes difficultés :

- rembourser leurs échéanciers annuels d'environ 760.000 F CFA,
- couvrir les frais d'entretien de leurs périmètres qui, d'après les choix techniques proposées, sont plutôt modestes,

- s'acheter les intrants et matériels agricoles : semences, engrais, dabas, arrosoirs, etc...

Même si une évaluation exacte de ces intrants et matériels n'a pu être faite, il est facile de s'imaginer que les charges y afférentes peuvent rarement dépasser 10.000 à 15.000 francs par membre des G.V.F. et par an. Les 54 membres des 2 G.V.F. n'auront donc pas à dépenser plus de 800.000 francs CFA par an à cet effet.

- assurer le fonctionnement des structures de leurs groupements: salaire de leurs agents comptables, fournitures de bureau, etc... Cela en toute rigueur ne devrait pas dépasser 1.000.000 F CFA par an pour les G.V.F.

Tout compte fait, le revenu agricole net des 2 G.V.F. peut facilement avoisiner, voire dépasser 5.000.000 F CFA l'an, soit une moyenne d'à peu près 100.000 F CFA par membre, si toutes les bonnes conditions sont réunies.

Vu sous cet angle donc, la réhabilitation des 2 périmètres, associée à une bonne diversification des cultures et à une bonne commercialisation des productions obtenues peut être une opération très rentable.

III. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au moment de conclure ce rapport, il est important de rappeler ce que l'étude ayant abouti à sa rédaction n'était pas : un A.P.S et encore moins un A.P.D. sur la réhabilitation des périmètres maraîchers de Oumnonghin et de Ouéguédo.

Il s'agissait plutôt d'une réflexion globale sur les choix techniques à faire en vue de cette réhabilitation.

En conséquence, la mise en oeuvre de la solution proposée présuppose :

- Sur la base des plans topographiques disponibles sur les deux périmètres :

Le choix des emplacements exacts des puits supplémentaires à creuser et des bassins de stockage d'eau à construire. Ceci déterminera avec plus de précision, tous les volumes de cubatures ainsi que les longueurs précises des conduites P.V.C. à mettre en place; en un mot un devis quantitatif et estimatif plus fiable des travaux à exécuter.

- Sur la base des considérations socio-agronomiques à prendre en compte par les encadreurs des deux G.V.F. :

Un choix bien réfléchi des cultures à mettre en place ainsi qu'un calage mieux étudié du calendrier cultural. Les productions et revenus agricoles seront ainsi mieux estimés.

- Compte tenu des moyens rudimentaires avec lesquels les essais hydrogéologiques ont été menés :

Une reconfirmation de tous les résultats hydrogéologiques à travers d'autres essais à mener de façon plus adéquate et pouvant donner des conclusions tout à fait différentes de celles de cette étude.

Le nombre et la profondeur des puits à mettre en place peuvent donc changer ainsi que les coûts de cette opération.

- D'une façon générale :

Une analyse financière et technico-économique faite sur la base d'un A.P.D. bien élaboré.

Par ailleurs, la réhabilitation de ces périmètres maraîchers devrait s'insérer dans le cadre d'une politique globale d'aménagements des bas-fonds de la zone du projet. A Oumnonghin par exemple, la pérennisation des équipements mis en place dans le périmètre passe inévitablement par sa protection contre l'invasion des eaux pluviales pendant l'hivernage. A Ouéguédo et à Oumnonghin, les périmètres doivent être clôturés pour les mettre à l'abri du bétail dévastateur des cultures.

En un mot, la mise en exécution des travaux de réhabilitation de ces périmètres doit être menée de façon multisectorielle.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Carte de localisation de la zone du projet

ANNEXE 2 : Questionnaire (enquêtes auprès des G.V.F.)

ANNEXE 3 : Variations des prix de certains produits maraîchers sur le marché de Tenkodogo entre octobre 1990 et avril 1991.

ANNEXE 4 : Estimation des pentes moyennes sur les 2 périmètres

ANNEXE 5 : Essais d'infiltrométrie par la méthode de MUNTZ à Oumnonghin

ANNEXE 6 : Essais d'infiltrométrie par la méthode de MUNTZ à Ouéguédo

ANNEXE 7 : Essais sur les puits : résultats expérimentaux

ANNEXE 8 : Essais sur les puits : courbes de remontée N=f(t)
8_A : Oumnonghin

8_B : Ouéguédo

ANNEXE 9 : Exploitation des essais sur puits par la méthode BURGEAP-CIEH

9_A : Calculs

9B : Exploitation de l'abaque n°3 pour la situation actuelle des puits

9_C : Exploitation de l'abaque n°3 pour des puits de 10 m de profondeur

ANNEXE 10 : Exploitation du diagramme de Riverside pour l'estimation de la qualité d'eau d'irrigation

ANNEXE 11 : Valeurs de l'E.T.P. à Tenkodogo

ANNEXE 12 : Schéma de fonctionnement du "bidon-verseur"

ANNEXE 13 : Plans-masse des 2 périmètres

13_A : Oumnonghin

13_B : Ouéguédo

ANNEXE 14 : Calcul du diamètre des conduites P.V.C. reliant les bassins de stockage d'eau

ANNEXE 15 : Métré d'un bassin de stockage

ANNEXE 1

ZONE DU PROJET

Echelle 1/1 000 000

Limites du projet

ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRE AUPRES DES G.V.F.

1) Quels types de cultures pratiquez-vous sur votre parcelle?

a. en hivernage

b. en contre-saison

2) a. Ces cultures vous satisfont-elles? oui ☐ non ☐

b. Pourquoi?

3) a. Aimeriez-vous changer de types de cultures? oui ☐ non ☐

b. Pourquoi?

4) La superficie de votre parcelle vous paraît-elle

a. trop petite? oui ☐ non ☐

b. trop grande? oui ☐ non ☐

c. suffisante? oui ☐ non ☐

5) Par rapport au volume de travail effectué, la production récoltée vous paraît-elle?

a. trop faible? oui ☐ non ☐

b. suffisante? oui ☐ non ☐

c. trop grande? oui ☐ non ☐

6. Quelles quantités récoltez-vous?

a. Tomates

b. Carottes

c. Choux

d. Oseilles

e. Autres

7. Quelle est la proportion vendue au centre de transformation du village?

a. Tomates

b. Carottes

c. Choux

d. Oseilles

e. Autres

8. Les récoltes obtenues sur votre parcelle s'écoulent-elles :

a. facilement? oui ☐ non ☐

b. assez difficilement? oui ☐ non ☐

c. très difficilement? oui ☐ non ☐

9. Que faites-vous des excédents?

10. Comment irriguez-vous votre parcelle?

11. L'irrigation de votre parcelle vous pose-t-elle?

a. beaucoup de problèmes? oui ☐ non ☐

b. peu de problèmes? oui ☐ non ☐

c. pas de problème du tout? oui ☐ non ☐

12. Comment souhaitez-vous améliorer ces difficultés?

13. Connaissez vous d'autres méthodes d'irrigation?

oui ☐

non ☐

14. Lesquelles?

15. Pourquoi ne les utilisez-vous pas?

16. En cas d'amélioration du système d'irrigation, croyez-vous :

a. Produire plus sur votre parcelle? oui ☐ non ☐

b. Ne pas modifier votre production? oui ☐ non ☐

17. En cas d'amélioration du système d'irrigation, souhaitez-vous

a. Avoir d'autres parcelles? oui ☐ non ☐

b. Ne conserver que votre parcelle actuelle? oui ☐ non ☐

18. Pour l'amélioration du système d'irrigation, êtes-vous prêt à participer :

a. financièrement? oui ☐ non ☐

jusqu'à quelle limite?

b. physiquement sou forme d'investissement humain?

oui ☐ non ☐

19. En cas d'amélioration de votre production du fait d'une meilleure irrigation, croyez-vous pouvoir la transformer et la vendre :

a. facilement? oui ☐ non ☐

b. difficilement? oui ☐ non ☐

ANNEXE 3 : VARIATION DES PRIX DE CERTAINS PRODUITS MARAICHERS SUR LE MARCHE DE TENKODOGO ENTRE OCTOBRE 1990 ET AVRIL 1991 (*)

P R O D U I T S	Prix en francs CFA / kg						
	Oct 90	Nov 90	Dec 90	Janv 91	Fév 91	Mars 91	Avril 91
Ail	1.415	1.465	1.341	583	1.291	1.089	987
Aubergine	139	210	196	78	80	85	125
Choux	157	137	134	73	73	90	110
Feuilles de haricot	--	292	294	--	--	--	196
Feuilles d'oseille	88	292	294	190	55	17	17
Gingembre	500	589	641	447	1.044	822	329
Gombo frais	205	255	253	365	208	257	205
Gombo sec	824	765	774	989	477	674	584
Haricot	167	89	116	136	134	116	80
Kinebdo (légume local)	202	129	120	--	95	--	85
Oignons	339	250	240	131	74	78	208
Patate douce	90	123	118	147	--	--	117
Piment sec	1.190	834	836	938	1.180	1.129	782
Pomme de terre	175	--	--	175	200	200	--
Tomate fraîche	338	185	180	85	79	197	136
Tomate concentrée	1.052	934	945	944	934	944	944

(*) Source : Service des statistiques de la Direction Régionale du Plan et de la Coopération du Centre-Est à Tenkodogo

ANNEXE 4 : ESTIMATION DES PENTES MOYENNES

Site	Désignation	longueur (m)	dénivel-lée (m)	I (°/₀₀)
OUEGUEDO	1e transversale	60	0,40	6,67
	2e transversale	60	0,56	9,33
	3e transversale	60	0,63	10,50
	4e transversale	60	0,78	13,00
	5e transversale	60	0,79	13,17
	6e transversale	60	0,75	12,50
	Moyenne des transversales	60	/	10,86
	1e longitidunale	60	0,15	2,50
	2e longitidunale	60	0,39	6,50
	3e longitidunale	60	0,51	8,50
	4e longitidunale	60	0,54	9,00
	5e longitidunale	60	0,50	8,33
	Moyenne des longitidunales	60	/	6,97
OUMNONGHIN	1e transversale	94	0,35	3,72
	2e transversale	93,5	0,39	4,17
	3e transversale	92,5	0,36	3,89
	4e transversale	91,5	0,32	3,50
	5e transversale	91,0	0,31	3,41
	6e transversale	90,0	0,30	3,33
	7e transversale	89,5	0,40	4,47
	8e transversale	88,5	0,25	2,82
	Moyenne des transversales	/	/	3,66
	1e longitidunale	206,5	0,60	2,91
	2e longitidunale	207,5	0,46	2,22
	3e longitidunale	209,5	0,35	1,67
	4e longitidunale	211,5	0,30	1,42
	5e longitidunale	213,0	0,18	0,85
	6e longitidunale	215,0	0,50	2,33
	Moyenne des longitidunales	/	/	1,90

ANNEXE 5 : ESSAIS D'INFILTROMETRIE (DOUBLE ANNEAU) A OUMNONGHINN

Heures	Opérations effectuées	Lames d'eau (mm)	Durée d'infiltration t (s)		Hauteur d'eau infiltrée:H partielle (mm)	V (mm/h) = H partielle (mm) / t(h)
			partielle	cumulée		
9H24	Chargement d'eau + lecture du niveau (1)	97		0		1110
			240	240	74	
9H28	Lecture niveau + rechargement d'eau + relecture niveau (2)	23 et 102	300	540	52	624
9H33	Lecture du niveau (3)	50				630
			240	780	42	
9H37	(2)	8 et 83	180			460
				960	23	
9H40	(2)	60 et 107	480		88	660
				1440		
9H48	(3)	19	180		12	240
				1620		
9H51	(2)	7 et 103	840		102	437
				2460		
10H05	(2)	1 et 109	660			442
				3120	81	
10H16	(3)	28	300		27	324
				3420		
10H21	(2)	1 et 105	960			296
				4380	79	
10H37	(3)	26	240			165
				4620	11	
10H41	(2)	15 et 105	1080			263
				5700	79	
10H59	(3)	26	180			40
				5880	2	
11H02	(2)	24 et 110	1320			207
				7200	76	
11H24	(3)	34				/

ANNEXE 6 : ESSAI D'INFILTROMETRIE (DOUBLE ANNEAU) A OUEGUEDO)

Heures	Opérations effectuées	Lames d'eau (mm)	Durée d'infiltration t (s)		Hauteur d'eau infiltrée:H partielle (mm)	V (mm/h) = H partielle (mm) / t (h)
			partielle	cumulée		
9H05	Chargement d'eau + lecture du niveau (1)	110		0		210
			600		35	
9H15	Lecture simple du niveau d'eau (2)	75		600		60
			600		10	
9H 25	(2)	65		1200		102
			600		17	
9H35	(2)	48		1800		108
			600		18	
9H45	(2)	30		2400		60
			600		10	
9H55	Lecture du niveau + recharge d'eau + relecture du niveau (3)	20 et 80		3000		51
			1200		17	
		63		4200		54
10H15	(2)		600		9	
				4800		102
10H25	(2)	54	600		17	
10H35	(2)	35		5400		33
			660		6	
10H46	(2)	29		6060		38
			660		7	
10H57	(2)	22		6720		40
			540		6	
11H06	(2)	16		7260		/

ANNEXE 7 : ESSAIS SUR LES PUITS

I. POMPAGE ET RABATTEMENTS

I. 1) A Oumnonghin

* Puisage de 1500 l d'eau environ pendant 30 mn, soit un débit d'à peu près 3 m^3/h.

* Rabattement h de 0,80 m.

I. 2) A Ouéguédo

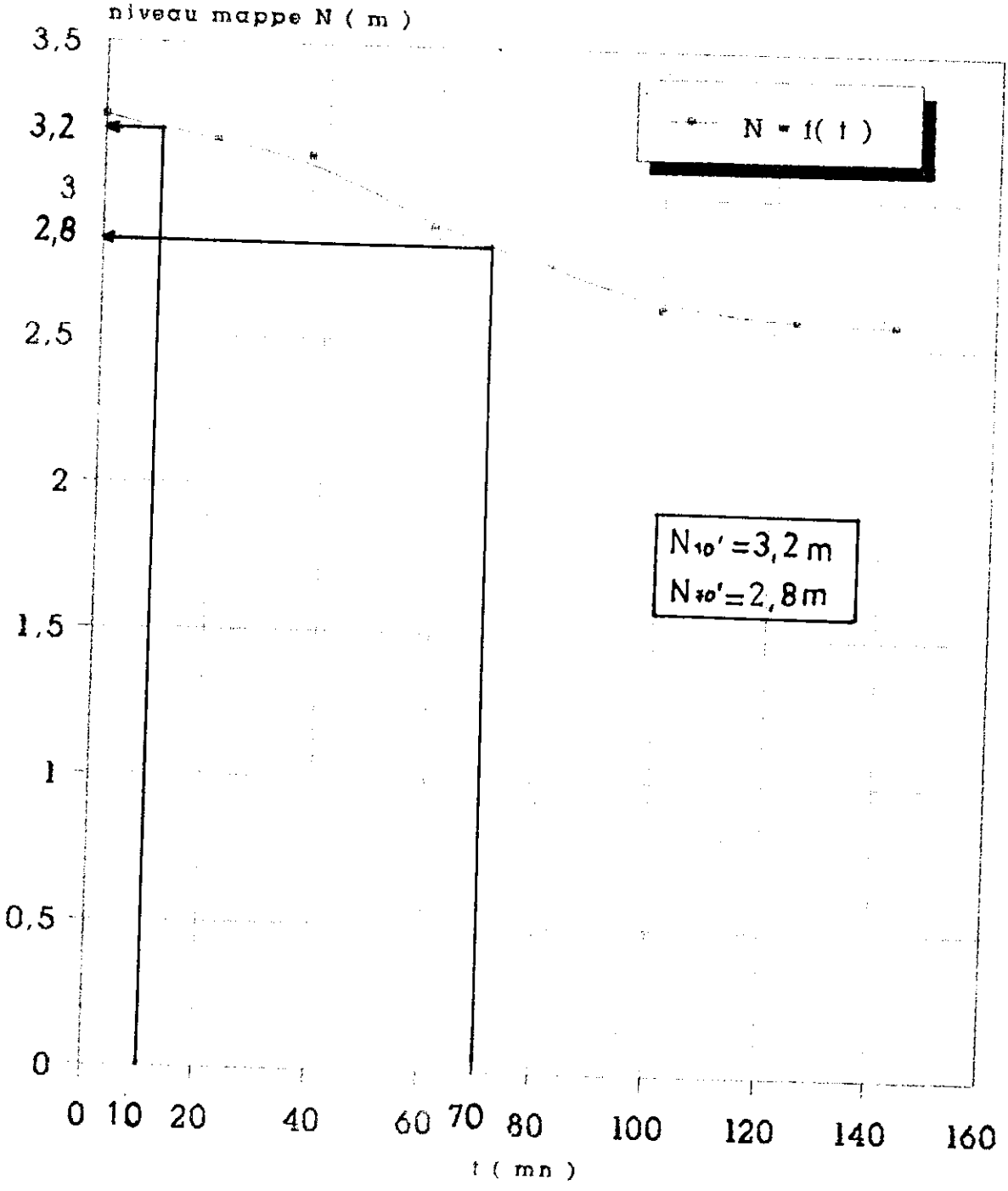
* Puisage de 840 l d'eau environ pendant 70 mn, soit un débit d'à peu près 0,72 m^3/h.

* Rabattement h de 0,10 m.

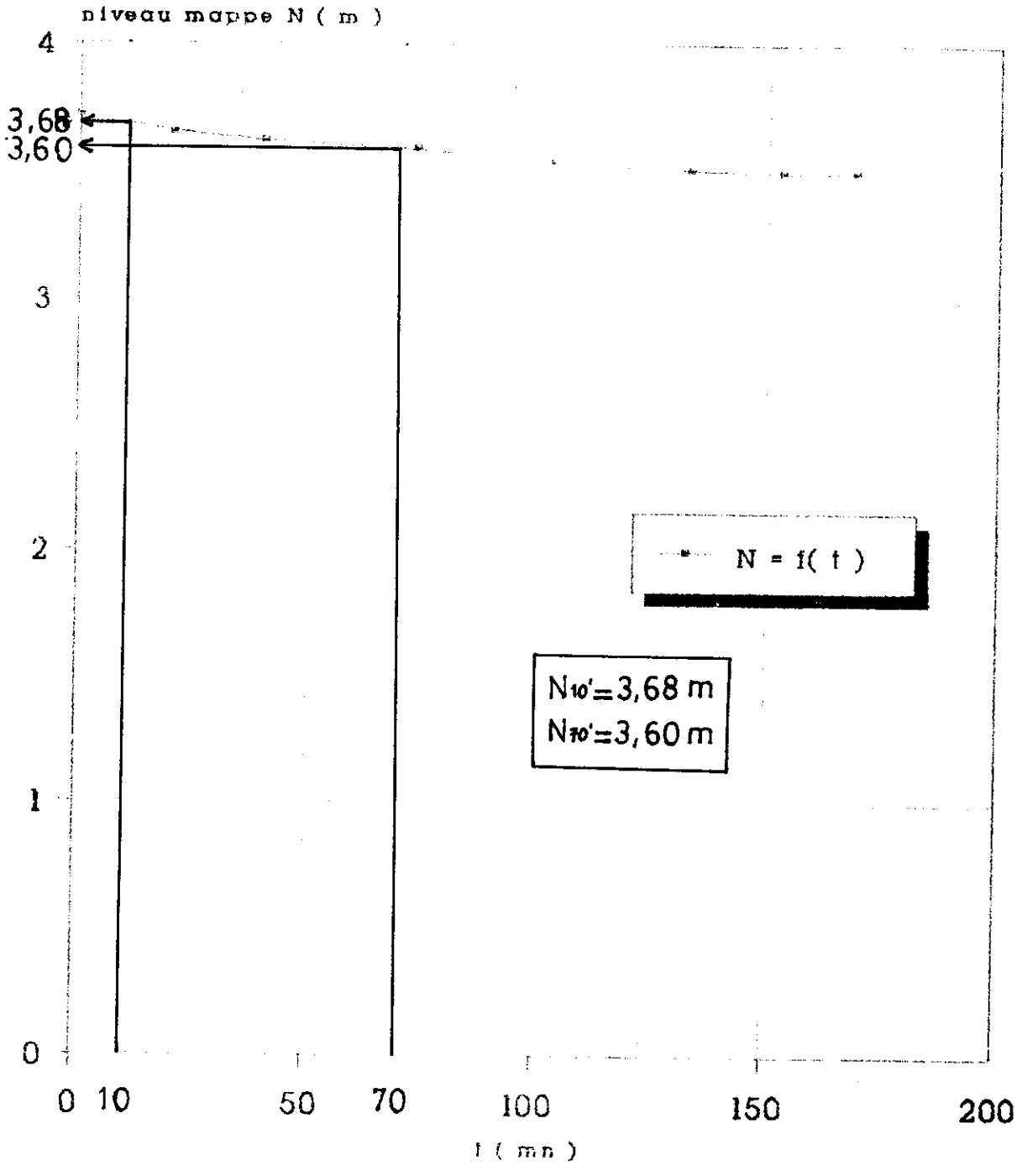
II. REMONTEE

OUMNONGHIN			OUEGUEDO		
Heures	Durée:t(mn)	Niveau de l'eau par rapport au T.N (m)	Heures	Durée:t(mn)	Niveau de l'eau par rapport au T.N (m)
9H41	0	- 3,25	9H41	0	- 3,72
10H01	20	- 3,17	10H01	20	- 3,65
10H18	37	- 3,12	10H21	40	- 3,62
11H40	59	- 2,89	10H54	73	- 3,59
11H01	80	- 2,77	11H24	103	- 3,54
11H21	100	- 2,62	11H53	133	- 3,51
11H45	124	- 2,59	12H14	153	- 3,50
12H03	142	- 2,58	12H30	169	- 3,50

Courbe de remontée du puits de OUMNONGHIN



Courbe de remontée du puits de OUEGUEDO



ANNEXE 9A : EXPLOITATION DES ESSAIS SUR PUITS PAR LA METHODE CIEH-BURGEAP

D_s = 8 mois D_e = 6,7 mois

DESIGNATION	Situation actuelle		Situation projetée en cas d'un surcreusage jusqu'à 10 m	
	Puits n°1 Oumnonghin	Puits Ouéguédo	Oumnonghin	Ouéguédo
- Profondeur totale P (m)	7,50	6,50	10,00	10,00
- Niveaux statiques en début de saison sèche par rapport au niveau du T.N : Ns_o (m)	0,00	0,00	0,00	0,00
- Niveaux statiques au jour des essais par rapport au niveau du T.N : Ns_m (m)	- 2,40	- 3,50	- 2,40	- 3,50
- Niveaux de l'eau à la fin du pompage par rapport au niveau du T.N : N_f (m)	- 3,25	- 3,72	- 3,25	- 3,72
- Charges d'eau au repos en début de saison sèche H_o (m) = p - $N_s o$	7,50	6,50	10,00	10,00
- Charges d'eau au repos le jour de l'essai H_m (m) = p - $N_s m$	5,10	3,00	7,60	6,50
- Variation piézométrique probable $dH = \frac{H_o - H_m}{D_c} \times D_s$	2,87	4,18	2,87	4,18
- Coefficient adimensionnel $L = \frac{dH}{H_o}$	0,38	0,64	0,29	0,42
- Niveaux de l'eau par rapport au T.N après 10 mn de remontée : N_{10}' (m)	- 3,20	- 3,68	- 3,20	- 3,68
- Niveaux de l'eau par rapport au T.N après 70 mn de remontée : N_{70}'(m)	- 2,80	- 3,60	- 2,80	- 3,60
- Vitesse de remontée : R_2 (m/h) = $N_{70} - N_{10}'$	0,40	0,08	0,40	0,08
- Diamètres des puits : D(m)	1,40	1,80	1,40	1,80
- Volume spécifique : V_s (m^3) = $\pi . D^2 \times \frac{1}{4}$	1,54	2,54	1,54	2,54
- Débit instantané : Q_i (m^3/h) = $V_s \times R_2$	0,61	0,20	0,61	0,20
- Rabattement réel par rapport au niveau statique $N_s m$ enfin d'essai : S_i (m) = $Ns_m - N_f$	0,85	0,22	0,85	0,22
- Débit spécifique de l'essai C_e ($m^3/h/m$) = $\frac{Q_i}{S_i}$	0,72	0,91	0,72	0,91
Déduction du débit attendu en fin de saison sèche Q_e (m^3/j)	20,5	11	35	33
Voir abaques CIEH-BURGEAP Annexes 9 B et 9 C				

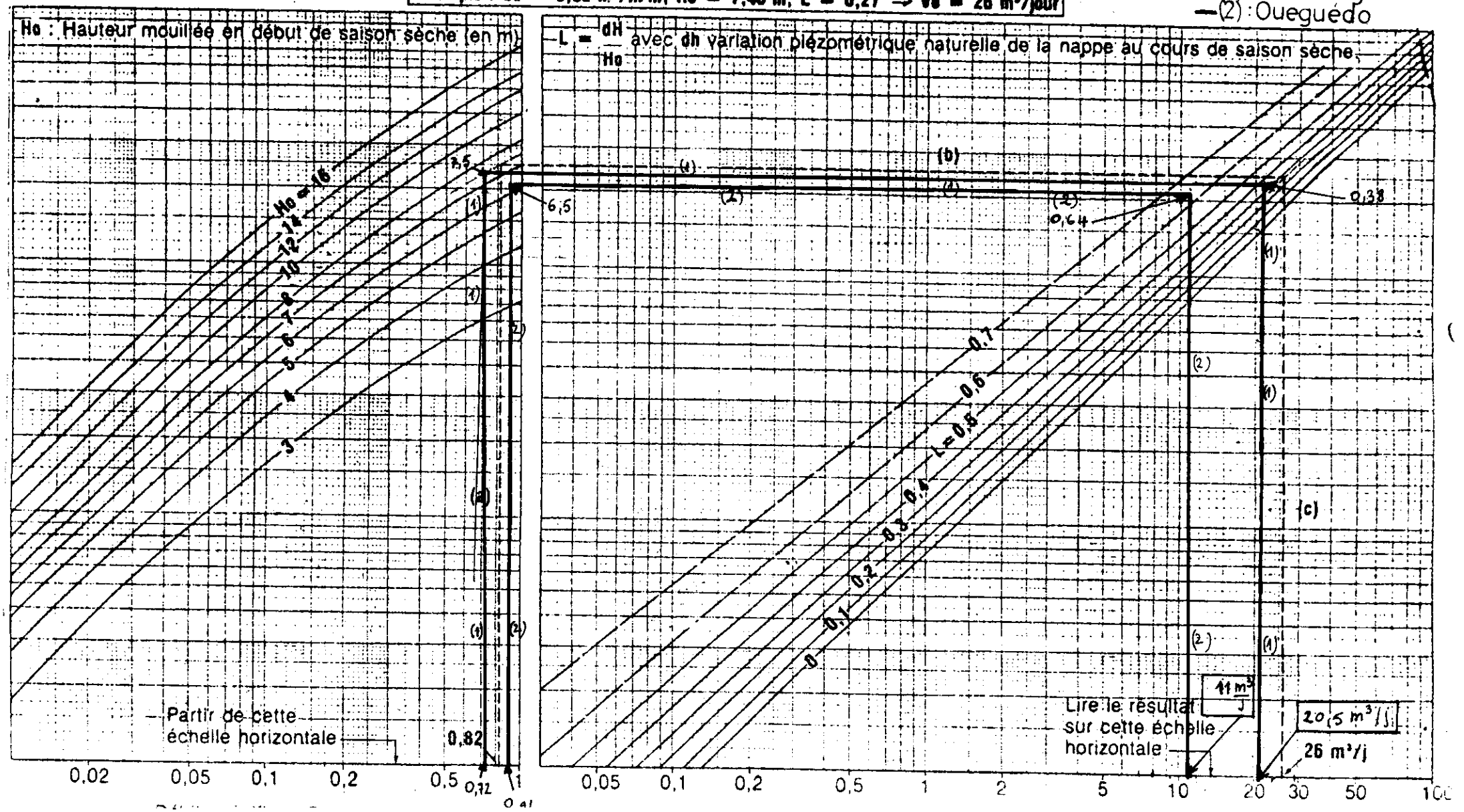
(5) DETERMINATION DU VOLUME EXPLOITABLE Ve (m³/jour) - ABAQUE FINAL N° 3

ANNEXE 9-b :
situation actuelle des puits

UTILISATION DE L'ABAQUE : Partant de la valeur **Ce** trouvée en 4.3., tracer une droite verticale **(a)** jusqu'au point de rencontre avec la courbe correspondant à la hauteur mouillée probable en début de saison sèche **Ho** calculée en 4.2.
De ce point, tracer une droite horizontale **(b)** jusqu'au point de rencontre avec la droite correspondant à la valeur de **L** calculée en 4.2. pour l'ouvrage testé. A partir de ce dernier point, tracer une droite verticale **(c)** et lire la valeur de **Ve** recherchée à l'intersection entre cette verticale et l'axe des abscisses.

Exemple : Ce = 0,82 m³/h/m, Ho = 7,45 m, L = 0,27 ⇒ Ve = 26 m³/jour

LEGENDE :
—(1) : Oumnonghin
—(2) : Oueguédo



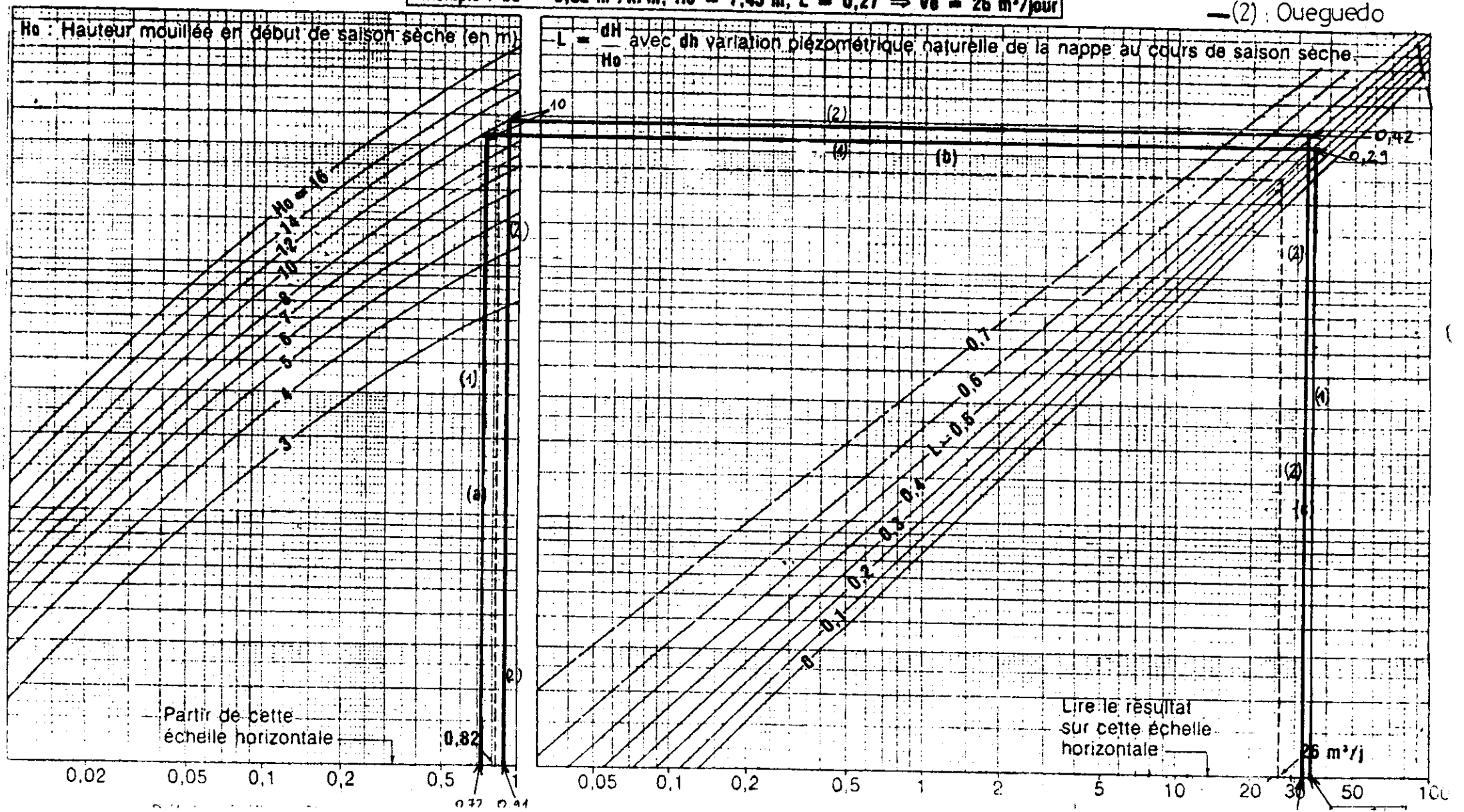
⑤ DETERMINATION DU VOLUME EXPLOITABLE Ve (m³/jour) - ABAQUE FINAL N° 3

UTILISATION DE L'ABAQUE : Partant de la valeur **Ce** trouvée en 4.3., tracer une droite verticale **(a)** jusqu'au point de rencontre avec la courbe correspondant à la hauteur mouillée probable en début de saison sèche **Ho** calculée en 4.2.
De ce point, tracer une droite horizontale **(b)** jusqu'au point de rencontre avec la droite correspondant à la valeur de **L** calculée en 4.2. pour l'ouvrage testé. A partir de ce dernier point, tracer une droite verticale **(c)** et lire la valeur de **Ve** recherchée à l'intersection entre cette verticale et l'axe des abscisses.

Exemple : Ce = 0,82 m³/h/m, Ho = 7,45 m, L = 0,27 ⇒ Ve = 26 m³/jour

ANNEXE 9-c :
projet de surcreusage des puits à p=10 m

LEGENDE
—(1) : Oumnonghin
—(2) : Oueguedo



ANNEXE 10 classification de l'échantillon d'eau du puits de Oumnonghin

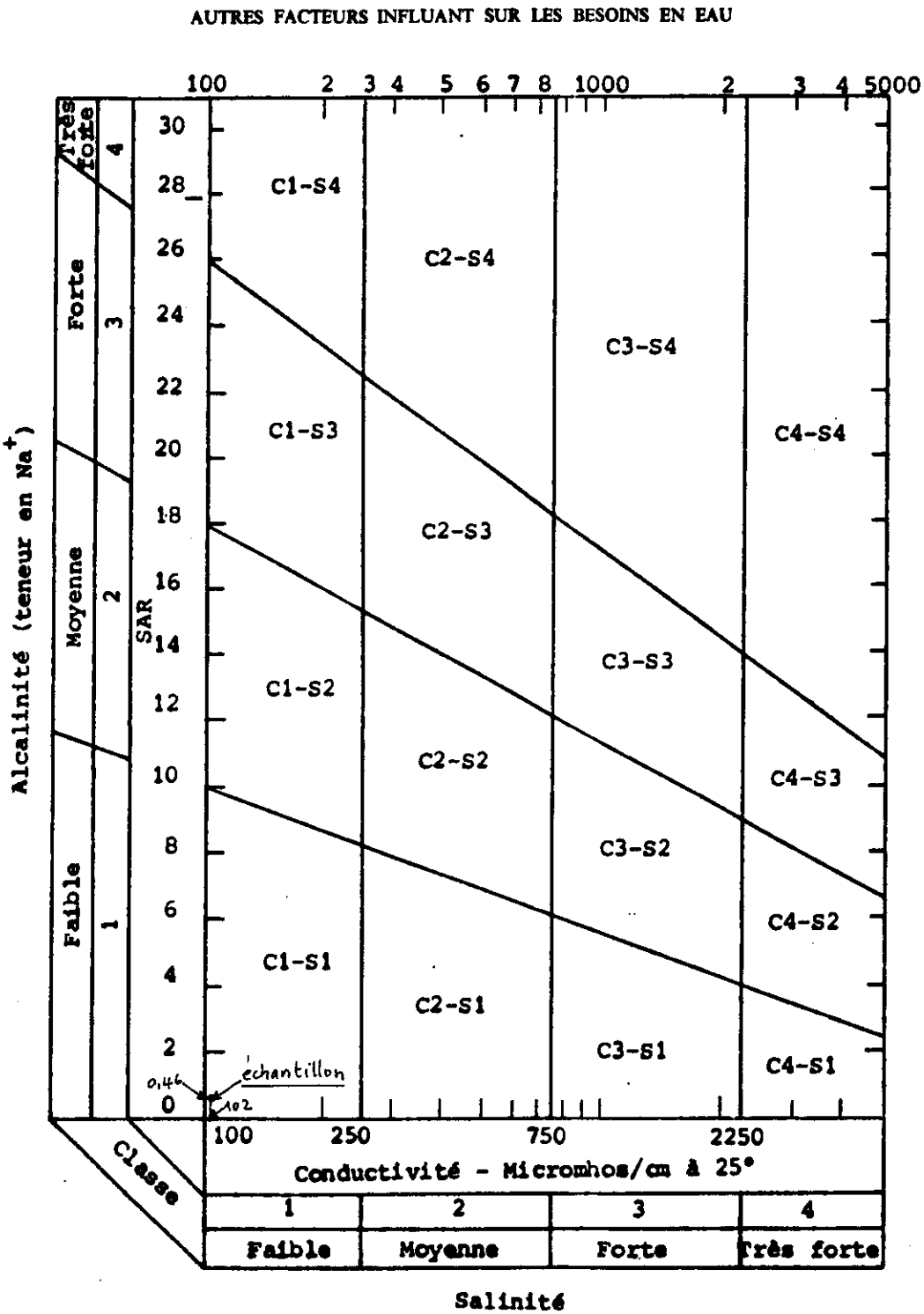


Diagramme de Riverside.

LEGENDE :

C_1-S_1 : excellente qualité pour l'irrigation

C_1-S_2 et C_2-S_1 : assez bonne qualité pour l'irrigation

C_2-S_2, C_1-S_3 et C_3-S_1 : qualité passable ; à irriguer avec précaution

C_2-S_3, C_3-S_2 et C_3-S_3 : qualité médiocre ; à irriguer avec beaucoup de précaution

C_1-S_4, C_2-S_4, C_4-S_3 et C_3-S_4 : mauvaise qualité pour l'irrigation

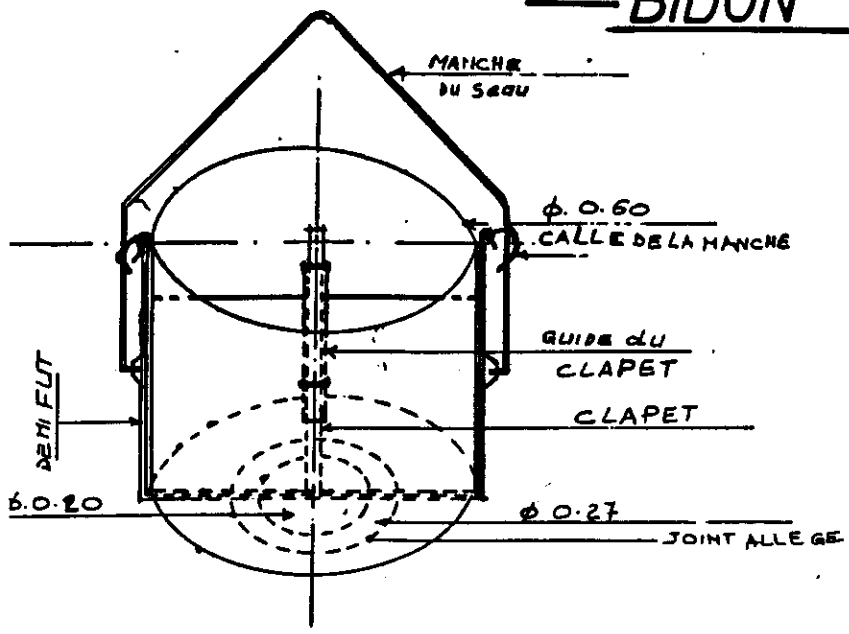
C_4-S_4 : très mauvaise qualité ; à proscrire pour l'irrigation

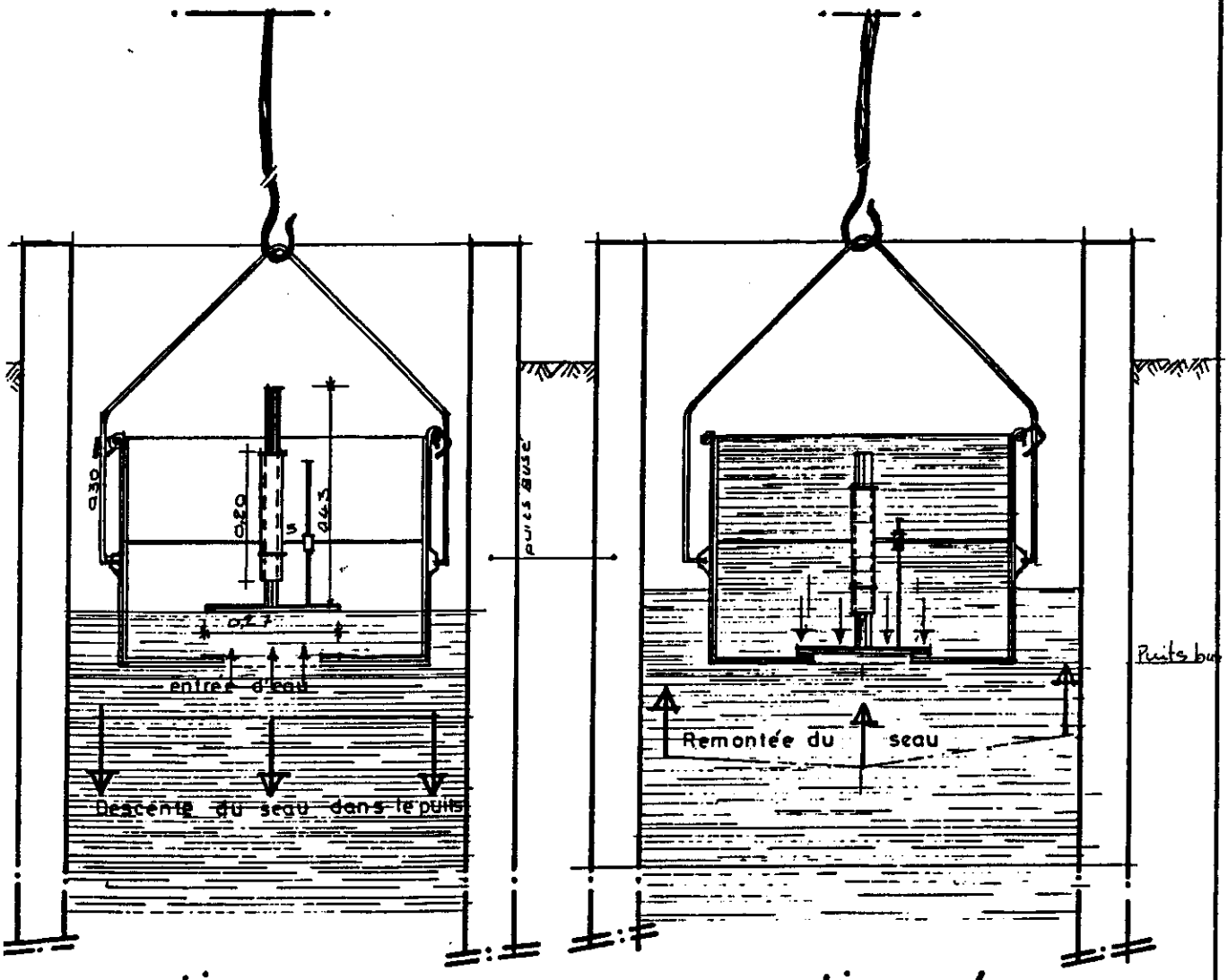
ANNEXE 11 : VALEURS DE L'E.T.P. A TENKODOGO CALCULEE LORS DES ETUDES DU PROJET DE BAGRE

Mois	E.T.P. (mm)
Janvier	136
Février	147
Mars	189
Avril	197
Mai	208
Juin	178
Juillet	163
Août	155
Septembre	153
Octobre	163
Novembre	136
Décembre	124
Total	1949

ANNEXE 12

BIDON VERSEUR

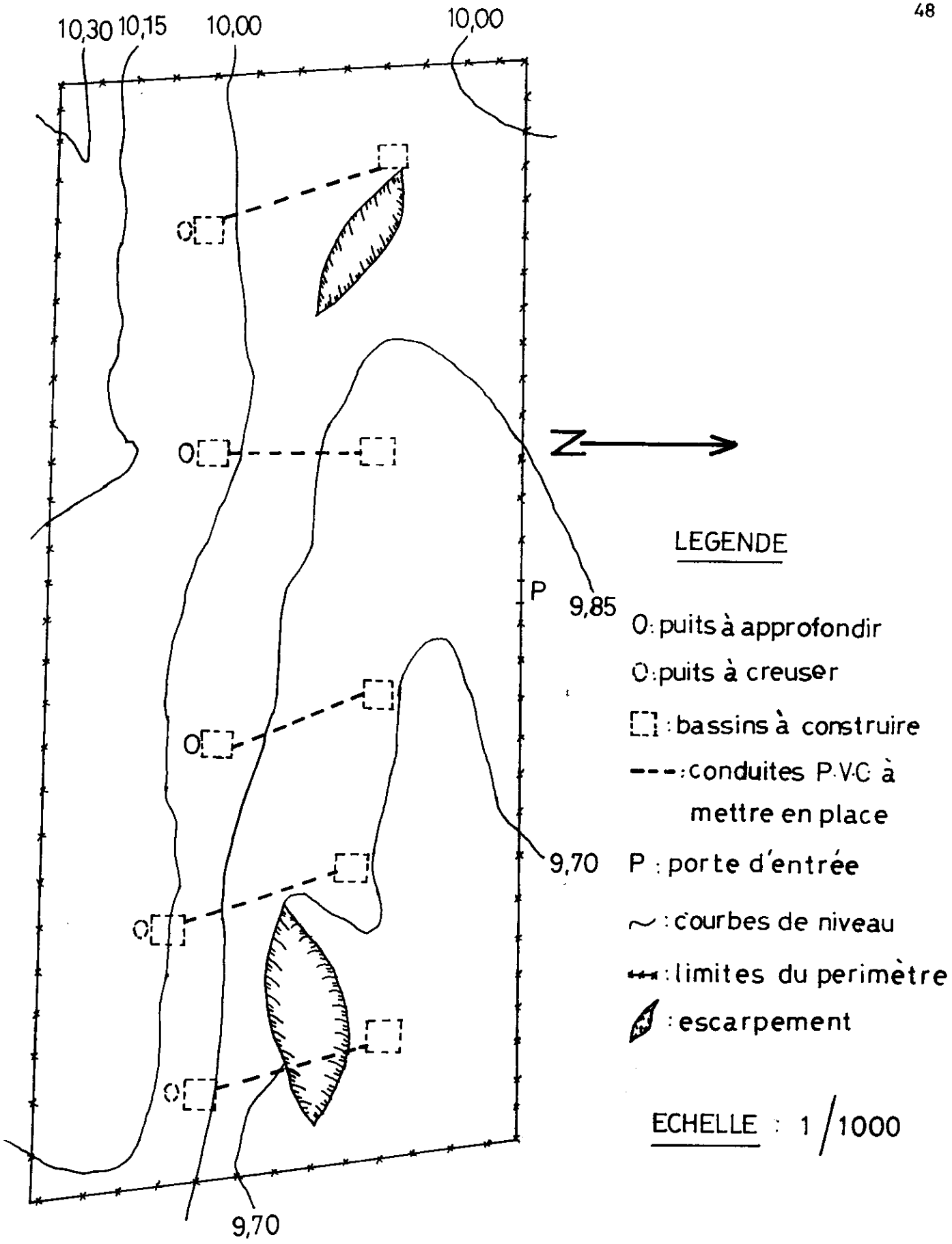




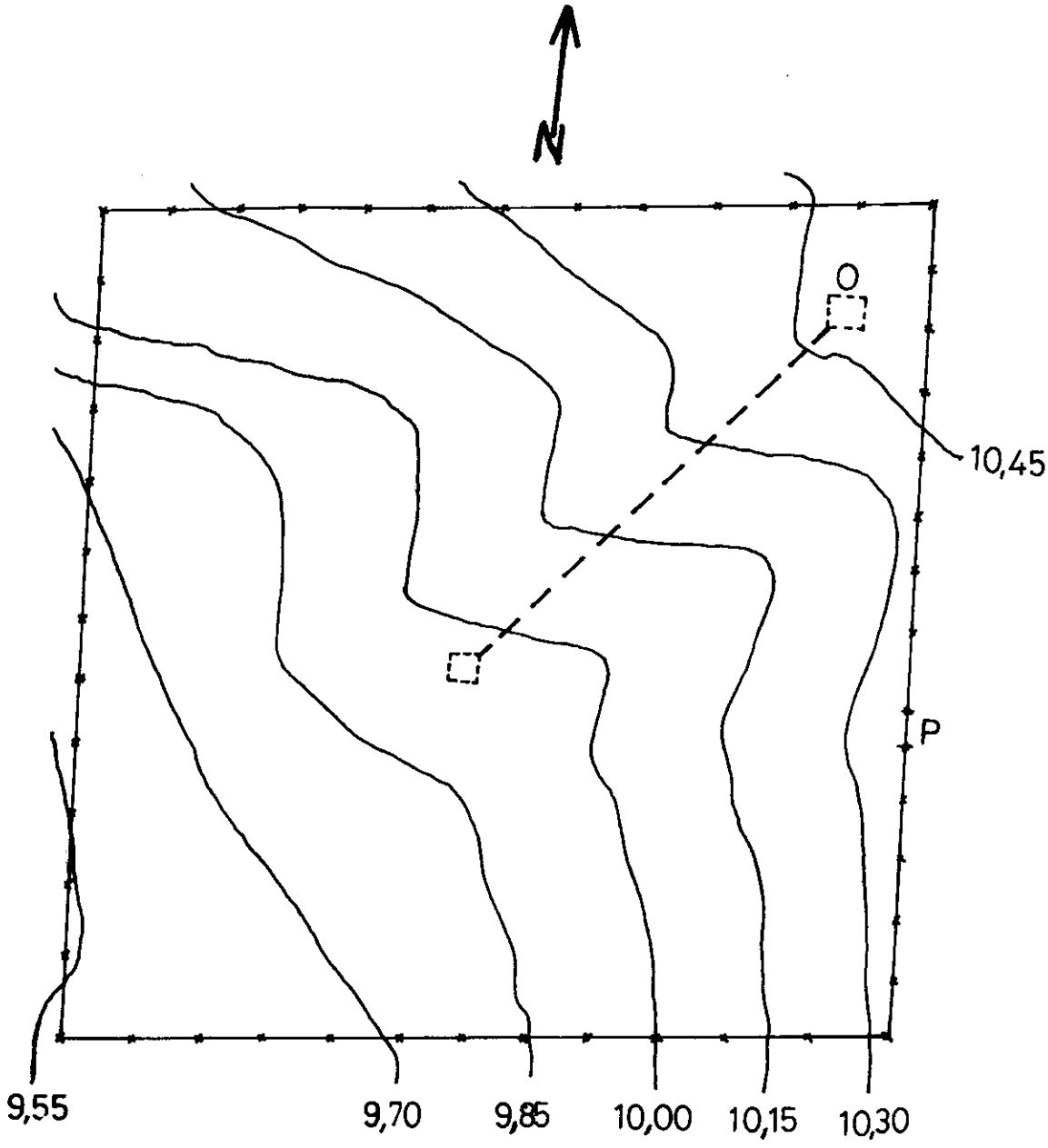
section. a

section. a'

ANNEXE 13-a: PLAN MASSE DU PERIMETRE DE OUMNONGHIN



ANNEXE 13-b : PLAN MASSE DU PERIMETRE DE OUEGUEDO



LEGENDE

O: puits à approfondir

⬚ : bassin à construire

--- : conduite P V C à mettre en place

P : porte d'entrée

~ : courbe de niveau

*** : limites du périmètre

ECHELLE : 1/500

ANNEXE 14 : DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES P.V.C. ENTRE LES BASSINS DE STOCKAGE D'EAU

Hypothèses

1) débit Q = débit du bidon-verseur pendant les hautes eau ≈ 3,6 m^3/h = 0,001/m^3/h

2) différence des niveaux d'eau entre les 2 bassins : h ≈ 0,50 m

3) longueur moyenne des conduites = distance entre les 2 bassins: l ≈ 50 m

4) K_s du P.V.C. = 120

Déduction de la p.d.c. J (m/m) : $J = \frac{h}{l} = \frac{0,50}{50} = 0,01$ m/m

Application de Manning-Strickler pour le calcul du diamètre intérieur D

$$D = \left(\frac{10,29\ Q^2}{J.K_s^2}\right)^{3/16} = \left(\frac{10,29 \times 0,001^2}{0,01 \times 120^2}\right)^{3/16} = 0,046 \text{ m} = 46\text{mm}$$

Choix du diamètre commercial intérieur : 53 mm

ANNEXE 15 : METRE D'UN BASSIN DE STOCKAGE D'EAU

→ Matériau : B.A

→ Hypothèses

1) épaisseur de la base et des élévations : e = 0,20 m

2) diamètres : intérieur D_i = 2 m extérieur : D_e = 2,40 m

3) prix du m^3 du béton : P_V = 90.000 francs CFA

→ Volume du béton à mettre en oeuvre

1) Base : $V_1 = \frac{\pi D_e}{4} \times e = \pi \times \frac{2,42}{4} \times 0,20 = 0,90\ m^3$

2) Elévations : $V_2 = \pi h (D_e - D_i) = \pi \times 1 \times (2,4-2,0) =$ 1,26 m^3

3) Total : $V = V_1 + V_2 = 1,26 + 0,90 = 2,16\ m^3$

→ déduction du prix de revient d'un bassin de stockage : P_T

$P_T = P_V \times V = 90.000 \times 2,16 = 194.400$ francs CFA

B I B L I O G R A P H I E

1. "Fruits et légumes en Afrique Occidentale" par H D Tindall, M. Schort, Florence A saï.

2. "Pompes à main", document technique édité par le C.I.R.

3. "Rapport de fin de mission au P.D.R.I. du Centre-Est d'avril 1984 à décembre 1988" par Lino Trasforini.

4. "Programme de développement rural intégré du Centre-Est : phase II", édité par le programme de coopération FAO-Burkina Faso.

5. "Rapport de Mission du 28-09-1990 au 18-11-1990" par Lino Trasforini".

6. "Hydraulique agricole : l'eau, le sol et la plante" par Alby Schmidt.

7. "Rapport bilan du projet GCP/BKF/031/ITA : synthèse et analyse des réalisations; perspectives pour un nouveau programme" édité par la direction nationale du P.D.R.I. du Centre-Est.

8. "Etude Morpho-pédologique de la province du Boulgou", rapport technique rédigé par le Bureau national des sols.

9. "Cours d'hydréologie : Techniques de forages, puits et moyens d'exhaure" par Michel Guinaudeau.

10. "Projet de Bagré : APD du périmètre irrigué de 2100 ha, Annexe A" par la SOGREAH.

11. "Evaluation des quantités d'eau nécessaires aux irrigations" par le CTGREF du ministère français de l'agriculture.

12. "Résultats d'analyses d'eau dans la zone du P.D.R.I. du Centre-Est" par l'O.N.P.F.