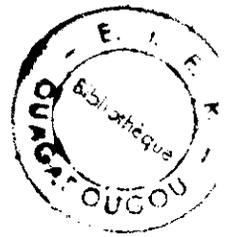


18/06

9h30



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

Dieudonné ETEME ONANA

ANNEE 1989-1990

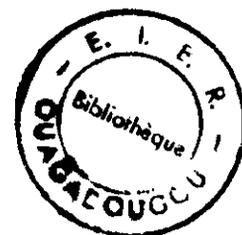
AMENAGEMENT D'UN BAS-FOND
DU MASSILI
SUR LE SITE DE GAMPELA

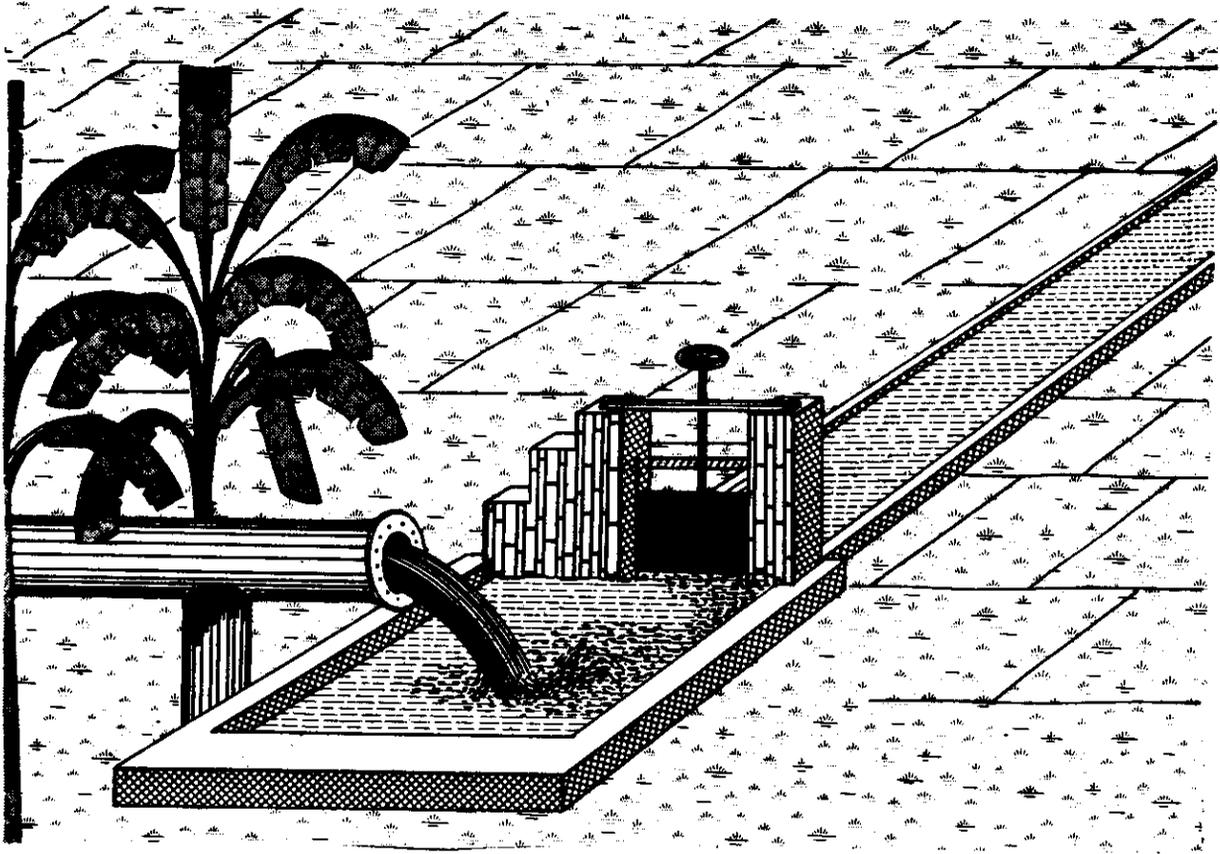
Mention :

E. I. E. R.
Enregistré à l'Arrivée
le _____ s N° 082/90

Encadrement

A. SCHMITT





"Le métier d'hydraulicien est un métier de sacrifice, de patience et de résignation. On n'improvise rien ; il faut tout apprendre, tout prévoir et tout craindre". Joseph

"L'eau est une rude adversaire. Elle sait découvrir toutes les erreurs et fait payer cher la plus petite faute" - Joseph

"Que le bon jardinier plante lui-même de fertiles sujets et qu'il leur distribue l'eau amie" - Virgile.

DEDICACE

**A mon épouse Mme Eteme Marianne
qui s'impatiente de retrouver la chaleur conjugale**

A mes enfants dont l'amour paternel a manqué pendant trois années.

Je dédie le présent mémoire.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à :

Mr BARRO, Directeur du bureau national des sols du Burkina pour sa disponibilité et l'assistance qu'il a bien voulu m'accorder.

Mr Minkoulou François - Elève ingénieur E.I.E.R pour l'assistance technique dans la réalisation des levés topographiques et morale tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Mr Watara Mamadou, cadre de l'Autorité d'aménagement des vallées des Volta (AVV) pour l'encadrement fructueux qu'il m'a accordé.

Enfin à tous ceux qui n'ont pas été cités, mais qui d'une manière ou d'une autre auront contribué à mes recherches, j'exprime ma profonde gratitude.

Ce document est le fruit de six semaines de travail. Il a été réalisé par le concours de :

Mr Alby  Smitt

Mr Gohier. 

AVERTISSEMENTS

Pour des raisons d'ordre organisationnel et pour la clarté du document, le  a introduit dans le texte certains graphiques et tableaux servant à la compréhension directe des idées développées et en annexes ceux dont l'usage n'est pas immédiat.

Il vous prie donc de vous y référer pour mieux appréhender les arguments développés.

RESUME

L'aménagement agricole fait appel à plusieurs disciplines de base dont il est en quelque sorte la synthèse : la géologie, la topographie, l'agronomie, la pédologie, la géomorphologie, l'hydraulique proprement dite et le génie civil.

Il comprend deux grandes divisions : les assainissements agricoles et les irrigations. L'irrigation fait particulièrement l'objet de notre mémoire, dont deux variantes d'alimentation en eau sont évaluées :

- a) le pompage à partir du Massili en hivernage,
- b) l'utilisation des eaux de ruissellement en provenance du petit BV latéral amont.

Ce sujet présente les caractéristiques suivantes :

- durée de vie du projet : 20 ans,
- superficie réellement aménagée : 23,3 ha,
- spéculations choisies : maïs 10 ha, riz ; 13,30 ha ; surface de la parcelle : 0,35 ha.

a)- besoins en eau des plantes en pointe :

*riz : 4,30 l/s/ha

*maïs : 0,54 l/s/ha.

- temps de mise en eau des canaux : 10 h/jour.
- module d'irrigation : 30 l/s/ha
- temps d'irrigation 28 j./30 pour la variante pompage.

b) - Pour l'utilisation des eaux de ruissellement, l'aménagement est fait en digues filtrantes et filtrantes colmatées artificiellement en gabions pour épandage totale de la crue de ruissellement.

Les apports d'eau au niveau des B.V sont de 2.150.215 m³ a l'exutoire' en fréquence décennale pour un débit max de 6.172 m³/s, avec le BV de 137 km² et ~~27.245~~ m³ à l'exutoire soit 3,69 m³/3/s pour le BV de 0,55 km².

Tout aménagement hydro-agricole demandant des investissements. Celui qui vous est présenté comprend : une étude agronomique, technique et économique, cette dernière se dégageant des deux premières, car les résultats économiques .en attendre doivent être appréciés au mieux, les coûts des ouvrages et matériels dépendant pour une large part des débits de pointe. Il importe donc d'apprécier ces derniers avec plus de précision possible. Le pompage présente un coût d'investissement initial de 97.768.305 Fr et l'épandage des crues un coût de 41.846.271 Frs.

Le compte d'exploitation annuel des variantes fournit :

a)pompage : charges 1 927010 Frs - Produits 7 486.500 Frs pour des rendements, de 4,5 t/ha de riz et 3 t/ha de maïs avec usage d'intrants.

b) l'épandage des crues : charges 1800590 Frs, produits 4900000 Frs pour des rendements de 3,5 t/ha de riz et 2,5/ha de maïs avec usage d'intrants.

L'échéancier des recettes et dépenses prévoit des investissements de renouvellement sur la vie du projet.

Pompage : renouvellement de la pompe : 6°, 12° et 17° année soit 650 000 Frs/renouveau matériel hydraulique : 11° année soit 4 680 000 Frs/renouveau.

Le calcul du T.R.I de la variante pompage donne un TRI = 1,3 % sur 20 ans et l'épandage TRI = 4,2 %.

Une étude synthétique des deux variantes nous permet de faire les constats suivants :

- aucune variante n'est rentable (TRI < 8 %)
 - entre la variante pompage et épandage, l'épandage offre un TRI supérieur.
- Cependant, cette variante ne peut pas subvenir aux besoins des cultures en pointe (déficit en eau) pour les superficies estimées.

Enfin, aucune des variantes n'est retenue dans l'étude.

INTRODUCTION

La période sèche qui a frappé l'Afrique les années dernières, a mis en évidence la précarité même des systèmes de production pratiqués. Ceci a naturellement conduit les populations de ces zones défavorisées à modifier et adapter leurs systèmes de production. La nécessité donc de s'adapter aux conditions météorologiques défavorables a conduit à la création des retenues d'eau comme opportunité de stocker et d'irriguer ou d'utiliser l'eau de ruissellement pour épandre, par pompage ou gravitairement, afin de tenter d'enrayer les effets de la sécheresse, pour assurer ou simplement garantir la satisfaction des besoins en eau des cultures pratiquées.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude des deux variantes qui suivent et qui concernent l'aménagement, du bas-fond du Massili.

Le projecteur entreprend donc l'étude des variantes à partir des données topographiques, pédologiques, géomorphologiques agronomiques et hydrologiques.

Il s'agit d'une part : de l'utilisation des eaux de ruissellement pour l'irrigation gravitaire, qui inondent pendant la période d'hivernage le bas-fond, en provenance des zones latérales amonts par un drain individualisé d'une part, et d'autre part du pompage de l'eau à partir du cours d'eau massili, et pratiquer une irrigation par canaux.

La démarche du projecteur consiste à simuler la mise en valeur de ces terres du site par une série d'études techniques suivant la variante : (besoins en eau, disponibilité en eau, coût des techniques, calculs économiques, avantages et inconvénients des variantes).

Le but recherché est donc de proposer aux investisseurs la variante imposant le moins d'investissements, par la mise en oeuvre d'une technologie appropriée au milieu, mais aussi à ses propres capacités, aux compétences techniques des villageois, présentant des résultats économiques positifs, valorisée par les spéculations choisies en exigeant la viabilité tant économique que sociale de l'aménagement, tout en garantissant un apport d'eau suffisant aux cultures.

Le plan d'étude s'articule comme suit.

I PRESENTATION DU SITE

I - 1 La situation géographique

I - 2 Le climat

I - 3 l'aménagement

II PRINCIPES DE MISE EN VALEUR

II - 1 Principe et méthode des déterminations des caractéristiques des BV

II - 1 - a BV en aval de Loumbila

II - 1- b BV latéral au site

II - 2 estimation des crues

II - 2 - 1 Observations

II - 2 - 2 les méthodes de calculs

II - 2 - 3 les résultats

II - 2 - 3 - a loi gauss

II - 2 - 3 - b gumbel

II - 2 - 3 - c ~~Crue~~ sur BV 134 km² ~~ET~~ 0.55 km²

II - 2 - 3 - d laminage de la crue loumbila

II - 2 - 4 vocation et zonage des sols.

II - 2 - 4 - 1 régime thermique

II - 2 - 4 - 2 disponibilité en eau de sol

II - 2 - 4 - 3 disponibilité en oxygène dans le sol

II - 2 - 4 - 4 disponibilité en éléments nutritifs

II - 2 - 4 - 5 capacité de rétention en éléments nutritifs

II - 2 - 4 - 6 Condition d'envaccinement

II - 2 - 4 - 7 disques d'inondation

II - 2 - 4 - 8 disque de dégradation du sol

II - 2 - 4 - 9 influence du modèle pédologique et situation en toposequence.

II - 2 - 4 - 10 Zonage et vocation des sols

II - 2 - 4 - 11 Hypothèses de calculs des besoins en eau

II - 2 - 4 - 12 choix des spéculations opérationnelles ~~sur~~ ^{ET} estimations des besoins en eau.

II - 2 - 4 - 13 aménagement du périmètre

II - 2 - 4 - 14 détermination des doses et fréquences d'irrigation

II - 2 - 4 - 15 Comparaison entre ressources disponibles et besoins en eaux de cultures

II - 2 - 4 - 17 dimensionnement des canaux et ouvrages

II - 2 - 4 - 18 Drainage

II - 2 - 4 - 19 Calendrier d'irrigation

II - 2 - 4 - 20 estimations des rendements

II - 2 - 4 - 21 études économiques, financières et synthétique des deux variants.

III CONCLUSION

I PRESENTATION DU SITE

I - 1 Situation géographique

La station expérimentale universitaire de Gampela se trouve dans la province d'Oubritenga, à environ 18 km de la sortie de la ville de Ouagadougou et à la sortie du village de Gampela situé sur l'axe Ouagadougou - Fada N'Gourma ; un embranchement permet d'y accéder.

Cette station couvre une superficie de 490 ha et est limitée

- A l'Est par le cours d'eau Massili
- Au Nord par la route Ouga-Fada
- Au Sud et à l'ouest par une clôture de [REDACTED].

Elle englobe le bas-fond qui fait l'objet de ce mémoire et qui couvre une surface globale de 25 ha.

Des Coordonnées, géographiques sont :

12° 26N de l'atitute, 1° 21 O de longitude et 273 m/mer

I-2- Le climat

Le climat de la zone Est de type soudano-sahélien caractérisé par la présence d'une saison de pluies qui s'étend de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. Bien que fluctuante d'année en année, la pluviométrie annuelle permet d'avoir des moyennes tablant de 700 mm - 750 mm. Le maximum pluviométrique se situe en Août.

Les températures moyennes, quant à elles sont pratiquement stationnaires et le maximum des températures se situe cependant du mois d'avril et peut atteindre 39°C.

On a ainsi

moyennes des températures 1961 - 1970 21,5° C 1971 - 80 25,5°C

moyennes des maximales 1961 - 1970 34,8° c 1971 - 80 34,8° c

températures moyennes 1961 - 1970 28,10° c 1971 - 80 28,10° c

L'évaporation moyenne annuelle (évaporométrie (piche) se situe aux alentours de 2,33 mm - 4 mm/j (Boumasols).

I-3 aménagement du site

L'aménagement du site comprend :

a) - La variante pompage : cette variante nécessite la construction d'un seul deversant noyé sur le Masili permettant le rehaussement du niveau amont de l'eau afin d'assurer un pompage à partir d'une station de pompage ANBA abritant les appareils d'exhaure vers le périmètre aménagé en casiers de submersion pour le riz et du billons et sillons pour la culture du maïs. Les parcelles sont alimentées par un réseau de canaux principal et secondaires à partir d'une tête de réjoulement.

b) - L'utilisation de l'eau de ruissellement : cette variante exige elle la construction d'une digue en gabion sur le chenal, servant de décanteur d'eau de ruissellement avant restitution en aval par percolation dans un collecteur en BA pouvant orienter l'eau soit vers les parcelles aménagées en digues filtrantes, et les casiers aménagés en digues filtrantes colmatés artificiellement, soit vers le drain principal de ceinture lorsqu'on en a pas besoin.

c) Enfin une étude de drainage des eaux d'irrigation et des précipitations météoriques (assainissement agricole).

~~La méthode utilisée est celle du CIEM par abaques établie à partir de la formule~~
 ~~$Q_{10} = A \times s \times K_{r10} \times P_{10} \times K/TB$~~

~~A = coef. abattement ; S = surf. BV ; K_{r10} = coef. ruissellement décennal ;~~

~~P_{10} = pluie ponctuelle de 24 h~~

~~K = coef. de pointe ; TB = temps de base.~~

II LES PRINCIPES DE MISE EN VALEUR

II-1 Principe et méthode de détermination ^{Caractéristiques} des bassins-versants.

La détermination des bassins-versants tient compte des paramètres suivants :

1/Y = échelle ; Se = surface sur la carte à l'échelle 1/Y

P : le périmètre du bassin-versant ; L = longueur du rectangle équivalent

lg : l'indice globale de pente ; l Comp = indice de compacité de gravellis.

S = Surface réelle ; AH est la dénivellée entre le point haut et l'^{exutoire} ~~exutoire~~ du bassin versant.

$$S = Se \times Y^2 : \quad L = P + (P^2 - 16 \times S)^{1/2}$$

$$lg = AH/L : \quad l \text{ comp} = 0,28 \times P/S^{1/2}$$

II - 1 - a Bassin versant en aval de Loumbila

Surface S	Dénivellée ΔH	Périmètre P	Longueur L	lg lg	l comp l comp	Perméabilité P	
137 km ²	16 m	52,6 km	19,14 km	0,84 m/km	1,26	P3	Pente

R3

II.1.b Bassin versant latéral alimentant le chenal

Surface S	Dénivellée ΔH	Périmètre P	Longueur L	lg lg	l comp l comp	Perméabilité P	Pente
0,55 km ²	1,70 m	3,10 km	1,03 km	1,65 m/km	1,18	P3	R3

II-2-1 Observations

La détermination des ~~crues~~ ^{crues} dépend de l'appréciation des certains paramètres : (le coefficient de ruissellement, qui dépend lui de la pluie et surtout des antécédents pluviométriques (humidité du sol), de la perméabilité du sol, de l'évaporation ou de l'infiltration. En effet en zone soudano sahélienne ~~les~~ B.V retiennent beaucoup d'eau dans les plaques et dépressions. Le ruissellement après une averse n'a donc lieu effectivement que dès que les dépressions sont combles. Une estimation de ces apports est en fait un problème surtout lorsque le risque dont on cherche à le prémunir est le manque d'eau d'une part, et d'autre part la protection des bas-fonds (drainage) ou la rentabilisation des eaux de ruissellement a des fins agricoles (cf. I2).

II - 2 - 2 Les méthodes de calculs

Les méthodes utilisées sont celle du CIEH ou ORSTOM. Ces méthodes sont rendues simples par l'utilisation des abaques, établis, permettant l'estimation des crues par l'approchement des écoulements avec ceux des BV types, que l'on suppose connus à partir des pluies ponctuelles ou annuelles

Tout projet d'aménagement nécessitant la définition d'une crue, dite de projet en fonction des observations faites sur les BV (voir ci contre), ~~mais~~ le CIEH L'ORSTOM ont proposé la crue décennale, provoquée par une pluie décennale (hauteur de pluie égale ou dépassée une fois, tous les ans en moyenne). Cette crue est un indicateur statistique. La recurrence décennale part du fait que la taille des BV est inférieure à 200 km² (cf P5).

De plus les études (réalisées au sahel) permettent d'estimer assez ~~correctement~~ ^{correctement} les événements (pluies et crues). De fréquence décennale.

Quant à l'étude des pluies, elle consiste en l'ajustement à partir des échantillons des pluies la loi de gauss pour les pluies annuelles et celle de Gumbel pour les pluies journalières maximales. (cf. NC2, NC3) Ci-dessous.

II-2-3. Les résultats de calculs

II-2-3-a Loi de gauss (calcul en annexe) NC2

moyenne \bar{x} = 851,6 mm : écart type T = 160,82 : Fnd = 0,1

La pluie annuelle de recurrence décennale P = 700 mm.

nombre d'échantillons : n = 29.

II-2-3-b La loi de Gumbel (Calcul en annexe) NC3

moyenne \bar{x} = 60,795 mm ; écart type T = 17,57 ; $\sigma = 7,29 \times 10^{-2}$

Quantité x_0 = 52,88 mm : fréquence T = 10 ans : O (Y) = 0,9

Y = 2,25 la pluie maximale de recurrence décennale est

P₁₀ = 86 mm.

II - 2-3-c Crue sur le BV de 137 km² (calcul en annexe)

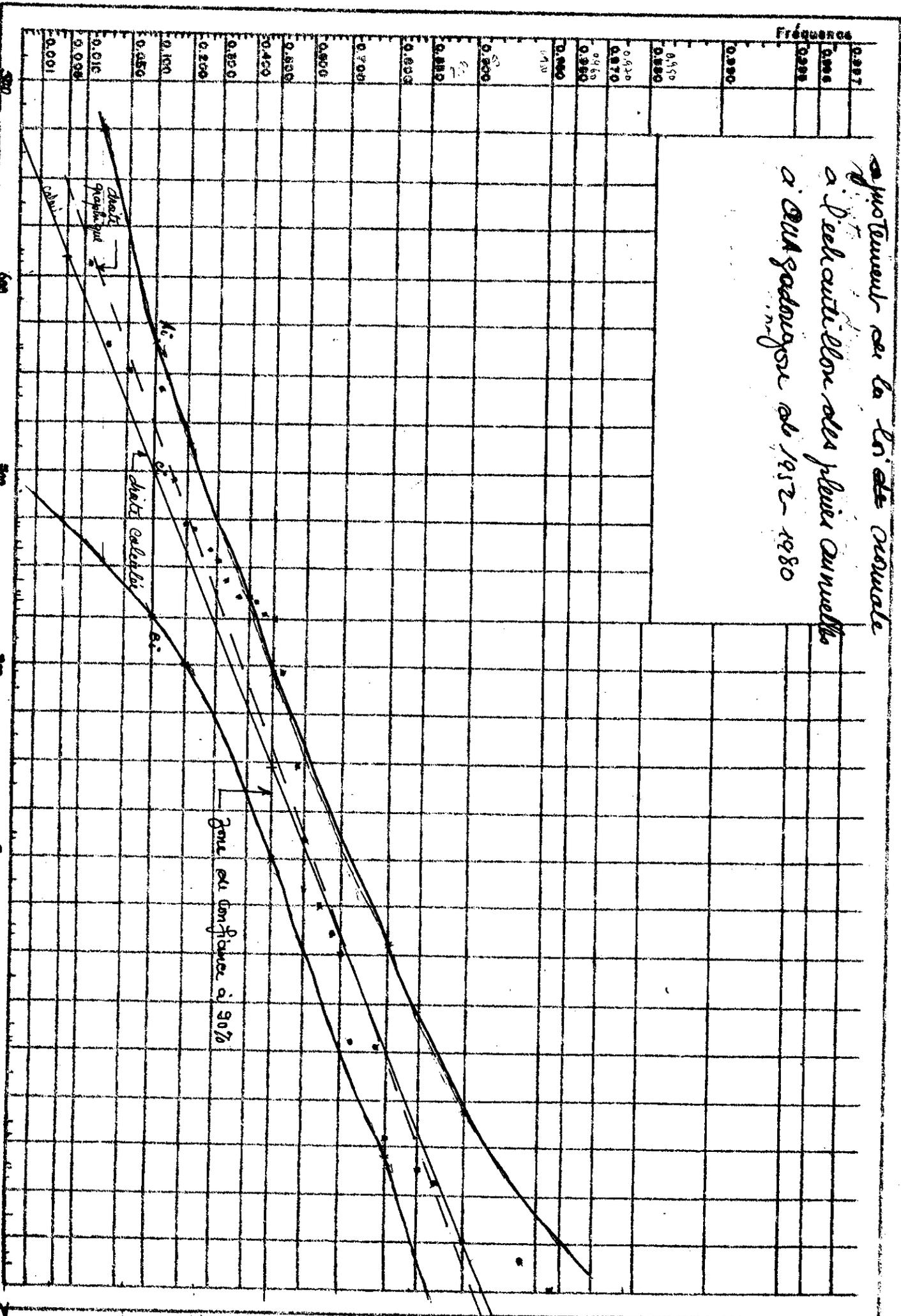
lg = 1m/km 700 < P_{au} < 800 mm : S = 137 km²

abaque à 3 paramètres (primaire, secondaire, tertiaire CIEH). (Annexe)

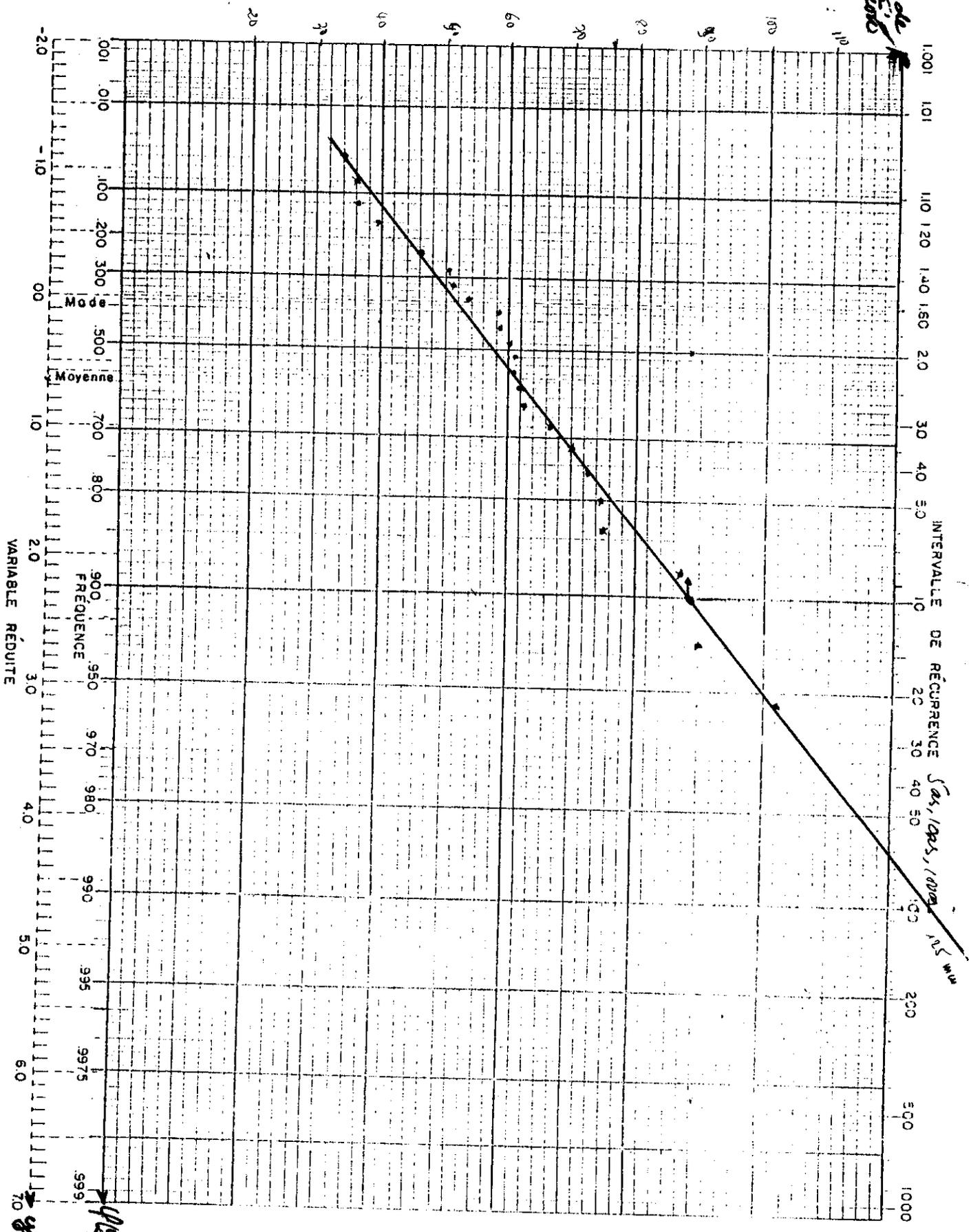
Q₁₀ = 46 m³/s.

imbaisable

ajoutement de la loi de normale
à l'échelle des plus annuelles
à OUAZOUZOU de 1952-1980



*lauteur de
présentation*



II - 2 - 3 de Laminage de la crue du réservoir de Loumbila.

a) Caractéristiques :

- longueur de la digue : 2800 m. lôte crête 280 m IGN
- déversoir à bec de canard : côte du seuil 278 m 40
- déversoir libre : côte 278,80 m.
- ~~crue~~ ^{crue} maximale observée en amont du seuil 680 m³/s
- surface de la cuvette : 169 x 106 m² (Cf T.6, G5) en annexe.

b) hypothèses et données de calculs

Compte tenu des modifications techniques survenues sur les seuils déversants le projeteur, en fonction des données disponibles a fait un certain nombre d'hypothèses pour pouvoir estimer de façon approximative le débit de ~~laminage~~ ^{laminage} par la méthode "try and error".

- Nous négligeons les déversements du bec du canard à ceux du déversoir libre
 - le temps de base est estimé à 25 heures.
 - le temps de montée à 10 heures
 - la longueur du seuil du déversoir libre ^{est} estimée par
 $L = Q/m\sqrt{2gHd^{3/2}}$ pour un débit de 680_m m³/s et une lame d'eau de 60 cm.
 $L = 472$ mètres.
- Débit de laminage : $QL = 650$ m³/s
Débit de la crue max amont : 680 m³/s = Q_{max}
Rapport $QL/Q_{max} = 95,6 \%$ (cf T6 ; T5 ; ga)

II-2-3-E Crue à évacuer

Le laminage de la crue de Loumbila nous donne un débit de 650 M³/s tandis que, le bassin ~~versant~~ ^{versant} aval de 137 km² restitue dans le massili 46 m³/s. Nous admettons que la crue observée en aval sur l'ouvrage à construire $46 \text{ m}^3/\text{s} < Q_p < 46 \text{ m}^3/\text{s} + 650 \text{ m}^3/\text{s}$.

Donc $46 \text{ m}^3/\text{s} < Q_p < 696 \text{ m}^3/\text{s}$. En effet le débit du BV aval est presque égale au 1/10 du débit de laminage.

Ce qui amènerait à dire que l'ouvrage doit être dimensionné pour le débit de laminage. Du moins par sécurité, nous admettons que le débit max à évaluer égale à : $650 \text{ m}^3/\text{s} = 46 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $696 \text{ m}^3/\text{s}$.

II-2-3-F Volume d'eau ruisselé sur les bassins versants

II-2-3-F-1 Bassin versant de 0,55 km² < 10 km² P.R lbsTeIn : R.

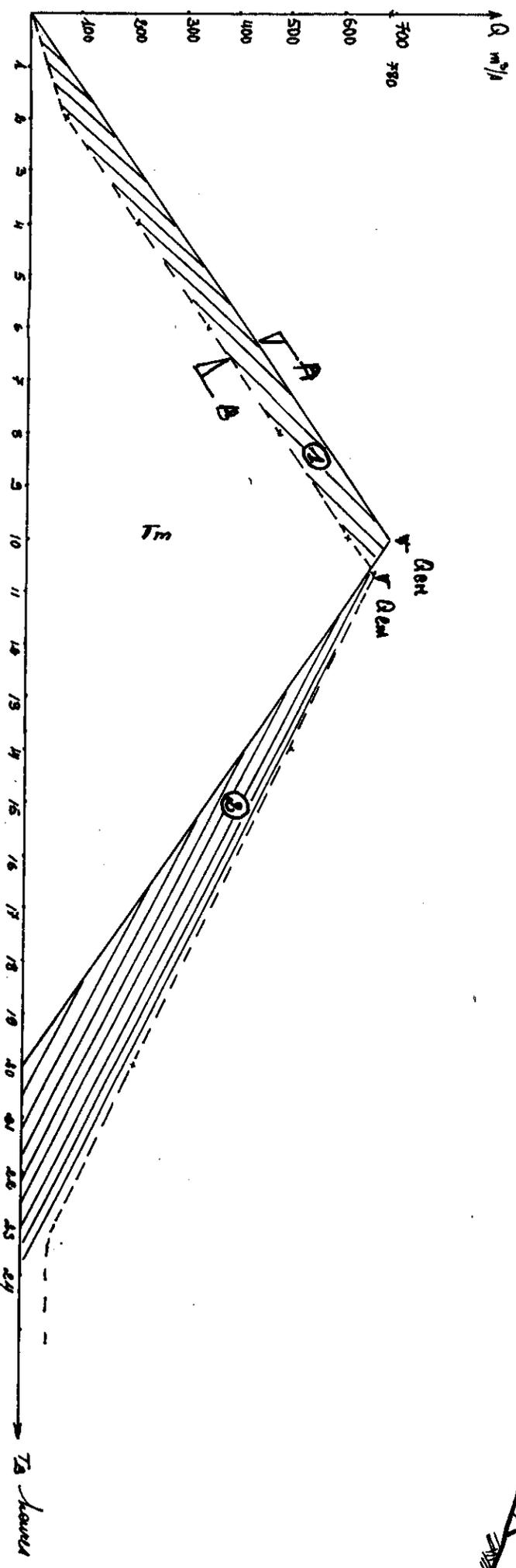
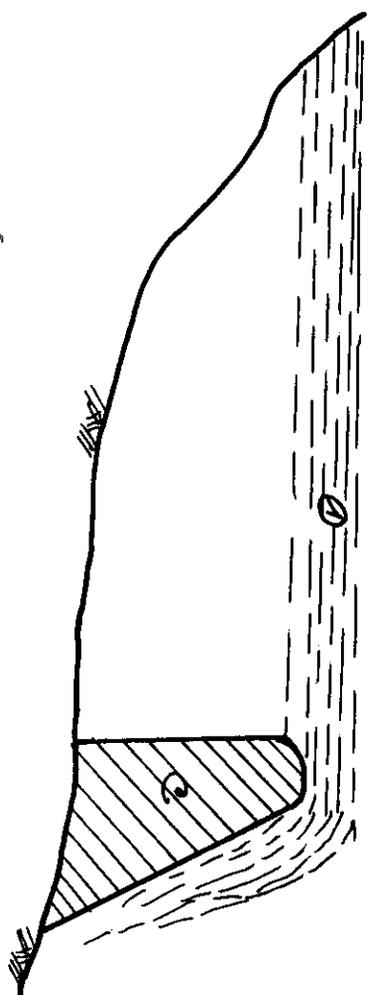
a) Caractéristiques :

Perméabilité : P3 I comp = 1,18
Pente : R3
lg : 1,65 m/km P₁₀ 24 = 86 mm

4. Hydrogramme de base à l'entrée de la retenue
 B. Hydrogramme de base à la partie à l'évacuation
 C. Evacuation

① L'augmentation de l'épaisseur d'eau au-dessus du seuil provoque une élévation temporaire qui correspond au volume D de l'hydrogramme. Ce volume d'eau s'écoule lentement d'eau retenue et doit être progressivement évacué. Ce qui fait que le débit de pointe QEN sur l'évacuation est plus élevé que le débit de pointe QEH à l'entrée de la retenue. L'évacuation pour avoir un rôle tampon

rapport de laminage $QEN/QEN = \frac{650}{680} = 95,6\%$



Coefficient d'abattement :

$$K = 1 - (9.42 \times 10^{-3} \times P + 152) \times 10^{-3} \text{ Log } S$$

$$K = 1 - (9 - 42 \times 10^{-3} \times 86 + 152) \times 10^{-3} \text{ log } 0,55$$

$$K = 0,96$$

Cf Équation simplifiée de Guillaume 1974 pour la pluie décennale.

- temps de base :

Dans le cas de petites surfaces, le temps de base T_b est donné par ou

($l_g < 3$ m/km avec $3 < 12$ km²) cf dossier N° 12 A.F.A

$$T_b = 215 (S-0,5)^{0,45} + 300$$

$$T_b = 215 (0,55-0,5)^{0,45} + 300 = 319,81 \text{ mn}$$

$$T_b = 319,81 \text{ mn}$$

$$T_b = 5 \text{ h } 20 \text{ mn}$$

Coefficient de pointe : $a = 2,6$ pour les petits bassins versants

b/Calcul du volume ruisselé

$$\begin{aligned} \text{Volume précipité : } V_p &= 0,086 \text{ m} \times 550\,000 \text{ m}^2 \times 0,96 & V_p &= P_{10} \times 24 \times S \\ &= 47\,300 \text{ m}^3 \times 0,96 = 45\,408 \text{ m}^3 & &= 45\,408 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume ruisselé : } V_R = K \times V_p$$

$$K_r = 60 \% \text{ abaque (ORSTOM)}$$

$$V_R = 0,60 \times 45\,408 \text{ m}^3$$

$$V_R = 27\,244,8 \text{ m}^3 = 27\,245 \text{ m}^3$$

$$\text{Débit moyen ruisselé : } M = V_R / T_b$$

$$M = 27\,245 \text{ m}^3 / 319,81 \text{ mn}$$

$$M = 85,19 \text{ m}^3/\text{mn} \text{ soit } 1,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Débit de pointe } Q_{\text{max}} = 1,42 \text{ m}^3 \times 2,6$$

$$Q_{\text{max}} = 3,69 \text{ m}^3/\text{s}$$

cf Nc 11

II - 2 - 3 - F - 2 Bassin versant de 137 km²

$$v_p = 86\,008\,860 \text{ m}^3 \quad \& = 0,73$$

$$V_R = 21\,502\,15 \text{ m}^3 \quad k = 25 \%$$

$$\text{débit moy } M = 19,91 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_{\text{pointe}} : 3,10$$

$$Q = 61,72 \text{ m}^3/\text{s} \quad \& = 0,73 : K_r = 25 \%$$

II - 2 - 4 Vocation et zonage des sols

II - 2 - 4 - 1 Le régime thermique :

Le facteur diagnostic considéré est la température moyenne. Elle se situe aux alentours de 28°C. Celle-ci convient modérément aux spéculations.

II - 2 - 4 - 2 Disponibilités en eau dans le sol.

Les facteurs diagnostics sont la pluviométrie (750 mm) cette quantité est suffisante, mais sa mauvaise répartition ^{ou} pourra amener à l'irrigation d'appoint. La réserve utile du sol, appréciée sur 50 - 60 cm de profondeur à l'aide de la formule.

$Ru = (PF\ 2.5 - PU.2) \times Da \times Y$ les études faites par l'EIER montrent que dans un site voisin $PF\ 2.5 = 22\ %$ et $PF\ 4,2 = 10\ %$

Da = densité du sol 1.50.

La réserve du sol est prise égale à 100 mm et la RFU = 67 mm. La topographie ^{est} liée aux formes du terrain et au réseau hydrographique, zones de relief résiduels assez secs, zones de bas-fonds assez humides selon les saisons.

II - 2 - 4 - 3 La disponibilité en oxygène dans le sol.

Les facteurs diagnostics sont la classe de drainage et le type de végétation. Le premier facteur est établi à l'aide de la couleur de la matière ^{minérale}, de la présence ou non des caractères d'hydromorphie racinaire (mitragina inermis).

II - 2 - 4 - 4 : La disponibilité en éléments nutritifs :

Dans l'ensemble, il ressort que les sols du site ont une disponibilité en éléments nutritifs faibles.

II - 2 - 4 - 5 : La capacité de rétention en éléments nutritifs

Dans l'ensemble des sols de site. Elle est faible. Elle permet d'évaluer l'aptitude des terres aux cultures dans un système amélioré. Avec usage d'intrants.

II - 2 - 4 - 6 Les conditions d'enracinement :

A cause des charges graveleuse entre -0,50 m et 1,00 m. Dans l'ensemble, les conditions d'enracinement sont médiocres et parfois moyennes pour les spéculations envisagées.

II - 2 - 4 - 7 Les risques d'inondation

les risques d'inondations paraissent plus élevés au niveau ^u des sols des ensembles en ~~tant~~ ^{tenant} compte du rapport fréquence durée.

- Compte pour les ensembles fluvio-alluviaux
- inondations longues pour les fluvisols gleyiques et glysols entriques
- inondations faible ou nulle pour les leptosols.

II - 2 - 4 - 8 Les risques de dégradation des terres

Les facteurs diagnostics retenus sont :

- la texture (sensibilité du sol à l'érosion sélective ou regressive).
- La structure

CHOIX DES SPECULATIONS ET OPERATION CULTURALES

Le choix des spéculations est fonction des besoins alimentaires d'une part, des potentialités du site, d'autre part. On a ainsi du riz en bas-fond et le maïs en terres hautes.

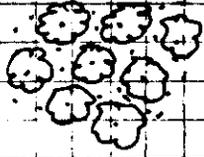
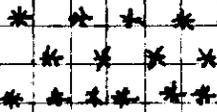
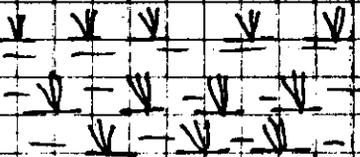
SPECULATION: RIZ	
PREPARATION DU SOL	15 MAI - 15 JUIN
MISE EN BOUE - PEPINNIERE	16 JUIN - 30 JUIN (150mm)
REPLISSAGE	30 JUIN - 15 JUILLET (150mm)
PERCOLATION	5 mm/JOUR
E.T. MOYENNE	5 - 7 mm/JOUR
PERMEABILITE MOYENNE	$\approx 5 \times 10^{-6} \text{ m/A}$
IRRIGATION	15 JUILLET - 15 SEPT
ASSECHEMENT DES CASIERS	1 SEPT - 15 OCT
RECOLTES	15 OCT - 15 NOV

SPECULATION: MAÏS	
PREPARATION DU SOL:	15 JUIN - 30 JUILLET
SEMIS (EVENTUELLEMENT APPORT D'APPOINT): (EN EAU)	15 JUILLET - 15 AOUT
RECOLTES	

CYCLE VEGETATIF	
RIZ :	100 - 115 JOURS
MAÏS :	90 - 100 JOURS

ZONAGE ET VOCATION DES SOLS

T8

SYMBOLES	APTITUDES DES SOLS	CONTRAINTES
	<p>sol moyennement apte pour l'arachide, le sorgho, le maïs, le mil; marginalement apte pour le coton, inapte pour le riz</p>	<p>profondeur effective trop faible, présence de cuirasse, ou de decapage, charge gravelleuse et caillouteuse, importante fertilité physique et chimique faible.</p>
	<p>sol moyennement apte pour le riz et le sorgho, marginalement apte pour le coton et le maïs. inapte pour le mil, le mil et l'arachide.</p>	<p>capacité de fixation en éléments nutritifs faible - risques d'immolation élevés dans certaines zones</p>
	<p>sol moyennement apte pour le sorgho, moyennement apte pour le maïs, marginalement apte pour l'arachide, marginalement apte pour le riz</p>	<p>disponibilité en oxygène faible - Capacité de rétention en éléments nutritifs insuffisante - disponibilité en eau insuffisante pour le riz.</p>
	<p>sol apte à moyennement apte pour le riz, inapte pour le mil, le maïs, le mil, l'arachide, le coton</p>	<p>capacité de rétention en éléments nutritifs insuffisante - irrégularités régulières et longues.</p>

EXTRAIT DES ETUDES BURNASOLS. (SITE GANPELA).

e) La présence ou non des marques d'érosion (rigoles, ravines, décapages).

II - 2 - 4 - 9 Influence du modèle pédologique et de la situation au champ dans la toposéquence.

Les profils morphologiques ~~des~~ des paramètres mis en jeu varient suivant un gradient identifiables (cf répartition géomorphologique dans l'aménagement). La connaissance permet une meilleure affectation des cultures en ajustant au mieux les lois d'enracinement avec les disponibilités des sols, types de cultures, amendements organiques, pratiques culturales etc.

b) - La situation de l'aménagement dans la toposéquence : elle est ici trop importante, en ce qui concerne les facteurs intervenant dans l'alimentation hydrique des cultures. Car en fait les terres de haut glacis dépendent en grande partie de la pluviométrie ; pour les terres de pentes, le phénomène de ruissellement constitue en général le facteur limitant leur productivité. Quant aux sols de bas-fonds. Trois facteurs les caractérisent :

- 1°) l'écoulement et l'accumulation superficielle
- 2°) La pluviométrie
- 3°) La fluctuation et la battance des nappes.

C'est la raison pour laquelle la riziculture constitue l'une des meilleures utilisations de ce type de sol.

II-2-4-10 Zonage et vocation des sols du site. (cf T8) ci-joint

II-2-4-11 hypothèse du calcul ^{des besoins} en eau des cultures

Dans le cas de la culture du riz, le projeteur considère que les antécédents pluviométriques n'ont pas suffi pour refaire la réserve utile du sol. La RU peut être considérée comme étant nulle. On fera ~~un~~ ^{donc, un} apport d'eau par irrigation pour les opérations agricoles dans un cas. Et dans l'autre, on attendra des précipitations pour permettre les semis.

II-2-12 Choix des spéculations et opérations culturales (CF. Tableau T11) ~~en conséquence~~

II-2-4-12 Calcul des besoins en eau des spéculations

II-2-4-12-1 Riz *T12*

II-2-4-12-2 maïs *T13*

Mais : T. 13

	Mois			
	Juillet	Août	Septembre	Octobre
ETP	152	142	140	162
ke <i>0,35</i>	0,35	100	115	0,60
ETM	53	142	161	97,2
Po9	191	225	140	39
Pu	153	180	112	31,2
ETM - Pu	100	38	+ 49	+ 66
Ru de but	0	100	100	51
Ru Fin	100	100	51	0
BN	0	0	0	15
Période	1-31	1-31	1-30	1-15

En supposant que l'on accuse de retard pluviométrique de 14 jours ~~par~~ ^{sur} le mois pendant le cycle cultural et pendant ce temps les réserves du sol. RFU ... à 67 mm ne puisse garantir en moyenne, pour une demande de pointe de 5 mm/j. 67 mm/5 13-14 j d'alimentation des cultures, on devra donc apporter mensuellement au culture la valeur de ET_{crit} correspondant à cette période critique (14 fois).

T 13

	Juillet	Août	Septembre	Octobre
ETM/j	1,71 mm	4,58 mm	5,37 mm	1,8 mm
BN	24 mm	64 mm	75 mm	25 mm

ZB = 188 mm

Zjours = 107 jours

Tableau BN riz

T. 10

	Mois				
	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Période	15 - 30	1 - 31	1 - 31	1 - 30	1 - 15
ETP	176	152	142	140	162
kc	11	11	11	1,25	1
ETM	193,6	167,2	156,2	175	162
Pu	87,2	153	180	112	31,2
ETM - Pu	-	14,2	-23,8	63	130,8
Mise en base	150	-	-	-	-
Remplissage	-	150	-	-	-
Percolation	-	155	155	150	155
Besoins nets	150	319,2	131,2	213	142,9
Plan d'eau débit	0	0	150	150	42
Plan d'eau fin	0	150	150	42	0
Apport par irrigation	150	319,2	131,2	108	casier à sec

- La culture du riz nécessite donc un apport d'eau régulier pendant la période culturale.

II.2.4.12.3. Pluviométrie de Ouaga-Aéroport extrapolée à Gampèla

- Cette extrapolation part du fait que la variabilité spatiale des précipitations étant grande, lorsqu'on utilise des données d'une station distante du site étudié, cette variabilité se passe moins sentir sur les valeurs mensuelles qu'à l'échelle de temps plus fixe (pluviométrie identique pour une même latitude).

Coordonnée de Gampèla

lat 12° 26 N

long 1° 21 0

Tableau (cf T1) en annexe

Coordonnée de Ouaga-Aéroport

lat 12° 21 N

long 1° 31 0

II.2.4.12.4 Détermination des débits

A/ débits fictifs continus $DFe = BN/(Nbj \times 24 \times 3600)$ (l/s/ha)

		maïs																	
		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre	
Nbre jrs		31	31	31	30	15	15	30	30	31	31	31	31	31	30	30	15	15	15
BN		0	0	0	0	15	15	150	150	319,2	319,2	131,2	131,2	108	108	0	0	0	0
DFC		0	0	0	0	0,12l/s/ha	0,12l/s/ha	0,58l/s	0,58l/s	1,2l/s/ha	1,2l/s/ha	0,49l/s	0,49l/s	0,42l/s	0,42l/s	0	0	0	0

B/ Débits maximum

maïs en tête du réseau

ep = 0,7 er = 0,8
 Dm = 0,12l/s/ha (0,7 x 0,8)
 Dm = 0,21l/s/ha

a) Débits maximum de pointe (D.M.P.) = $Dm/(v/24 \times Nbj/30)$ j)

DMP = 0,21l/s/ha (10/24/28/30)
 = 0,54l/s/ha
 débit r... x de pompage
 = Df...
 surface à irriguer
 = 0,54 l/s/ha x 10
 = 5,4 l/s

riz en tête du réseau

ep = 0,9 ; er = 0,8
 Dm = 1,2l/s/ha (0,9 x 0,9)
 = 1,67l/s/ha

a) Débits maximum de pointe (D.M.P.) = $Dm/(v/24 \times Nbj/30)$ j)

DMP = 1,67l/s/ha (10/24/28/30)
 DMP = 4,3l/s/ha
 s = 13,3 ha
 DNP = 4,3l/s/ha x 13,3
 DNP = 57,2l/s

Le débit caractéristique est celui du mois d'octobre 0,12l/s/ha

Le débit caractéristique est celui du mois de juillet correspondant au remplissage

des casier
 Il tient compte
 = 28l/s

réelle d'irrigation et la fraction mensuelle qui est consacrée à l'irrigation. Durée d'irrigation = 10 heures Fraction mensuelle

Handwritten signature and notes:
 10/24/28/30
 DMP = 4,3l/s/ha
 DNP = 57,2l/s

E/ Débit de pompage

$q = \text{DNP maïs} + \text{DNP riz} = 5,4 \text{ l/s} + 57,2 \text{ l/s} = 62,59 \text{ l/s}$

Le projecteur retient le débit dans le cadre du projet : $q = 60 \text{ l/s}$

F/ Module (main d'eau)

Dans le cadre du projet le projecteur retient le module $m = 30 \text{ l/s}$ facilement manipulable par un paysan au Burkina Faso.

sur?

II-2-4-13 Aménagement du périmètre

II-2-4-13-1 A Unité parcellaire.

A/Pompage

Le projecteur retient dans le cadre du projet la valeur de 0,35 ha valeur garantissant une rentabilité suffisante au Burkina Faso.

II-2-4-13-2-A1. Le quartier hydraulique. Correspond à l'ensemble des parcelles pouvant être irriguées à partir d'une même ~~main~~^{main} d'eau.

II-2-4-13-3- A dimension des parcelles

La dimension des parcelles est de 70 m x 50 m le site étant quasi plat.

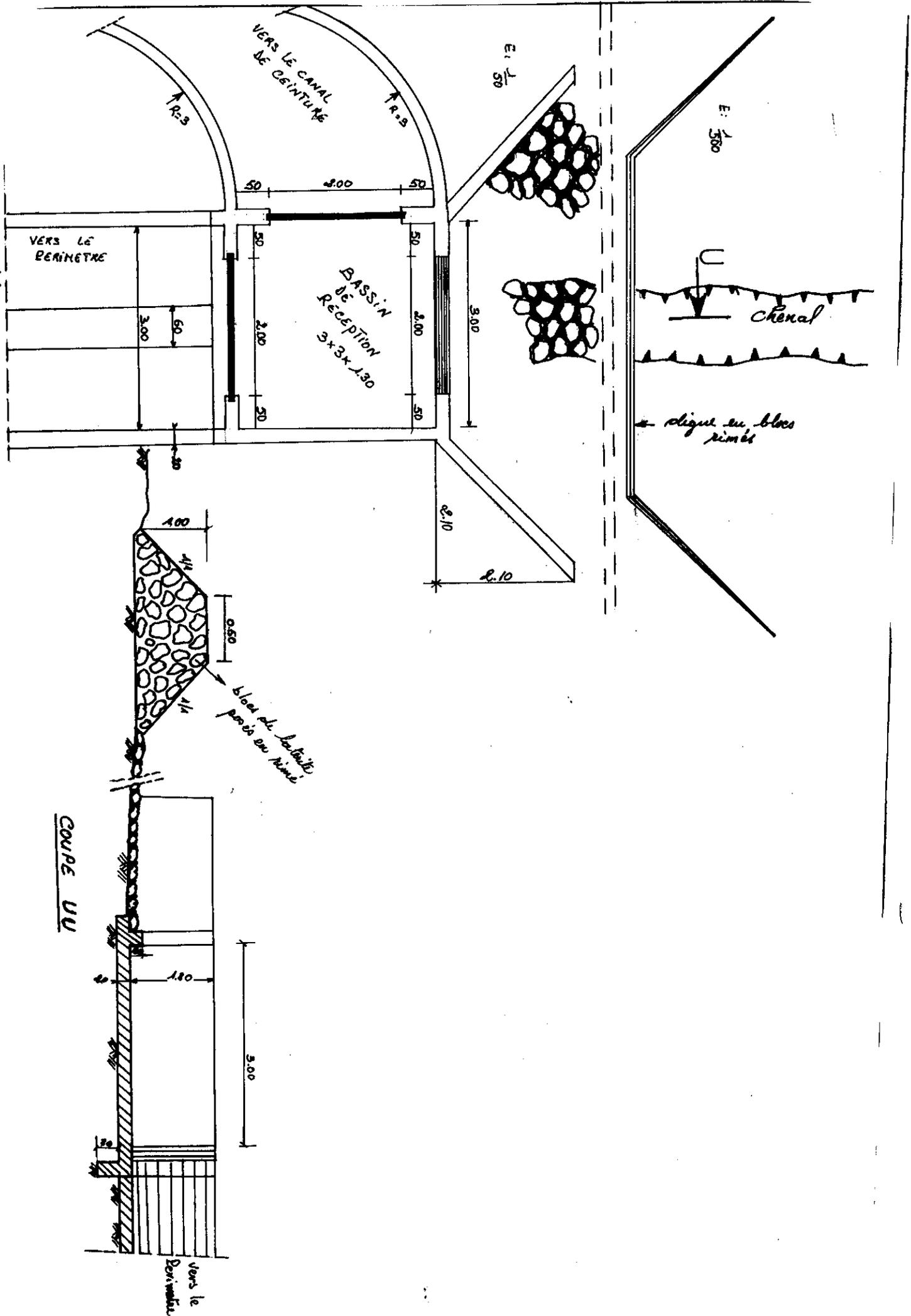
B/-Epanchage des crues.

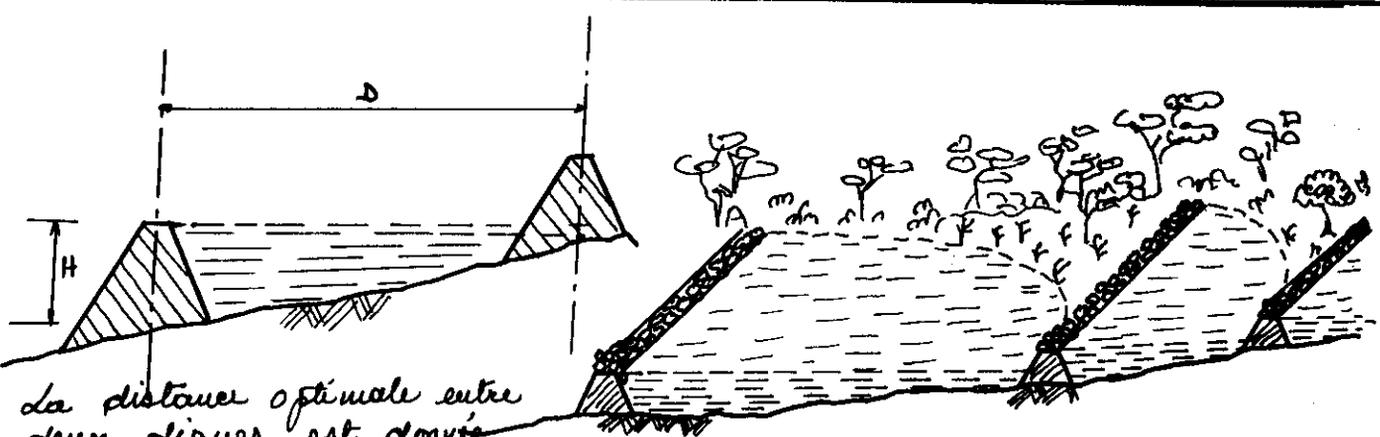
II-2-4-13-1-B Principe d'aménagement

Cette variante est ici proposée dans le cadre des bas-fonds améliorés. Cette amélioration est réalisée par la construction en amont du périmètre d'une retenue de 100m de ~~hauteur~~^{hauteur} en gabions, permettant la collecte des eaux issues du chenal individualisé drainant le B.V de 0,55 km². Cette retenue alimente un bassin desservant une tête morte qui dessert les casiers rizicoles aménagés en digues filtrantes colmatées artificiellement. Ainsi après une averse la totalité de l'eau ruisselée est orientée vers le bas-fond, ou déviée vers le canal de ceinture à partir du bassin de capacité égale à la crue max de ~~3,98 m³~~^{4 m³} et dotée de 2 vannes permettant les déviations (cf plan ~~ci-joint~~^{ci-joint}).

II-2-4-13-2-B Terrasses d'épandage

Il s'agit de créer des terrasses nécessaires en gabions pour le maïs et digues colmatées en partie inférieure et filtrante en partie supérieure pour le riz. L'eau s'épand dans le bassin ainsi créé, reconstitue la Ru tout en ~~parant~~ le massif en gabions pour alimenter le bassin aval. On aboutit ainsi à un aménagement en terrasses successives se faisant amont-aval (cf S 11)





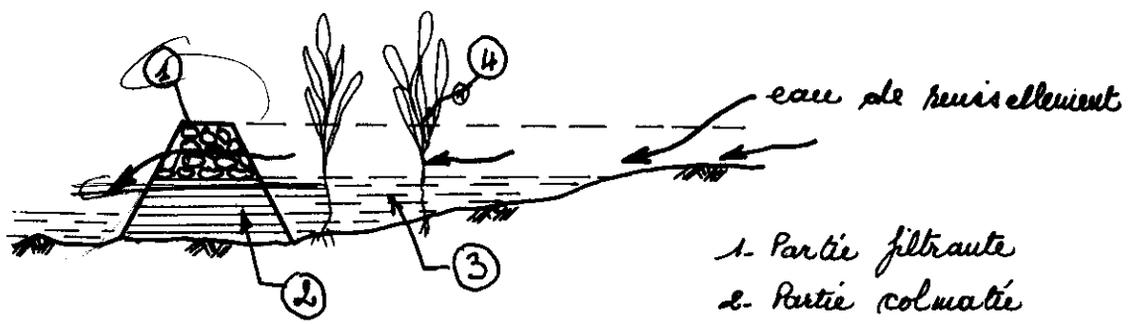
La distance optimale entre deux digues est donnée par

$$D = \frac{H \times 100}{P}$$

H = hauteur de la digue
 P = pente longitudinale du bras

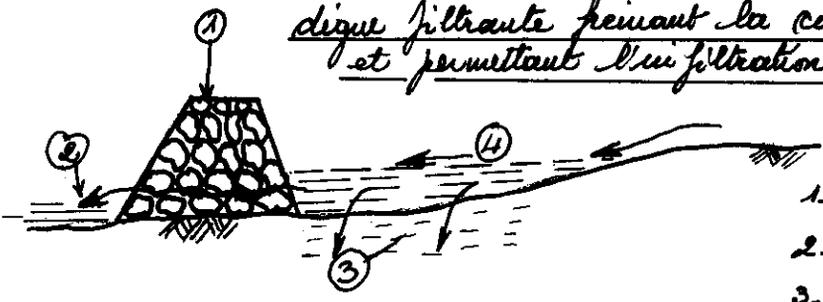
aménagement en digues successives selon les courbes de niveau le niveau d'eau aval est le même que celui du pied de la digue amont.

digues filtrantes colmatées artificiellement



1. Partie filtrante
2. Partie colmatée
3. bassin d'eau permanent pour la riziculture
4. niveau d'eau dans le bassin après une crue

digues filtrantes fermant la course de l'eau et permettant l'infiltration pour refaire la RU



1. Digue filtrante
2. eau percolant la digue
3. infiltration
4. niveau d'eau après crue

Pour éviter les effets d'érosion régressive, mais surtout permettant la conservation et la restauration des terrasses cultivables. Ce système à l'avantage d'arriver à la maîtrise de l'eau à moindre coût et avec des rendements moyen à l'ha supérieur à ceux du système traditionnel avec usage d'intrants.

Cette technique rend donc possible la riziculture pluviale grâce à la construction des diguettes retenant après chaque pluie une certaine quantité d'eau qui couvrira les besoins du riz jusqu'à la prochaine pluie tout en reconstituant la RU du sol.

Cependant les résultats sont totalement tributaires du rythme des précipitations.

II.2.4.14 Station de pompage - cf plan en annexe S 8

II.2.4.14.1. A Hypothèses, données et calcul du seuil du déversoir (cf NC8).

- seuil noyé $z < 2/5 h_d$
- coefficient de débit $m = (1.05 + (0,21 * h_d + H_o) * 3 \sqrt{2/40}$
- débit entré = débit sortie = $696 \text{ m}^3/\text{s} \quad h_d$
- $m = 0,40$ mince paroi $h_d/E > 2 \quad E = 0,50 \text{ m}$
- hauteur du déversoir $H_o = 1,00 \text{ m}$
- lame d'eau déversante $h_d = 1,30 \text{ m}$
- revanche $r = 0,50 \text{ m}$
- largeur en base de la digue = $H_o + 0,20 = 1,20 \text{ m}$
- dénivelée amont aval $z = 0,50 \text{ m}$
- coefficient de débit $m' = 1,25$ seuil noyé
- longueur du seuil $l = 84,81 \text{ m}$
- haut d'eau aval $z_n = 1,80 \text{ m}$

II.2.4.14.2 A Schéma de principe ci-contre

II.2.4.14.3.A. ~~Déshydratation~~ ^{Dissipation} de l'énergie et profil hydraulique du seuil

1°/ Dissipation d'énergie

- longueur du seuil déversant : longueur de bassin dissipation = $84,81 \text{ m}$
- largeur du seuil déversant : deux fois la hauteur de chute = $2,00 \text{ m}$
- protection avec bajoyer aux versants : en B.A.
- protection aval avec gabions.

2°/ Profil hydraulique du seuil

Le profil hydraulique coïncide avec le profil inférieur de la lame d'eau déversante. Il correspond à une répartition régulière des pressions exempte de dépression locales (cavitation) existants contre le parement aval du seuil et qui finit par dégrader ce dernier.

Rayon de raccordement $r = 0,5 \text{ m}$

II.2.4.14.4.A Epure de stabilité

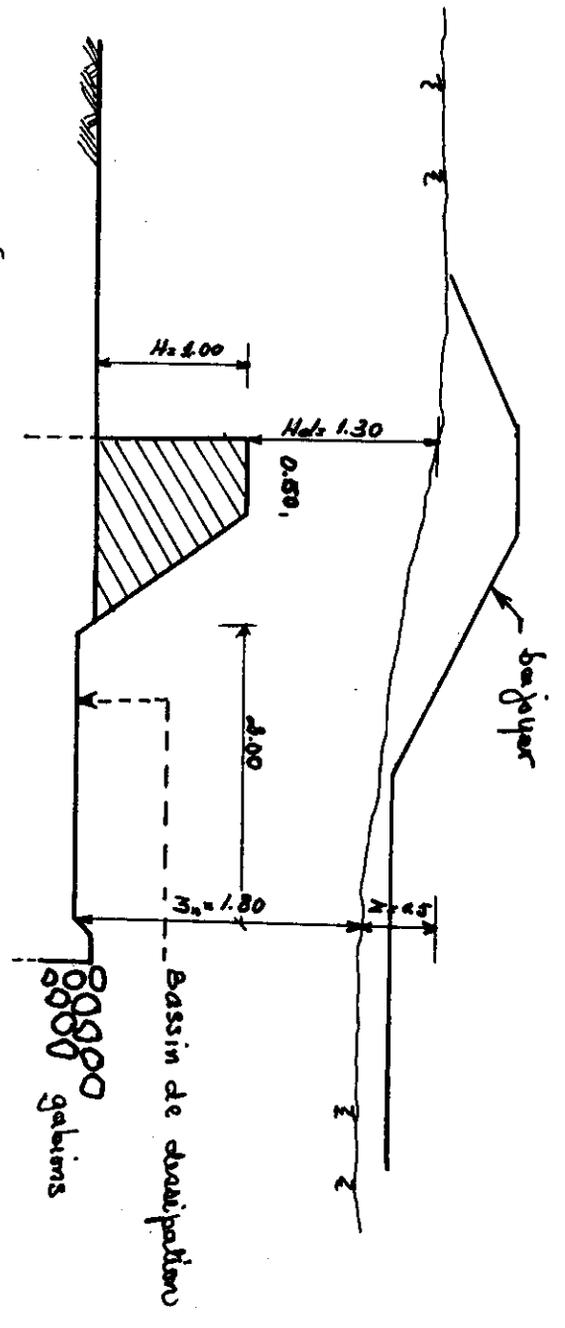
1°/ Concept : La stabilité de l'ouvrage réside sur l'équilibre poussée de l'eau et poids du barrage en tenant compte qu'aucun effort de tension ne se manifeste dans le béton. La condition d'équilibre et de stabilité est satisfaite lorsque la résultante de toutes les forces appliquées au seuil passe par le tiers central de la base.

2/ Forces agissantes (cf n° 9) annexe

Poids du massif de béton $w = 1,99 \text{ tf/m}^3$

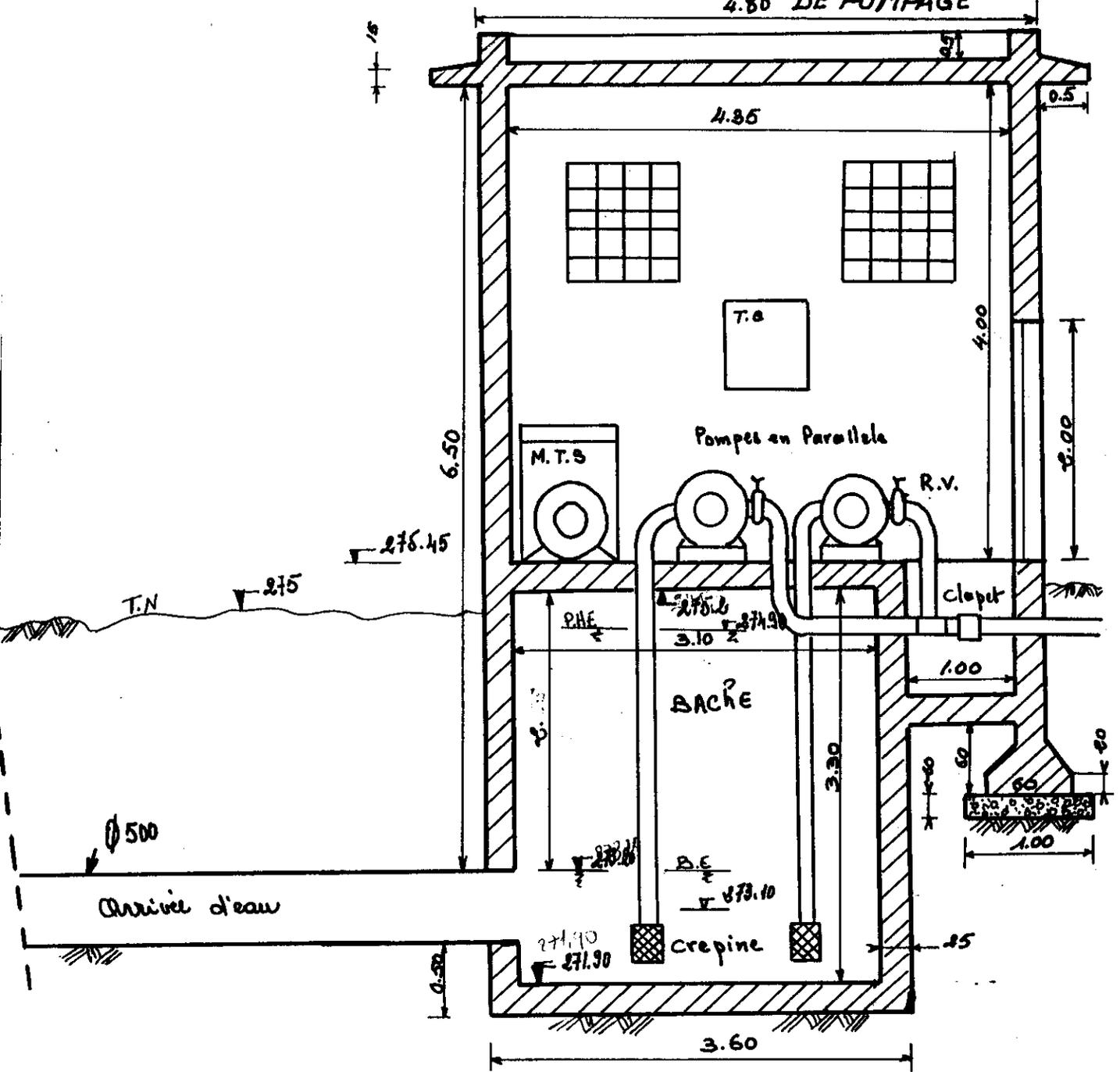
poids de la lame d'eau déversante $p = 0,65 \text{ tf/m}^3$

Coupe volumétrique et constructives du puits moyé



COUPE SCHEMATIQUE DE LA STATION

4.80 DE POMPAGE



Echelle 1/50

force de poussée de l'eau $f = 0,50 \text{ tf/ml}$
résultante de F et P collinéaire et même sens $r = 1,15 \text{ tf/ml}$
résultants de toutes les forces $RT = 2,80 \text{ tf/ml}$
passe par le tiers central de la base du seuil cf S5 ci-contre

3/ Schéma de l'épure de stabilité (S5)

II.2.4.14.2. LES POMPES

II.2.4.14.2.0 — PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT (cf schéma de principe de la station ci-joint)

Le rôle de la pompe est de transformer la vitesse de l'eau en pression. Elle doit donc être adaptée exactement au travail qu'on lui impose de manière qu'elle reste dans les limites du régime pour lequel elle est conçue. Une courbe caractéristique est alors établie pour chaque type de pompe. La principale est la courbe H-Q. On conçoit d'elle que la pompe peut élever les débits croissants qu'à des hauteurs décroissantes. A cette courbe correspond celle de rendement de la pompe et celle de puissance absorbée. Pour savoir si une pompe convient pour une installation de refoulement, il faudra porter sur un graphique les caractéristiques de la pompe et celles de la conduite de refoulement. Le point d'intersection des deux courbes donne le point de fonctionnement qui correspond au débit que la pompe est capable de repousser à la hauteur correspondante. Le bon rendement est obtenu si la perpendiculaire abaissée de ce point sur l'axe de débit coupe la courbe de rendement dans la zone haute. *On le sait*

II.2.4.14.2.b Calcul diamètre aspiration - refoulement

La formule utilisée est celle de Bresse $D = 1.5 \times 0.5$ appelée diamètre économique. Elle est telle que la somme des dépenses d'installation et des dépenses de fonctionnement est minimum. $D = 400 \text{ mm}$ (cf NC16) annexe

II.2.4.14.2.c. Les pertes de charges

La formule utilisée est celle de Manning Strickler pour l'écoulement en charge, qui tient compte des pertes de charges singulières soit 10 % des pertes totales.

$$J = 1,1 \times L \times 4^{10/3} \times Q^2 / \pi^2 \times K_s^2 \times D^{16/3}$$

$J = 0,27 \text{ mètres}$ (cf Nc16) annexe

II.2.4.14.2.d. Hauteur manométrique totale

Elle est égale à la hauteur géométrique de refoulement plus les pertes de charges au refoulement et aspiration.

$$\text{Hmt} = \text{Hg} + \text{PDC}_{\text{ref}} + \text{PDC}_{\text{asp.}} \quad \text{Hmt} = 2,82 \text{ mètres} ; P = 7,5 \text{ kw.}$$

II.2.4.14.2.e. Pompage à faible profondeur (cf plan annexe station) S8

La bache est alimentée par un tuyau de diamètre 500 mm en fonte ductile à partir du cours d'eau à faible profondeur. La stabilité du plan d'eau est assurée par le seuil déversant. Les pompes seront fixées sur la dalle constituant le sol de la station.

- deux pompes en parallèle seront mises en place. Le dispositif permet si une pompe venait à tomber en panne de continuer l'alimentation du périmètre avec la deuxième et d'assurer ainsi la suivie des plantes.

Enfin la présence de l'énergie électrique sur le site permet l'installation de pompes électriques. Il conviendra donc de placer un moteur thermique de secours en cas de panne de courant.

II.2.4.15. Détermination des doses, temps et fréquences d'irrigation des spéculations (type classique).

15.1. Données, hypothèses, calculs et résultats.

H_e = humidité pondérale : 12 %

D_a = densité du sol : 1,5

z = profondeur d'enracinement = 600 mm

Le bilan hydrique du maïs mensuel laisse croire que le maïs n'a pas besoin en principe d'être irrigué en début du cycle.

a) Lissage des doses

		Some jours	Fréquence	Dose caculée	Dose lissée
maïs		107	1/7	12,8 mm	13 mm
riz	708,4 mm	107	1/7	46,34 mm	47 mm

On admet que la dose réelle = 47 mm et est inférieure à la RFU = 66,7 mm (riz)

b/ Fréquence d'irrigation 1 jour sur 7 (tous les 7 jours).

c/ a) Temps d'irrigation du riz

$$t = D_r \times s/m$$

$$t = 5483,3 \text{ s} = 1 \text{ heure } 31 \text{ mn}$$

$$m = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_r = 470 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$s = 0,35 \text{ ha}$$

b) temps d'irrigation du maïs (apport d'appoint)

$$t = 1516,66 \text{ s} = 25 \text{ mn}$$

$$= 30 \text{ mn}$$

$$m = 0,030 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_r = 13 \text{ mn} = 130 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$s = 0,35 \text{ ha}$$

II.2.4.15.2. Mise en boue des casiers rizicoles (cf NC 18) annexe et tableau T 18 ci-joint

a) Hypothèses

Surf	Lame d'eau	Perméabilité	E.T.	Infiltré	Durée max remplissage	Main d'eau	HC	D_a
0,35 ha	15 cm	$5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	0,0072 m/j	0,01 m/j	24 heures	30 l/s	12 %	1,5

Résultats

Volume de remplissage $VR = s\{(3xDax(hr-Hf) + Trx(k+6T)+h)\}$	Temps de remplissage $Tr = VR/m$	Volume d'entretien $Vet = Ve + sxhxn$	Temps entretien $t = Vet/m$	Abaissement du plan d'eau
963,20 m ³	33124 s 9 h 12 mn	946,40 m ³	31546,67 8 h 45 mn	12 cm

II.2.4.16 Comparaison entre les ressources disponibles et les besoins en eau des cultures T18

A/ En volume global

	Volume ruisselé ou besoins des cultures	Débit à l'exécutoire ou pointe max
Apport par ruissellement : (S = 0,55 km ²)	27245 m ³	3,69 m ³ /s
Apport par ruissellement : (S = 137 km ²)	2150215 m ³	61,72 m ³ /s
Besoin des cultures : maïs - riz : 94217,2 m ³		0,060 m ³ /s

T.18 B/ En volume mensuel

	Mois				
	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
maïs BN	-	0	0	0	1500m ³
	-	0	0	0	150m ³ /ha
riz BN	19950 m ³	42453,6m ³	17449,6m ³	14364m ³	0
	1500m ³ /ha	3192m ³ /ha	1312m ³ /ha	1080m ³ /ha	0
apport par (0,55 km ²) (1)	27245 m ³
apport par (137 km ²) (2)	2150215 m ³
déficit ou excédent (1)	+ 7295 m ³	- 15208,6	- 9795,4	+ 12881	0
(-) (+)					
(2)	+ 2130265	+2107761,4	+2132765,4	+ 2135851	0

C/ CONCLUSION

Les apports en eau par ruissellement sont insuffisants pour satisfaire les besoins en eau des cultures en période critique, dans le cas de l'épandage des crues du BV de 0,55 km² en année décennale. Seule la variante pompage offre d'énormes potentialités. En eau pour l'exploitation par pompage.

II.2.4.17 Dimensionnement des canaux

II.2.4.17.1. Hypothèses de calcul, calculs et résultats

Débit de pointe $Q = 60 \text{ l/s}$ module $m = 30 \text{ l/s}$
 canaux en béton $k_s = 70$ section rectangulaire fruits = 0
 pente $I = 0,1 \%$; longueur au plafond =
 largeur au plafond =

Le dimensionnement se fait par la formule de Manning - Strickler en écoulement à surface libre $V = k_s \sqrt{I} (yxb/2y+b)^{2/3}$ $Q = k_s \sqrt{I} (y \times b/2y+b)^{5/3}$
 $y =$ tirant d'eau $b =$ largeur au plafond.

Le calcul s'effectue par itérations successives et par valeur approchée à

$$w = (Q/k_s \sqrt{I})^{3/5}$$

Canal principal

Tableau

section 1 - 4 $w = 0,114$ $b = 0,50$

Q amont = 60 l/s Q aval = 30 l/s q dérivé = 30 l/s	H	0,19	0,20	0,22	0,23
	W	0,0998	0,104	0,1127	0,116

Résultats	Bm	Ym	Bm ²	Pm	I	K	Vm/s
	0,50	0,23	0,113	0,96	0,001	70	0,53

Section : 4 - 10 et canaux secondaires

$w = 0,0757$ $b = 0,50$

$Q \text{ amont} = 30 \text{ l/s}$

$Q \text{ aval} = 0$

$Q \text{ dérivé} = 30 \text{ l/s}$

H	0,15	0,14	0,135
W	0,825	0,0773	0,075

Résultat

Bm	Ym	Sm ²	Pm	I	K	Vm/s
0,50	0,135	0,0675	0,77	0,001	70	0,436

II.2.4.17 Dimensionnement des déversoirs

— Hypothèses de calcul

Formule de déversoir $Q = m l \sqrt{2g} h d^{3/2}$

$m = 0,35$ seuil épais ; $H =$ marnage

module à masque type x2 1 $H = 0,145 \text{ m}$ (30 l/s) [5 ; 10 ; 15]

A/ Parcelles de maïs : déversoir de régulation

Déversoir type transversal $m = 0,40$

Tableau

Aval Qm ³ /s	m	1 H	g	Lseuil	Y	Hp	Revanche R(m)
0,03	0,34	0,145 m	9,81	0,31	0,23 m	0,085 m	0,10

B/ Parcelle de riz déversoir de régulation

Dans ce cas, la hauteur du déversoir est égale au tirant d'eau et la largeur du seuil égal à la largeur, puis que la module à masque prélève le maximum du débit.

- ~~Exemple des sections~~

Ym	gm/s	Q prélevé	L seuil (m)	HP(m)	HD	Revanche R(m)
0,135	981	0,030	0,50	0,135	0	0,20

C/ Vérification que le débit maximum est évacué en cas de fermeture de tous les modules à masque

Déversoir tronçon 1 - 7

$$Q' = 0,40 \times 0,31 \times 4,43 \times (0,14,5 + 0,15)^{3/2} = 0,088 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 88 \text{ l/s}$$

Déversoir tronçon 7 - 10

$$Q' = 0,40 \times 0,50 \times 4,43 \times (0,23)^{3/2} = 0,079 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 79 \text{ l/s}$$

d/ Tête morte épandage

$$w = 1.23$$

Qm/s	fruit	Bm	l	Rm	Bm	ks	Sm ²	P	Vm/s	Y
3,69	1	0,60	0,001	0,15	3,00	70	2,16	6,98	0,97	1,20

II.2.14.18 DRAINAGE

II.2.4.18.1. Hypothèses de calculs

Fréquence utilisée : T : durée de submersion = durée de l'averse (de longue durée)

Coefficient de montana (Ouaga-Aéro) : $\Theta = t = 72 \text{ heures} = 3 \text{ jours}$

a = 5,6 ; b = 0,5 c 7 courbe (H.P.D.F) (CIEH) annexe

t-b 1-b

$l = a$ et $P = at$ (averse de courte durée au Burkina ~~1-2~~) < 1 heure

Débit critique $q_c = 1 - e/0,36 \times i \text{ mm/h}$ 1 - e = coefficient ruissellement

= 0,60 regions plates (cf M. Poirée)

i = pluie de longue durée formule de Montana [cf cours assainissement agricole M.Poirée)

i = $1/\sqrt{\Theta}$ & durée de submersion admissible

Tableau

I	P	i	1-e	qc	q parcelle	q colature principale
1,44 mm/mm	22 mm	1,31 mm/h	0,60	2,18 l/s/ha	0,76 l/s	50,87 l/s

II.2.4.18.2. Sections des drains

- a) Colature de parcelle : on positionnera les petits fossés sans plafond
- b) Colature principale :

Tableau : section trapézoïdale en terre

Q m3/s	fruit	Dm	I	Ym	Rm	B'm	Ks	Sm2	Pm	Vm/s
0,50	1	0,50	10 ₃	0,245	0,15	1,50	30	0,184	2,19	0,2

$$w = (0,05/300 \times 0,001^{0,05})^{3/5} = 0,17$$

Y	0,20	0,22	0,24	0,245
W	0,136	0,151	0,16	0,17

c) Canal de ceinture

Tableau : section trapézoïdale en terre

$$W = (3,69/30 \times 0,001^{0,05})^{3/5} = 2,04$$

Qm3/s	Fruit	Bm	I	Ym	Rm	B'm	ks	Sm2	Pm	Vm/s
3,69	1	1,50	0,001	1,40	0,50	4,30	30	4,06	9,74	0,53

II.2.19 Gestion de l'eau : calendrier d'irrigation pour la variante pompage (cf T6) en annexe

II.2.20 Estimation des rendements

- a) pompage : Dans l'irrigation par apport contrôlé d'eau et usage d'intrant

Spéculations	Rendements
maïs	4,5 t/ha
riz	3 t/ha

b) Epannage d'eau I (maîtrise d'eau à faible coût avec usage d'intrants)

Spécifications	Rendements
maïs	3,8 t/ha
riz	3,5 t/ha

II.2.21. ETUDES FINANCIERES ET ECONOMIQUES DES VARIANTES

II.2.21.1. Devis quantitatifs estimatifs - cf NCI3 annexe des variantes (coût initial)

II.2.21.2. Compte d'exploitation : (charges et produits) (cf NC 19) annexe

II.2.21.3. Valeurs moyennes des coûts directs de réalisation des ouvrages et épannage (digues filtrantes et déversantes) (cf. T. 22) annexe

II.2.21.5. Calcul du TRI et bénéfice actualisé des variantes

COMPTE D'EXPLOITATION ANNUEL (T.N°19)

Variante pompage

Charges

semence de riz
(70 x 1330 x 90) + = 83 790
semences de maïs
+ (25 x 10 x 70) = 17 500
pour riz
(100 x 13,30 x 100) = 133 000
14 - 7 - 7 riz
(200 x 13,30 x 90) = 239 400
urie maïs
(100 x 10 x 100) = 100 000
14 - 7 - 7 maïs
(200 x 10 x 100) = 200 000
fonctionnement GMP
(137 x 10 x 100 x 7,5) = 1 027 500
Pièce de rechange
5400 x 23,3 ha = 125 820

TOTAL = 1 927 010 frs

Produits

produit : riz
4,5 x 13,30 x 1000 x 90 = 5 385 500 f
produit maïs
3 x 10 x 1000 x 70 = 2 100 000

total = 7 486 500 f

Solde = 5 559 490 frs

Variante épandage

Charges

semence de riz = 83 790
 semence de maïs = 17500
 surcochage pour riz = 13300
 14-7-7 Riz = 239 400
 surcochage de maïs = 100 000
 14 - 7 - 7 maïs 200 000
 charge d'entretien riz (diguette)
 $0,186 \times 3150\ 000 = 585\ 900$
 charge entretien maïs (diguettes)
 $0,21 \times 2100\ 000 = 441\ 000$

TOTAL = 1800590 /an

Produits

produit riz =
 $3,5 \times 10 \times 1000 \times 90 = 3150\ 000$
 Produit de maïs
 $2,5 \times 10 \times 1000 \times 70 = 1\ 750\ 000$

TOTAL 4 900 000 F/ an

Solde = 3099410 F/an

Tableau T 22

Valeurs moyennes des coûts directs de réalisation des ouvrages en épandage (digues filtrantes et deversantes).

sources dossier N° 12 le point sur maîtrise des crues dans les bas-fonds ouvrages ayant servi au calcul des valeurs moyennes.

OUVRAGE	LIEU	COÛT DIRECT	SURFACE	COÛT/HA	COÛT/HA/AN
Digues deversantes et filtrantes					
Boubouya	Mali	2435000	20 ha riz 6 ha mar	94000	9400
Fournia Birgo	Mali	1765000	20 ha riz 4 ha mar	74000	7400
Fournia moribougou	Mali	2275000	12 ha riz 5 ha mar	134000	13400
Mambori	Mali	1600000	30 ha riz 5 ha mar	46000	4600
Gabions (diguette) Bidi	Burkina Faso	650000	12 ha riz	430000	43000

- Dans le cas des digues déversants et filtrants, le calcul du coût /ha/an est réalisé sur la base de 10 ans de fonctionnement de l'aménagement.

La moyenne du coût à ha est de 87 000 frs

- Dans le cas des gabions il est de 43 000 frs

- Dans le cas des pierres libres il est de 21 750 frs

Tableau T'22

Valeur des charges d'investissement de base par rapport aux produits potentiel de la culture

Type d'ouvrage	Valeur charge/produits %	Base d'estimation
- Barrage de stockage	50 %	riziculture de saison des pluies (irrigation d'apport)
- Digue déversante	62 %	riziculture de saison des pluies submersion semi contrôlée
- digue filtrante pierres libres	21 %	sorgho pluvial et maïs
- digue filtrante en gabions	31 %	riziculture de saison des pluies submersions

II.2.21.5. Calcul du bénéfice actualisé et du TRI

a) Investissement et renouvellement actualisés (variante pompage)

$$I = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+a)^t}$$

durée de vie projet	Invest. initial	Renouv. pompe 6 année	Renouv. M.H 11è année	Renouv. pompe 12è année	Renouv pompe 17è année
20 ans	97 768 905	650 000	4 680 000	650 000	650 000

Taux actualisation	1 %	2 %	3 %	5 %	8 %	10 %
Investissement actualisé	103701116,8	102703144,3	102542759	106005181,20	100618885,7	100111233,40

b) Variante épandage $I = I_0$

c/ Bénéfice actualisés des variantes $\bar{B} = -\bar{I} + \sum_{t=1}^n (R_t - D_t) / (1+a)^t$

1° Pompage

Taux d'actualisation	1 %	2 %	3 %	15 %	8 %	10 %
Bénéfice actualisé	2547132,56	-6876202,99	-15070891,25	-284748221,64	-43190791,67	-50434807,14

2° épandage

Taux d'actualisation	1 %	2 %	3 %	15 %	8 %	10 %
Bénéfice actualisé	14079482,74	8825982,79	4257452,45	-3215225,06	11419363,33	-15457894,56

d/ Courbes bénéfiques actualisés et taux d'actualisation Ci-jointe

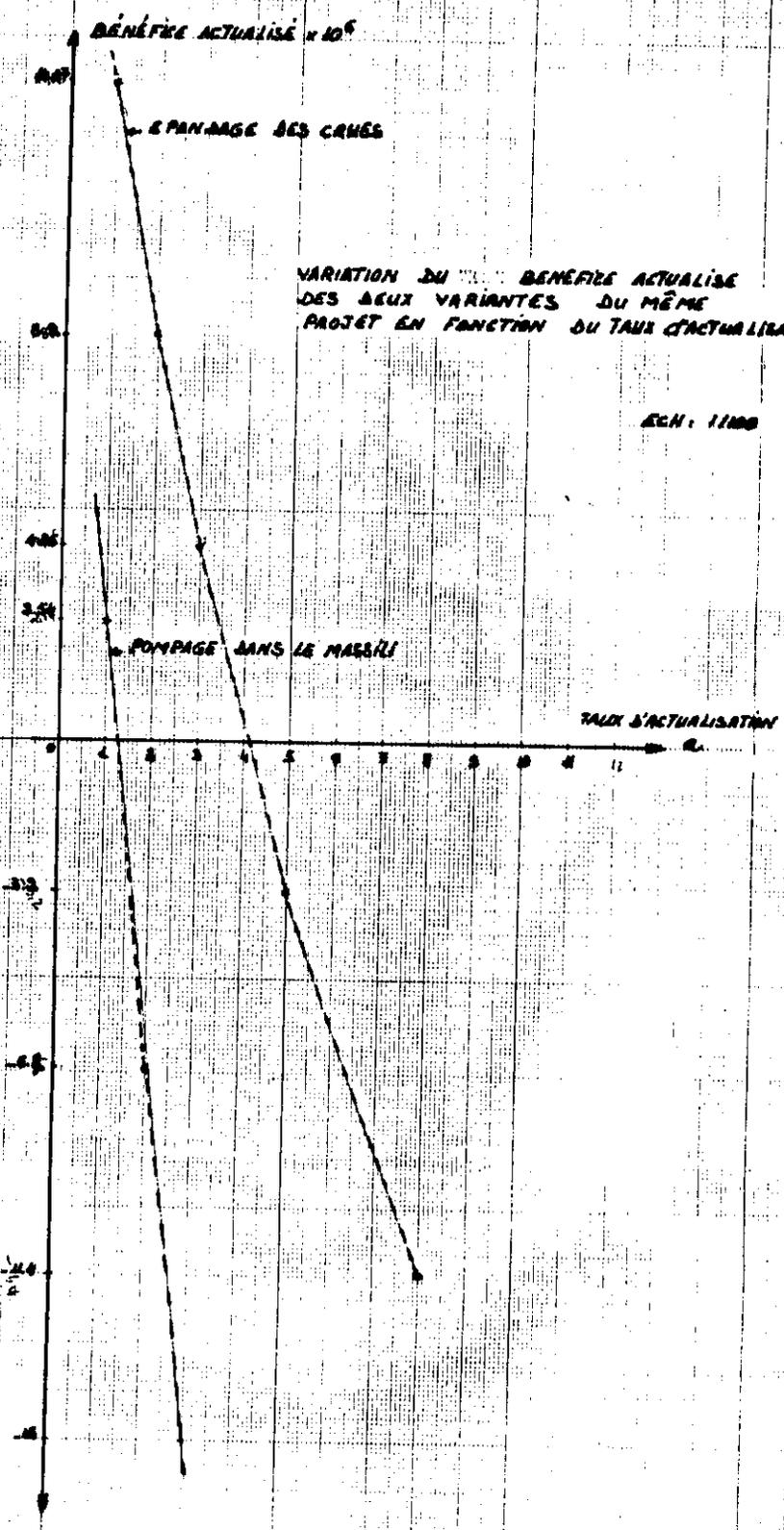
e/ Détermination des taux de rentabilité interne

1°) Variante pompage TRI = 1,30 %

2°) Variante épandage TRI = 4,20 %

Les courbes des deux variantes ne se coupent pas dans le domaine des valeurs possibles de a et restent superposées. (8% - 15 % PVD) cf cours EIER)

Dans ce cas la variante épandage reste la plus intéressante avec un TRI = 4,20 % bien que inférieure à 8 %. En effet ce qui intéresse le décideur ici n'est pas de savoir si en soi le projet est rentable ou non, mais de comparer les deux variantes. (Choix entre 2 variantes)



ETUDE SYNTHETIQUE DES DEUX VARIANTES T. 23

Variante pompage

Variante Epannage de crue

* Disponibilité des ressources en eau : ressources en eau suffisante pour des apports en recurrence decennale soit un volume de 2150215 m3 pour permettre un pompage pendant le cycle cultural.

* Risque en cas de retard pluviométrique au champ : le déficit est automatiquement compensé par apport par pompage. Les cultures ne sont pas soumises au aléas climatiques au champ. (maïs)
 * Contrôle de l'irrigation : les débits et doses sont contrôlés grâce aux appareils hydrauliques installés.

* Coût d'investissement : l'investissement initial est onéreux
 97768305 francs auquel s'ajoutent un coût de fonctionnement élevé 1 027 500 francs et des renouvellement sur la vie du projet.
 * Rendement /ha : les rendements sont élevés du fait de la maîtrise complète de l'eau, l'adaptant au développement de la plante : riz = 4,5 t/ha maïs = 3 t/ha

* Dépendance : les apports sont tributaires des apports du BV.
 Taux de rentabilité interne TRI = 1,30 % faible
 * Compte d'exploitation cependant soldé positivement par an soit 5 559 490 frs.
 * Adaptabilité au milieu : technique exigeant la mise en place d'un système de gestion et d'assistance technique gonflant en plus les charges d'un projet déjà non rentable. Peu adapté dans le contexte d'aménagement de bas-fond de faible superficie.

* Disponibilité des ressources en eau : ressource en eau insuffisante en période de pointe (cf T'18).

* Risque : le calendrier cultural est tributaire du début des précipitations et les cas de retards pluviométriques à l'intérieur du cycle végétatif sont préjudiciables aux récoltes. Agricultures totalement tributaire des apports climatiques et soumise aux aléas climatiques.
 * Contrôle des débits : pratiquement pas de contrôle de débit en parcelle, les crues étant exploitées au maximum. Les épannages sont tributaires de la topographie.

* Investissement : investissement inférieur à ceux de la variante pompage 41846271,3 frs sans investissement de renouvellement cependant dépenses d'entretien annuelles relativement importantes : 1026900 frs.
 * Rendement à l'ha les rendements sont moyens et supérieur à la culture traditionnelle. Il s'agit d'une forme améliorée d'épannage avec usage d'intrants et maîtrise moyenne de l'eau à faible coût : riz 3,5 t/ha maïs : 2,5 t/ha.

* Dépendance : technique tributaire des apports pluviométriques au champ et exposant les cultures aux aléas climatiques.
 * Taux de rentabilité TRI = 4,20 % taux faible, cependant supérieur à celui de la variante pompage.
 * Adaptabilité : type d'aménagement adapté au milieu rural dans le cadre d'aménagement villageois par des subventions de mise en place de projet.

DEBIT DE POMPAGE 60 l/s

ROTATION ENTRE	MODULE	PARCELLES	TEMPS / Parcelle
EN APPOINT MAIS TOUS LES 7 J. $S_1; S_2; S_3; S_4$	30 l/s	M_1, M_2, M_3, M_4 M_5, M_6, M_7, M_8 $M_9, M_{10}, M_{11}, M_{12}, M_{13}$ $M_{14}, M_{15}, M_{16}, M_{17}, M_{18}$ $M_{19}, M_{20}, M_{21}, M_{22}, M_{23}$ $M_{24}, M_{25}, M_{26}, M_{27}, M_{28}$ M_{29}	30 mn
APPORT TOUS 7 JOURS $S_5; S_6; S_7$	30 l/s	$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ $R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}$ $R_{14}, R_{15}, R_{17}, R_{18}, R_{19}$ $R_{20}, R_{21}, R_{22}, R_{23}, R_{24}$ R_{25}	1h. 30 mn
$S_8; S_9; S_{10}$	30 l/s	$R_{26}, R_{27}, R_{28}, R_{29}$ R_{30}, R_{31}, R_{32} $R_{33}, R_{34}, R_{35}, R_{36}$ R_{37}, R_{38}, R_{39}	1h. 30 mn

L'irrigation d'appoint se fera en dehors des heures normales de pompage ~~normales~~.

II.2.22.6. Choix de la variante

Des études techniques, économiques et financières qui viennent d'être faites il ressort qu'aucune des variantes n'est rentable. cependant les TRI permettent de préférer la variante épandage qui malheureusement ne permet pas la satisfaction des besoins en eau des plantes pour les superficies estimées.

II.2.23.7. Intérêt du micro-aménagement par rapport à d'autres aménagements classiques de bas-fond.

Ce micro aménagement sort du système classique de concept de bas-fond se définissant comme des vallons et petites vallées qui constituent les grands axes de drainage des eaux en provenance des versants amonts, d'où un cours d'eau temporaire existe avec un lit mineur. Pris dans la toposéquence, dans les unités géomorphologiques le caractérisant et dans la morphologie même du concept, le bas-fond du massili est un lieu d'accumulation des eaux en provenance des versants amonts et qui subit l'influence du lit majeur de la rivière massili en hivernage.

L'intérêt de l'aménagement de ce site réside, par rapport à d'autres sur les techniques et variantes possibles utilisables pour sa mise en valeur

- drainage à effectuer
- l'irrigation gravitaire avec ses deux variantes possibles
 - * pompage d'eau du massili
 - * épandage d'eau de crue de ruissellement
- les techniques d'aménagement possibles
 - * aménagement en casiers de submersion avec contrôle de l'irrigation.
 - * aménagement des diguettes filtrantes ou déversantes.

Ces variantes ne sont malheureusement pas toujours fréquentes dans la plupart de bas-fond au Burkina où la tendance est le stockage pour une gestion plus rationnée de l'eau en période sèche.

III CONCLUSION

Dans beaucoup de pays, le développement agricole constitue un problème d'importance majeur, qui se heurte fréquemment au grave obstacle des aléas climatiques. La déficience et l'irrégularité de la pluviométrie, en particulier constituent les plus importants facteurs limitant la production agricole. Dans ces pays, le développement de l'économie repose donc sur l'extension massive de l'irrigation hors de laquelle beaucoup d'entre eux ne pourraient assurer à leur production agricole une croissance suffisante. Cette extension conduit donc à la création ou à l'aménagement de périmètres irrigués avec recherches de variantes peu onéreuses, mais assurant une bonne productivité et une rentabilité de fonds investis c'est donc dans ce sens que la présente étude a été faite.

En effet, si les comptes d'exploitation des deux variantes sont soldés annuellement positifs 5550490 pour le pompage et 30 99410 f pour l'épandage, les taux de rentabilité eux sont respectivement 1,30 % et 4,20 % ce qui fait de ces projets, des projets non rentables ou mieux des projets avec rentabilité lointaine. ||

Ainsi donc, la variante pompage présente un investissement initial important une garantie des apports en eau pour l'irrigation, cependant une rentabilité trop faible . Quant à la variante épandage, elle présente un investissement initial faible des apports en eau soumis aux aléas climatiques, un taux de rentabilité interne supérieur à celui du pompage, cependant des apports en eau insuffisants en période de pointe. ~~De~~ ces raisons, aucune variante n'est retenue.

Pour

ANNEXES

E. T. P. PENNAM T9

A1

Mois	$\eta(x)$	F(0.7)	F(0.8)	F(0.9)	Moy(x)
J	11	164	167.7	169.8	157.9
F	12	174.3	179.1	181.9	168.10
M	11	218.3	222.2	227.8	211.8
A	10	211.3	216.10	222	204.7
M	8	220.9	225.8	232.7	212.8
J	10	186.2	192.8	200.8	176
J	10	157.6	160.7	165	152.5
A	11	145.5	147.8	151	141.8
S	11	144.6	147.6	151.7	139.7
O	11	162.1	171.5	176.3	162.4
N	12	158.6	162.3	167.3	152.5
D	11	152	155.3	159.3	146.8

ETUDES DE DAT ST FOULC ; O. GILARD ; H. PIATON
(C.I.E.H)

COEFFICIENTS CULTURAUX k_c (PENNAM)

PERIODE	INITIAL	DEVELOP.	MATURE	RECOLTE
RIZ	1.10	1.10	1.25	1.00
MAIS	0.35	1.00	1.15	0.60

SOURCE FAO BULLETIN N°

LAMINAGE DE LA CRUE DE LOUMBILA

"TRY AND ERROR" METHOD T5

TEMPS Q ENTREE	Q Moy ENTREE	VDL ENTREE	MIVEAU LAME EAU	Q SORTIE	Q MOY. SORTIE	VDL SORTIE	VDL (ENT)	VDL (SORT)	LAME EAU REELLE	HAUTEUR DEVERS.	OBSERV.
T ₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T= 2 140	70	504000	0,10 0,103	23,20 31,82	11,6 1,91	83520 13752	480480	4902442	0,024 0,029	0,03	
T= 4 280	210	1512000	0,10 0,11	23,2 26,8	13,5 15,3	97272 110232	141472	140176	0,0837 0,083	0,11 0,11	
T= 6 410	345	2484000	0,20 0,25 0,24 0,20	65,7 91,9 86,40 81,10	16,2 59,3 56,6 53,9	333000 427320 407520 388440	215100	205668 207648 209556	0,127 0,121 0,1222 0,124	0,237 0,231 0,233 0,234	
T= 8 550	480	3456000	0,30 0,35 0,37 0,38	120 152 165 172	100 116 123 127	723960 839160 885960 911160	273204	261624 257004 264484	0,161 0,155 0,152 0,150	0,39 0,385 0,382 0,383	
T= 10 680	615	4428000	0,45 0,50 0,55 0,54	221 259 299 291	196 215 235 231	1414800 1551600 1695600 1668200	301320	287640 273240 276120	0,178 0,17 0,16 0,163	0,558 0,55 0,54 0,543	
T= 10,5 650	655	1197000	0,60 0,59 0,58	341 333 324	316 312 307	568800 561600 553500	628200	635400 643500	0,037 0,0376 0,0381	0,58 0,5806 0,58	
T= 11 620	635	1443000	0,65 0,62 0,61	385 358 350	354 341 337	638100 613800 606600	504900	529200 536400	0,0299 0,031 0,032	0,61 0,612 0,613	
T= 14 410	515	552000	0,75 0,70 0,69	477 430 421	413 390 385	1465800 1212000 1163400	109620	135000 139868	0,065 0,08 0,083	0,678 0,693 0,69	

CRUE DE LAMINAGE: 650 m³/A

DEVIS QUANTITATIF

ESTIMATIF VARIANTE POMPAGE

T19 NC13

DESIGNATION	U	QTE	P.U	P.T
A/ Aménagement Perimetre				
A-1 Cubature de terre				
- Canal principal				
remblais	m ³	178296	1200	2103552
deblais	m ³	154932.2	1800	2788779.6
- Canaux secondaires				
remblais	m ³	3807.96	1200	4569552
deblais	m ³	3010.871	1800	5419207.8
A-2 lit de mabbous				
- Canal principal	m ³	107.52	5800	623616
- canaux secondaires	m ³	422.90	5800	2449920
A-3 Bâton 250kg/m ³				
Canal principal + canaux	m ³	26.253	60.000	1612800
secondaires	m ³	105.86	60.000	6339600
A-4 Agglomeres pleins				
- Canal principal	m ²	251.38	8000	2058240
- Canaux secondaires	m ²	1125.40	8000	9012000
A-5 module a masquin				
x2 300/11 L x 32cm (8-10-11/10)	U	10	200.000	2.000.000
A-6 Vanettes inox prise	U	67	40.000	2680.000
A-7 mouvement terre quinte	m ³	165.68	18000	2982240
A-8 lite principale	ml	768m	2000	1536000
A-9 joints secondaires	ml	3520m	1100	3872000
A-10 debranchage	Forfait	23.3 lra	10.000.000	10000000
B/ STATION POMPAGE				
B-1 BA 350kg/m ³	m ³	59.66	110000	6692260
B-2 peul descendant 250kg/m ³	m ³	146.385	70.000	10246950
B-3 pompe mono Horizontale				
1100t/mn	U	2	650.000	1300000
B-4 Groupe electogene de				
Acoula 9kVA (10kw)	U	1	2300.000	2300000
B-5 armoire de commande				
+ protection 7 Amps install	U	1	2500.000	2500000
B-6 accessoires station				
(Canaux, brides etc - -)	Forfait		2000000	2000000
TOTAL				850159174Fr
IMPREVUS 15%				
COÛT				97 768 305 Frs

DEVIS QUANTITATIF

A4

ESTIMATIF VARIANTE EPANDAGE

T19

NC13

DESIGNATION	U	QTE	P.U	P.T.
A/OUVRAGE				
Digue FILTRANTE en Gabions	m ³	300	15000	4500 000
Collecteur d'eau aval BA 350 kg/m ³ 19. ELEVATION et PLAT	m ³	9202	120.000	1104240
Maçonnerie de maillons	m ³	13	32000	416000
Tête amate de canal Béton 250kg/m ³ CPA	m ³	182.7	70.000	12789000
Canal de ceinture en terre de blocs	m ³	3084.29	1800	5551728
B/ Aménagement du périmètre				
mise en place des digues filtrantes et filtres à colmatés	ha	23.3	87000	2027100
Debroussaillage	FORFAIT	10.000.000	10.000.000	10.000.000
TOTAL				36388062
Impress 15%				
COÛT	:	41 846 271 Frs.		

NCB
 Ex. 5 Ajustement d'un échantillon de Pluies journalières max. à la loi de Gumbel.

N°	P_{24}	Frd. $= \frac{m}{n+1}$	années	Htém.
1	34.70	0.04	1 9 6 1	42
2	36.70	0.08	6 2	67.2
3	37.50	0.12	6 3	50.8
4	39.80	0.16	6 4	53.9
5	42.	0.20	6 5	61.30
6	46.10	0.24	6 6	58.4
7	52.70	0.28	6 7	60.9
8	50.50	0.32	6 8	58.2
9	53.90	0.36	6 9	62
10	58.20	0.40	7 0	73.40
11	58.40	0.44	7 1	75
12	60.20	0.48	7 2	60.2
13	60.90	0.52	7 3	74.70
14	61.30	0.56	7 4	87.8
15	62.00	0.60	7 5	90
16	63.70	0.64	7 6	58.7
17	67.10	0.68	7 7	63.7
18	71.30	0.72	7 8	71.7
19	73.40	0.76	7 9	-
20	74.70	0.80	80	84.7
21	75.	0.84	81	102.5
22	87.80	0.88	82	46.5
23	90	0.92	83	36.7
24	102.5	0.96	84	39.8
			85	37.5

№2

III-2-3 ajustement d'un échantillon des pluies annuelles OUAÇA-Aéroport. (Totaux annuels).
Loi de Gauss.

Nº	Pan	$F_{nd} = \frac{i}{n} - \frac{i}{2n}$
1	593,20	0,017
2	635,30	0,052
3	648,10	0,086
4	656,70	0,12
5	705	0,155
6	726,40	0,189
7	728,80	0,224
8	740,80	0,259
9	745,90	0,293
10	755,60	0,328
11	760,20	0,362
12	764,40	0,396
13	766,40	0,431
14	771,00	0,465
15	773,60	0,50
16	803,60	0,534
17	852,20	0,569
18	890,60	0,603
19	924,10	0,638
20	940,40	0,672
21	949,90	0,707
22	993,40	0,741
23	994,30	0,776
24	1045,30	0,81
25	1060,00	0,844
26	1077,25	0,879
27	1103,20	0,914
28	1106,20	0,948
29	1125,20	0,983

Années	Hteur.
1958	771
53	890,60
54	949,90
55	940,40
56	1077,25
57	993,40
58	766,40
59	994,30
60	803,60
61	705
62	1182,20
63	656,7
64	1103,2
65	852,20
66	648,10
67	760,40
68	773,60
69	1045,30
70	728,80
71	726,40
72	1060,00
73	765,90
74	924,10
75	755,60
76	1106,20
77	635,30
78	764,40
79	740,80
80	593,20

C.I.E.H.

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

COURBES HAUTEUR DE PLUIE-DUREE-FREQUENCE

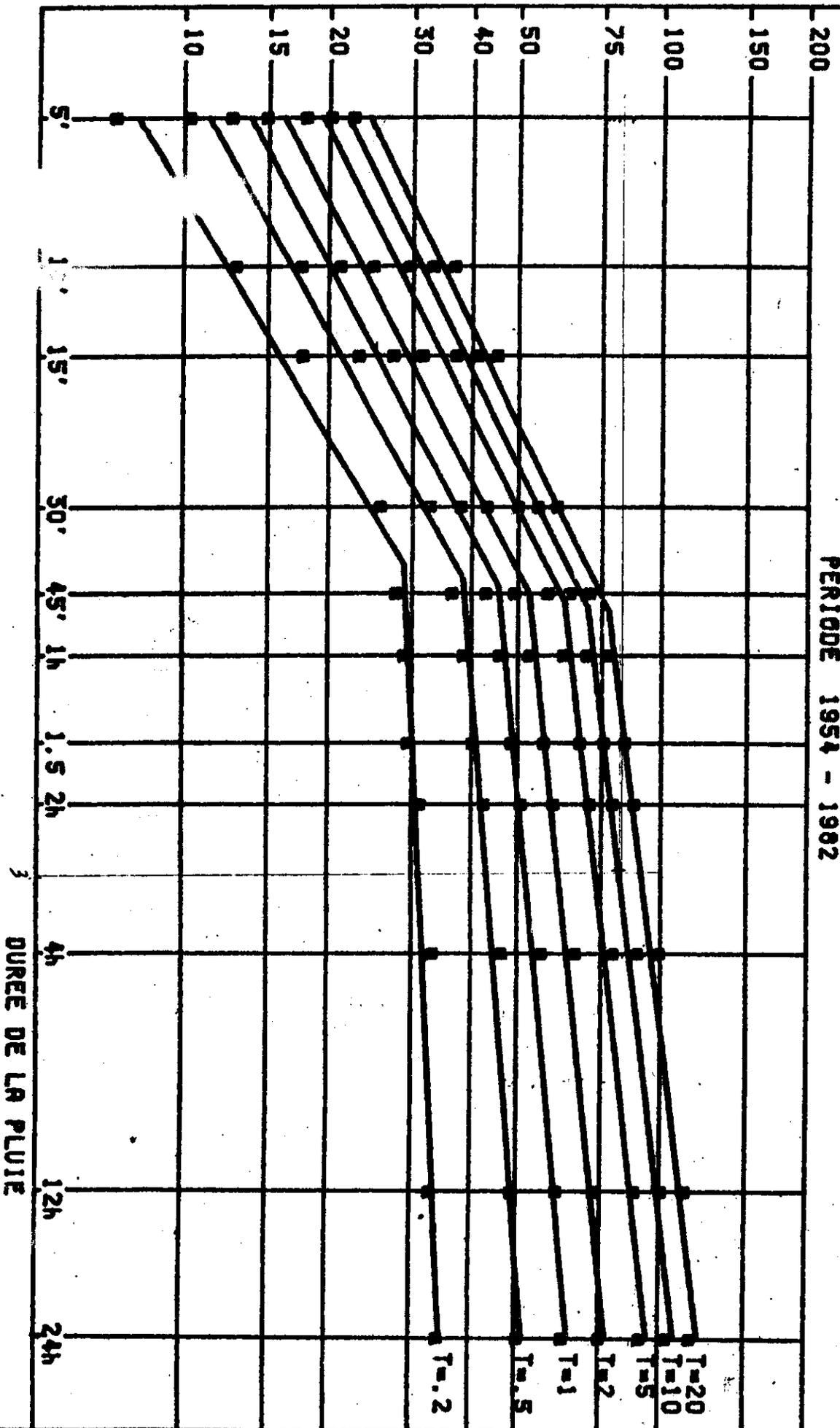
OUAGGA-AERO

HAUTE-VOLTA

PERIODE 1954 - 1982

GRAPHIQUE A23

HAUTEUR DE PLUIE (MM)



DUREE DE LA PLUIE

T=20
T=10
T=5
T=2
T=1
T=0.5
T=0.2

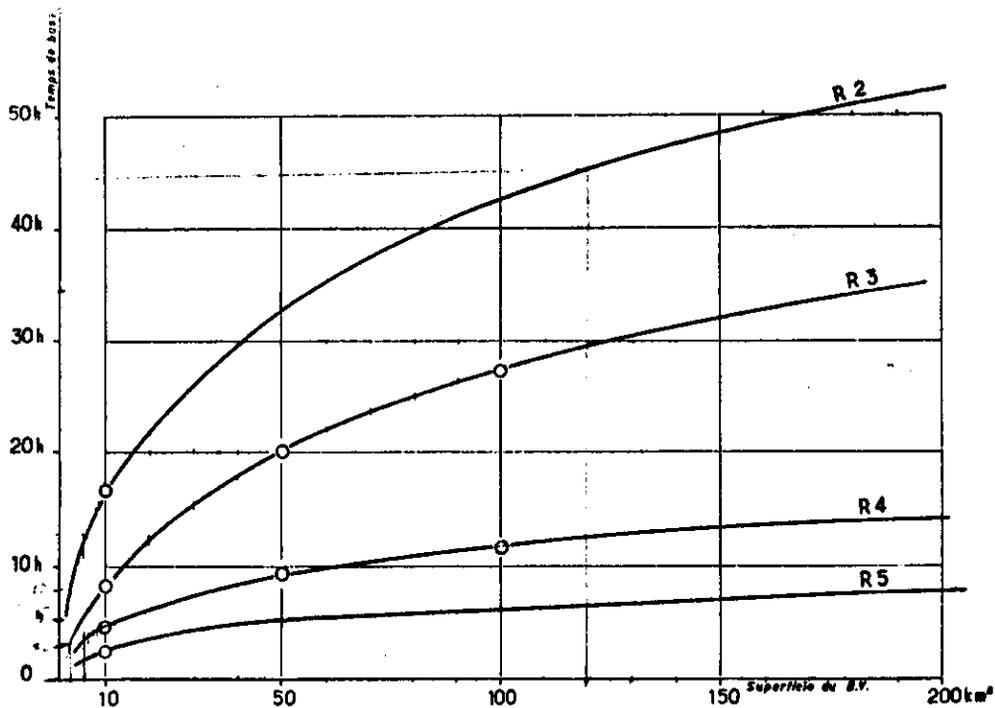


Fig. 35. Régimes subdésertiques et sahéliens. Temps de base en fonction de la superficie du bassin (d'après ORSTOM).

D. Bassins de superficie comprise entre 120 et 200 km²

Les trois paragraphes précédents se rapportent à des bassins de moins de 120 km². Pour les bassins homogènes, de superficie supérieure à 120 km², il est préférable de calculer le débit spécifique de crue décennale par une simple règle de trois.

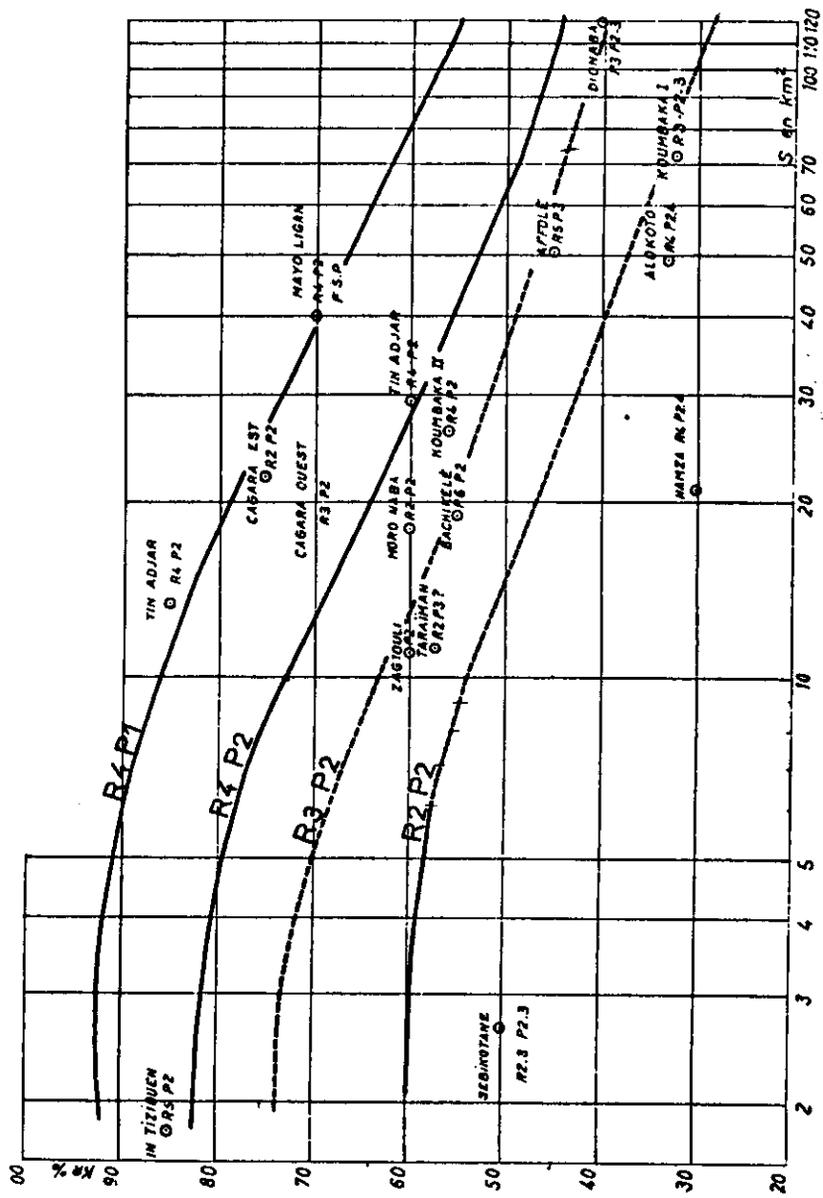
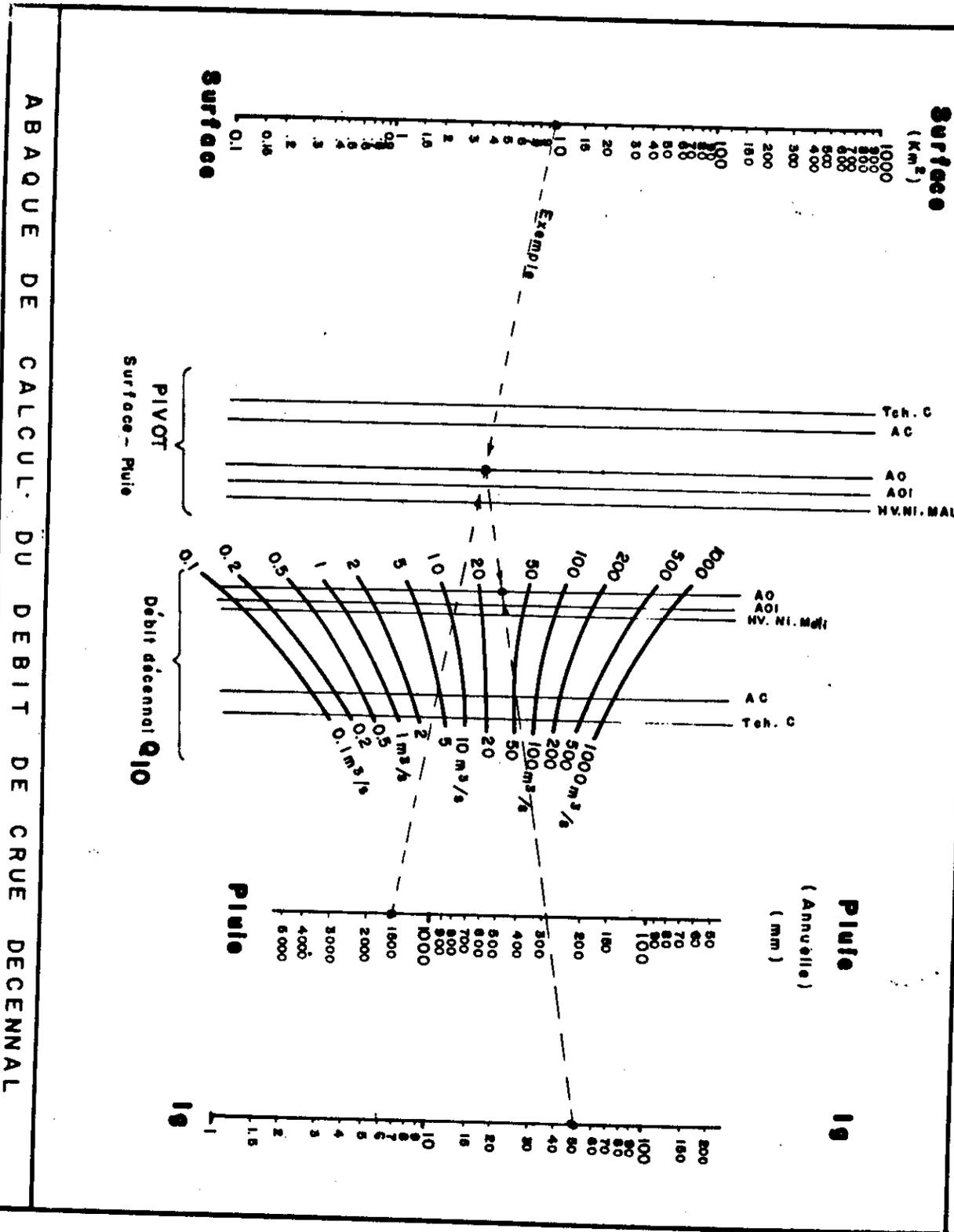


Fig. 32. Coefficient de ruissellement. Régimes sahéliens et subdésertiques (P varie de 150 à 800 mm). Perméabilité P₁-P₂ (d'après ORSTOM).



ABOQUE DE CALCUL DU DEBIT DE CRUE DECENNAL

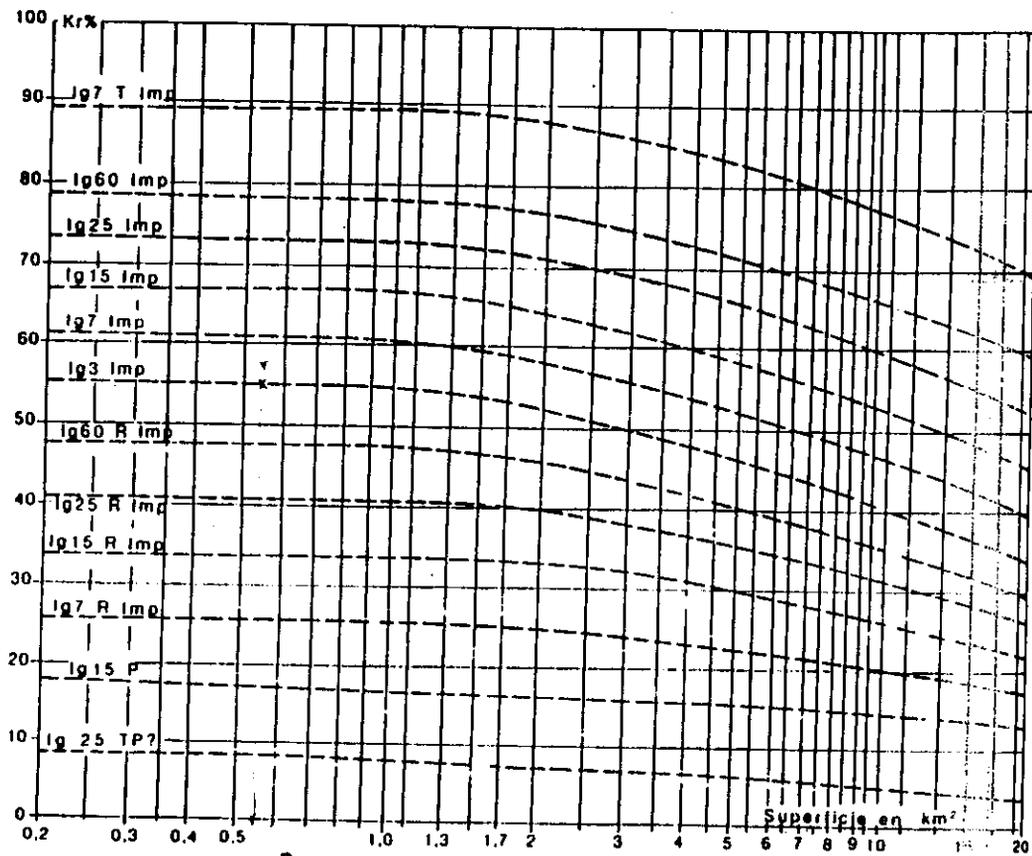
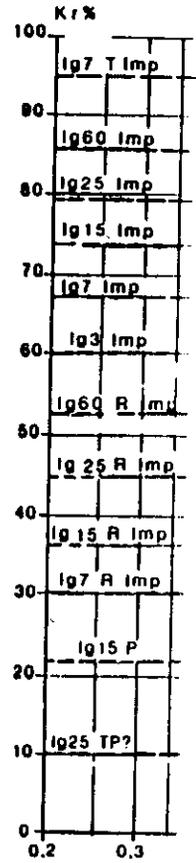


Fig. 2. REGIMES SAHÉLIENS ET SUBDESERTIQUES
 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT POUR PRÉCIPITATION PONCTUELLE $H=70mm$
 (Tornade simple + averse secondaires)



COEFFICI

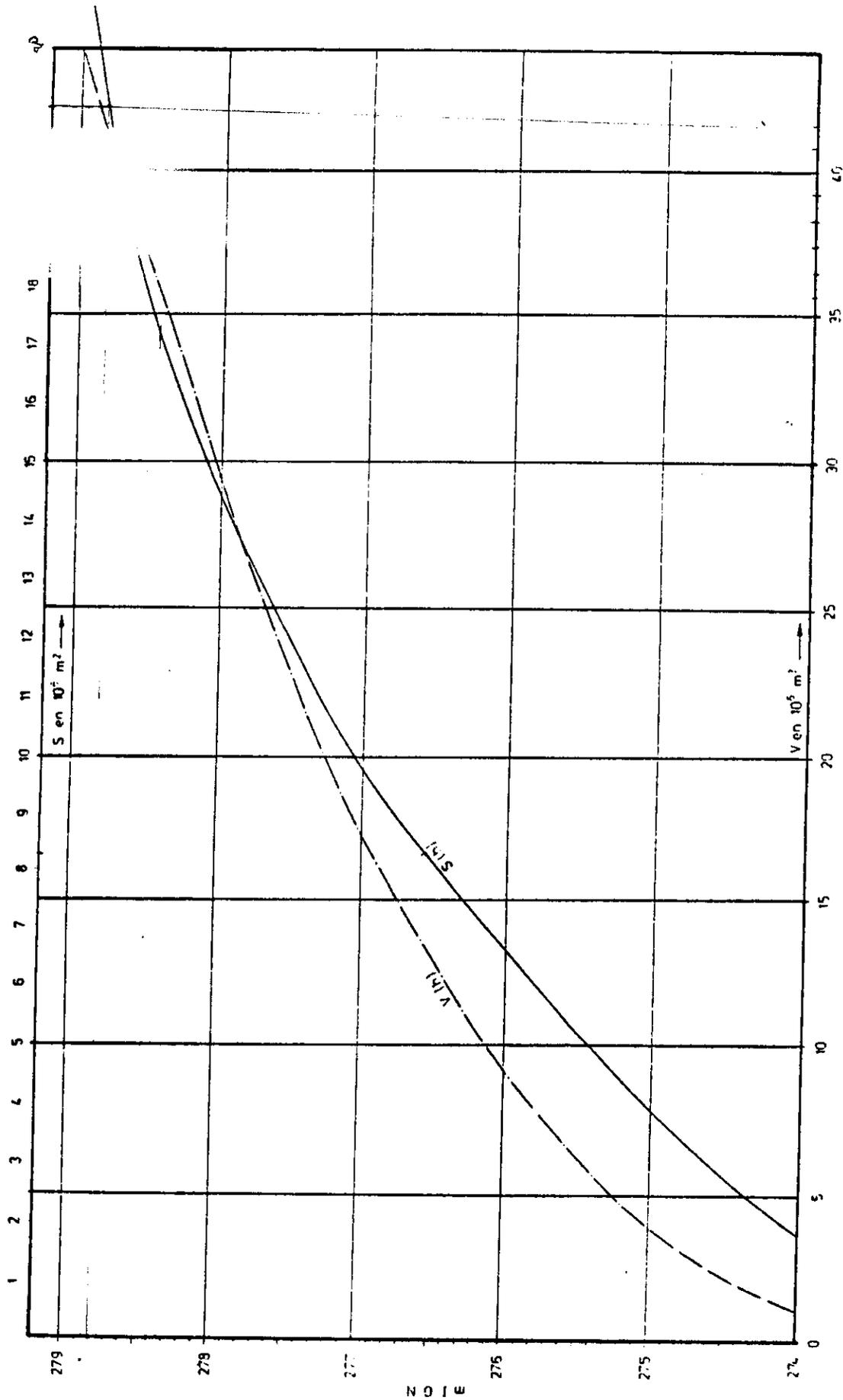
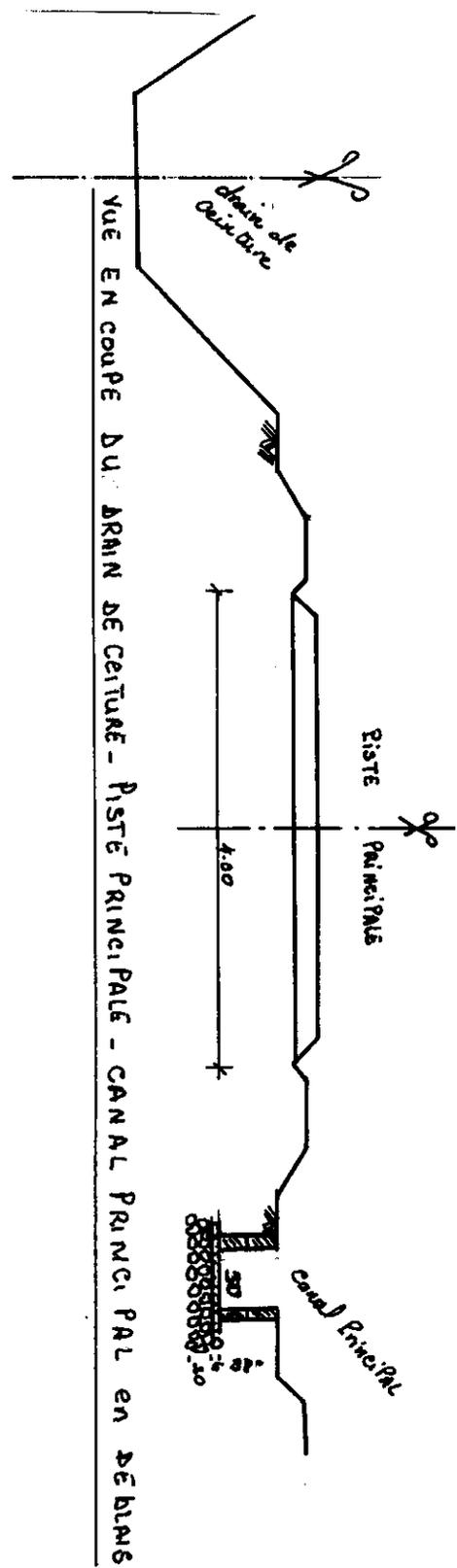
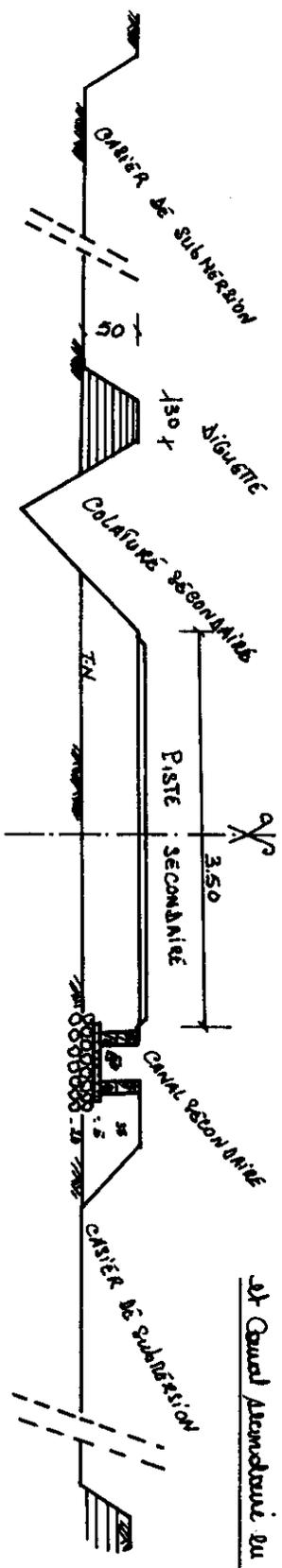


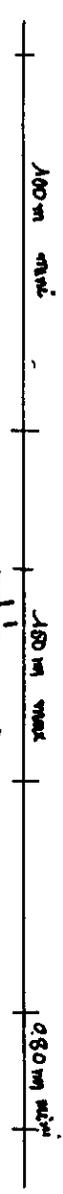
Fig. 4.2: Barrage de Loumbila, courbe hauteur-surface, courbe hauteur-volume



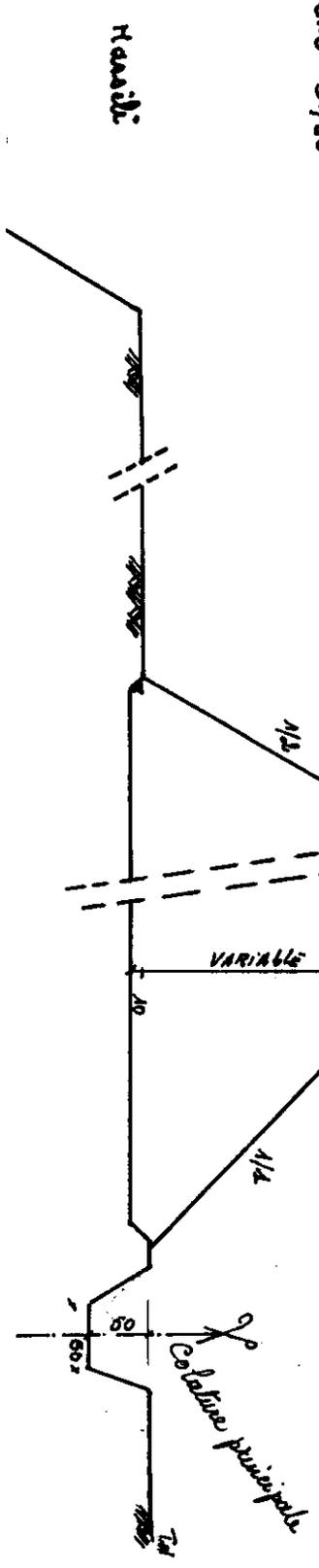
1/50



et Canal Amontourné au rattachement



Echelle 1/50



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D INGENIEUR de l'équipement rural EIER Ouagadougou

Bassin versant du drain lateral : 0,55 km²

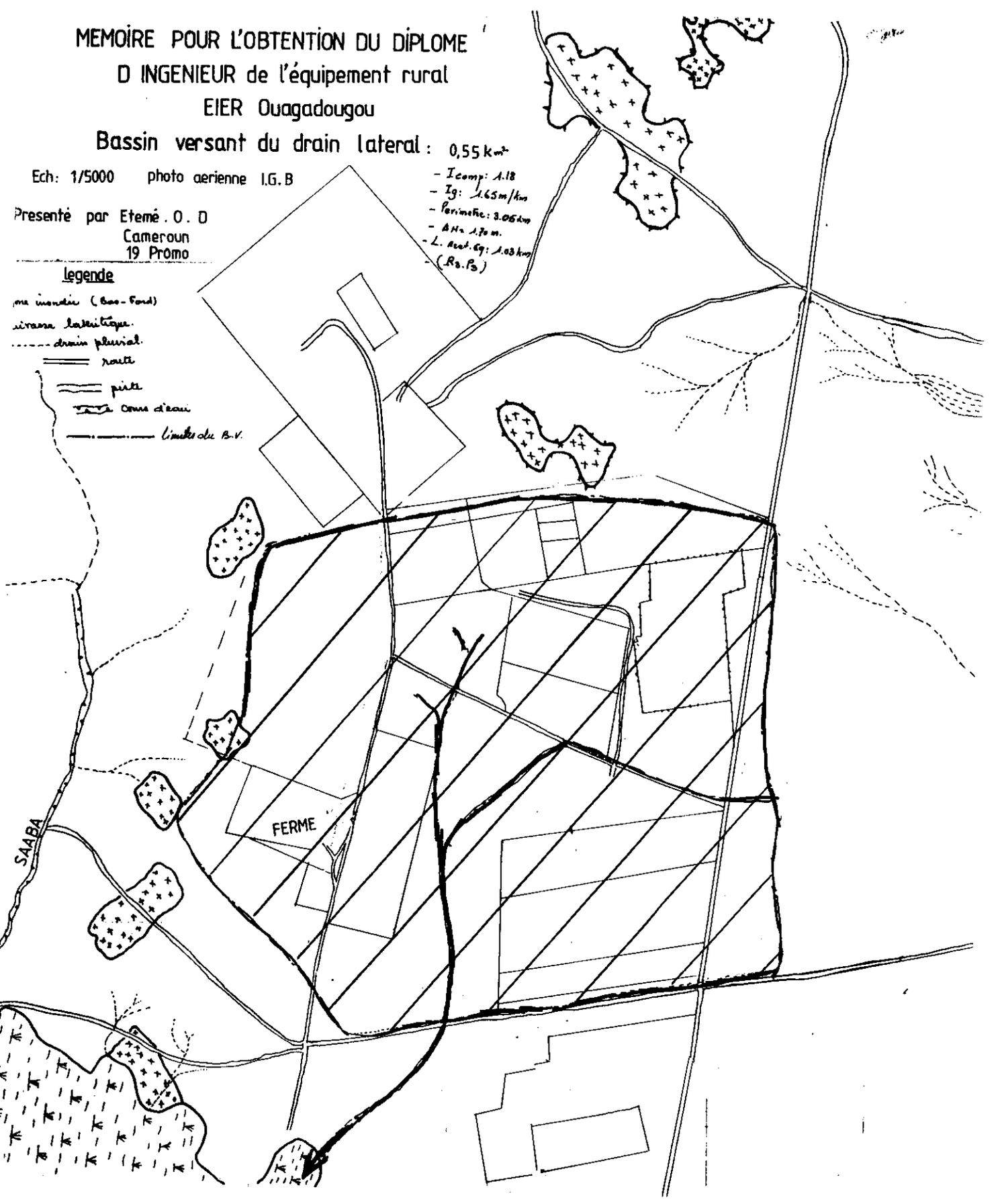
Ech: 1/5000 photo aerienne I.G.B

Presenté par Etemé. O. D
Cameroun
19 Promo

- Icomp: 1.18
- Ig: 1.65m/km
- Perimetre: 3.05km
- AN: 1.70m
- L. Nat. G: 1.03km
(R₀.P₀)

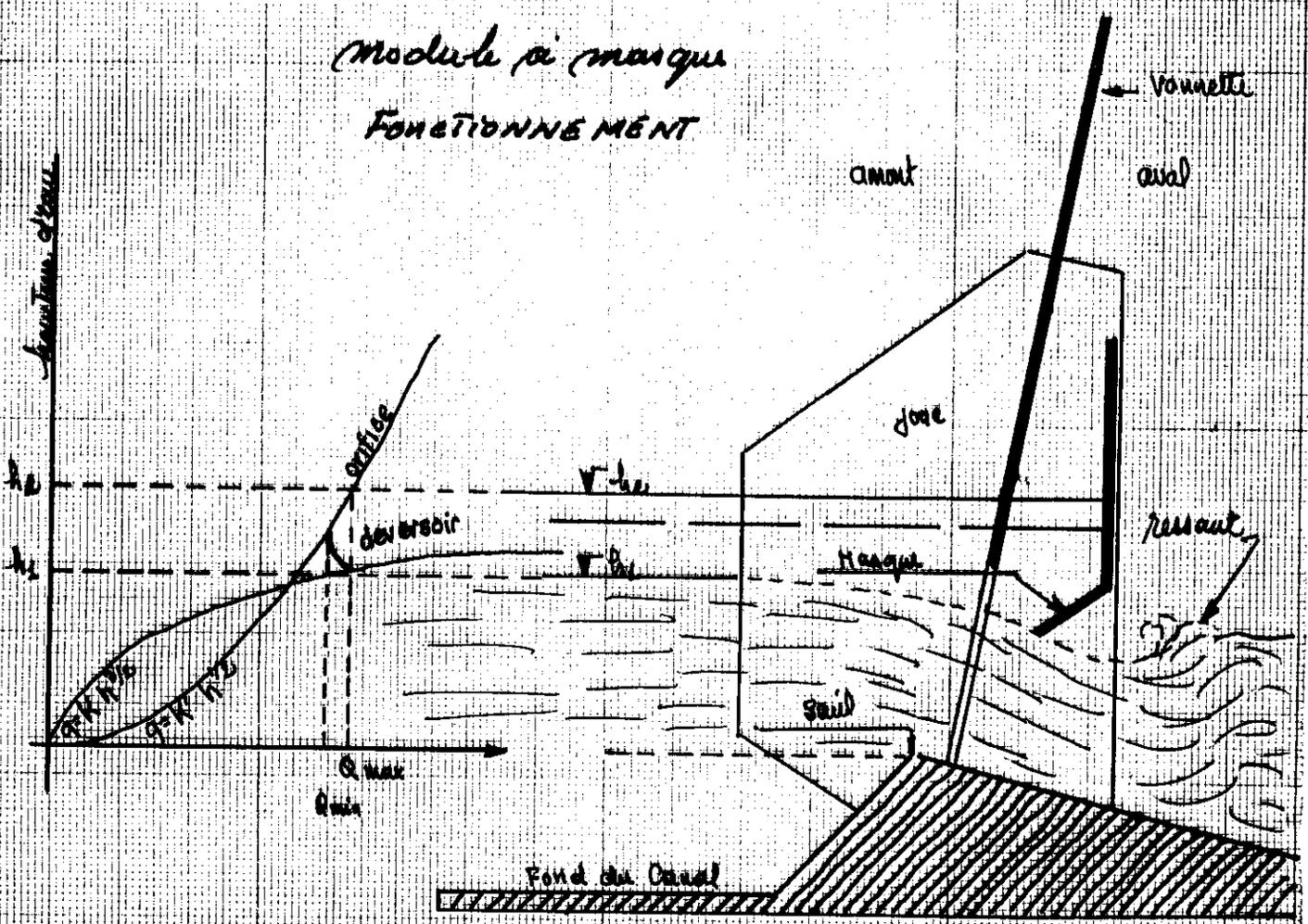
legende

- ma inondie (Bou-Fond)
- avarsa lakbitique
- drain pluvial
- ==== route
- ==== piste
- ~~~~~ Cours d'eau
- limite du B.V.



(S+)

Module si masque FONCTIONNEMENT



II.1.2. Calcul du seuil déversant

II.1.2.1. Eléments de calcul

débit $Q = 696 \text{ m}^3/\text{s}$; seuil noyé $Z < 2/5 \text{ Hd}$ / coef. du débit $m = 0,40$

$$\text{Hd}/E > 2 == 1,30/0,5 > 2$$

$$m' = m (1,05 + (0,21 \times \text{Hd} + \text{Ho}) \times 3 \sqrt{2}/40$$

$$Q = m'l \sqrt{2g} \text{ Hd}^{3/2}$$

Le projecteur propose un seuil de 1,00 m de haut au-dessus des TN, une lame déversante de 1,30 m avec une revanche de 0,5 m. (en crue)

$Z < 0,4 \times 1,30 \text{ m}$ $Z < 0,52 \text{ m}$ Le projecteur retient $Z = 0,5 \text{ m}$

$$m' = 0,40 (1,05 + (0,21 \times 1,30 + 1,00) \times 3 \sqrt{0,50/1,00} = 1,25$$

$$L = 696 \text{ m}^{3/\text{s}} / 1,25 \sqrt{2} \times 9,81 \times 1,30^{3/2} = 84,80 \text{ m}$$

2. Bassin versant de 137 km^2

Calcul du volume ruisselé sur le BV. 131 km^2

Volume d'eau précipité sur le B.V.

$$V_p = \& \times P_{10} \times 24 \times 3$$

$$= 0,73 \times 0,086 \times 137,10^6$$

$$V_p = 9600860 \text{ m}^3$$

Volume effectivement ruisselé

$$V_R = K_{r10} \times V_p \quad \& = 0,73$$

$$= 0,25 \times 8600860 \text{ m}^3 \quad K_r = 25 \%$$

$$V_r = 2150215 \text{ m}^3$$

Le volume supposé s'écoulé après une précipitation ponctuelle est de 2150215 m^3 et drainé par le massili en année décennale.

Pour un temps de base estimé à 30 heures de débit moyen

$$M = 2150215 \text{ m}^3 / 30\text{h} = 71673,8 \text{ m}^3/\text{h} = 19,91 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le coefficient de pointe $K = 3,10$

$$Q_{\text{pointe}} = 71673,8 \times 3,10 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 222188,78 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{pointe}} = 61,72 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.2.6. Calcul Gumbel

Solution analytique

$$mq = x = 60,795 \text{ mm} \quad = 17,57 \quad \& = 1/0,78,5 = 7,29,10^{-2}$$

$$0,577 / \& \quad x_0 = 52,88 \text{ mm}$$

Période de recurrence $T = 10$ ans

$$(y) = 1 - 1/10 = 0,90$$

$$y \text{ est fonction de } (y) \quad (y) = e^{-e-\&(x-x_0)} = e^{-e-y}$$

$$(y) = 0,9 \quad y = 2,25 \text{ (Abaque CIEH)}$$

$$x = y/\& + x_0 = 52,88 + 2,25/0,073$$

$$= 83,70 \text{ mm} = 84 \text{ mm}$$

Solution graphique

$T = 10$ ans Précipitation = 88 mm

Le projecteur retient la moyenne des deux méthodes soit $P_{10} 24 = 86$ mm

III.2.4. Calcul Gauss

$$Ex = 24699,05 \text{ mm} \quad x = m = 851,69 \text{ mm} \quad = 5 = 160,82$$

$$x (f) = U(f) x \quad + m$$

$$F(0,5) \quad U = 0$$

$$F(0,05) \quad U = 1,64$$

$$x_1 = 0 \times 160,82 + 851,69 = 851,69 \text{ mm}$$

$$x_2 = 1,64 \times 160,82 + 851,69 = 587,94 \text{ mm}$$

En posant $F_{nd} = 0,1$

$$F(0,1) \quad U = -1,28 \quad x_3 = -1,28 \times 160,82 + 851,69 = 645,84 \text{ mm}$$

Intervalle de confiance = 90 % de la pluie décennale sèche. L'échantillon considéré est petit $n < 30$.

Le projecteur s'en tient au seul calcul des intervalles de confiance de la moyenne, puis que la distribution suit une loi de student caractérisée par l'intervalle.

de confiance $\text{Prob} [(mk - m) < t (\&.n) \times \sqrt{n}] = \&$ et non plus la loi normale.

$T(\alpha, n)$ est donc fonction du taux de confiance α de l'intervalle et de l'effectif n de l'échantillon.

$$t(\alpha, n) \times \frac{s}{\sqrt{n}} = t(90\% \text{ et } 9) \times 160,82 / \sqrt{29} \quad t(\alpha, n) = 1,70$$

$$= 1,70 \times 160,82 / \sqrt{29}$$

50,77

$$L' = x \pm t(\alpha, n) \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \begin{array}{l} \text{Bonne sup.} = 851,69 + 50,77 = 902,46 \text{ mm} \\ \text{Borne inf.} = 851,69 - 50,77 = 800,92 \text{ mm} \end{array}$$

GRAPHIQUE EN ANNEXE

$$\text{Pan } F(0,1) = 700 \text{ mm}$$

STATION DE POMPAGE NC 16

1°) Calcul du diamètre d'aspiration et refoulement

$$Q = 0,060 \text{ m}^3/\text{s} \quad D_c = 1,5 \times 0,06^{0,5}$$

$$= 0,367 \text{ m}$$

$$= 367 \text{ mm}$$

2°) Diamètre nominal DN = 400 mm

2°) Pertes de charges dans le tuyau

$Q = 0,060 \text{ m}^3/\text{s}$: $K_s = 75$ (fonte ductile)

DN = 0,4 m : Longueur refoulement = 276 m

Longueur aspiration : 2,30 m

Longueur totale : 278,30 m

$$J = 1,1 \times 278,30 \times 4^{10/3} \times 0,062/\pi^2 \times 75^2 \times 0,4^{16/3}$$

$$J = 0,267 = 0,27 \text{ m}$$

3°) Hauteur manométrique totale

$$\text{Hmt} = H_g + P_{De} \text{ (asp ref)}$$

$$= (273,10 - 275,65) \text{ m} + 0,27 \text{ m}$$

$$\text{Hmt} = 2,82 \text{ mètres}$$

Puissance de la pompe 7,5 kw (courbe EIER)

Calcul des forces agissantes

$Q = 696 \text{ m}^3/\text{s}$; $H_d = 1,30 \text{ m}$; $H_o = 1,00\text{m}$; $e = 0,50$
 Largeur $L = H_o \cdot 0,20 = 1,20 \text{ m}$

* Poids du massif du béton :

$$23 \text{ KN/m}^3 \left[(0,5 \times 1 \times 1) + (0,7 \times 1 \times 1)/2 \right]$$

$$139 \text{ tf/ml}$$

Le point d'application se situe au centre de gravité G du trapèze

* pression de la lame d'eau déversante H_d .

$$P = (1,30 \times 0,50 \times 1,00) \times 9,81 \text{ KN/m}^3 = 0,65 \text{ tf/ml}$$

La répartition est triangulaire le point d'application à $H/2$

* Force de poussée de l'eau

$$F = 1 \times 1 \times 1 \times 9,81 \text{ KN/m}^3/2 = 0,50 \text{ tf/ml}$$

La répartition est triangulaire, et la force appliquée au $1/3 H$

La surcharge et la poussée de l'eau sont des forces parallèles et de même sens la résultante est :

$$P_x(\text{op}) = F \cdot (\text{OF}) \quad P \cdot (\text{PO}) = F \cdot (\text{PF} \cdot \text{PO}) \quad \text{PO} = \frac{F \cdot (\text{PF})}{(P+F)}$$

$$\text{PO} = 7,4 \text{ CM} \quad \text{OF} = 9,60 \text{ CM} \quad R = 1,15 \text{ TF/ML}$$

L'épure de stabilité nous permet de constater que l'ouvrage est stable au renversement et que par conséquent les dimensions sont bonnes.

Calcul de mise en boue des casiers rizicole

$$\text{Volume de remplissage : } VR = s (z \times Dax (H_r - H_f) + TR \times (K+ET) + h)$$

$$VR = 3500 [(0,60 \times 1,50 \times 0,12) + 1 \times (0,01 + 0,0072) + 0,15]$$

$$VR = 963,20 \text{ m}^3$$

Temps de remplissage d'un casier de 0,35 ha

$$TR = VR/m = TR = 963,20/0,020 = 48160 \text{ m}^3$$

$$= 13 \text{ h } 22 \text{ mn}$$

- Entretien de la lame d'eau avec renouvellement tous les 7 jours.

$$V_{et} = V_e + s \times h \times n$$

$$n = \text{nbre de renouvellement} \quad n = 1$$

$$V_e = s \times T_{ex} (K+E)$$

$$T_e = \text{fréquence} = 7 \text{ jours}$$

$$= 3500 \times 7 \times (0,01 + 0,0072)$$

$$E = E_t = 0,0072 \text{ m/jour}$$

$$V_e = 421,4 \text{ m}^3$$

$$h = \text{lame d'eau} = 1,5 \text{ cm infiltration}$$

fonction de la
perméabilité

perméabilité ; sol une

1 lim < inf < 2 cm/jour, on retient
1 cm/j.

Temps d'irrigation

$$t = Ve/m \quad t = 946,4/0,02 = 47320 \text{ mm} \\ = 13\text{h } 8'$$

- Contrôle de la rotation

abaissement du plan d'eau :

$$= Te (K+ET) = 7 (0,01 + 0,0072) \\ = 0,1204 \text{ m} \quad 12 \text{ cm}$$

L'abaissement du plan d'eau entre deux irrigations est de 12 cm.

Bibliographie

La rédaction de ce mémoire s'inspire des renseignements tirés des documents ci-dessous cités.

- **Le nivellement tachéométrique** : G Renault. géomètre expert DPLG ingénieur TGCE. Ancien professeur EIER - ETSHER.
- **Mémento de l'adjoint technique des travaux ruraux** : Ministère de la coopération collection "techniques rurales en Afrique) édition 1978
- **Mémento de l'agronome** : Ministère de la coopération collection" technique rurale en Afrique 3 éd.
- **Manuel de l'adjoint technique du génie rural (travaux sur un périmètre d'irrigation).** : Ministère de la coopération SOCREAH
- **Les bases de la production rurale Tome I et II collection sciences et techniques agricoles** : Dominique Soltner ingénieur ESA 16è édition 1988.
- **D'hydrologie de l'ingénieur édition Eyrolles** : collection de la direction des études et recherche EDF Gaston Remenieraz chef de service conseiller scientifique à la direction des études et recherches 2è édition.
- **Cours d'hydrologie appliquée édition scientifique Riber 4 éd. 1963 analyse du régime des cours d'eau** : G. Remanieras école nationale du génie rural.
- **Etude hydrologique d'un bassin versant de petites dimensions en vue de l'établissement d'un ouvrage de régulation de son débit au bénéfice de l'irrigation de la zone aval** : T.P. hydrologie appliquée école nationale du génie rurale
- **Méthodes d'hydrologie statiques** : SOCREAH Grenoble D. Normand P. Veyrat
- **cours d'hydrologie** : ~~par G. Renault~~ EIER Ouagadougou - Janvier 1984
- **Méthodes de calcul des débits de crue décennale pour les petits BV en Afrique de l'Ouest et Centrale CIEH série hydrologie** : Par : C. Puech D. Chabi Bonni Jui. 1983.
- **Courbes hauteur de pluie durée-fréquence Afrique de l'Ouest et centrale (pour pluie de durée 5 mn à 24 heures CIEH série hydrologie** : par C. Puech D. Chabi Gonni Janvier 1984.
- **Hydrologie routière** : Ministère de la coopération par NGuyen Van Tuu et participation de Bernard Lemoine ; Jacques P..p Iard Betom

- **Hydraulique urbaine tome II ouvrage de transport élévation et distribution des eaux 4è édition EYvolles** : par A. Dupont ingénieur honoraire des services techniques de la ville de Paris, service des eaux.
- **Cours d'hydraulique agricole Irrigation** : édition 1982 : par JJ Palos I IER prof ETSHER
- **Cours d'hydraulique agricole Irrigation édition Juin 1988** : par J. de Saint Foule prof à l'EIER
- **Besoins en eau des cultures bulletin N° 24 Irrigation et drainage** : organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome.
- **Des ouvrages d'un petit réseau d'irrigation - techniques rurales en Afrique** : Ministère des relations extérieures coopération et développement SOGETHA
- **Cours d'hydraulique en surface libre** : F. DEGARDIN EIER ; e. LECARPENTIER
- **Cours de dynamique fluviale et travaux en rivière édition Mars - Avril 1985** : F. DEGARDIN ; C LECARPENTIER
- **Cours de petits barraaaages en terre en Afrique occidentale** : JM Cresillon prof EIER
- **Assainissement agricole drainage par tuyaux ou fossés aménagement des cours d'eau et émissaires - édition Eyrolles** : par M. Poiree ingénieur agronome, ingénieur général des eaux et du génie rural C. Ollier ; ancien élève de l'école polytechnique, ingénieur en... du génie rural des eaux et des forêts.
- **Manuels de gestion des périmètres Irriguées édition mars 1977 - collection "technique rurale en Afrique** : Ministère de la coopération par SEET international.
- **Guide pratique d'analyse de projet évaluation et choix des projets d'investissement 4è édition économies** : par Manuel Bridier - Serge Michailof
- **Comprendre une économie rurale guide pratique de recherche** : Institut Panafricain pour le développement.
- **Cours de micro économie** : par D. GLEME ~~IER~~

- **Méthodes et références pour la conception et l'analyse des aménagements hydro agricoles au Burkina Faso Tome 2 aspect agronomique) CIEH : H. Piaton (1984).**
- **Riziculture pratique - riz irrigué - riz pluvial — collection "technique vivantes" 1983 : J. DOBELMANN ; C**
- **Politique d'aménagement hydro-agricole : J. O. Funel - G. Laucoin**
- **Gestion des eaux en irrigation manuel de formation N° 1 Introduction et irrigation : FAO Rome 1985**
- **Dossier N° 12 le Point pour la maîtrise des crues dans les bas-fonds : AFVP - CRET coopération française**

0 7 - Rapport Burnals

0 0 - Rapport 601 c - 8935 ONEA.