

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

INSTITUT DES SCIENCES HUMAINES
ET SOCIALES - INSHUS -

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

BURKINA FASO

La Patrie ou la Mort, Nous Vaincrons !

ETUDES PHYSIQUES PRELIMINAIRES
A L'AMENAGEMENT RIZICOLE
DU BAS-FOND DE DAMANA
PROVINCE DE LA COMOE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION
DU DIPLOME DE MAITRISE

Présenté et Soutenu par
LEANDRE AUGUSTIN SANON

Sous la direction de
Dya Christophe SANOU

Septembre 1990



DEDICACE

**A TOUTE MA FAMILLE,
A MA FAMILLE ADOPTIVE,
A MES AMIS(ES)**

Tables des matières

Pages

Avant-Propos	1
Introduction	2
ère Partie : GENERALITES.	
<u>Chapitre 1 : Théories et problématiques sur les bas-fonds.</u>	
1 - Qu'est-ce-qu'un bas-fond ?	3
2 - Comment choisit-on un bas-fond ?	6
2.1 - Les facteurs physiques.	6
2.1.1 - La topographie	6
2.1.2 - La disponibilité en terre.	6
2.1.3.- L'hydrologie et la disponibilité en eau.	6
2.2.- Les facteurs socio-économiques.	9
2.2.1.- Les traditions locales des paysans.	9
2.2.2.- Les problèmes fonciers et humains.	9
3 - Quelles sont les techniques d'aménagement d'un bas-fond ?	10
3.1.- Les principes d'un aménagement de bas-fond.	10
3.2.- Quelques ouvrages et leurs rôles.	10
4.- Quelques types d'aménagement de bas-fond.	12
4.1.- L'aménagement simple	12
4.2.- L'aménagement amélioré : L'aménagement avec petite retenue	13
Chapitre 2 : Le bassin-versant de Damana : Une pénélaine monotone	
1.- Quelles sont les caractéristiques physiques du bassin-versant ?	19
1.1.- La topographie	19
1.2.- Sa formation géologique : Le granito-gneiss.	21
1.3.- Sa géomorphologie.	23
1.3.1.- Le glaci.	23
1.3.2.- Le bas-fond.	23
1.4.- Les caractéristiques pédologiques du matériau superficiel.	25
1.4.1.- Les sols de hautes terres.	25
1.4.2.- Les sols de bas-fond	25
1.5.- Ses types de végétation.	27
1.6.- Ses traits climatiques.	29
1.6.1.- Les éléments du climat.	29
1.6.2.- Corrélatons entre les éléments du climat.	33
1.7.- Le réseau hydrographique.	34
1.7.1.- Les caractères généraux.	34
1.7.2.- Les affluents	34
2.- Le milieu socio-économique et son organisation.	37
2.1.- La population	37
2.2.- L'agriculture.	38
2.2.2.- Les systèmes d'exploitation.	38
2.2.2.1.- L'organisation de la production agricole	38
2.2.2.2.- L'organisation technique de la production.	39
2.3.- L'élevage.	40

Ile Partie : LE CAS DU BAS-FOND DE DAMANA.

Pages

Chapitre 1 : Les caractéristiques physiques des sols de la plaine.

1.- Les caractères morpho-pédologiques.	41
2.- Quelques analyses complémentaires.	44
2.1.- La texture.	44
2.2.- Les mesures gravimétriques.	48
2.3.- La vitesse d'infiltration ou perméabilité.	49
2.4.- Les réserves en eau du sol.	50
2.4.1.- L'humidité à la capacité au champ (H.C.C) ou humidité à la capacité de rétention (H.C.R)	50
2.4.2.- L'humidité au point de flétrissement permanent. (H.P.F).	50
2.4.3.- Correlations entre les différentes humidités : La réserve utile (R.U) et la réserve facilement utilisable (R.F.U).	51

Chapitre 2 : L'estimation des apports pluvio-hydrauliques sur le bassin-versant et dans la plaine rizicole.

1.- L'estimation des pluviométries : La méthode de Thiessen.	55
2.- L'évaluation des écoulements annuels.	61
2.1.- La démarche.	61
2.2.- Les résultats.	62
3.- La détermination des crues.	63
3.1.- La crue décennale humide : La méthode RODIER-AUVRAY ou méthode O.R.S.T.O.M.	63
3.1.1.- La méthodologie	63
3.1.2.- L'identification des paramètres RODIER-AUVRAY et calcul pratique de la crue décennale.	66
3.2.- Détermination de la crue de 1986, par la méthode des enquêtes.	68
3.3.- Analyse critique des deux méthodes de détermination des crues.	70

Chapitre 3 : Le comportement pluvio-hydraulique de la plaine rizicole.

1.- Le dispositif d'observation pluvio-hydrologique.	72
2.- Le bilan pluviométrique.	72
3.- L'étude du niveau d'eau et de sa fluctuation dans le bas-fond.	76
3.1.- Dans la plaine du KO-DENI	96
3.2.- Dans la plaine du KO-BA.	79
3.3.- Dans la plaine du tronçon commun.	82
3.4.- Analyse comparative des réactions dans les trois plaines	85

Conclusion générale 88

Annexes

Bibliographie

AVANT-PROPOS

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à l'ensemble des personnes qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce mémoire de maîtrise.

Nous nous tournons vers :

Le Secrétaire général du C.I.E.H¹
Le Chef de la division hydraulique agricole du C.I.E.H.
Le Chef de la station de recherche de Farakó-ba
Le C.T.P². du projet BKF/87/001³
Le Chef du programme riz/riziculture
Le Directeur de l'O.R.C⁴.

Nous pensons tout particulièrement à Mrs A.S. GEADAH, et Y. DEMBELE qui par le biais de ce travail nous ont permis d'avoir une expérience enrichissante de la recherche ; et qui tout en nous laissant entière liberté pour cette étude, ont pu nous guider par leurs conseils, leurs encouragements et leur enseignement à travers la majorité des documents techniques sans lesquels ce travail aurait été pénible.

Nous exprimons aussi notre vive reconnaissance à Mr Thomas ZEPPEFELDT qui n'a ménagé aucun effort pour mettre à notre disposition les moyens matériels nécessaires pour le bon déroulement de notre stage dans la province de la Comoé.

Cette étude n'aurait cependant pas été possible sans l'approbation et l'appui des enseignants du département de Géographie. C'est pourquoi nous remercions le camarade Dya Christophe SANOU pour ses avis dont il nous a fait part, et le suivi de ce mémoire dont il est le maître.

Le personnel du projet BKF/87/001 et celui de l'O.R.C. doivent être remerciés pour le dévouement et la patience dont ils ont fait preuve.

Egalement, nous n'oublions pas Jean SOME pour la gentillesse, l'assistance et l'aide qu'il nous a fournies à plusieurs reprises.

Enfin, merci à KY Marie pour son aide technique concernant la mise en page de ce travail.

¹ C.I.E.H. Comité Inter-Africain d'Etudes Hydrauliques

² C.T.P. Conseiller Technique Principal

³ B.K.F/87/001 Assistance du Programme des Nations Unies pour le Développement (P.N.U.D) et de l'organisation pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O) au Burkina Faso en matière de riz et riziculture.

⁴ O.R.C. Opération Riz Comoé. (Projet du Fond Européen de Développement dont l'activité principale est l'aménagement des bas-fonds rizicoles dans la province de la Comoé).

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, la riziculture est pratiquée en grande partie dans les bas-fonds (plus de 90% de la surface rizicole). L'importance accordée à ces sites est illustrée par les aménagements réalisés ou en voie de réalisation par le Fond de l'Eau et de l'Equipement Rural (F.E.E.R) ; l'Opération Riz Comoé (O.R.C) ; et autres organismes non gouvernementaux. Un aménagement de bas-fond signifie essentiellement que les systèmes mis en place doivent permettre :

- de stocker une quantité suffisante d'eau pour assurer la survie du riz durant les périodes de sécheresse pouvant subvenir en pleine saison pluvieuse ;
- de minimiser les dégâts que provoquent les crues lors de leur passage ;
- d'augmenter les rendements par une meilleure utilisation de l'eau disponible et des terres.
- de fixer l'intérêt du paysan et de lui permettre d'acquérir une meilleure technicité en matière de riziculture.

Cependant toutes les zones de basses terres ne sont pas susceptibles d'être aménagées avec succès, car chacune d'elles constitue un système particulier avec sa dynamique de fonctionnement en relation avec les facteurs topographiques, pédologiques, hydrologiques et pluviométriques.

C'est dans le but de cerner ces différents facteurs pour l'aménagement futur du bas-fond de Damana que nous nous sommes intéressés à l'étude de ses potentialités et de ses contraintes physiques. Ainsi le présent mémoire s'inscrit dans le contexte d'une contribution à la connaissance de ce bas-fond, et a pour objet de déterminer l'aptitude physique de celui-ci à un aménagement rizicole. A cet effet il s'articule sur deux grandes parties :

- les théories et problématiques des bas-fonds, suivies de la géographie du bassin versant de Damana.
- les études préliminaires du bas-fond où se succèdent les caractéristiques morpho-pédologiques, les estimations pluvio-hydrauliques sur la plaine, et son comportement (réponses) face à la pluie et à ses apports.

Enfin nous espérons que ces travaux contribueront à une bonne compréhension des problèmes complexes liés à la mise en valeur des bas-fonds, et à une meilleure connaissance de celui de Damana.

Ière PARTIE

GENERALITES

CHAPITRE 1

THEORIES ET PROBLEMATIQUES
SUR LES BAS-FONDS

1 - Qu'est ce qu'un bas-fond ?

Un bas-fond se définit dans le contexte général du paysage et par rapport aux éléments morphologiques. En effet, l'observation directe montre à partir des points hauts, des versants aux pentes plus ou moins marquées aboutissant en leurs points les plus bas au bas-fond (Figure 1).

Il désigne donc un fond de vallon et de petite vallée, et constitue une zone de basses terres, située sur l'axe de drainage des eaux ; les eaux de ruissellement s'y écoulent et les nappes phréatiques s'y concentrent. Ainsi un bas-fond subit l'influence directe des versants par le biais des transports liquides et solides (Figure 2). On y trouve en général des sols profonds, très humides, à texture fine ; l'hydromorphie y est temporaire, mais bien marquée.

Dans un bas-fond, on distingue classiquement le lit majeur et le lit mineur dans lequel l'inondation est plus fréquente et plus longue.

D'après RAUNET (1985), un bas-fond présente généralement d'amont en aval, une différenciation morphopédologique en trois tronçons (Figure 3) :

- **Tronçon 1** : La tête du bas-fond : Elle est de forme élargie en "spatule" ou en "amphithéâtre" et son profil transversal est concave sans cours d'eau individualisé. Les sols y sont sableux et la nappe phréatique affleure en saison pluvieuse, mais disparaît rapidement en période sèche.

- **Tronçon 2** : La partie amont : Son profil transversal devient horizontal au centre, tandis que les flancs restent nettement concaves. La concentration des écoulements commence à provoquer l'apparition d'une entaille. Les sols y sont également sableux ; la nappe phréatique contribue à inonder le centre du bas-fond et persiste en début de saison sèche.

- **Tronçon 3** : La partie aval : Le bas-fond s'élargit et son profil transversal devient nettement horizontal. On note la présence d'un remblai colluvio-alluvial de texture argilo-limoneuse surmontant la couche sablo-gravillonnaire. La nappe superficielle logée dans le remblai argilo-limoneux est alimentée par les cours d'eau, et sa fluctuation est liée au régime des crues.

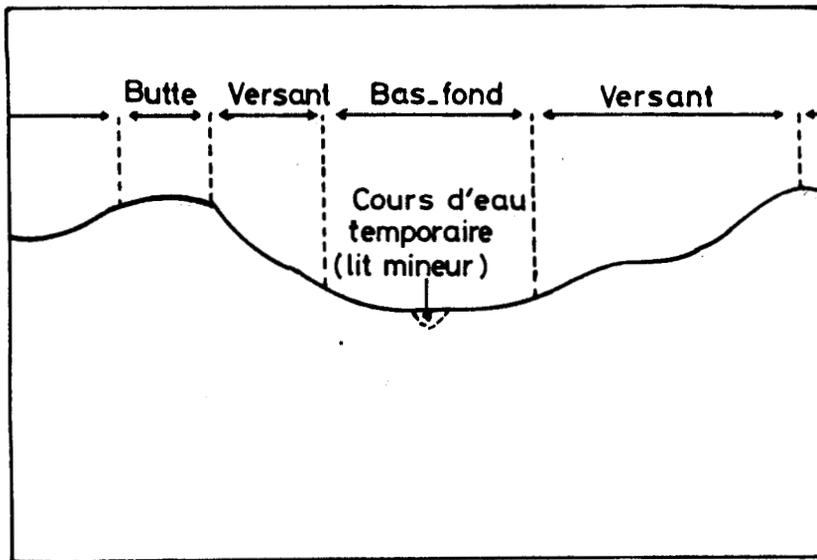
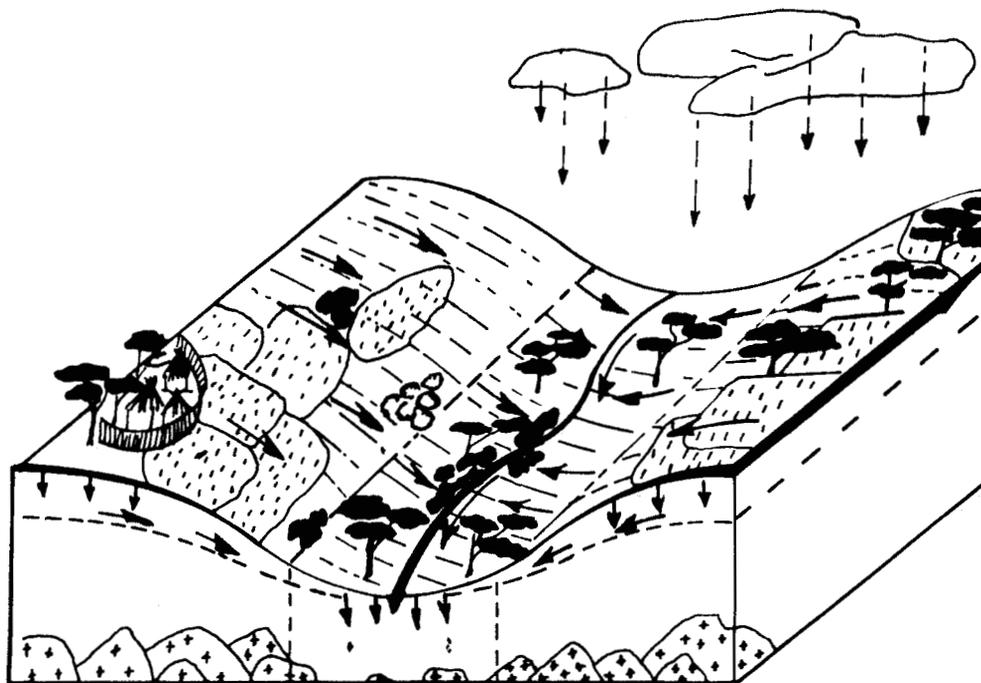


Figure: 1 - Coupe en travers type d'un vallon
 Observation de la toposéquence d'un paysage
 (Butte - versant - Bas_ fond)

Source GRETE 1988

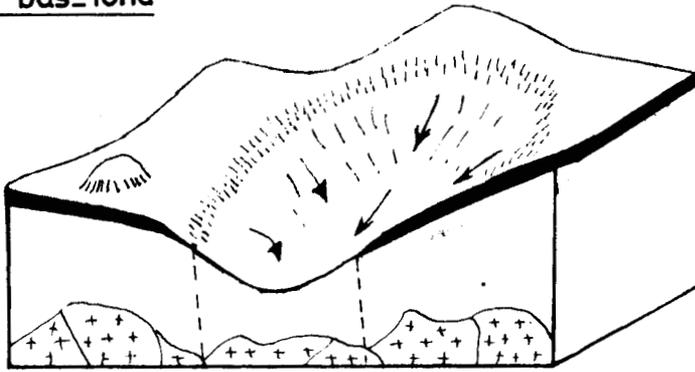


-  Champs
-  Roche mère
-  Mouvement d'eau
-  Plafond de nappe
-  Végétation

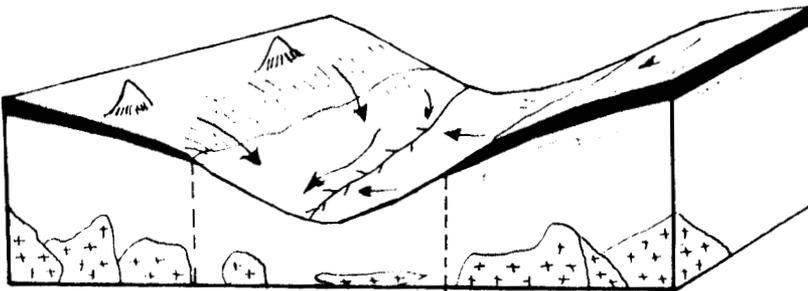
Figure: 2 la place du bas-fond dans la toposéquence
 Le bas.fond est le lieu de concentration des eaux de ruissellement ; c'est un axe de drainage

Source GRETE 1988

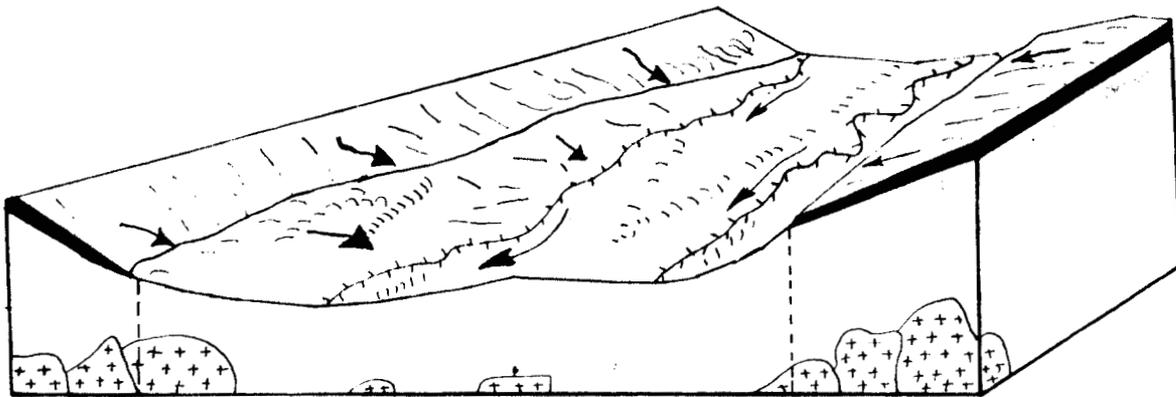
Tête de bas-fond



Partie amont



Partie aval



Roche mère



Butte



Cours d'eau



Mouvement de l'eau

FIGURE: 3 Différenciation morphologique d'un bas-fond
d'après Raunet 1985

2 - Comment choisit-on un bas-fond ?

Les principaux facteurs qui orientent le choix vers un bas-fond pour son exploitation, sont intimement liés. Ils sont d'ordre physiques et socio-économiques ; leur analyse permet la sélection du bas-fond susceptible de recevoir un aménagement.

2.1. Les facteurs physiques

2.1.1. La topographie

Les meilleurs bas-fonds sont généralement larges et aussi plats que possible. Cette configuration a pour effet d'étaler au maximum la crue, de réduire la vitesse d'écoulement des eaux et de diminuer les risques de dégradation des terres ou des aménagements existants.

Une bonne pente se situe aux environs de 3% ; cela peut aller jusqu'à 6 ou 7% . Au delà, la pente devient trop forte et les aménagements sont trop importants par rapport aux bénéfices que l'on peut en tirer. Plus le bas-fond est encaissé, plus le niveau des eaux de crue est élevé.

2.1.2. La Disponibilité en terre

Avant tout aménagement, il est nécessaire de connaître les potentialités et les contraintes des sols vis à vis de leur aptitude à l'irrigation, et en relation avec le type de culture envisagée.

Les meilleures terres de bas-fonds seront sablo-argileuses pour les raisons suivantes : leur humidification est rapide ; la rétention de l'eau est suffisante ; ils ne se crevassent pas en cours de saison sèche et sont faciles à travailler.

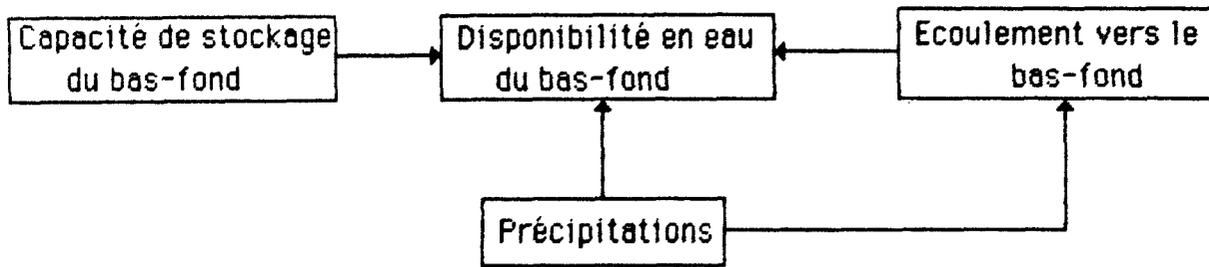
Un sol trop sableux ne conviendrait pas car sa perméabilité est très grande et la réserve en eau est faible. De même un sol trop argileux serait très difficile à travailler, il se crevasse et se gorge d'eau très lentement.

2.1.3. L'Hydrologie et la disponibilité en eau

Connaître l'hydrologie d'un bas-fond, c'est connaître sa pluviométrie, le régime de ses crues, les fluctuations de sa nappe phréatique. Ces trois éléments sont liés et leur connaissance est capitale pour pouvoir mieux appréhender le bas-fond candidat à l'aménagement. Il ressort que la disponibilité en eau est tributaire de trois facteurs essentiels :

- Les précipitations,
- L'écoulement des eaux des glaci-versants vers le bas-fond,
- La capacité de stockage du bas-fond.

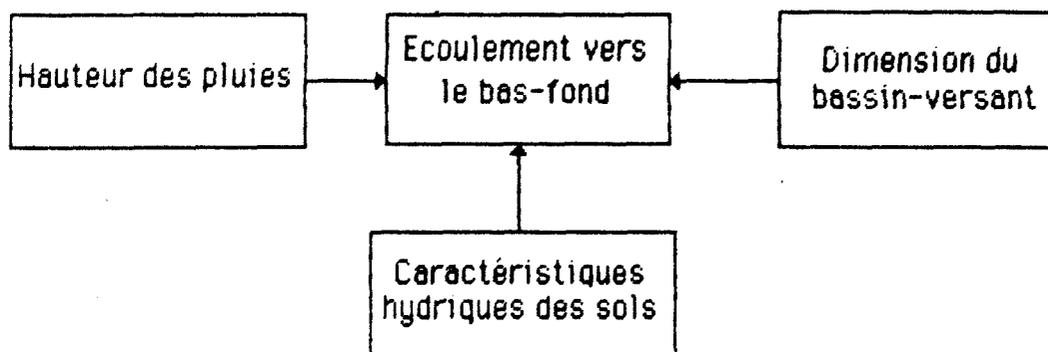
Les relations déterminant l'eau disponible sont comme suit:



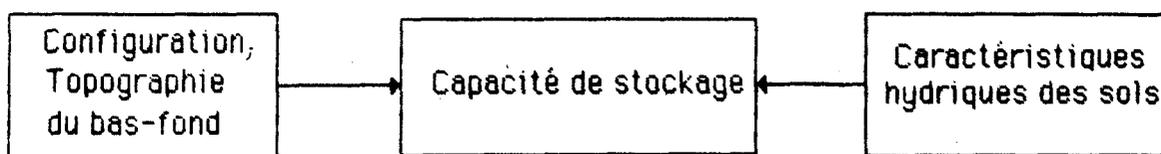
- Les précipitations : La connaissance du nombre de jours de pluie, ainsi que celle de leur fréquence sont absolument nécessaires pour l'exploitation d'un bas-fond. Cependant la grande variation de la pluviométrie complique la tâche dans ce sens...

- L'écoulement vers le bas-fond : La hauteur des pluies et les caractéristiques du bassin-versant (dimensions, capacité de rétention du sol) déterminent la quantité d'eau écoulee. En cas de fortes pluies de longue durée, l'eau ne pouvant être absorbée par le sol saturé, s'écoule vers le bas-fond. Cependant lors des périodes de petites pluies, ou en début d'hivernage, l'eau est totalement absorbée par le sol à l'amont ; ce qui empêche un grand écoulement.

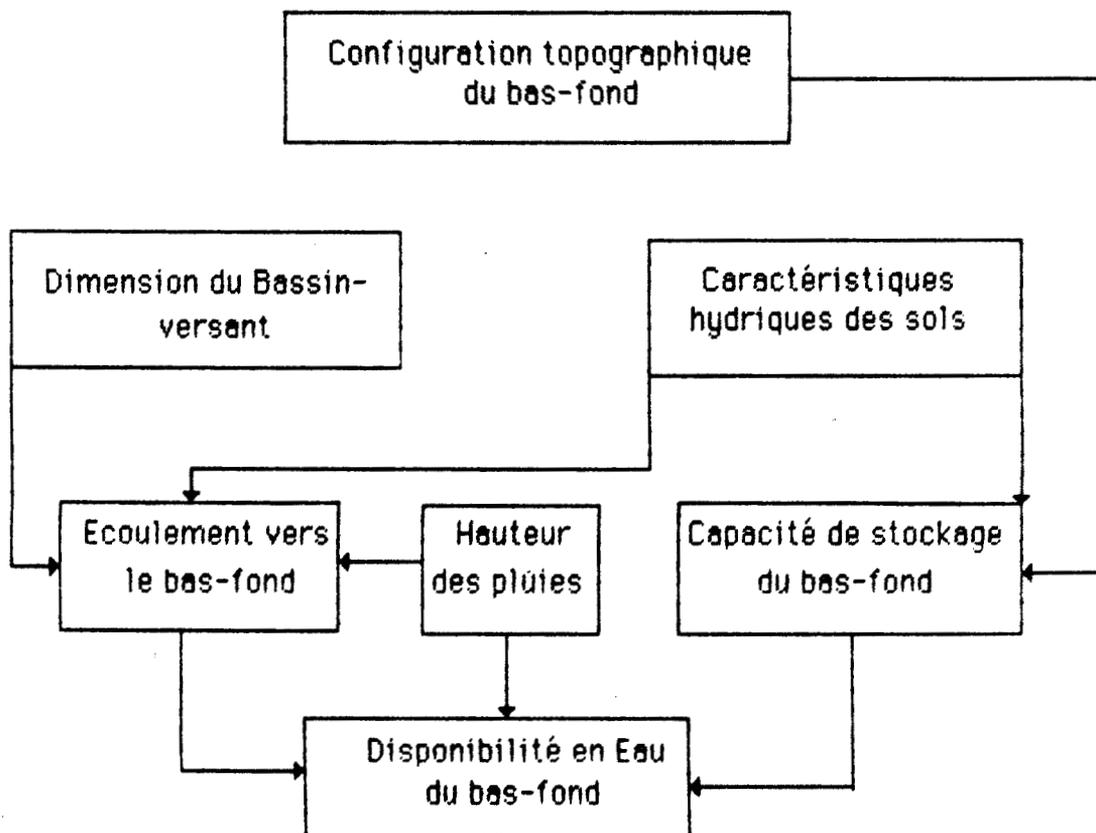
L'écoulement vers le bas-fond est déterminé de la façon suivante :



- La capacité de stockage du bas-fond : Elle est liée aux caractéristiques hydriques des sols (perméabilité, capacité de rétention), à la configuration topographique du bas-fond (pente générale du terrain, présence de buttes, de marigots, forme du bas-fond), et à la remontée capillaire.



En partant de toutes ces considérations, le bilan hydrologique au niveau d'un bas-fond peut s'établir comme suit :



2.2. Les facteurs socio-économiques

2.2.1. Les traditions locales des paysans

La culture dans les bas-fonds présentant certains risques (année trop pluvieuse, crues dévastatrices) le paysan aura tendance à la faire passer en second plan au profit des cultures sur hautes terres⁵.

La vocation culturale la plus connue du bas-fond est celle du riz ; or dans les pays subsahariens, notamment au Burkina, le riz est considéré comme une culture de rente. Ainsi la riziculture de bas-fond vient en deuxième position après les cultures vivrières (maïs, mil, sorgho) qui semblent plus faciles à entretenir.

D'autre part, les paysans chargent difficilement leur "calendrier agricole" : ils ne se rendent aux bas fonds qu'après le semis des céréales, au moment où ceux-ci sont déjà inondés. Cela empêche leur mise en culture ou la rend difficile.

Les résultats sont jugés aléatoires. En effet une petite sécheresse peut causer une baisse considérable de la production. Aussi d'autres cultures (Manioc, igname, patate etc.) sont jugées plus rentables par jour/homme de travail, et moins risquées.

2.2.2. Les problèmes fonciers et humains

L'aménagement et la mise en valeur d'un bas-fond viennent bouleverser les structures agraires traditionnelles existantes. Les terres sont en général redistribuées au prorata de journée de travail effectuée. Il se pose alors un problème de répartition des terres si le bas-fond était traditionnellement exploité ou appartenait à un lignage bien déterminé.

De plus, la motivation des paysans doit être importante : Ce sont eux qui réaliseront les aménagements et qui exploiteront le bas fond. Il faut donc qu'ils soient convaincus de l'utilité de l'aménagement à réaliser. De même il faut qu'ils soient disposés à recevoir l'encadrement dispensé et à exécuter les travaux selon le calendrier cultural.

L'accessibilité du terrain conditionne également la motivation des paysans. La distance entre le village exploitant le bas-fond et celui-ci doit être prise en compte ; elle ne doit pas être longue, réduisant ainsi la durée du trajet.

⁵ Ceci est surtout vrai pour notre secteur d'étude où la pluviométrie est encore quelque peu acceptable. Ailleurs (Centre et Nord du pays) on assiste de plus en plus à une invasion des bas-fonds par les agriculteurs.

3. Quelles sont les techniques d'aménagement d'un bas-fond ?

3.1. Les principes d'un aménagement de bas-fond

Compte tenu de la diversité des caractéristiques hydriques, hydrodynamiques et topographiques des bas-fonds, il n'y a pas une solution universellement applicable à l'aménagement de ceux-ci. Ainsi divers systèmes s'adaptant chacun à une situation donnée, sont utilisés. Ils visent tous à

- stocker une quantité suffisante d'eau pour assurer la survie du riz durant les périodes de sécheresse constatées en pleine saison des pluies.

- "domestiquer" les crues et à minimiser les dégâts provoqués par leur passage.

- augmenter les rendements par une meilleure utilisation de l'eau disponible.

Mais pour améliorer la disponibilité en eau d'un bas-fond, l'homme ne peut agir que sur la topographie, c'est-à-dire sur sa configuration par la construction d'ouvrages tels que les diguettes, les digues, les barrages, les canaux etc. Les autres éléments (type de sols, précipitations, dimensions du bassin-versant) quoique subissant de légères transformations restent moins contrôlables et sont pratiquement hors de sa portée. Néanmoins, une bonne connaissance de ces différents éléments est indispensable pour une exploitation rationnelle du bas-fond.

Il est économiquement moins rentable d'assurer un contrôle total des eaux de crues. Donc l'aménagement d'un bas-fond visera à maîtriser partiellement l'arrivée des eaux lors des fortes pluies, tout en restant efficace pour la riziculture. Il consistera alors à construire suivant les courbes de niveau des diguettes permettant de retenir une lame d'eau.

3.2. Quelques ouvrages et leurs rôles

Les ouvrages susceptibles d'être installés pendant un aménagement sont très variés. Cependant les principaux sont :

- Le Collecteur : Il sert à évacuer l'eau excédentaire et à éviter une submersion prolongée des rizières. Au moment de l'évacuation, il doit être libre de tout obstacle, afin que celle-ci s'effectue rapidement. Pendant les périodes de pluies insuffisantes, il restera fermé, et dès qu'une averse menace, il sera ouvert. Ce collecteur doit être nettoyé périodiquement, et les cavaliers renforcés.

- Les canaux d'irrigation : Ils assurent la répartition des eaux dans les différentes parcelles de la plaine. Leur nettoyage périodique est nécessaire car les herbes qui y poussent, ralentissent la circulation de l'eau, et favorisent ainsi les processus d'infiltration.

- Les batardeaux : Ils commandent l'entrée de l'eau et régularisent son passage dans les canaux. Leur ouverture doit se faire lentement. Après utilisation, ils doivent être bien conservés à l'abri de tout ce qui peut les détériorer ou les déformer.

- Les déversoirs : Dans un bas-fond, il y a toujours des axes préférentiels d'écoulement des eaux où la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement sont plus élevées qu'ailleurs. Comme il serait tout à fait illusoire de vouloir stopper l'eau ruissellante; il faut construire en des endroits des déversoirs. Ce sont des entailles en béton au dessus desquelles l'eau se déversera en nappe. Les rôles des déversoirs sont les suivants :

- Eviter la rupture des diguettes aux endroits de forts écoulements.
- Retarder la submersion de la diguette en retardant le remplissage du casier.
- Diminuer la hauteur de submersion de la diguette tout en permettant d'évacuer une bonne partie de la crue.

- Les diguettes : Elles sont construites en suivant autant que possible les courbes de niveau et en laissant libres les zones de passage de l'eau (Figure 4). Elles ont en général une longueur de 150 à 200 m. L'écoulement entre deux diguettes dépend de la pente longitudinale du bas-fond ; plus celle-ci est forte, plus les diguettes sont rapprochées.

La hauteur d'une diguette est en général de 30 cm, sa hauteur de crête est de 30 cm également ; l'emprise à la base est de 1,20 m. Au delà de 30 cm de hauteur, les risques de rupture sont élevés. Ces diguettes doivent être consolidées de temps en temps ; et les herbes qui poussent jouent un rôle dans ce sens. (Il ne faut donc pas les arracher).

4. Quelques types d'aménagement de bas-fond

L'aménagement d'un bas-fond est complexe car il n'existe pas de solution type. Chaque bas-fond présente ses caractéristiques propres auxquelles il faut adapter ou combiner une ou plusieurs solutions.

De manière générale, un aménagement consiste en la mise en place d'ouvrages simples pour la dérivation des eaux sur les terres cultivées. Les bassins ne doivent être, ni trop grands, ni trop petits afin que la quantité d'eau soit suffisante pour saturer le sol, tout en ne submergeant pas profondément les cultures.

Les aménagements de bas-fonds peuvent être regroupés en deux types principaux : Il s'agit de l'aménagement simple et de l'aménagement amélioré ayant tous deux des variantes liées à la topographie, au lit et à l'allure de la vallée.

4.1. L'aménagement simple

Le but est d'élargir la zone inondée et de contrôler la hauteur et la durée de la submersion à l'aide de petits ouvrages tels que diguettes de terre en courbe de niveau, munies à l'amont d'un épi de dérivation ; de banquettes transversales ; de canaux de drainage munis ou non de déversoir. Une fois ces ouvrages installés, ce type d'aménagement nécessite peu d'entretien (8 jours de travail/hectare aménagé). De plus, il permet de retenir et de mieux utiliser les eaux de pluies ou de débordement. Comparé à la riziculture traditionnelle de bas-fond, il présente une amélioration, car les surfaces cultivées sont élargies et la répartition des eaux est meilleure, même si leur maîtrise est faible voire inexistante.

D'autre part, un premier labour d'ouverture ayant été fait, les façons culturales sont facilitées ; et l'exploitation agricole dépend de l'intensité et de la répartition des pluies, ainsi que de la durée de la saison humide.

- L'aménagement simple ouvert (Figure n°5) : Il est retenu pour les bas-fonds plats et larges ne présentant pas de thalweg bien marqué. On installe les diguettes le long des courbes de niveau avec aux extrémités de celles-ci, deux ailes remontant la pente. Le remplissage du casier se fait latéralement et par débordement du casier amont à travers des buses ou par des déversoirs placés dans la diguette.

Son avantage est la récupération des eaux de ruissellement latéral.

- L'aménagement simple ouvert avec chenal d'écoulement (Figure n°6). Lorsque la présence du ou des thalwegs est bien marquée dans le bas-fond, on procède à un aménagement ouvert, mais en maintenant libre les axes d'écoulement pour faciliter le passage des grosses crues. Une partie des eaux est malgré tout récupérée latéralement par les ouvertures laissées entre les diguettes; et l'axe du thalweg constitue alors le chenal d'écoulement.

- L'aménagement simple fermé (Figure n°7) : On retient généralement ce type dans le cas des bas-fonds très larges où les crues sont très étalées. On construit des diguettes selon les courbes de niveau, et d'autres selon la plus grande pente. On obtient donc de

grands casiers fermés des quatre cotés par ces diguettes. S'il existe un chenal prononcé au centre du bas-fond, on le maintiendra et l'aménagement se fera de part et d'autre du marigot. Lorsque le bas-fond est très plat ; le remplissage des casiers se fait mal si la crue est faible ; si au contraire, elle est forte le drainage devient également mauvais. Pour remédier à cela, on placera en aval des casiers des buses qui assureront le transfert de l'eau d'un casier à un autre.

4.2 L'aménagement amélioré : L'aménagement avec petite retenue. **(Figure n°8).**

Plus compliqué, et plus coûteux, son emplacement mérite d'être choisi avec soin. Il assure une maîtrise partielle de l'eau et peut permettre de réduire les pertes de récoltes dues aux aléas climatiques, surtout à ceux du régime des pluies (intensité et répartition).

Construit dans un cours d'eau, il a une influence sur le régime hydrographique, modifie la morphologie du lit de la rivière et crée une érosion régressive pouvant être un danger pour les ouvrages. Par suite de perfectionnements successifs, l'aménagement amélioré présente les caractéristiques suivantes :

- Une digue en terre (2,5 à 3 m de haut) insubmersible barre le fond de la vallée et est équipée d'un large déversoir latéral en béton. Elle est destinée à former une retenue d'eau (20.000 à 40.000 m³).

- Les prises d'eau fermées par des batardeaux, permettent d'alimenter les casiers délimités par des diguettes en courbe de niveau.

- Des fossés collecteurs de ruissellement latéral permettent d'éviter les trop forts débordements dans le périmètre lors de l'arrivée des crues importantes.

Ce type d'aménagement est réalisé lorsque le bas-fond est traversé par un marigot important. La retenue est placée en amont, et l'eau rentre par dérivation, d'où elle est contrôlée par les ouvrages ci-dessus cités. La présence d'un sol très argileux est indispensable pour maintenir l'eau dans la réserve qui servira à une irrigation d'appoint.

PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES DIGUETTES

FIGURE 4

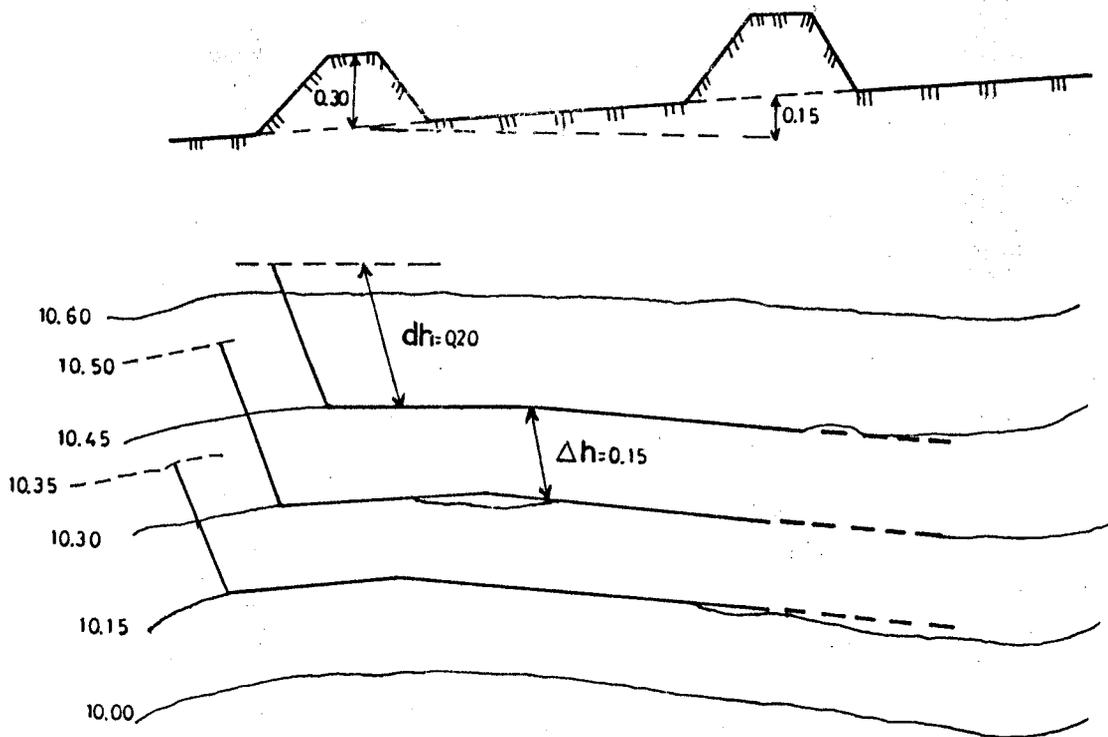
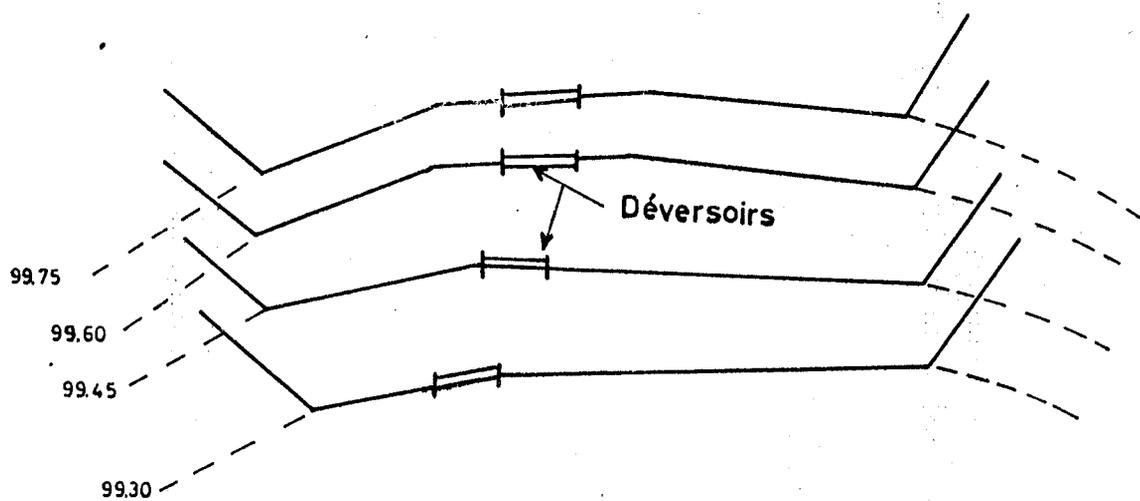


FIGURE 5

AMENAGEMENT TYPE OUVERT



D'après J. cales 1975

AMENAGEMENT SIMPLE OUVERT AVEC CHENAL D'ÉCOULEMENT

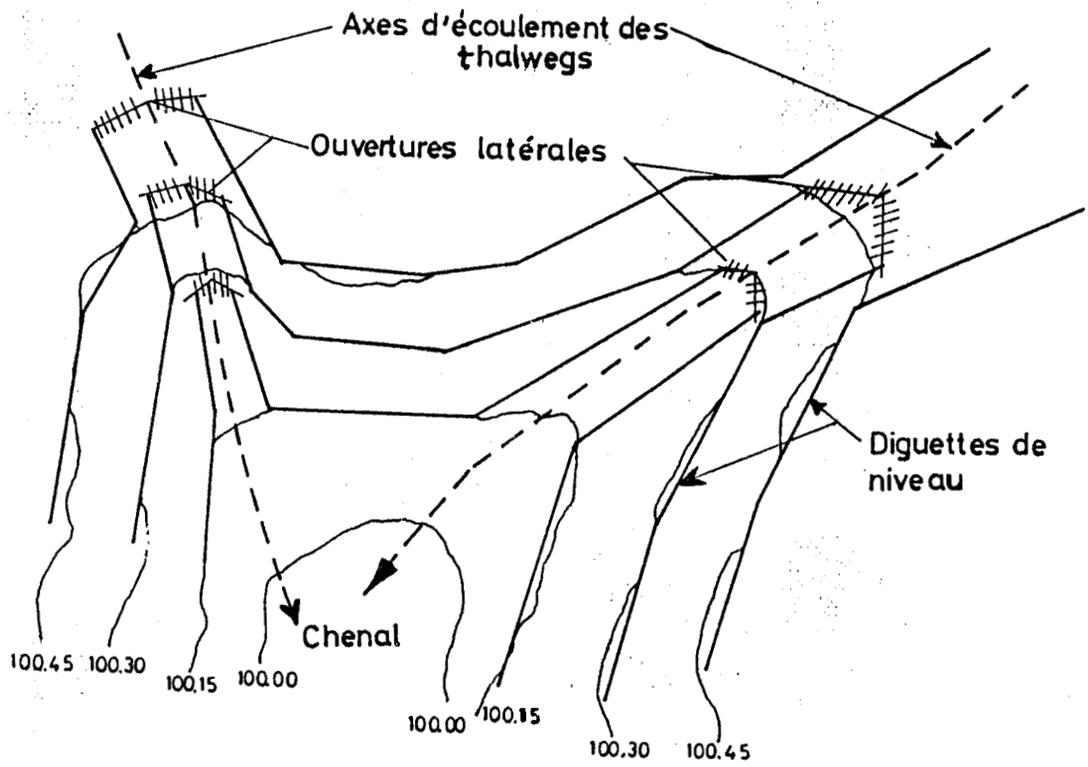


FIGURE 6

AMENAGEMENT SIMPLE FERME

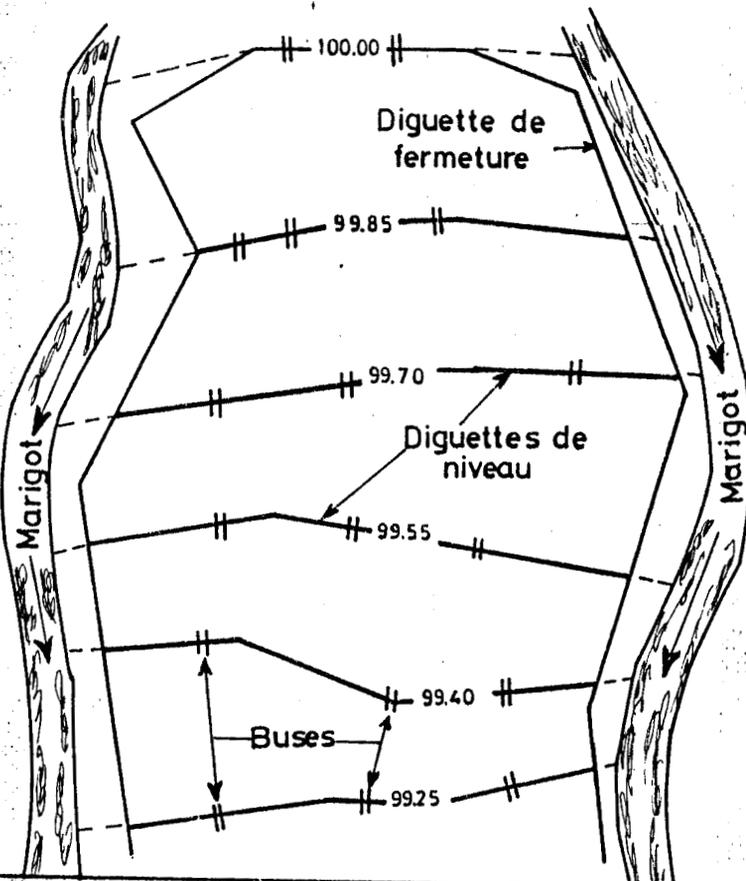


FIGURE 7

D'après J. cales 1975

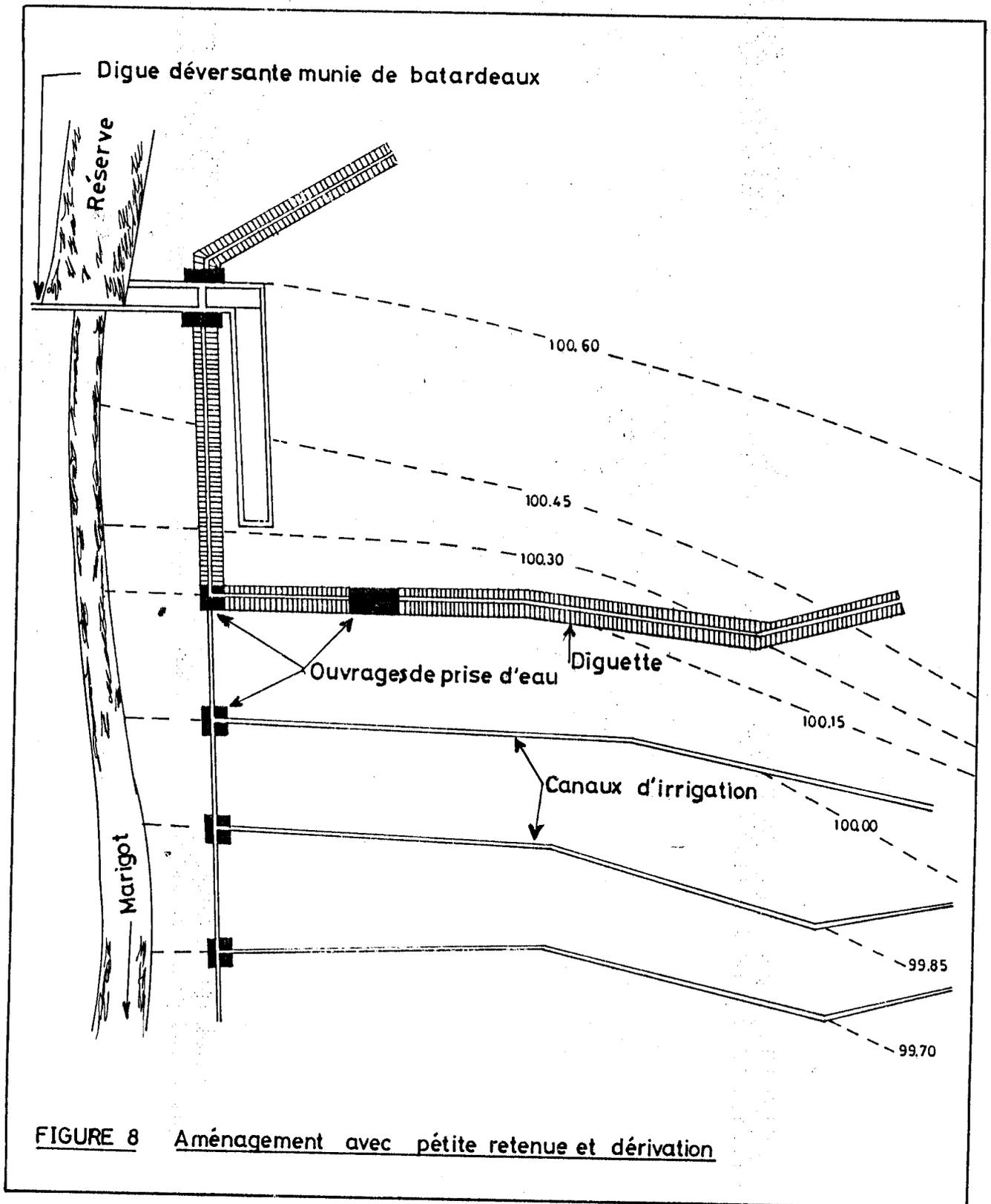


FIGURE 8 Aménagement avec petite retenue et dérivation

D'après J. cales 1975

CHAPITRE 2

LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA :

UNE PENEPLAINE MONOTONE

Le bassin-versant de Damana se situe à l'extrême Sud-Ouest du Burkina Faso, dans la province de la Comoé. Il représente une portion de la sous-préfecture de Soubakaniédougou, et est à 10 km (direction Sud) de ce chef-lieu de préfecture. On peut le circonscrire dans un rectangle limité par les coordonnées géographiques suivantes :

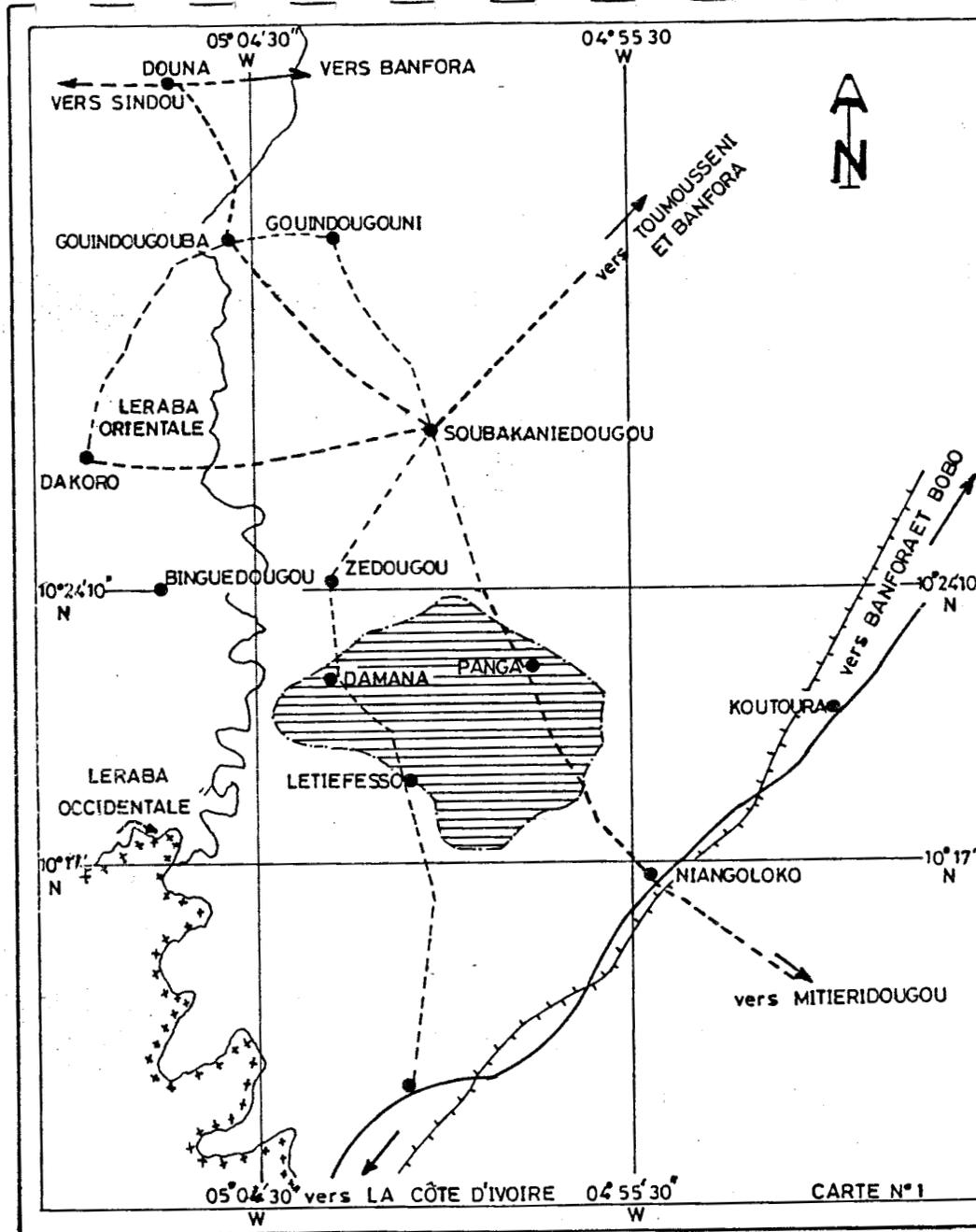
10°17' - 10°24'20" Latitude Nord
04°55'30" - 05°05'30" Longitude Ouest

Sa superficie est d'environ 104 km² et il est drainé essentiellement par 2 cours d'eau à écoulement saisonnier : Il s'agit du Ko-BA et du Ko-Déni. La pénétration dans le bassin-versant est possible par 2 axes :

- A partir de Banfora, en empruntant successivement la route secondaire Banfora - Soubakaniédougou, et une piste cyclable Soubakaniédougou - Damana.

- A partir de Niangoloko jusqu'à Panga sur une route secondaire ; et de Panga à Damana sur une piste cyclable passant par Letiéfesso.

(Carte n° 1)

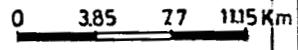


SITUATION DU BASSIN VERSANT DE DAMANA

LEGENDE

-  Bassin versant de Damana
-  Village
- Douna Nom de village
-  Cours d'eau permanent
- Léraba Nom de cours d'eau
-  Route nationale 1 bitumée
-  Route nationale 2 non bitumée
-  Route secondaire
-  Chemin de fer Abidjan-Niger
-  Coordonnée géographique
-  Frontière nationale

D'après carte topographique
feuille de Niellé et de Banfora

Echelle 1/385 000 

CARTE N°1

1. Quelles sont les caractéristiques physiques du bassin-versant ?

1.1. Sa topographie

Le bassin-versant de Damana se présente comme une pénéplaine monotone. La côte maximale qui est une cuirasse au Sud, culmine à 360 m d'altitude ; par contre le point le plus bas, c'est-à-dire l'exutoire, à l'Ouest se situe à 280 m. La distance entre ces 2 extrémités est de 11 km.

Les détails révèlent que les reliefs de la pénéplaine sont peu accusés et peu variables (Figure n°9). On note çà et là des buttes cuirassées auxquelles s'ajoutent des plaques de sol nu, représentées par la cuirasse fortement indurée.

Les mesures d'hypsométrie du bassin-versant ont donné les résultats consignés dans le tableau n°1.

Tableau 1 : REPARTITION HYSOMETRIQUE SUR LE BASSIN-VERSANT

Courbes de niveau en m	Surface en km ²	Surface en %
340 à 360	0,40	0,38
320 à 340	26,65	25,63
300 à 320	59,80	57,50
280 à 300	17,15	16,49
Total	104,00	100,00

De cette répartition hypsométrique, il ressort que les glacis délimités par les courbes de niveau 300 et 340 m, occupent la presque totalité du bassin, soit 83,13 % de la surface totale. Par contre les sommets représentant 0,38 % de la superficie se situent entre les courbes de niveau 340 à 360 m. Cette disproportion dans la répartition hypsométrique montre effectivement la monotonie du relief sur la pénéplaine.

Quant aux pentes elles sont très diverses selon les profils. L'indice global de pente calculé est de 2,62 ‰ (2,62 m/km) sur le bassin-versant entier. Par ailleurs, les pentes longitudinales et transversales évaluées par sous-bassin sont les suivantes :

Sous-bassin du KO-DENI : Pente longitudinale	0,46 %
Pente transversale	1,0 %
Sous-bassin du KO-BA : Pente longitudinale	0,34 %
Pente transversale	1,0 %

20

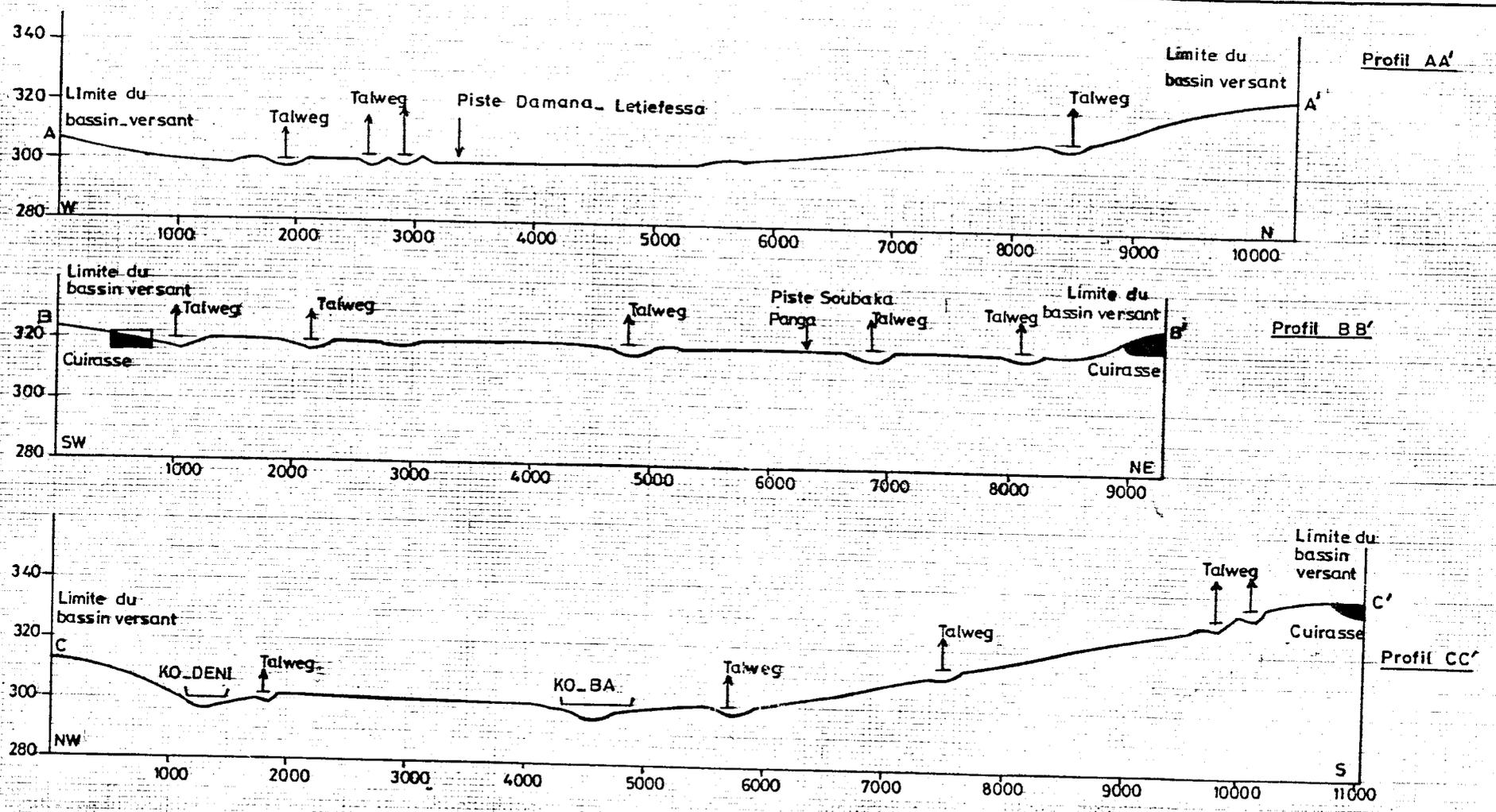
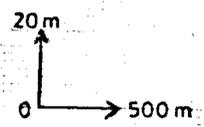


FIGURE N°9 PROFILS TOPOGRAPHIQUES SUR LE BASSIN VERSANT DE DAMANA

Source : Carte Topographique au 1/50 000^e feuille de Niellé et de Banfora



L'indice de forme appelé aussi coefficient de compacité (kc) est estimé à partir de la formule qui suit :

$$Kc = 0,28 P/\sqrt{S}$$

P est le périmètre du bassin-versant (P = 43 km),
S sa superficie.

L'indice de forme étant égal à 1,181 ; donc supérieur à l'unité, on peut dire que la configuration du bassin de Damana favorise assez bien la concentration des eaux de ruissellement vers l'exutoire.

1.2. La formation géologique : Les granito-gneiss

Selon la carte géologique (Carte n°2) établie par J. Marcellin 1971, on distingue une formation géologique : Il s'agit essentiellement des granito-gneiss.

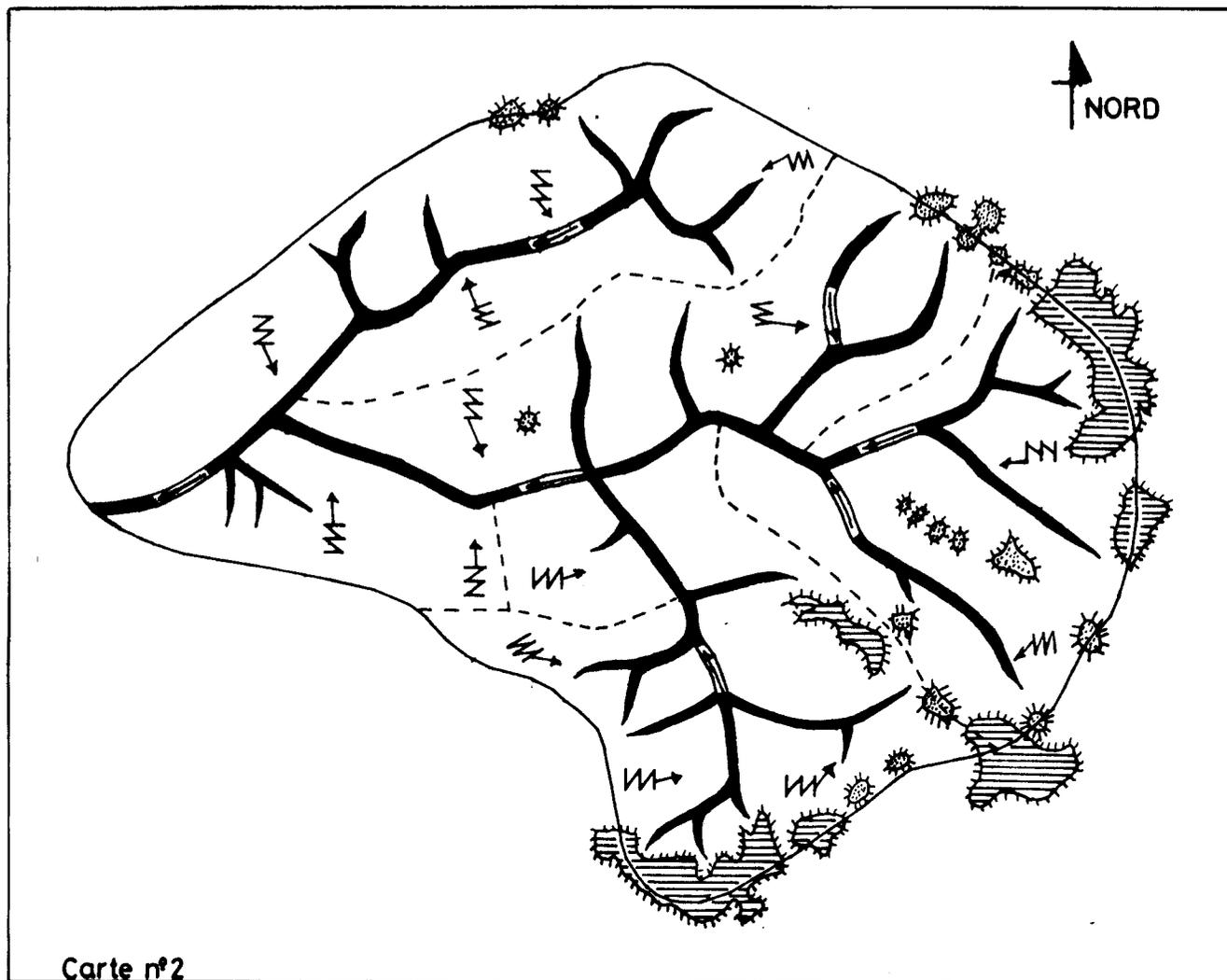
Ils constituent l'unité structurale de base et sont un témoin du Précambrien inférieur. Ce socle d'environ 3 milliards d'années, est composé de roches granitiques avec de nombreuses intrusions de gneiss. Ce sont donc des roches très anciennes. Celles-ci se sont consolidées en profondeur après un refroidissement lent du magma granitique, et ont été ensuite longtemps érodées et pénéplanées. C'est ce qui explique la platitude du relief dans la zone de Damana. D'ailleurs les surfaces correspondantes n'affleurent pas car elles sont recouvertes par une couche épaisse de cuirasse ferrugineuse.

Reposant sur le socle granito-gneissique, les cuirasses ferrugineuses constituent une sorte de couverture sédimentaire et sont encore mal datées. Cependant on les classe parmi les formations récentes. Ces ensembles indurés que l'on regroupe sous le nom de cuirasse sont divers. Sur le bassin-versant de Damana ils sont de 2 types :

- Le premier type regroupe les dalles et les buttes de cuirasse. Elles sont l'aboutissement d'un processus morphologique depuis le Quaternaire jusqu'à la période actuelle, et correspondent à un ancien niveau de pénéplanation.

- Le deuxième type de cuirasse est celui qui est situé le long des axes de drainage. Il semble être en relation directe avec le battement de la nappe aquifère. Ce genre de cuirassement se poursuit toujours, même à l'époque actuelle.

MORPHOSTRUCTURE DU BASSINVERSANT DE DAMANA



Carte n°2

LEGENDE

1 La Structure

 Granito gneiss

2 Les Formes

 Buttes cuirassées

 Cuirasse fortement indurée

 Dépression (bas.fond)

3 DIVERS

 Limite du bassin.versant

 Principales lignes de partage des eaux

 Ruissellement diffus

 Sens des écoulements

Echelle: 1/100.000

1.3 Sa géomorphologie

L'interprétation des photographies aériennes fait ressortir 2 principales unités géomorphologiques : Il s'agit du glacis et du bas-fond.

1.3.1 Le glacis

Selon RAUNET (1985), la zone comprenant le bassin-versant de Damana, était à l'origine une pénéplaine. Celle-ci, par suite de multiples régressions marines a été entaillée. Il est donc probable que ce soit ces érosions régressives qui aient entraîné et favorisé la formation du glacis. Dans ce cas elles ont alors tronqué les altérites sous-tendant l'ancienne topographie, et ont laissé les produits de démantèlement (gravillons) sur les surfaces décapées.

Presque tous les sols du glacis sont atteints d'une induration dont l'intensité varie d'un endroit à l'autre. De même, la nature des matériaux indurés est variable d'un point à un autre. Ceci tient à trois facteurs principaux :

- L'intensité et le degré de démantèlement des altérites
- L'importance de l'enrichissement de ces altérites en sesquioxydes.
- La puissance des altérites.

D'autre part, depuis l'entaille de la pénéplaine, jusqu'à nos jours, la zone dont fait partie la région de Damana, a connu une alternance de périodes humides et de périodes sèches. Les premières ont favorisé l'accumulation des sesquioxydes à faible profondeur, tandis que les secondes ont entraîné leur induration. C'est donc ce phénomène qui est à l'origine d'un cuirassement secondaire des sols.

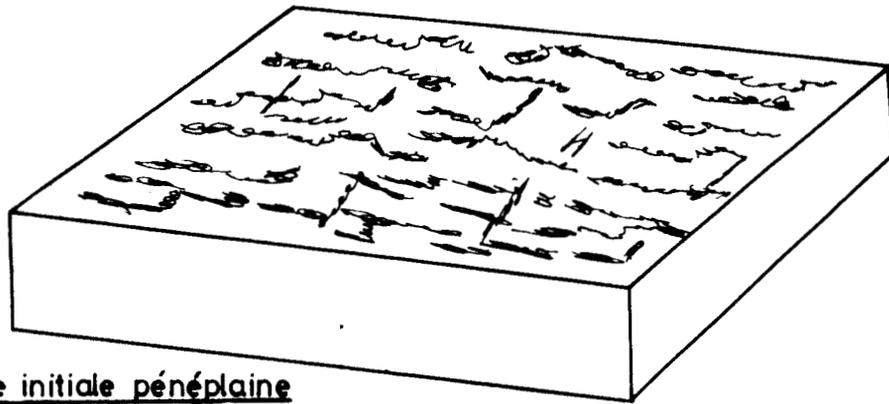
Le niveau induré apparaît à faible profondeur et est surmonté d'une couche gravillonnaire pouvant résulter d'un démantèlement in-situ. Mais dans la plupart des cas, celle-ci est en partie d'origine colluviale.

Sur le glacis, se trouvent également des buttes cuirassées. Leur morphogénèse est identique à celle de leur support, et les matériaux arrachés par sapement ou par appel ou vide se déposent sur les flancs où leur désagrégation continue.

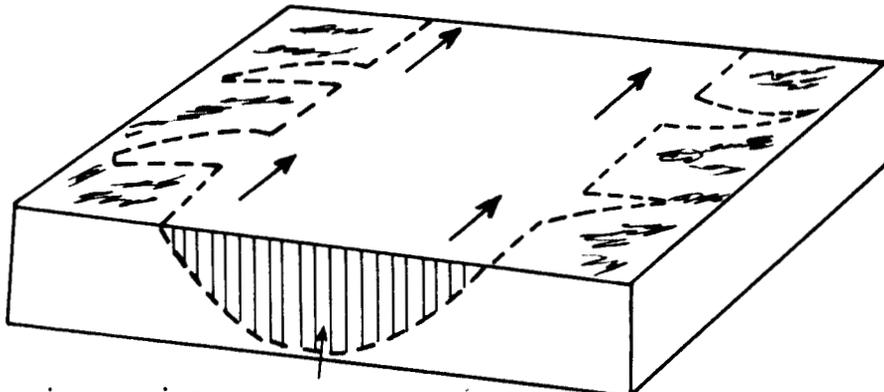
1.3.2. Le bas-fond

On estime que la période de morphogénèse active qui a été à l'origine de l'entaille de la pénéplaine, s'est terminée par la mise en place du bas-fond. En effet, la terrasse alluviale a été entaillée par les cours d'eau à la suite d'une baisse du niveau de base local, puis remblayée d'alluvions ou de matériaux terreux arrachés aux versants (Figure n°10).

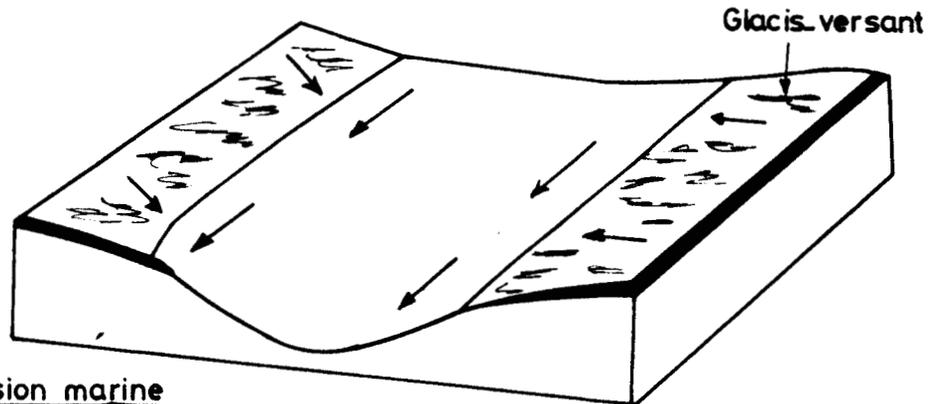
Ce remblaiement dont le niveau supérieur atteint celui de la plus basse cuirasse, est constitué à la base d'une formation détritique grossière (probablement graviers et gravillons). Au-dessus de cette couche, se trouve celle des limons contenant d'abondantes nodules calcaires. Actuellement les crues déposent des attérissements sableux et forment dans le lit du bas-fond des bancs de sable.



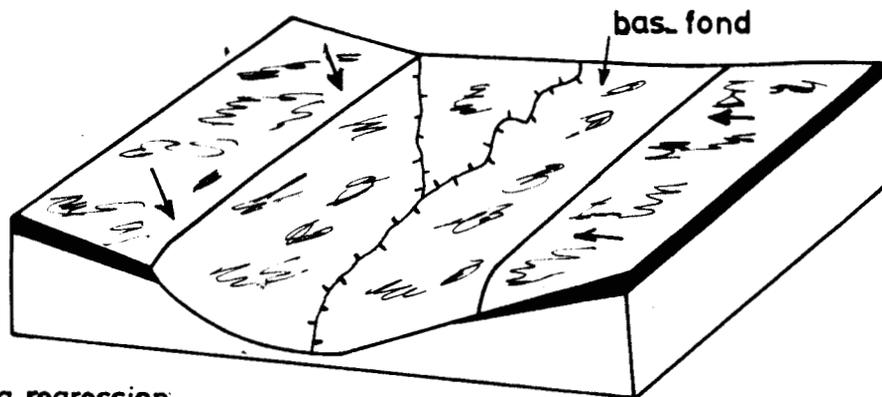
1 Phase initiale pénéplaine



2 Transgression marine Partie interne humidifiée et fortement altérée



3 Régression marine



4 Fin de la regression

FIGURE 10 Schéma évolutif de la mise en place du bas-fond et des glacis.

1.4. Les caractéristiques pédologiques du matériau superficiel

Les sols du bassin-versant de Damana se divisent en deux principaux groupes : Il s'agit des sols de hautes terres situés sur les glacis, et les sols de basses terres dans les bas-fonds.

1.4.1. Les sols de hautes terres

Presque partout la texture de la terre est en surface sableuse à sablo-argileuse. L'appauvrissement en "fines" de la couche superficielle résulte des facteurs suivants :

- Les activités biologiques
- L'effet splash
- Le ruissellement
- Le système de culture.

Selon la classification de DOULET R (1976), les formations pédologiques des hautes terres se répartissent entre les lithosols, les sols ferrugineux hydromorphes sur matériau sablo-argileux, les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau sablo-argileux.

- Les lithosols : Ils se localisent sur les cuirasses, et sont des sols peu évolués d'érosion. Leur épaisseur est généralement faible : la difficulté de pénétration des racines et la pauvreté chimique confèrent à ces sols des valeurs agronomiques de très faibles à nulles.

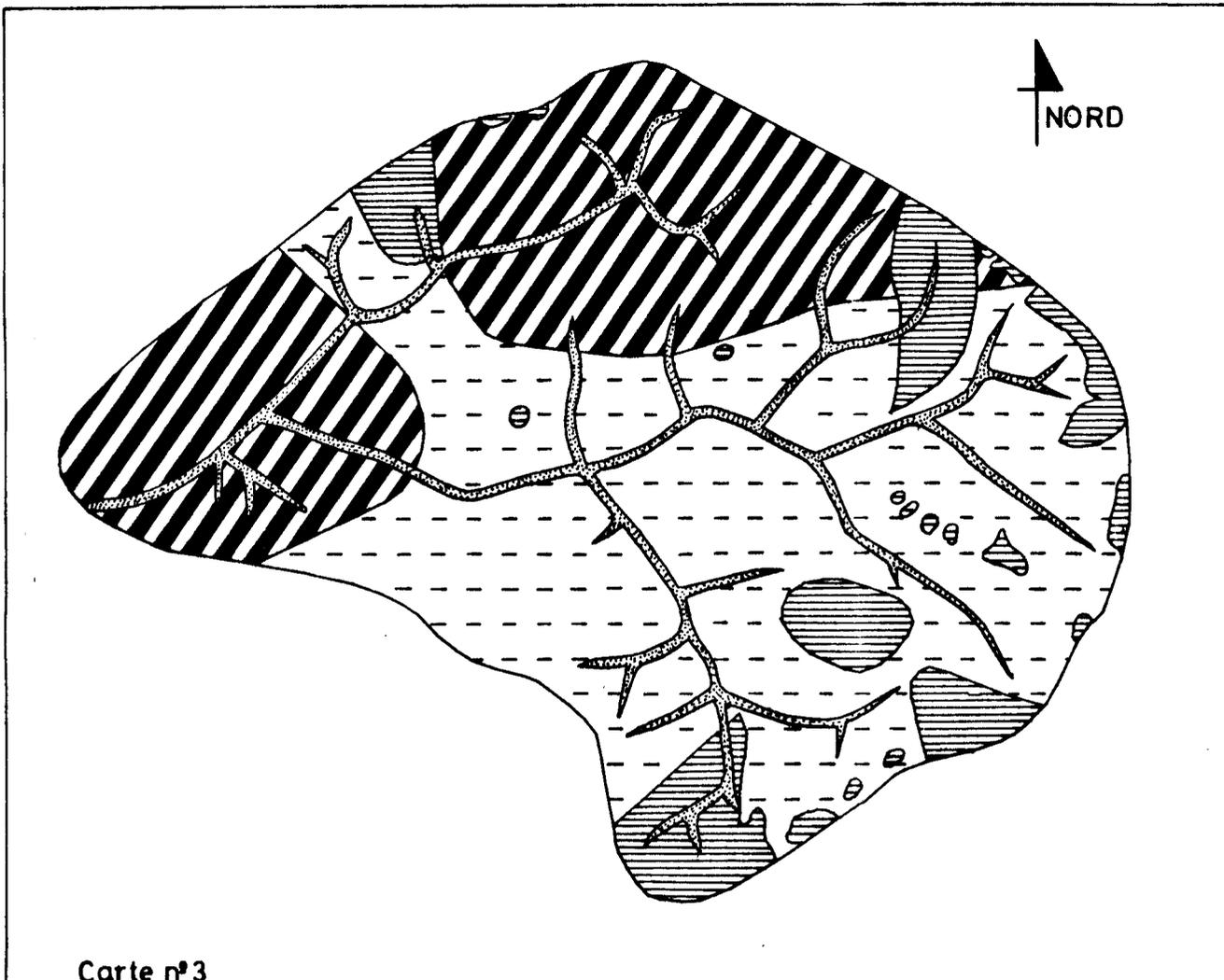
- Les sols ferrugineux hydromorphes sur matériau gravillonnaire sablo-argileux : Ils présentent une structure grumuleuse parfois dégradée en surface sous l'effet des cultures. On note une prédominance d'éléments grossiers, l'horizon de surface est moyen (40 - 100 cm). La réserve en eau y est faible. Le matériau originel est pauvre en éléments nutritifs pour les plantes. Ces caractéristiques font d'eux des sols moyennement aptes à l'agriculture.

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur matériau sablo-argileux : Ils sont essentiellement d'apport colluvial, et leur texture présente en surface une couche sableuse souvent hétérogène, et en profondeur une couche sablo-argileuse. L'ensemble est de profondeur moyenne (80 - 100 cm), mais offre un mauvais drainage. Ce sont des sols à potentialités chimiques faibles, présentant une aptitude moyenne à l'agriculture.

1.4.2. Les sols de bas-fonds

Ils sont représentés par les sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur matériau à texture variée. Caractérisé par un engorgement temporaire, leur horizon de surface est limono-argileux à argilo-limoneux, tandis qu'en profondeur, il est généralement argileux. L'épaisseur de l'ensemble est très importante (plus de 120 cm). Quant au drainage, il est faible en surface et nul en profondeur. Cela rend la perméabilité mauvaise et les inondations longues. Ainsi ces sols sont chimiquement assez riches, mais lourds à travailler. Ils offrent des potentialités agricoles intéressantes pour la riziculture inondée et le maraîchage de décrue.

ESQUISSE PEDOLOGIQUE DU BASSIN.VERSANT DE DAMANA



Carte n°3

LEGENDE

Unités géomorphologiques		Unités pédologiques
Glacis (Hautes terres)		Lithosols
		Sols ferrugineux tropicaux lessivés sans- concrétions
		Sols ferrugineux hydromorphes
Bas.fond (basses terres)		Sols hydromorphes minéraux à pseudogley
Limite du bassin.versant		Echelle: 1/100.000

1.5. Ses types de végétation

La multiplication des superficies cultivées en fonction des terres fertiles disponibles, la pratique des cultures intensives, et le déboisement abusif en vue de satisfaire les besoins domestiques sont autant de facteurs qui impriment un certain aspect à la végétation de la zone. Compte tenu de sa situation géographique, cette région bénéficie de précipitations abondantes qui favorisent le développement de plusieurs espèces ligneuses. Celles-ci se répartissent entre les 3 types de végétation qui sont les savanes boisées ; les forêts ; et les formations anthropiques.

- Les savanes boisées : Assez denses, elles sont les plus importantes et occupent la presque totalité des glacis du bassin-versant. Les espèces les plus abondantes sont : Burkea africana, Isoberlinia doka, Isoberlinia dalzielii, Detarium microcarpum. On note également la présence de Uapaca Togoensis, Parinari polyandra, Syzygium guineense. A côté de ces principales espèces, existent d'autres liées à la nature du sol : C'est le cas de Combretum micranthum sur les buttes de cuirasse, et de Dycrotacus Sp le long des sentiers.

- Les forêts : Elles sont également une caractéristique du bassin-versant de Damana. On y distingue des forêts galeries localisées de manière discontinue le long du bas-fond, et des îlots de forêts relictuelles sur les glacis.

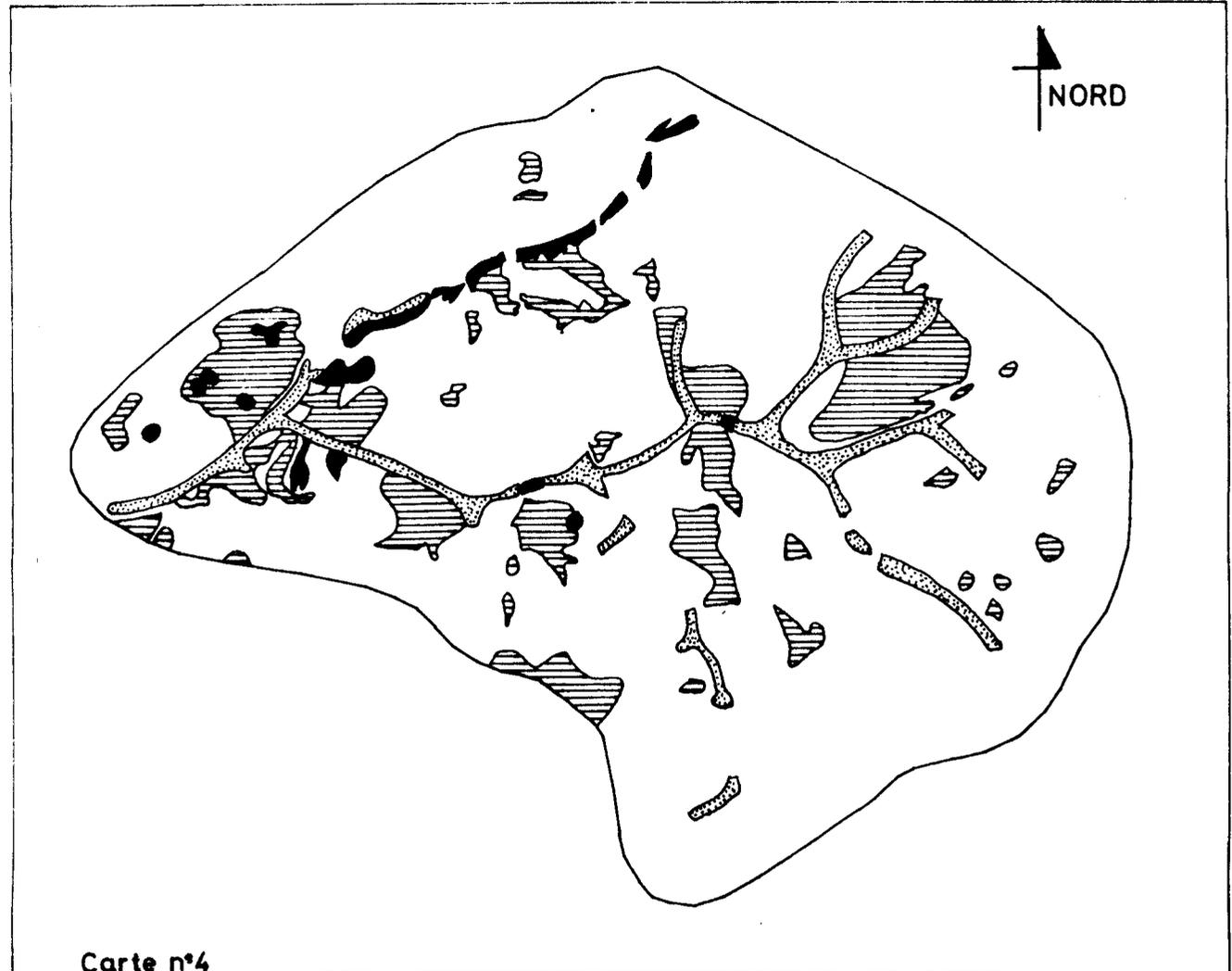
Les espèces les plus fréquentes dans ces formations hygrophyles denses sont : Berlinia grandiflora, Ficus platyphylla, Cola Cordifolia, Mucuna pruriens y est constant. Les conditions micro-climatiques du sous-bois (faible luminosité ; humidité permanente) permettent un important développement des plantes qui recherchent l'ombre et l'humidité : Ce sont Cyclosurus Striatus et Aframomun sp; Elaeis guinensis, Calamus déeratus et Raphia Sudanica font partie du cortège floristique des galeries forestières.

- Les formations anthropiques : Dans les zones de hautes terres, sont dispersés de nombreux champs billonnés dans lesquels les cultures sont variées (Mil, Mais, Sorgho, Arachide etc...). Dans ces champs se trouvent aussi Borassus œthiopum (Ronier), Butyrosperum parkii (Karité), Parkia biglobosa (Néré), préservés lors des défrichements culturels, et bien protégés en raison de leur intérêt économique.

Dans les bas-fonds, les conditions hydriques sont favorables à l'installation des rizières.

De manière générale, les graminées (Andropogon gayanus, Cymbopogon sp) sont abondantes et forment un tapis continu. L'aspect du couvert végétal semble être en rapport avec les variations saisonnières du climat. En effet l'humidité de la saison pluvieuse contribue à la croissance et à l'expansion des espèces, tandis qu'en saison sèche, on assiste à un ralentissement de la croissance.

VEGETATION DU BASSIN VERSANT DE DAMANA



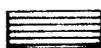
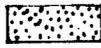
Carte n°4

LEGENDE

Formation naturelle

-  SAVANE BOISEE
-  ILOTS DE FORETS

Formation anthropique

-  CHAMPS DE HAUTES TERRES (MIL. SORGHO ETC)
-  CHAMPS DE BASSES TERRES (RIZIERES)
-  LIMITE DU BASSIN

ECHELLE 1/100.000

1.6. Ses traits climatiques.

Pour la présentation des caractéristiques climatiques du bassin-versant de Damana, notre souhait était de nous appuyer sur les données locales. Mais il n'existe pas de station agrométéorologique. Nous avons donc utilisé les données de Niangoloko, station la plus proche, malgré les inévitables variations.

1.6.1. Les éléments du climat

- La pluviométrie : Du point de vue pluviométrique, l'analyse de la figure n°11 montre à travers les moyennes annuelles de 1974 à 1987, un contraste entre une période de pluie et une période sèche. En effet dans la région de Damana, la saison des pluies est centrée sur 5 mois ; c'est-à-dire de mai à septembre. Le maximum de précipitations s'observe en juillet et août. C'est également ce dernier mois qui est le plus important en nombre de jours de pluie (en moyenne 18 jours) ; c'est aussi durant ce mois que les précipitations sont régulières.

La saison sèche quant à elle, s'étale sur 7 mois, soit d'octobre à avril. Durant cette période, certaines pluies anachroniques peuvent tomber.

Les températures : Les moyennes mensuelles (tableau 2) et les courbes de variations (figure n° 11) qu'elles ont permis d'établir, montrent l'existence de 2 maxima ; le premier en mars - avril ($\approx 37^{\circ}\text{C}$) et le second en octobre - novembre ($\approx 34^{\circ}\text{C}$). Par contre les températures les plus basses sont enregistrées entre décembre et janvier et varient de 16 à 18°C ; des légers fléchissements se font sentir au cours de la saison pluvieuse. Les maxima absolus ne descendent pas au-dessous de 10°C ; de manière générale les amplitudes thermiques sont faibles en saison des pluies (9 à 10°C), et augmentent avec l'installation de la saison sèche (14 à 15°C).

- L'insolation, l'évaporation, l'humidité relative : Le rayonnement solaire sur l'ensemble du bassin-versant de Damana est assez important. L'insolation moyenne mensuelle, variable, est plus élevée au cours de la saison sèche chaude contre des valeurs plus faibles durant la saison pluvieuse notamment au mois d'août présentant une importante couverture nuageuse.

Les relevés hygrométriques ayant permis de dresser les tableaux 3 et 4 permettent de distinguer deux grandes périodes très différentes :

. La saison pluvieuse marquée de fortes teneurs en vapeur d'eau, et par une baisse de l'évaporation.

. La saison sèche chaude au cours de laquelle on enregistre de faibles valeurs en humidité de l'air, et des fortes d'évaporation.

FIGURE 11 Correlations entre Précipitations et températures

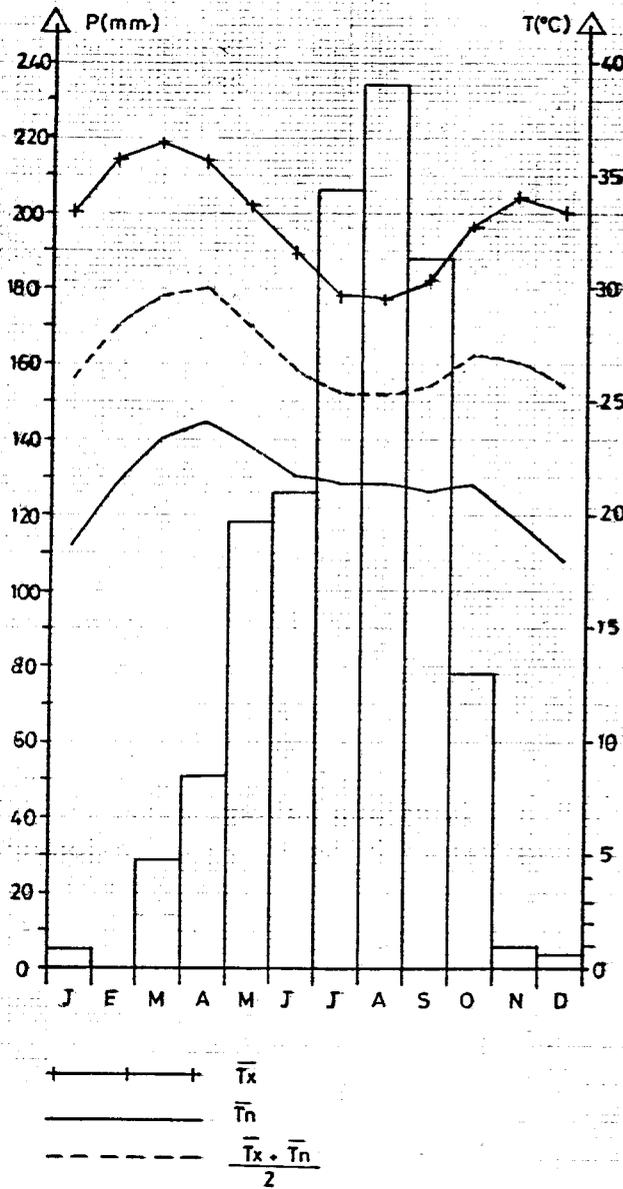


FIGURE 12 Correlation entre Précipitations et évaporations

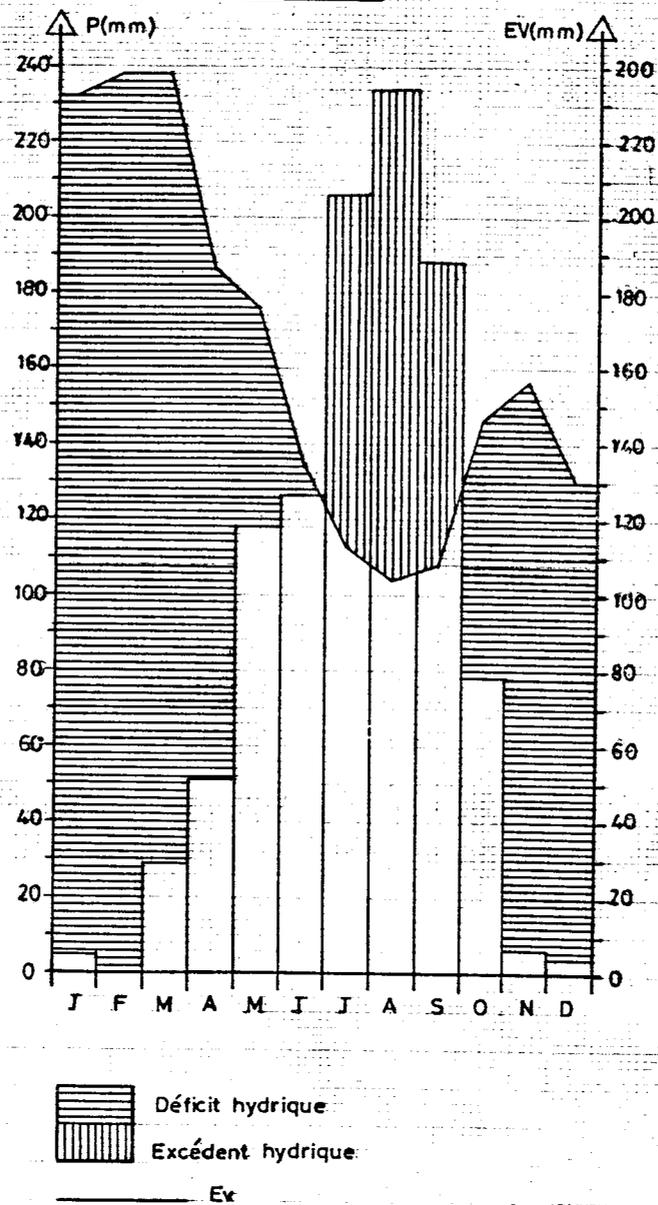


FIGURE 13 Moyennes mensuelles de l'humidité relative

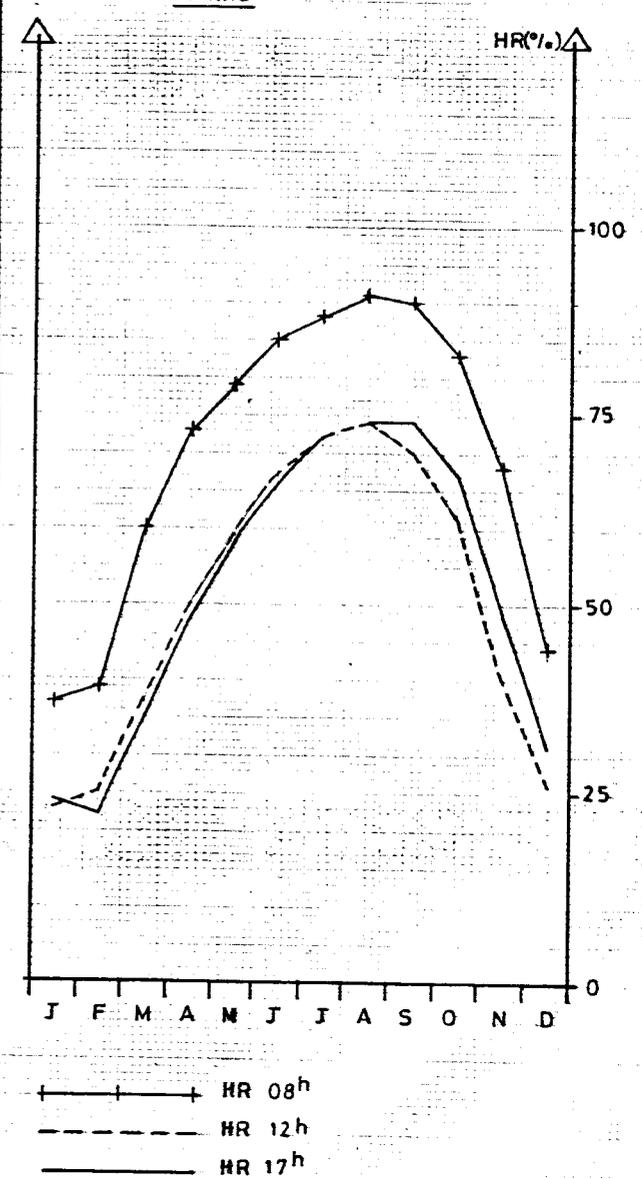


Tableau 3 : TEMPERATURES, STATION DE NIANGOLOKO DE 1973 à 1985.
(Moyennes mensuelles)

Mois Moyennes mensuelles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyennes annuelles
	Tx	33,55	35,76	36,33	35,77	33,7	31,53	29,75	29,64	30,43	32,6	34,03	
Tn	18,72	21,26	23,31	24	23,12	21,83	21,24	21,5	21,06	21,32	19,78	17,94	21,25
Tx-Tn	14,83	14,5	13,02	11,77	10,58	9,7	8,15	8,14	9,37	11,28	14,25	15,36	11,78
Tx+Tn	26,1	28,45	29,82	29,93	28,42	26,48	25,51	25,44	25,76	26,96	26,9	25,61	27,14
2													

Tx = Températures maximales journalières
Tn = Températures minimales journalières

Tx-Tn = Ecart diurne
Tx+Tn = Moyennes journalières.

Tableau 4 : HUMIDITE RELATIVE, STATION DE NIANGOLOKO DE 1973 à 1985.
(Moyennes mensuelles)

Mois Moyennes mensuelles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyennes annuelles
	H.R. 08h	37,07	39,46	60,3	72,92	78,69	84,61	88,30	91	89,84	82,92	68,25	
H.R. 12h	23,38	25,38	37,15	50,38	53,46	67,23	71,75	73,76	70,15	60,58	40,23	26,27	50,47
H.R. 17h	24,00	22,54	35	47,75	58	66,07	71,66	74,38	74,38	67,5	47,9	31,36	51,71
Moyennes	28,15	29,12	44,15	57,01	65,38	72,63	77,23	79,71	78,12	70,33	52,12	34,04	57,33

Tableau 5 : EVAPORATION BAC A ET BILAN HYDRIQUE, STATION DE NIANGOLOKO DE 1973 à 1985.
(Moyennes mensuelles)

Mois Moyennes mensuelles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyennes annuelles
Pluviométrie (mm)	5,44	1,29	29,07	51,42	118,82	127,23	205,44	233,14	188,63	77,42	5,86	4,97	1034,38
Evaporation (mm)	232,45	237,48	237,51	186,84	177,05	135,13	112,95	105,27	108,45	147,75	157,26	129,15	1967,29
Bilan hydrique	-227,01	-236,19	-208,44	-135,42	-58,23	-7,9	+92,49	+127,87	+80,18	-70,33	-151,4	-124,18	-932,91

1.6.2. Correlations entre les éléments du climat

En observant attentivement les figures n° 11, 12 et 13, on constate que les éléments du climat, dans leurs variations, sont inter-dépendants.

En effet entre la montée en mai, et la descente en octobre du F.I.T.⁶, se forment les nuages de saison des pluies, et les perturbations tropicales. Pendant cette période, l'intense nébulosité atténue les effets du rayonnement solaire. Cela a pour effet la réduction de l'évaporation et l'augmentation de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère. Ainsi avec l'influence de la mousson, les températures fléchissent, ainsi que l'insolation.

D'ailleurs la différence entre les moyennes de précipitations et d'évaporation (bilan hydrique) fait ressortir pour la région de Damana 3 périodes.

- La première période va de la mi-mai à la fin juin. Elle est caractérisée par un bilan hydrique faiblement négatif et par une irrégularité des précipitations. Sur le plan agricole, elle est indiquée pour les préparations des sols et pour les semis.

- La seconde période qui va de fin juin à fin septembre est la saison vraiment humide. Les précipitations l'emportent sur l'évaporation, et les sols reconstituent les stocks hydriques. En ce moment le semis est dépassé.

- La troisième période, voit les pluies se raréfier. Les réserves hydriques du sol commencent à s'épuiser, le bilan hydrique redevient négatif. La nébulosité diminue, les températures et l'évaporation commencent à augmenter. Cette période dure environ 3 à 4 semaines à partir de début octobre.

L'ensemble de ces trois périodes forment la saison humide. Pendant la saison sèche, les perturbations tropicales décrites à la saison humide, évoluent en sens inverse : Le ciel devient très dégagé, le rayonnement solaire est très fort, l'humidité de l'air diminue, l'évaporation atteint son maximum.

Ces caractéristiques climatiques permettent de classer la région de Damana dans un climat tropical à variante Sud-Soudanienne⁷.

⁶ F.I.T. Front-Inter-Tropical : C'est la zone de séparation entre deux flux dont l'un est sec et provient des hautes pressions sahariennes, l'autre est humide et provient des hautes pressions océaniques.

⁷ La Classification selon J. Richard Molard divise le Burkina en 3 sous zones d'importances et de caractères différents. La zone Sud Soudanienne est la zone méridionale limitée par l'isohyète 1 000 mm et caractérisée par des pluies s'étendant sur environ la moitié de l'année, avec une amplitude thermique assez faible.

1.7. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin-versant est composé de 2 rivières le KO-BA et le KO-DENI. Elles sont les affluents d'un cours d'eau principal, lui-même affluent de la Léraba orientale.

1.7.1. Caractères généraux

Ces cours d'eau sont saisonniers et se manifestent uniquement pendant la saison des pluies. Les écoulements qui commencent à la fin du mois de juin sont l'aboutissement de plusieurs facteurs. Il s'agit de :

- Les hauteurs pluviométriques
- L'importance des ruissellements de versants, liée au degré d'humectation des sols
- L'importance des écoulements hypodermiques des versants
- L'affleurement de la nappe phréatique
- L'installation d'une nappe d'inondation dans les bas-fonds.

Suivant la classification de SCHUM, le tronçon commun constitue le chenal principal recevant des affluents hiérarchisés de 4 à 1 (Carte n°5).

Le tracé des affluents d'ordre 1 est marqué par une entaille et la pente longitudinale est importante.

Les affluents d'ordre 2 sont formés par la confluence des bras primaires. Le lit mineur y est marqué, mais il reste encaissé et peu étroit. Les crues sont souvent violentes.

Le cours moyen formé des affluents d'ordre 3 et d'ordre 4 présente une absence totale de lit mineur. On a plutôt un champ d'inondation où les eaux s'étalent au maximum car le bas-fond y est très large avec un fond plat.

1.7.2. Les affluents

- Le KO-BA : Il draine un sous-bassin de 73,1 km², et présente un chevelu hydrographique très ramifié surtout sur la rive gauche. Les mesures au curvimètre donnent une longueur totale de 58 km de drainage. La densité de drainage (rapport de la longueur des cours d'eau sur la surface drainée) est de 0,79 km/km². L'aptitude à la formation des crues est moyenne.

Les pentes longitudinales et transversales sont respectivement 0,337% et 2,06% ; l'écoulement se fait du Sud vers le Nord, pour l'affluent rive gauche, tandis que le sens général est Est-Ouest.

- Le KO-DENI : Son sous-bassin, de forme allongée, a une superficie de 19,5 km² et supporte 14 km de cours d'eau. La densité de drainage est 0,71 km/km², traduisant une faible aptitude à la formation des crues.

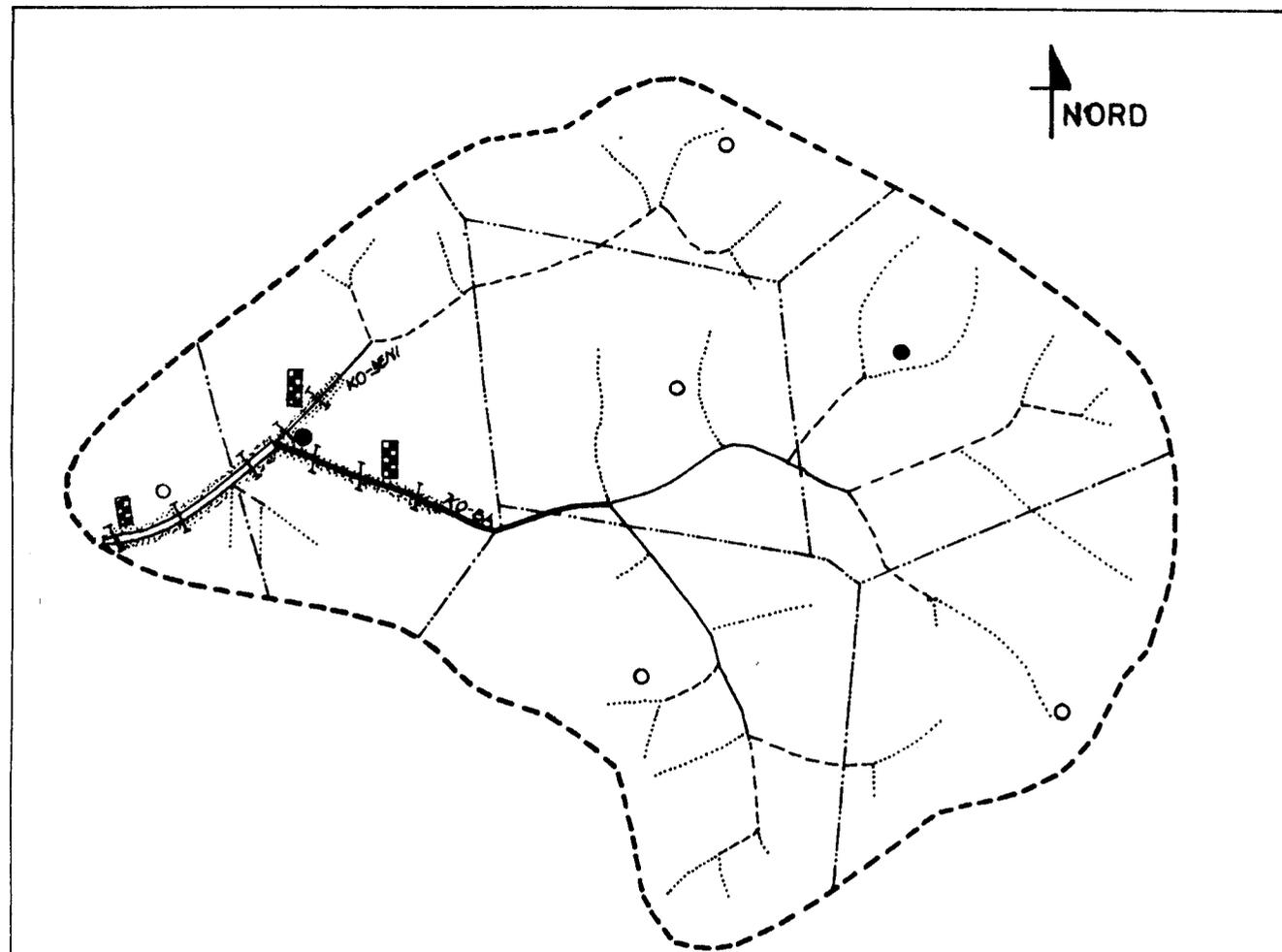
On note également la faiblesse des pentes : 0,156% pour la pente longitudinale et 3,67% pour la pente transversale. L'écoulement est unidirectionnel Nord-Est - Sud-Ouest, avec des affluents sur la rive droite qui ruissellent du Nord vers le Sud.

- Le cours d'eau principal. Il est formé par la confluence des deux affluents et se présente sous-forme d'un collecteur central de 4,5 km de long. Son sous-bassin est 11,4 km². Sa largeur est variable selon les profils, mais reste inférieure à 70 m.

Le profil transversal donne une pente de 3,14% et la pente longitudinale est de 0,149%. Ainsi pendant les crues, il est rapidement transformé en champ d'inondation.

Les caractéristiques physiques du bassin-versant de Damana sont énormes ; elles présentent également beaucoup d'éléments favorables à l'implantation humaine et au développement de leurs activités socio-économiques. Ainsi pour exploiter ces potentialités, les habitants de cette région ont organisé leur milieu socio-économique. Quelles sont les caractéristiques de celui-ci ?

RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT



Carte n°5

LEGENDE

1 Les Affluents

..... Affluents d'ordre 1

--- // // // 2

— // // // 3

— // // // 4

▭ Chenal principal

2 DIVERS

▨ Bas.fond cas d'étude

—> Batterie de piézomètres

▣ Echelle de crue

○ Pluviomètre

● Pluviographe

--- Polygones de Thiessen

Echelle 1/100.000

2. Le milieu socio-économique et son organisation

2.1. La population

Le fond autochtone de la population est constitué de Goin (rameau intermédiaire du Lobi et du Sénoufo.). A cette population agricole, l'immigration des Dioula essentiellement des commerçants, a juxtaposé des villages ou des quartiers dioula. Quelques Peulhs transhument avec leurs troupeaux pendant la saison sèche.

La population résidente est peu nombreuse et reste inégalement répartie dans 5 villages qui composent la zone de Damana (Tableau n°7).

Tableau n°7 : REPARTITION DE LA POPULATION PAR VILLAGE
DANS LA REGION DE DAMANA.

VILLAGES	POPULATION RESIDENTE	ETHNIE
Damana	795	Dioula
Dougoudioulama	377	Goin
Létiéfesso	1339	"
Panga	1967	"
Pangadéni		"

Source : Documents O.R.D Comoé 1985

L'habitat y est dispersé, et pendant les périodes de culture, les habitants désertent pour s'installer dans des campements dans leurs champs de brousse.

Avec une population résidente totale évaluée à 4478 habitants, on a une densité moyenne de 43 habitants au km². L'ensemble de la population reste très jeune (17-30 ans) et est largement sous-employée sur toute l'année, sauf pendant la saison des cultures, période où le taux d'occupation est proche de la saturation.

Il existe 1 C.F.J.A⁸, à Létiéfesso et à Panga. C'est également ce dernier village qui possède l'infirmerie de la zone. Signalons enfin la présence de magasins de stockage des C.R.P.A⁹, dans chaque village.

⁸ Centre de Formation des Jeunes Agriculteurs

⁹ Centre Régional de Production Agro-pastorale

2.2. L'agriculture

Elle est la principale activité économique et intéresse la presque totalité de la population résidant dans la zone de Damana.

2.2.1. Les productions

Elles sont essentiellement vivrières : sur les hautes terres on a le mil, le maïs le sorgho, les légumes, tandis que dans les bas-fonds, dominant le riz et les tubercules. Une grande partie de la production est autoconsommée.

Les cultures industrielles de l'arachide et surtout du coton se développent malgré les difficultés d'évacuation des produits. Elles mobilisent une main-d'œuvre importante et bénéficient de certains traitements phytosanitaires. La commercialisation se fait surtout à la SOFITEX¹⁰ par l'intermédiaire des C.R.P.A. La cueillette du Karité, du Néré, l'extraction de la sève de Rônier fournissent un appoint non négligeable.

2.2.2. Les Systèmes d'exploitation

L'exploitation prédominante est de type familial. Elle se définit comme étant l'ensemble des terres appartenant à une famille et exploitée par les membres de celle-ci, de manière individuelle ou collective. Ainsi l'exploitation familiale se subdivise en champs familiaux et champs individuels sur les hautes terres et dans les parcelles de bas-fonds. Elle constitue alors l'unité économique de base et fait de la famille (regroupant un ou plusieurs ménages) l'organisation agricole de base.

2.2.2.1. L'organisation de la production agricole

Dans les champs familiaux, les travaux s'effectuent sous la direction du chef de famille. C'est lui qui décide des spéculations à développer, des techniques culturales à appliquer, et veille sur le respect du calendrier cultural. Cependant l'exploitation des champs est l'affaire de tous les membres actifs de la famille, même des femmes.

En effet celles-ci participent activement à la production des besoins alimentaires de la famille. Chez les Goins, elles ont 3 à 4 jours de travail hebdomadaire sur les champs familiaux ; tandis que chez les Dioula, elles travaillent uniquement pendant le semis et les récoltes ; parfois elles font du sarclage si les hommes sont débordés.

L'immensité des champs familiaux nécessite parfois un recours à la main-d'œuvre extérieure, ainsi le chef de famille adresse des invitations aux "tons villageois" (Associations de Culture).

Quant aux champs individuels, ils sont l'attribution du chef de famille aux membres qui veulent cultiver les produits de leur choix pour leur propre compte. Ainsi le bénéficiaire (généralement un homme) organise les travaux sur son champ, choisit ses produits. Cependant ces champs individuels sont exploités par les membres de la

¹⁰ Société des Fibres et Textiles du Burkina

même famille (femmes et enfants). Il apparaît donc difficile de faire une dissociation entre ceux-ci et les champs familiaux, en ce qui concerne l'organisation de la production.

Les femmes peuvent également bénéficier d'un champ individuel. Dans ce cas, la superficie ne dépasse pas 0,40 ha, et elles assurent elles-mêmes l'entière exploitation. Elles décident du choix des cultures (pois de terre, sésame, légumes, plantes à sauce) à développer et y exécutent toutes les opérations de production.

Les parcelles de bas-fonds sont attribuées aux femmes et cultivées généralement par celles-ci pour la production du riz. Cette activité qui est réalisée par les femmes avec l'aide de leurs enfants, est souvent reléguée au second plan. En effet, les épouses sont d'une aide importante dans les champs de hautes terres, où elles sont permanentes en début de saison de cultures. Elles ne rejoignent les parcelles de bas-fond que lorsque le gros du travail des "champs secs" est fini. En ce moment le bas-fond est envahi d'eau et beaucoup de difficultés apparaissent

2.2.2.2. L'organisation technique de la production

Les différentes opérations culturales exécutées sont les suivantes :

1) Préparation des parcelles : Sur les hautes terres, on a un défrichage suivi de la confection des billons, tandis que dans le bas-fond, on procède à un débroussaillage sommaire ; et quand les terres sont suffisamment humides, on effectue les premiers labours.

2) Les semailles : Le semis se fait sur les billons ou sur les buttes dans les champs de hautes terres. Dans les parcelles de bas-fonds, les grains de riz sont semés à la volée.

D'une manière générale, les variétés cultivées sont locales et les semences proviennent des récoltes de la campagne précédente.

3) Le repiquage : Cette opération s'effectue lorsque les plants sont jugés trop serrés ; elle se fait soit dans la même parcelle, soit dans une autre préparée à cet effet.

4) Le désherbage : Il se fait à la daba dans les champs de hautes terres ; tandis que dans le bas-fond le travail se fait à la main. Il peut être effectué à plusieurs reprises.

5) La Confection des diguettes : Elle est une particularité des parcelles de bas-fond et se fait en prévision des crues pour assurer une meilleure répartition des eaux à la parcelle.

6) La moisson : Pour toutes les cultures, la récolte est manuelle.

Si les différentes opérations culturales sont exécutées selon l'ordre ci-dessus, chaque rubrique n'est pas accomplie par tous les paysans à une même période. En effet chaque chef de ménage, décide de son calendrier cultural, et veille sur son application. Ainsi les activités sont effectuées selon les aspects de développement présentés par la plante.

Les techniques de production sont arriérées ; les paysans "ignorent" l'existence des outils modernes et se servent de la grande daba et de la petite daba.

L'utilisation de l'engrais chimique, quoique faible est à noter. On assiste également à une entrée timide de la charrue à la traction bovine.

2.3. L'élevage

Il est embryonnaire et se limite au petit bétail : caprins, ovins, porcins, volailles. La taille du cheptel est généralement réduite à quelques têtes.

L'élevage des bovins est la tâche des Peulhs en transhumance, leur troupeau est parfois très important (des dizaines de têtes.).

Certains bovins appartenant aux autochtones sont destinés à la traction des charrues.

Cet élevage ajouté aux fruits de la pêche et de la chasse, contribuent pour une faible part à l'alimentation des populations.

La région de Damana, de part sa situation dans le climat tropical Sud-Soudanien possède de nombreux atouts naturels favorables aux activités humaines. En effet, le bassin-versant est peu accidenté, les sols sont fertiles et aptes à l'agriculture. Les précipitations sont abondantes et s'étalent sur la moitié de l'année.

Voilà donc autant de potentialités qui malheureusement sont sous-utilisées ou mal exploitées.

Les bas-fonds inondables pendant la saison des pluies offrent aussi la possibilité de faire la riziculture. Le souci d'améliorer l'exploitation traditionnelle de ces sites exige de connaître au mieux leur fonctionnement. Cette connaissance passe par l'étude de la disponibilité en terre et en eau vis à vis de la riziculture.

IIème PARTIE

LE CAS DU BAS-FOND DE DAMANA

La plaine de Damana, rizicultivée de manière traditionnelle a une longueur de 6 000 mètres. Sa largeur est très variable, mais reste inférieure à 70 mètres. Sa superficie (extensible) est estimée à environ 70 ha.

Elle se caractérise par quelques arrivées latérales favorisées par les ruissellements de versant.

Actuellement son exploitation est faite par 598 personnes réparties dans les villages de Damana, Létiefesso et Dougoudioulama.

CHAPITRE 1 :

LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS DE LA
PLAINE.

1. Les caractères morpho-pédologiques

Une prospection pédologique de la plaine rizicole de Damana a été réalisée par le BUNASOLS¹¹ en mai 1988. Elle avait pour but de déterminer la variabilité des types de sols pour en dégager les contraintes pour une riziculture de bas-fond. A cet effet, 8 fosses de reconnaissance ont été creusées dans la plaine ; les observations ont été suivies d'une description selon les directives F.A.O.¹² et classées d'après la classification Française. Le tableau 7 donne le résumé de ces résultats

La signification des observations au niveau de la texture :

A : Argileux	L.A.S. : Limon Argilo-Sableux
A.L. : Argile Limoneuse	L.S. : Limon Sableux
L.A. : Limon Argileux	L.F. : Limon Fin
A.S. : Argilo-Sableux	S.L. : Sablo-Limoneux

Texture des horizons de surface L.S/A Texture des horizons profonds

¹¹ BUNASOLS : Bureau National des Sols

¹² F.A.O. : Food and Agriculture Organisation - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Types de Sols	Aspects Superficiels du sol	Profondeur totale	Couleur (humide)		Texture	Structure	Consistance	Porosité	Taux d'éléments grossiers. ($\phi > 2 \text{ mm}$)	Drainage	Remarques.
			Matrice	Taches							
Sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes	Pas de fente	>120 cm	Gris foncé à gris brun clair	Brun Jaunâtre à rougeâtre	LF à LS / LAS à AS	Polyédrique subangulaire faiblement développé à massive en profondeur	Tendre à peu dure	Nombreux à très nombreux pores	Quelques gravillons et concrétions ferro-manganifères	imparfait	
Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés	Pas de fente	84 cm	Brun grisâtre très foncé à Jaune brunâtre	-	SL/A	Polyédrique subangulaire faiblement développée	Tendre à peu dure	Nombreux à très nombreux pores	40% gravillons et concrétions ferrugineuses	Normal	carapace à 84 cm de profondeur
Sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et à concrétions	Pas de fente	>120 cm	Brun grisâtre très foncé à Jaune brunâtre	Rouge Jaunâtre en profondeur	LS/LAS	Polyédrique subangulaire faiblement développée	Tendre à peu dure	Nombreux à très nombreux pores	40 à 80% gravillons et concrétions ferrugineuses	imparfait en profondeur	-
Sols bruns Eutrophes tropicaux hydromorphes	Fentes de retrait dans l'ensemble du profil	>120 cm	Gris foncé à brun grisâtre foncé	Brun olive clair à Jaune brunâtre	LA/AL à A	Polyédrique subangulaire à angulaire moyennement à fortement développée	Dure à très dure	Nombreux à très nombreux pores	Quelques gravillons et concrétions ferro-manganifères.	imparfait	Nombreuses faces de pression à partir de 50 cm de profondeur
Sols hydromorphes peu humifères à pseudo-gley d'ensemble	Fentes de retrait dans l'ensemble du profil	>120 cm	Gris à brun grisâtre	Brun Jaunâtre à brun fort	LA à LS / AL à A	Polyédrique subangulaire à angulaire moyennement à fortement développée	Peu dure à dure	Nombreux à très nombreux pores	Quelques gravillons et concrétions ferro-manganifères.	imparfait	Faces de pression à partir de 40 cm de profondeur profil
Sols hydromorphes peu humifères à gley profond	Fentes de retrait dans l'ensemble du profil	>120 cm	Gris à gris foncé	Brun Jaunâtre fort	LA/AL	Polyédrique subangulaire à angulaire moyennement à fortement développée	Peu dure à dure	Nombreux à très nombreux pores	-	imparfait	Nombreuses faces de pression à partir de 50 cm de profondeur

Source: EUNASOLS mai 1983

Tableau 7: Caractères morpho-pédologiques du bas-fond de SANANA

De la reconnaissance pédologique du bas-fond de Damana, il convient de retenir ce qui suit :

- La faible variabilité des sols de la plaine alluviale : Elle apparaît au niveau de la nature du matériau d'apport, et est liée à la fois, à la durée du séjour et au degré de pédogénèse de ce matériau dans le bas-fond.

- Les fentes de retrait sur la surface des sols hydromorphes peu humifères et des sols bruns entrophes tropicaux hydromorphes : Elles sont une caractéristique de ces types de sols qui correspondent à un matériau d'apport à texture fine (Argile ou Argile-limoneuse).

- L'hydromorphie secondaire des sols peu évolués : Ces sols d'apport alluvial correspondent à un matériau de texture grossière (sable, sable limoneux). Ils se forment principalement sur les rebords de la plaine.

- L'imperfection du drainage : Sur les sols hydromorphes peu humifères, l'hydromorphie se manifeste dès la surface.

Par contre sur les sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes elle se manifeste en profondeur. Cette hydromorphie se traduit également selon les conditions aérobioses par la présence d'un pseudogley ou d'un gley.

2. Quelques analyses complémentaires

En ce qui concerne l'alimentation de la plante en eau, le sol joue un rôle de réservoir. Selon la nature du sol et son état d'humidité, la plante peut extraire cette eau avec plus ou moins de facilité. La circulation, la mise en réserve, et la disponibilité de l'eau dans le sol dépendent de certaines caractéristiques. Il s'avère donc indispensable de connaître ces caractéristiques pour mieux appréhender le fonctionnement du sol et dégager son aptitude à la riziculture.

Pour cela, des échantillons ont été prélevés à la tarière aux emplacements des piézomètres. En fait deux types d'échantillons ont été prélevés :

- Des échantillons remaniés : ils ont été pris tous les 25 cm dans le lit mineur, et tous les 50 cm sur les versants ; et ce jusqu'à une profondeur de 150 cm.

- Des échantillons non-remaniés : ils ont été obtenus par la méthode du double anneau et ont été pris dans le lit mineur. La zone de sondage par emplacement varie de 50 cm de profondeur (on a alors 2 tranches de 25 cm) à 100 cm de profondeur (on a 3 tranches : 0-25 ; 25-50 ; 50-100).

L'ensemble des échantillons mis en sachets et dans les anneaux ont été remis au laboratoire physique des sols de la station agronomique de Farakó-ba pour procéder aux différentes analyses et mesures.

2.1. La texture¹³

Elle caractérise la nature, la taille et la distribution des particules solides qui constituent un sol. Elle a une grande influence sur l'écoulement de l'eau, sur la circulation de l'air et sur le rythme des transformations chimiques qui sont importantes pour la vie des plantes.

D'une manière générale, les analyses révèlent que dans la plaine rizicole proprement dite, on est en présence des sols à texture très fine. En effet dans les premières couches de la zone de sondage, le pourcentage de la fraction Argile-Limon varie entre 55 et 75% (Tableau n°9). Selon le triangle textural Français de DUCHAUFOR, on a soit du Limon argileux, soit de l'argile limoneuse, soit de l'argile. Par contre les sols de versant présentent une texture moyenne à grossière.

- Dans la plaine rizicole de KO-DENI, l'argile est dominante tout le long du profil longitudinal (46,84% à 54,32%). Sa texture très fine et sa totale stabilité la rendent favorable à une rétention bonne et prolongée, ainsi qu'à une bonne répartition interne de l'humidité.

- Tout le long de la plaine rizicole du KO-BA, l'argile est presque dominante. On peut noter qu'à certains endroits, et surtout à partir des 50 cm, le pourcentage d'argile diminue au profit du sable. Dans l'ensemble on passe d'un niveau limoneux-argileux

¹³ Voir Triangle en annexe 2

(0-25 ou 0-50 cm) à un niveau argileux au-delà de 50 cm. Une telle superposition serait favorable au maintien d'une nappe perchée, ou tout au moins d'une bonne humidité superficielle.

-La plaine rizicole située le long du tronçon commun offre une hétérogénéité des sols. En effet la succession des couches est limon argileux sur argile ou limon-argileux-sableux sur argile à l'exutoire, 300 m. un peu plus en amont, la texture est sableuse à limon sableux. Au niveau de la confluence, l'argile est dominante en haut ; à partir de 150 cm la fraction sableuse augmente légèrement.

Du point de vue textural, il résulte que les sols de la plaine de Damana sont dans l'ensemble favorables à la riziculture de bas-fond. Ils sont très profonds (> 150 cm) et peu durs. De même, il se prêtent au maintien d'une bonne humidité, notamment dans la partie superficielle (0-50 cm) où le profil racinaire du riz est le plus développé.

Tableau n°9 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS DE LA PLAINE RIZICOLE DE DAMANA

Emplacement	N° du trou	Profondeur (cm)	Composition granulométrique			Classe	Texture		
			Sable %	Limon %	Argile %				
C O M M U N T R O N C O N T R O N C O N C O M M U N T R O N C O N	P1	1	0 - 25	43,16	22,0	34,84	LA	F	
			25 - 50	35,16	20,0	44,84	A	T.F	
			50-100	64,24	12,0	23,76	LAS	M	
			100 - 150	40,96	18,0	41,04	A	T.F	
	P2	1	0 - 25	92,24	6,0	1,76	S	T.G	
			25 - 50	79,16	12,0	8,64	SL	G	
			50-100	84,24	12,0	3,76	SL	G	
			100 - 150	48,6	20,0	31,4	LAS	M	
	P2	2	0 - 25	85,68	6,0	8,32	SL	G	
			50-100	87,32	6,0	6,68	SL	G	
			100 - 150	82,96	10,0	7,04	SL	G	
	P2	3	0 - 25	79,68	10,0	10,32	LTS	G	
50-100			57,68	12,0	30,32	LAS	M		
100 - 150			52,96	12,0	35,04	AS à LAS	F à M		
T R O N C O N T R O N C O N C O M M U N T R O N C O N	P3	1	0 - 25	40,8	61,0	43,2	A	T.F	
			25 - 50	27,52	20,0	52,48	A	T.F	
			50-100	20,96	18,0	61,04	A	T.F	
			100 - 150	52,96	16,0	31,04	LAS	M	
	P3	2	0 - 25	72,96	12,0	15,04	LTA	G	
			50-100	56,6	14,0	29,4	LAS	M	
			100 - 150	16,24	28,0	55,76	A	T.F	
	P3	3	0 - 25	69,32	18,0	12,68	LS	G	
			50-100	68,96	16,0	15,04	LS	G	
			100 - 150	76,96	12,0	11,04	LTA	G	
	C O M M U N T R O N C O N C O M M U N T R O N C O N	F4	1	0 - 25	37,16	20,0	42,84	A	T.F
				25 - 50	39,88	16,0	44,12	A	T.F
50-100				66,24	14,0	19,76	LA	G	
100 - 150				31,88	26,0	42,12	A	T.F	
F4		2	0 - 25	49,88	16,0	34,12	LAS	M	
			50-100	54,6	14,0	31,4	LAS	M	
			100 - 150	60,6	10,0	29,4	LAS	M	
F4		3	0 - 25	84,24	10,0	5,76	SL	G	
			50-100	70,6	6,0	23,4	LAS	M	
			100 - 150	63,88	10,0	26,12	LAS	M	
K O - D E N T		P5	1	0 - 25	42,24	26,0	31,76	LA	F
				25 - 50	35,16	18,0	46,84	A	T.F
	50-100			23,68	18,0	58,32	A	T.F	
	100 - 150			23,68	28,0	48,32	A	T.F	
	P6	1	0 - 25	27,16	18,0	54,84	A	T.F	
			25 - 50	34,96	14,0	51,04	A	T.F	
			50-100	30,24	14,0	55,76	A	T.F	
			100 - 150	34,96	16,0	49,04	A	T.F	

(Suite tableau n°9)

K G - S A	P7	1	0 - 25	31,34	12,0	56,66	A	T.F
			25 - 50	60,8	10,0	29,2	L.A.S	M
			50 - 100	43,68	12,0	44,32	A	T.F
			100 - 150	35,68	22,0	42,32	A	T.F
	P8	1	0 - 25	33,16	22,0	44,84	A	T.F
			25 - 50	42,8	18,0	39,2	LA	F
			50 - 100	88,96	6,0	5,04	S	T.G
			100 - 150	88,96	8,0	3,04	S	T.G
	P9	1	0 - 25	49,16	16,0	34,84	L.A.S	M
			25 - 50	23,8	22,0	49,2	A	T.F
			50 - 100	12,24	18,0	67,76	A	T.F
			100 - 150	50,24	16,0	33,76	L.A.S	M

Emplacement : P 7 = Profil n°7 des piézomètres

N° du trou : 1 Dans le lit mineur

2 Sur le versant gauche

3 Sur le versant droit

Classe : A = Argile

A.S = Argilo-sableux

LA = Limono-argileux

L.T.S. = Limon très sableux

L.A.S = Limono-argileux-sableux

S.L = Sableo-limoneux

Texture : T.F = Très fine, F = Fine

M = moyenne ; G = Grossière

T.G = Très grossière

2.2. Les mesures gravimétriques

Elles ont pour but de connaître la teneur en eau, et consistent à partir des échantillons de terre prélevés à déterminer le poids humide et le poids sec afin de dégager la densité apparente, l'humidité pondérale et l'humidité volumique.

Le poids humide (P.H.) est obtenu par pesée de l'échantillon frais.

Le poids sec (P.S.) est obtenu par pesée du même échantillon après un passage à l'étuve (105°C pendant 24 heures).

La densité apparente (d_a) dite densité sèche est le rapport du poids sec de l'échantillon de terre sur son volume. Elle est exprimée par

$$d_a = P.S./V \quad \text{où } P.S. = \text{poids sec (g)} \\ V = \text{volume (cm}^3\text{)}$$

Elle est une propriété très importante du sol, car elle est un facteur de sa capacité de rétention. Généralement elle est fonction de la texture et se situe entre 1,2 g/cm³ pour les sols argileux et 1,5 g/cm³ pour les sols limono-argileux¹⁴

Une telle relation n'apparaît pas de façon nette dans le cas des résultats que nous avons obtenus et qui semblent d'ailleurs plus élevés (tableau n°10).

Cela a pu être provoqué dans les précautions prises pendant le carottage des échantillons. En effet un tassement trop important du sol dans l'anneau peut conduire à des valeurs de densité apparente n'ayant aucun rapport avec celles du sol en place.

L'humidité pondérale (H.P.): Elle est le rapport du poids de l'eau (poids perdu au cours du séchage) et du poids sec de l'échantillon.

$$H.P. = \frac{P.H. - P.S.}{P.S.} \times 100$$

Elle est exprimée en %.

L'humidité volumique (H.V.): Elle est le produit de la densité apparente et de l'humidité pondérale, et est exprimée en %.

$$H.V. = d_a \times H.P.$$

Souvent on l'exprime en hauteur de la lame d'eau équivalente pour une profondeur donnée de sol.

$$H.V. (\text{mm}) = 100 \times \frac{H.P.}{d_a} \times \Delta z \times 0.1 \\ \text{où } \Delta z \text{ est la profondeur en cm.}$$

Cette dernière unité présente un intérêt pratique en agronomie car elle peut aussi être utilisée à la surface envisagée pour définir les doses d'irrigation. (1 mm = 10 m³/ha)

¹⁴ Bulletin F.A.O n°42 1984

Le tableau n° 10 permet d'apprécier les résultats des mesures gravimétriques dans le cas de la plaine rizicole de Damana.

Remarques :

- Pour un même échantillon de sol, P.H., H.P et H.V changent selon le potentiel ca. pillaire ou pF ; tandis que d.a et P.S restent les mêmes.

- La méthode gravimétrique à cause des échantillonnages et des pesées répétées, implique des erreurs. De plus, la méthode standard à l'étude comporte un inconvénient : par exemple, certaines argiles peuvent encore contenir de l'eau absorbée ; par contre certaines matières organiques peuvent s'oxyder et se décomposer à cette température. Donc la perte de poids, ne serait pas due uniquement à l'évaporation de l'eau. Ces erreurs peuvent être diminuées en augmentant le nombre d'échantillons. Ainsi, les résultats obtenus ne donnent que des valeurs indicatives, seul l'ordre de grandeur a une signification.

2.3. La vitesse d'infiltration ou perméabilité

Elle dépend beaucoup de la texture, de la structure et de l'état d'humectation du sol. En ce qui concerne la structure, les mesures d'indices d'instabilité structurale n'étant pas faites par le laboratoire physique des sols de Farakò-ba, nous n'avons aucune valeur permettant de bien apprécier ce facteur.

Notre souhait était de pouvoir nous intéresser à la perméabilité verticale de l'horizon superficielle. Malheureusement des mesures in situ n'ont pu être faites. Cependant la vitesse d'infiltration peut être estimée à partir de la texture. Cela est possible grâce à ISRAELON et HANSON (Bulletin F.A.O. n°42) qui ont réussi à établir une relation entre la texture d'un sol et ses caractéristiques hydrodynamiques (Annexe 3).

En partant de leurs considérations, on peut retenir les caractéristiques suivantes :

- Dans les tronçons rizicoles du KO-DENI et du KO-BA, l'horizon superficiel (0-50 cm) est un sol argileux à texture très fine. La vitesse d'infiltration y serait de 0.05 cm/h, avec des extrêmes allant de 0.01 à 1.00 cm/h. Ces mêmes valeurs seraient obtenues dans la plaine du tronçon commun, notamment en aval de la confluence.

- Dans la partie aval du tronçon commun, dominant des limon-sableux et des limon-argileux. En ces endroits, la vitesse d'infiltration est élevée et atteindrait 1.5 à 2.5 cm/h.

Dans l'ensemble, la perméabilité des sols de la plaine de Damana est favorable pour le transport de l'eau d'irrigation sans trop de perte par percolation. Il est admis également qu'à partir d'un seuil d'humectation du sol, la vitesse d'infiltration devient nulle, et seule la nappe superficielle est continuellement alimentée s'il y a des apports. Cette tendance favorise et prolonge les inondations des basses terres.

Remarque : Ces valeurs ne montrent pas de contraintes majeures d'autant plus qu'elles n'ont qu'une importance secondaire, vue l'inexistence de la maîtrise d'eau et le mode d'irrigation (submersion des casiers) pratiqué dans le bas-fond rizicole.

2.4. Les réserves en eau du sol

Au point de vue pratique, le bilan de l'eau dans le sol dépend de deux valeurs fondamentales : Il s'agit de l'humidité à la capacité au champ et l'humidité au point de flétrissement.

2.4.1 L'humidité à la capacité au champ (H.C.C) ou l'humidité à la capacité de rétention (H.C.R.)

L'humidité équivalente est l'eau retenue par un échantillon de sol soumis à une pression atmosphérique normale. Elle correspond approximativement à une tension d'humidité de 1 atmosphère, soit un potentiel hydrique égal à p F 2.5. Elle est en outre liée à la texture et varie en sens inverse de la grosseur des constituants. Elle va de 18% pour les limons à 39% pour les argiles, tandis que pour les sables, elle oscille de 3 à 8%.

Les mesures sur les sols du bas-fond rizicole de Damana, dont les résultats sont au tableau n°10 laissent apparaître les observations suivantes :

- Dans la plaine du KO-DENI, les sols ont une humidité à la capacité au champ variant de 23.67% à 26.55%.

- Les horizons superficiels sondés dans la plaine du KO-BA, donnent pour leur humidité à la capacité de rétention des valeurs allant de 19.06% à 27.22%.

- Dans la plaine de tronçon commun, on distingue comme pF :

en amont 20.91% à 29.40%

en milieu 6.94% à 8.66%

en aval 27.99% à 30.13%

Ces taux d'humidités pondérées demeurent relativement faibles, mais ils se situent dans l'intervalle moyen. Dans les horizons où le taux de la fraction fine (argile, limon) est dominant, les valeurs d'humidité sont les plus élevées. Par contre les plus faibles valeurs correspondent aux pourcentages élevés d'éléments grossiers (sable). Ces faits confirment bien la liaison étroite entre le taux d'humidité et la texture du sol.

2.4.2 Humidité au point de flétrissement permanent (H.P.F)

Elle représente l'humidité au-dessous de laquelle la plante subit des dommages irréversibles à cause de la sécheresse. Il s'agit donc d'une variable selon la plante. Mais on convient en général que la force maximale de succion des plantes est égale à 16 atmosphères, soit l'équivalent de la pression d'une colonne d'eau de 16 000 cm dont le logarithme est 4.2, d'où l'expression du point de flétrissement pF 4.2.

Dans le bas-fond de Damana, les valeurs trouvées et consignées au tableau n°10 ne paraissent pas excessives si on les compare à celles obtenues sur des sols de même nature et qui varient de 8 à 19% (Bulletin F.A.O. n°42 Annexe 3).

Les valeurs de pF 2.5 et pF 4.2 sont extrêmement variables suivant la nature du sol. Seule la différence entre ces deux humidités peuvent indiquer les possibilités de réserve en eau d'un échantillon de terre.

2.4.3 Correlations entre les différentes humidités : La réserve utile (R.U) et la réserve facilement utilisable (R.F.U)

La réserve utile correspond à la valeur maximale de la quantité d'eau utilisable par la plante. Elle est obtenue par la formule $R.U = Z \times d.a \times (H.C.C - H.P.F)$

où R.U = la réserve utile en mm

Z = Epaisseur de la tranche de sol correspondant à la profondeur d'enracinement en dm

d.a = Densité apparente mesurée au cylindre

H.C.C = % d'humidité pondérale à la capacité au champ

H.P.F = % d'humidité pondérale au point de flétrissement.

En réalité cette réserve en eau n'est qu'en partie utilisable pour la plante. En effet cette dernière a de plus en plus de difficultés à extraire l'eau lorsque l'humidité du sol s'approche du point de flétrissement. Ainsi une certaine fraction dite fraction facilement utilisable (R.F.U) est disponible. Elle est donnée par la formule

$$R.F.U = Z \times d.a \times (H.C.C - H.C)$$

où H.C = humidité critique (pF 3,7)

Comme il est difficile dans la pratique d'avoir une estimation satisfaisante de l'humidité critique, on se contente d'estimer la réserve facilement utilisable, à partir de la réserve utile :

$$R.F.U = 0,67 \times R.U$$

D'une manière générale, les réserves facilement utilisables pour les plantes comme le riz sont approximativement égales aux 2/3 de la réserve utile.

Dans le bas-fond de Damana, la principale culture est le riz. Sa profondeur racinaire moyenne peut être estimée à 50 cm sans risquer de graves erreurs.

Les résultats consignés au tableau n°10, traduisent ceci :

- Une concordance nette avec les valeurs trouvées sur les sols de même nature : En effet selon le tableau de HANSON et ISRAELON (Annexe 3), les couches de texture fine (Limon ; argile) ont une réserve facilement utilisable située de 14% à 25%. Les sols de la plaine de Damana se situent dans cette fourchette.

- Une variabilité de la réserve facilement utilisable le long de la plaine : On distingue :

* Sur le KO-BEN1, une réserve facilement utilisable qui varie de 21,436 à 35,06%

* Sur le KO-BA, la réserve facilement utilisable va de 11,98% à 27,52%.

* Sur le tronçon commun, elle se situe entre 14,51% et 31,72%.

Cette variabilité est étroitement liée au type de sol. Ainsi les taux les plus élevés sont caractéristiques des sols argileux dont la texture est très fine. Ils sont la preuve que les argiles ont une grande capacité de stockage. Les taux moyens correspondent aux argile-limoneuses et limon-argileux, tandis que les taux les plus faibles sont du domaine du limon sableux.

D'une manière générale, la réserve facilement utilisable, sur la plaine de Damapa peut être jugée satisfaisante. Il se peut qu'elle ne puisse pas permettre au riz de vivre à l'évapotranspiration maximale pendant les poches de sécheresse. Cependant les écoulements hypodermiques peuvent être d'un apport non négligeable pour l'alimentation en eau.

Tableau 10 : MESURES GRAVIMETRIQUES ET RESERVES EN EAU DES SOLS DU BAS-FOND DE DAMANA

Emplacement	N° du Trou	Profondeur (cm)	V (cm ³)	P.S (g)	d.a (g/cm ³)	pF 2,5			pF 4,2			Réserves en Eau (mm/m)			
						P.H(g)	H.P(%)	H.V(%)	P.H(g)	H.P(%)	H.V(%)	R.U	£	R.F.U	
T R O N C O N C O M M U N	P.1	1	0 - 25	100	117,14	1,171	152,44	30,13	35,30	143,00	22,11	25,90	47,590	2/3	31,727
			25 - 50		133,41	1,334	170,76	27,99	37,35	161,10	20,76	27,70			
	P.2	1	0 - 25	100	166,95	1,669	180,78	8,28	13,83	175,90	5,39	09,00	33,409	2/3	22,272
			25 - 50		187,74	1,877	200,78	6,94	13,04	192,20	2,39	04,50			
			50 - 100		199,79	1,997	217,10	8,66	17,31	214,20	7,25	14,50			
	P.3	1	0 - 25	100	143,91	1,439	179,30	24,59	35,39	169,90	18,06	26,00	41,252	2/3	27,500
			25 - 50		155,87	1,558	189,08	21,30	33,21	181,90	16,74	26,10			
			50 - 100		142,27	1,422	184,11	29,40	41,84	174,10	22,42	31,90			
	P.4	1	0 - 25	100	135,5	1,335	172,04	28,36	38,54	164,70	23,37	31,20	21,777	2/3	14,518
			25 - 50		139,69	1,396	177,18	26,33	37,49	175,70	25,84	36,10			
			50 - 100		159,53	1,595	192,89	20,91	33,36	185,70	16,42	26,20			
	P.5	1	0 - 25	100	144,00	1,440	176,00	28,67	34,09	169,20	17,60	25,20	52,597	2/3	36,000
25 - 50			149,56		1,495	187,82	25,58	38,26	175,60	17,45	26,10				
P.6	1	0 - 25	100	154,90	1,549	196,03	26,55	41,13	193,10	24,66	38,20	32,154	2/3	21,436	
		25 - 50		154,54	1,545	195,47	26,48	40,93	185,50	50,05	31,00				

(Tableau 10 Suite)

Emplacement	N° du Trou	Profondeur (cm)	V (cm ³)	P.S (g)	d.a (g/cm ³)	pF 2,5			pF 4,2			Réserves en Eau (mm/m)			
						P.H(g)	H.P (%)	H.V(%)	P.H(g)	H.P (%)	H.V(%)	R.U	£	R.F.U	
K O - B A	P.7	1	0 - 25		133,75	1,337	171,71	28,38	37,96	160,80	20,26	27,10	41,280	2/3	27,520
			25 - 50	100	180,74	1,807	197,70	9,38	16,96	192,00	06,25	11,30			
			50 - 100		159,87	1,598	192,60	20,47	32,73	185,50	16,07	25,70			
	P.8	1	0 - 25		148,79	1,487	195,43	24,62	36,64	178,40	19,96	29,70	17,976	2/3	11,984
			25 - 50	100	174,22	1,742	198,19	13,75	23,97	197,90	13,60	23,70			
			50 - 100		195,86	1,958	217,69	11,14	21,83	215,30	9,95	19,50			
	P.9	1	0 - 25		150,08	1,500	178,69	19,06	28,61	176,80	17,85	26,80	21,741	2/3	14,494
			25 - 50	100	159,32	1,593	196,40	23,27	37,08	189,50	18,95	30,20			
			50 - 100		154,56	1,543	196,39	27,22	42,08	184,40	19,49	30,10			

CHAPITRE 2 :

L'ESTIMATION DES APPORTS
PLUVIO-HYDRAULIQUES SUR
LE BASSIN-VERSANT ET
DANS LA PLAINE RIZICOLE

1 - L'estimation des pluviométries : La méthode de THIESSEN

Cette étude a pour but d'approcher les phénomènes de fréquence décennale en ce qui concerne la pluviométrie sur le bassin-versant de Damana.

Etant donné la faible densité des pluviomètres, et leur irrégulière répartition dans la province de la Comoé ; il n'a pas été possible de connaître la pluviométrie sur le bassin-versant en appliquant la méthode des isohyètes, ou en faisant une moyenne arithmétique. Nous avons donc préféré exploiter la méthode des "polygones de THIESSEN".

Celle-ci suppose une variation linéaire des précipitations entre chaque station, et ne tient compte d'aucune influence topographique. Elle attribue à chaque pluviomètre un poids proportionnel à la surface de la zone d'influence présumée.

Partant de ces considérations, il ressort que seules les pluviomètres de Niangoloko et de Soubakaniédougou ont une zone d'influence dans le bassin-versant de Damana dans les proportions respectives de 57,8 km² et 46,2 km² (Annexe 4).

En raison de la variabilité interannuelle des précipitations, il faut pour les prévisions, se baser sur la probabilité ou la fréquence des pluies, tout en supposant qu'aucun changement n'intervienne dans les facteurs qui les causent.

Pour l'estimation des pluviométries de fréquence décennale sur le bassin-versant de Damana, les données suivantes sont à prendre en compte :

- Les pluies ponctuelles annuelles (mm) (tableau n°11);
- Les pluies journalières maximales (mm) (tableau n°11);
- Les coefficients de pondération de chaque zone station. (tableau n°12).

Appliqués aux pluies annuelles et aux pluies journalières, ils donnent les pluies pondérées. En classant celles-ci par ordre décroissant (tableau n°13), et en attribuant à chacune d'elles une fréquence cumulée suivant la formule $F = \frac{n-0,5}{N}$, on obtient la probabilité des événements pluviométriques (tableau n°14), n est le rang et N le nombre total d'observations.

**Tableau 17 : PLUVIOMETRIES PONCTUELLES ANNUELLES ET PLUVIOMETRIES
JOURNALIERES MAXIMALES. (en mm)**

Pluvio. Années	Pluviométries ponctuelles annuelles		Pluviométries journalières maximales	
	Niangoloko	Soubakaniédougou	Niangoloko	Soubakaniédougou
1951	1428,1	-	15,0 *	-
52	1436,6	-	94,0	-
53	1942,2	-	117,2	-
54	2090,1	-	115,0	-
55	1280,7	-	82,9	-
56	1065,2	-	63,5	-
57	1506,1	-	92,8	-
58	1299,0	-	85,2	-
59	1101,3	-	81,7	-
1960	1304,7	-	79,7	-
61	1006,2	-	91,7	-
62	1313,5	-	61,6	-
63	1422,5	1200,5	68,4	69,5
64	1478,2	1121,8	63,8	64,2
65	1413,7	1012	112,8	104,4
66	1299,5	1260,7	75,2	98,4
67	1048,4	1081,7	103,4	103,8
68	1484,7	1156,8	77,3	80,8
69	1419,8	1324,2	106,9	118,5
1970	1404,3	1656,4	84,6	123,0
71	943,4	1079,0	58,5	69,7
72	1070,9	1055,8	74,1	48,7
73	572,4	710,2	86,3	60,7
74	953,0	1101,3	43,6	77,6
75	1197,5	1002,4	54,5	75,4
76	992,7	821,1	63,9	62,2
77	823,9	970,7	43,6	63,5
78	912,2	891,6	42,2	41,8
79	1134,9	1313,8	72,4	103,2
1980	1232,4	1087,4	76,8	51,1
81	1185,2	1255,2	85,6	84,5
82	1030,4	937,2	68,4	64,0
83	862,8	764,9	62,0	52,5
84	920,6	946,6	54,7	76,0
85	1046,4	932,0	54,0	76,5
86	1222,2	1191,2	74,5	82,8
87	1029,1	898,9	61,7	85,8

Source : Météorologie nationale du Burkina

* valeur douteuse

Tableau n°12 . VARIATION DES COEFFICIENTS DE PONDERATION DES PLUVIOMETRES

ANNEES	Postes pluviométriques		TOTAL
	Niangoloko	Soubakaniédougou	
De 1951 à 1962	1,000	-	1,000
De 1963 à 1987	0,567	0,433	1,000

Tableau n°13 : PLUIES PONDEREES ET PLUIES MOYENNES EN mm DE 1951 A 1987

ANNEES	Pluies ponctuelles annuelles			Pluies journalières maximales		
	Pluies pondérées		Pluies moyennes	Pluies pondérées		Pluies moyennes
	Niangoloko	Soubakaniédougou		Niangoloko	Soubakaniédougou	
1951	1428,1	-	1428,1	15,0	-	15,0
52	1436,6	-	1436,6	94,0	-	94,0
53	1942,2	-	1942,2	117,2	-	117,2
54	2090,1	-	2090,1	115,0	-	115,0
55	1280,7	-	1280,7	82,9	-	82,9
56	1065,2	-	1065,2	83,5	-	83,5
57	1506,1	-	1506,1	92,8	-	92,8
58	1299,0	-	1299,0	85,2	-	85,2
59	110,3	-	1101,3	81,7	-	81,7
1960	1304,7	-	1304,7	79,7	-	79,7
61	1006,2	-	1006,2	91,7	-	91,7
62	1319,5	-	1313,5	61,6	-	61,6
63	106,55	519,81	1326,36	38,78	30,09	68,87
64	838,13	485,73	1323,86	36,17	27,79	63,96
65	801,56	438,19	1239,75	63,95	45,20	109,15
66	736,81	545,88	1282,69	42,63	42,60	85,23
67	594,44	468,37	1062,81	58,62	44,94	103,56
68	841,82	500,89	1342,71	43,82	34,98	78,80
69	805,02	573,37	1378,39	60,61	51,31	111,92
1970	796,23	717,22	11513,45	47,96	53,25	101,21
71	543,49	467,20	1010,69	33,16	30,18	63,34
72	607,2	457,16	1064,36	42,01	21,08	63,09
73	551,35	394,1	945,45	43,26	26,28	69,54
74	540,35	476,36	1017,21	24,72	33,60	58,32
75	678,7	434,04	1112,74	30,90	32,64	63,54
76	562,86	355,53	918,39	47,57	26,93	74,50
77	467,15	420,31	887,46	24,72	27,49	52,21
78	517,21	386,06	703,27	23,92	18,09	42,01
79	643,48	568,87	1212,35	41,05	44,68	85,73
1980	698,77	470,84	1169,61	43,54	22,12	65,66
81	672,00	543,50	1215,5	48,53	36,58	85,11
82	584,23	405,80	990,03	38,78	27,71	66,49
83	489,2	331,20	820,40	53,15	22,73	57,88
84	521,98	409,87	931,85	31,01	32,9	63,91
85	593,3	405,55	996,85	30,61	33,12	63,73
86	692,98	515,79	1208,77	42,24	35,85	78,09
87	583,5	389,22	972,72	34,98	37,15	72,13

**Tableau n°14 : PLUVIOMETRIES CLASSEES SUR LE BASSIN-YERSANT
DE DAMANA DE 1951 A 1987**

n	Pluies ponctuelles annuelles			Pluies journalières maximales		
	Pluies en mm en série classée	ANNEE	$\frac{n - 1/2}{N}$	Pluies en mm en série classée	ANNEE	$\frac{n - 1/2}{N}$
1	2090,10	1954	0,013	117,20	1953	0,013
2	1942,20	1953	0,040	115,00	1954	0,040
3	1513,45	1970	0,067	111,92	1969	0,067
4	1506,10	1957	0,094	109,15	1965	0,094
5	1436,60	1952	0,121	103,56	1967	0,121
6	1428,10	1951	0,148	101,21	1970	0,148
7	1378,39	1969	0,175	94,00	1952	0,175
8	1342,71	1968	0,202	92,8	1957	0,202
9	1326,36	1963	0,229	91,70	1961	0,229
10	1323,86	1964	0,256	85,73	1979	0,256
11	1313,50	1962	0,283	85,23	1966	0,283
12	1304,70	1960	0,310	85,20	1958	0,310
13	1299,00	1958	0,337	85,11	1981	0,337
14	1282,69	1966	0,364	83,50	1956	0,364
15	1280,70	1955	0,391	82,90	1955	0,391
16	1239,75	1965	0,418	81,70	1959	0,418
17	1215,35	1981	0,445	79,70	1960	0,445
18	1212,35	1979	0,472	78,80	1968	0,472
19	1208,77	1986	0,500	78,09	1986	0,500
20	1169,61	1980	0,527	74,50	1976	0,527
21	1112,74	1975	0,554	72,13	1987	0,554
22	1101,3	1959	0,581	69,54	1973	0,581
23	1065,2	1956	0,608	68,87	1963	0,608
24	1064,36	1972	0,635	66,49	1982	0,635
25	1062,81	1967	0,662	65,66	1980	0,662
26	1017,21	1974	0,689	63,96	1964	0,689
27	1010,69	1971	0,716	63,91	1984	0,716
28	1006,2	1961	0,743	63,73	1985	0,743
29	996,85	1985	0,770	63,54	1975	0,770
30	990,03	1982	0,797	63,34	1971	0,797
31	972,72	1987	0,824	63,09	1972	0,824
32	945,45	1973	0,851	61,60	1962	0,851
33	937,85	1984	0,878	58,32	1974	0,878
34	918,39	1976	0,905	57,88	1983	0,905
35	903,27	1978	0,932	52,21	1977	0,932
36	887,46	1977	0,959	42,01	1978	0,959
37	820,40	1983	0,986	15,0	1951	0,986

n = Rang; F = Fréquence ; N = Nombre d'observations = 37

La loi de "GAUSS" utilisée en premier lieu, donne une répartition acceptable des pluies autour d'une droite ajustée graphiquement (Annexe n°5). Les valeurs déduites sont consignées dans le tableau n°15.

TABLEAU n°15 : VALEURS SELON LA LOI DE GAUSS"

FREQUENCE	PLUIES ANNUELLES (mm)	PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES (mm)
Vingtennale sèche (0,95)	900	18
Décennale sèche (0,90)	960	47
Médiane(0,50)	1200	73,5
Décennale humide (0,1)	1410	110
Vingtennale humide (0,05)	1480	121

A titre de vérification, on a recherché une distribution des pluies selon la loi de "GALTON" (Annexe 6). Celle-ci fait apparaître des valeurs proches de celles obtenues avec la loi de "GAUSS". Le tableau n°16 indique les valeurs obtenues.

TABLEAU n°16 : VALEURS OBTENUES SELON LA LOI DE "GALTON"

FREQUENCE	PLUIES ANNUELLES (mm)	PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES (mm)
Vingtennale sèche (0,95)	980	15
Décennale sèche (0,90)	1010	34,3
Médiane(0,50)	1200	74
Décennale humide (0,1)	1400	111,4
Vingtennale humide (0,05)	1571	123,3

Les valeurs pluviométriques définitives pouvant être retenues sont les suivantes :

TABLEAU n°17 : VALEURS PLUVIOMETRIQUES RETENUES

FREQUENCE	PLUIES ANNUELLES (mm)	PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES (mm)
Vingtennale sèche (0,95)	900	15
Décennale sèche (0,90)	960	34,3
Mediane(0,50)	1200	74
Decennale humide (0,1)	1410	110
Vingtennale humide (0,05)	1571	123,3

2. L'Évaluation des écoulements annuels

L'écoulement annuel correspond à une lame d'eau écoulée et répartie uniformément sur l'ensemble du bassin : il est exprimé en mm. Il peut être mesuré avec le limnigraphe et s'exprime alors en m³. Dans ce cas, il représente le volume annuel ruisselé et est le produit de la lame d'eau annuelle écoulée par la surface du bassin-versant.

2.1. La démarche

A défaut de mesures de débit (Il n'existe pas de station hydrométrique sur les cours d'eau), les écoulements annuels sur le bassin-versant de Damana ont été estimés par comparaison avec les bassins représentatifs de référence, présentant des caractères physiques analogues connus. Cette méthode a été élaborée par I.O.R.S.T.O.M¹⁵ et permet d'obtenir des résultats proches de la réalité. Elle consiste pour le bassin-versant étudié à

1) Connaître les différents paramètres du bassin-versant à savoir :

- . La superficie,
- . La pluviométrie annuelle et sa distribution fréquentielle,
- . La perméabilité globale ; elle dépend de l'identification des proportions de chaque type de sol,
- . L'indice global de pente,
- . La couverture végétale,
- . La densité de drainage.

2) Choisir à partir de la classe de superficie, le bassin type de référence qui s'apparente au mieux au bassin étudié. Ceci permet de faire l'évaluation des écoulements en partant des estimations proposées pour le bassin analogue, et en les rectifiant par utilisation de la pluviométrie et de la surface. Il faut signaler que ces corrections ont tendance à augmenter les lames écoulées des petits bassin-versants (superficie inférieure à 25 km²) ; par contre, elles diminuent les lames des bassins dont la superficie est supérieure à 25 km².

De même quand les hauteurs pluviométriques sont supérieures à 1 000 mm, les lames écoulées augmentent ; il y a baisse si les hauteurs de précipitations restent inférieures à 1 000 mm.

En ce qui concerne le bassin-versant de Damana, la physiographie est telle que le cours d'eau principal se comporte comme un chenal évacuateur. Il subit doublement les effets du KO-DENI et du KO-BA. La tendance sera alors de déterminer les écoulements du KO-DENI, et ceux du KO-BA.

¹⁵ O.R.S.T.O.M. Office de la Recherche Scientifique des territoires d'Outre-Mer

2.2 Les résultats

Les sous-bassin-versants du KO-DENI et du KO-BA sont sur des roches granito-gneissiques. Ils présentent un relief de type intermédiaire entre les bassins de plaine et les bassins à faibles ondulations de terrain. Ils sont caractérisés par un mélange de sols perméables et de sols imperméables. Ainsi, ils s'apparentent au bassin-versant de Boulsa qui sera considéré comme bassin représentatif de référence.

Selon l'abaque sur l'écoulement annuel des bassin-versants en Afrique Tropicale (Annexe 7), les écoulements pour une pluviométrie annuelle de 1 000 mm sur le bassin de Boulsa (25 km²) sont les suivants :

- Ecoulement annuel décennal humide:170 mm
- Ecoulement annuel médian:80 mm
- Ecoulement annuel décennal sec:30 mm.

Les sous-bassins du KO-DENI et du KO-BA ont respectivement comme superficie 19,5 km² et 73,1 km². Ils sont dans une zone où la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 1 200 mm. Ils seront donc supposés ruisseler un peu plus activement que le bassin de référence.

D'après les estimations faites par J. M. LAMACHERE (1987) les écoulements annuels consignés au tableau 17 peuvent être retenus.

Tableau n°18 : ESTIMATIONS DES ECOULEMENTS ANNUELS SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA

Sous-bassin versants	Superficie en Km ²	Ecoulements annuels					
		Décennal humide		Médian		Décennal sec	
		Lame d'eau en mm	Volume 10 ⁶ m ³	Lame d'eau en mm	Volume 10 ⁶ m ³	Lame d'eau en mm	Volume 10 ⁶ m ³
KO-DENI	19,5	198	3,861	90	1,739	38,5	0,749
KO-BA	73,1	145	10,600	70	5,117	30	2,20
TRONÇON COMMUN	11,4	343	14,461	160	6,856	68,5	2,949

Source : J.M. Lamachère, avril 1987.

N.B. :

1) J.M. LAMACHERE estime les écoulements annuels sur le tronçon commun, à partir d'un cumul des écoulements du KO-DENI et du KO-BA. Cette méthode présente beaucoup de risques. En effet les phénomènes naturels, et notamment géographiques, n'obéissent pas aussi aisément aux lois arithmétiques. Ces résultats sont vrais au niveau de la confluence, mais faux au niveau de l'exutoire ; entre ces deux points, certains phénomènes pouvant modifier les écoulements peuvent se produire (arrivées latérales importantes, terrain calcaire perméable en aval etc).

2) Les résultats chiffrés sont à manipuler avec précaution, seul l'ordre de grandeur est à considérer...

3. La détermination des crues

La connaissance du niveau des crues sur un bassin-versant, aide au dimensionnement des ouvrages, et à la prévention de leur destruction éventuelle. Pour cette étude, deux méthodes complémentaires sont utilisées, il s'agit de :

- La méthode Rodier-Auvray pour la crue décennale
- La méthode par enquêtes de crue pour déterminer la crue de 1986.

3.1. La crue décennale : Méthode Rodier-Auvray ou méthode O.R.S.T.O.M.

3.1.1. La méthodologie

L'O.R.S.T.O.M a mis au point à partir de nombreux essais réalisés sur les bassins-versants ruraux d'Afrique Occidentale, une méthode de calcul des crues décennales. Elle s'applique aux bassins-versants dont la superficie est inférieure à 200 km², et ne nécessite pas de mesures hydrologiques in situ. Pour ce fait il faut connaître les éléments suivants :

- La superficie
- La pluviométrie annuelle moyenne
- Les caractéristiques physiques (Végétation, Sol, Géomorphologie).

Le calcul de la crue décennale se fait à partir des paramètres qui sont :

- L'averse décennale ponctuelle
- Le coefficient d'abattement
- Le coefficient de ruissellement.
- Le temps de base et le temps de montée
- Le coefficient de forme.

Cette démarche se base donc sur la transformation en débit d'une pluie de fréquence décennale dans des conditions moyennes de ruissellement sur le bassin-versant.

* L'averse décennale ponctuelle (P10).

Elle peut être déterminée de deux manières :

- A partir d'une étude statistique des pluies journalières d'un poste pluviométrique de longue durée situé à proximité du bassin-versant dont on veut déterminer les crues.
- A partir de l'abaque de l'O.R.S.T.O.M (Annexe 8) qui prend en considération la pluviométrie annuelle.

* Le coefficient d'abattement (C.A.).

L'O.R.S.T.O.M a déterminé un coefficient d'abattement qui est fonction de la superficie du bassin-versant (Tableau n°18). Il est le rapport de la précipitation moyenne sur la précipitation décennale ponctuelle, et traduit la variation spatiale des averses. Plus le bassin est petit, plus les averses sont homogènes et inversement.

Tableau n°19 : COEFFICIENT D'ABATTEMENT EN FONCTION DE LA SUPERFICIE

Superficie en Km ²	C.A
0 < s < 25	1
25 < s < 50	0,95
50 < s < 100	0,90
100 < s < 150	0,85
150 < s < 200	0,80

* Le coefficient de ruissellement (K.R).

1) La perméabilité :

Elle est divisée en 5 catégories selon les caractéristiques du sol, et est différenciée à l'aide de la lettre P affectée d'un indice. Ainsi,

- P.1. correspond aux bassins entièrement imperméables (bassins entièrement rocheux ou argileux.)
- P.2. correspond aux bassins imperméables avec quelques zones perméables de faible étendue, ou bassins homogènes presque imperméables
- P.3. correspond aux bassins assez imperméables, comportant des zones perméables d'étendue notable, ou bassins homogènes assez peu perméables.
- P.4. correspond aux bassins assez perméables tels qu'on rencontre en zone de décomposition granitique avec abondance d'arènes.
- P.5. correspond aux bassins perméables, sables ou carapaces latéritiques très fissurées.

2) Les caractéristiques géomorphologiques :

L'O.R.S.T.O.M a classé les bassin-versants en fonction de leurs pentes transversales et de leurs pentes longitudinales en 6 catégories à l'aide de la lettre R, affectée d'un indice. Ainsi, on distingue,

- R.1. Classe des bassin-versants aux pentes extrêmement faibles : inférieures à 0,1 et 0,2%.
- R.2. Classe des bassin-versants aux pentes faibles, inférieures à 0,5%. Ce sont les bassins de plaine.

- R.3. Classe des bassin-versants intermédiaires entre la plaine et les zones de terrain ondulé, aux pentes modérées comprises entre 0,5 et 1%.
- R.4. Classe des bassin-versants à ondulations de terrain, aux pentes longitudinales comprises entre 1 et 2%, aux pentes transversales supérieures à 2%. C'est le domaine des pentes assez fortes.
- R.5. Classe des bassin-versants de collines, aux pentes longitudinales comprises entre 2 et 5%, aux pentes transversales comprises entre 8 et 20%. Ce sont les régions de pentes fortes.
- R.6. Classe des bassin-versants de montagnes, aux pentes longitudinales supérieures à 5% et aux pentes transversales supérieures à 20%. Les pentes y sont très fortes.

3) Les catégories de couverture végétale :

Elles ont été confondues avec celles du climat : ainsi les bassin-versants ont été réparties en 3 catégories correspondant aux classes de régime hydrologique. On distingue.

Les bassins sahéliens et subdésertiques.

Les bassins tropicaux et tropicaux de transition.

Les bassins équatoriaux de forêt.

4) La surface du bassin-versant :

Elle est le quatrième paramètre qui intervient pour la détermination du coefficient de ruissellement. Théoriquement, celui-ci devrait peu varier avec la superficie : cependant en Afrique Occidentale, on a constaté qu'il diminue quand la superficie augmente. Ceci est dû aux pertes dans le lit, du fait de la dégradation du réseau hydrographique.

Pour chaque catégorie de climat, I.O.R.S.T.O.M a réalisé des graphiques indiquant le coefficient de ruissellement en fonction de la superficie. Sur ceux-ci, différentes courbes sont tracées suivant la combinaison des caractéristiques géomorphologiques (R) et de la perméabilité (P). Ils permettent de déterminer le coefficient de ruissellement par projection orthogonale de la surface sur la courbe issue de la combinaison entre les paramètres R et P. (Voir Annexe 10)

* Le temps de montée (T_m) et le temps de base (T_b). Pour chaque catégorie de climat, I.O.R.S.T.O.M a établi des graphiques indiquant le temps de montée et le temps de base en fonction de la superficie et des caractéristiques géomorphologiques (Annexe 11).

Le coefficient de pointe (K).

Il tient compte de l'hydrogramme de crue rencontrée sur le bassin-versant et est déterminé par la formule

$$K = Q/M$$

où Q = débit maximum en m³/s

M = Rapport du volume total ruisselé sur le temps de base.

Il dépend de la superficie, des caractéristiques géomorphologiques et de la perméabilité du bassin-versant. L'O.R.S.T.O.M conseille pour les bassins tropicaux et tropicaux de transition d'adopter pour K, la valeur 2,5 quelle que soit la superficie, sans risquer de très graves erreurs.

3.1.2. L'Identification des paramètres Rodier-Auvray : Le Calcul pratique de la crue décennale.

- En ce qui concerne la perméabilité, les sous-bassins sont classés dans la catégorie P.3 : ils se comportent comme des ensembles imperméables avec quelques zones perméables d'étendue notable. En effet, dans les bas-fonds, il y a des sols argileux, et sur les interfluves dominant des sols sableux avec quelques cuirasses latéritiques. Ces unités pédologiques reposent sur une formation géologique de type granito-gneissique.

- Les pentes longitudinales sont inférieures à 0,5%, on est donc en présence de bassins de plaine aux pentes faibles. Par contre les pentes transversales les classent dans les bassins intermédiaires entre la plaine et les zones de terrain ondulé. Donc la classe de relief est de type intermédiaire R.2 -R.3.

- Pour le ruissellement, les courbes nées de la combinaison entre la Classe de perméabilité et le relief seront R.2 P.3 et R.3 P.3.

Toutes les autres caractéristiques chiffrées sont au tableau 20.

-La détermination algébrique de la crue décennale est la suivante :

Le volume ruisselé (V.R) de la crue décennale sera exprimé par la formule
 $V.R = P.10 \times C.A \times K.R \times S$ (en m³)

Le débit moyen (Q_m) est calculé à partir de l'équation

$$Q_m = (P.10 \times C.A \times K.R \times S) / T_b$$

ou $Q_m = VR/T_b$

Il est exprimé en m³/s.

Le débit maximal (Q_M) se réduit à $Q_M = Q_m \times K$.

A ce débit de ruissellement pur, devrait s'ajouter un débit de base des cours d'eau. Comme ceux-ci sont intermittents, le débit de base reste nul, et le débit de pointe reste égal au débit maximal.

3.2. Détermination de la crue de 1986 par la méthode des enquêtes

La présence des traces ou des dépôts laissés sur les berges, sur les arbres dressés dans le lit, sur les ouvrages de franchissement facilite la connaissance des crues d'un cours d'eau.

Les populations riveraines sont également supposées pouvoir fournir des informations sur les hauteurs d'eau, et les dates d'occurrence des crues.

Les vitesses moyennes sont déterminées à partir des mesures de pente, du lit mineur et d'une estimation de la rugosité du lit. Elles peuvent être déterminées aussi à partir des mesures de dénivellées entre les niveaux du plan d'eau en amont et en aval des seuils hydrauliques déversant. Ainsi elles permettent d'estimer les débits correspondant aux hauteurs maximales observées.

Connaissant les dates d'occurrence de ces crues, il est possible de rechercher les événements pluviométriques qui les ont générées. Ce mode de détermination des débits, même grossier, fournit des renseignements intéressants.

Des enquêtes effectuées par l'O.R.S.T.O.M en 1987 sur les cours d'eau du KO-DENI et du KO-BA avaient pour but la recherche des indices et des traces laissés par la plus grande crue de l'hivernage 1986.

La plupart des témoignages concordent pour situer la plus grande crue au début du mois d'août. Selon les chroniques pluviométriques des postes de la province de la Comoé, cet événement est précisément situé le 1er et le 2 août. La pluviométrie moyenne de la seule journée du 1er août serait comprise entre 70 et 80 mm ; elle fait suite à deux jours de pluie d'égale importance survenue cinq jours plus tôt.

Les dépôts laissés sur les rives des cours d'eau par les plus hautes eaux ont été nivelés. De même l'estimation des sections relatives à la plus haute crue a été faite par nivellement des sections transversales des cours d'eau.

Tous ces travaux topographiques ont permis d'effectuer les estimations résumées dans les tableaux 21 et 22.

Tableau N° 21 : CARACTERISTIQUES D'UNE SECTION NIVELEE EN LONG

	KO-DENI	KO-BA
Distance	500 m	500 m
Pente	90 cm/500 m	70 cm/500 m
	1,8 m/km	1,4 m/km

Tableau 20 : CARACTERISTIQUES DU BASSIN-VERSANT DE DAMANA ET CRUE DECENNALE HUMIDE D'APRES LA METHODE O.R.S.T.O.M

BASSINS VERSANTS	CARACTERISTIQUES CHIFFREES						CRUE DECENNALE HUMIDE				
	Surface en km ² S	Averse décennale en mm P10	Coefficient d'abatte- ment en % C.A	Coefficient de ruisse- lement en % K.R	Temps de base en heures T6	Coefficient de pointe K	Volume ruisselé en m ³ V.R	Débit moyen en m ³ /s Qm	Débit maximum en m ³ /s QM	Débit de base en m ³ /s Qb	Débit total de pointe en m ³ /s
KO-DENI	19,5	110	1,0	38	28	2,5	815 100	8,08	20,2	0	20,2
KO-BA	73,1	110	0,9	40	40	2,5	2 894 760	20,1	50,25	0	50,25
BASSIN COMPLET	104	110	0,85	36	50	2,5	3 709 860	20,61	51,52	0	51,52

Tableau 22 : CARACTERISTIQUES D'UNE SECTION NIVELEE EN TRAVERS

	KO-DENI	KO-BA
Distance	150 m	150 m
Lit mineur	2 lits vagues	1 lit marqué
Altitude de la crue annuelle	2,20 m	3,60 m
Niveau maximum 1986	2,80 m	2,80 m
Hautes eaux annuelles	-	2,20 m

N.B. = Pour le KO-DENI, le zéro de l'échelle d'altitude est à - 1,44 m de la côte la plus basse du lit mineur.
 Pour le KO-BA, le zéro de l'échelle d'altitude est à - 1,25 m de la côte la plus basse du lit mineur.

Les vitesses moyennes (V_m) ont été obtenues par application de la formule de Manning Strickler

$$V_m = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

où n = coefficient de rugosité du lit du cours d'eau

R = Rayon hydraulique. Il est le rapport de la section mouillée sur le périmètre mouillé.

I = pente longitudinale du lit (m/m).

Quant au débit (Q), il est estimé à partir de la formule

$$Q = V_m \times S$$

où S = section mouillée

La vitesse et le débit de crue sont dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 23 : DETERMINATION DE LA VITESSE ET DU DEBIT DE CRUE PAR ENQUETE

	KO-DENI	KO-BA	TRONCON COMMUN
Section mouillée en m ²	72	110	-
Rayon hydraulique en m	0,655	1	-
Pente moyenne en m/km	1,8	1,4	-
Vitesse moyenne en m/s	0,48	0,56	-
Débit maximum en m ³ /s	35	62	69,2
Volume ruisselé en m ³	1 411 200	3 571 200	4 982 400

3.3. Analyse critique des deux méthodes de détermination de la crue

La méthode O.R.S.T.O.M et la méthode par enquête de crue peuvent conduire à d'énormes erreurs à cause du très grand nombre de paramètres susceptibles d'intervenir dans les estimations.

Pour la première méthode, les paramètres que l'on utilise, ou que l'on doit calculer, les abaques établis, n'expliquent qu'une partie des caractéristiques des crues qui ont été observées sur des bassins expérimentaux. Les déductions faites par analogie aux bassins de référence fournissent des résultats qui sont un ordre de grandeur proche de la réalité. Ainsi il ne faudra pas donner une signification très précise à ces résultats.

Pour la méthode par enquête de crue, la crédibilité des résultats est liée à celle des différents paramètres de la formule de Manning-Strickler. Le coefficient de rugosité du lit, la section mouillée choisie sont tous variables d'un profil à un autre. Il en est de même pour la pente longitudinale calculée sur 500 m. De plus, cette méthode peut-elle être appliquée 5 à 10 ans en arrière ? On est tenté de dire non, car il y a un sérieux problème de collecte de l'information. (disparition des traces, dégradation du climat, justesse des renseignements fournis par les riverains.).

En ce qui concerne le bas-fond rizicole de Damana, les débits maximaux des crues du 1er et 2 août 1986, déterminés par enquête, présentent quelques différences avec les estimations fournies par la méthode O.R.S.T.O.M (tableau n°24). En effet l'écart relatif est très élevé au niveau du KO-DENI, plus 73,26%, et moyen au niveau du KO-BA, plus 23,38%, et du tronçon commun 34,31%. Dans tous les cas, le résultat qui conviendrait pour l'estimation du débit maximal décennal est lié au type d'ouvrage hydraulique envisagé.

Tableau 24 : ESTIMATION DES DEBITS MAXIMAUX DE LA CRUE ET DES VOLUMES RUISSELES PAR LES METHODES O.R.S.T.O.M ET ENQUETES

Méthodes BASSINS	Débits maximaux en m ³ /s			Volumés ruisselés en m ³		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
KO-DENI	20,2	35	73,26%	815100	1411200	73,13%
KO-BA	50,25	61,2	33,38%	2894760	3571200	23,37%
Tronçon Commun	51,52	69,2	34,31%	3709860	4982400	34,30%

- (1) Méthode O.R.S.T.O.M
- (2) Méthode par enquête
- (3) Ecart relatif en %

La valeur la plus élevée est mieux indiquée si l'ouvrage à construire est une retenue d'eau, ou un pont de franchissement. Dans ce cas, l'ouvrage est surdimensionné, mais les risques de submersion et de dégradation sont minimisés. Ainsi on pourra retenir les débits maximaux suivants :

- 35 m³/s pour le KO-DENI
- 62 m³/s pour le KO-BA
- 69.2 m³/s pour le Tronçon commun

Par contre la valeur la plus faible sera prise en considération, si c'est un canal évacuateur qui est envisagé : la presque totalité des eaux est évacuée dans le collecteur, et le trop plein s'installe sur les cotés latéraux sous forme de nappe d'inondation. On retiendra alors

- 20.2 m³/s pour le KO-DENI
- 50.25 m³/s pour le KO-BA
- 51.52 m³/s pour le Tronçon commun

CHAPITRE 3 :

LE COMPORTEMENT PLUVIO-HYDRAULIQUE
DE LA PLAINE RIZICOLE

1. Le dispositif d'observation pluvio-hydrologique.

L'étude du comportement hydraulique du bas-fond passe par l'observation des phénomènes pluvio-hydrologiques sur le bassin-versant tout entier. Pour ce fait, l'équipement suivant a été installé dès le début de l'hivernage (carte 5) :

- Un réseau de cinq pluviomètres type association.
- Un pluviographe à engrenage hebdomadaire.
- Un pluviographe à engrenage journalier.
- Trois échelles limnimétriques.
- Une batterie de quinze piézomètres divisée en neuf profils.

2. Le bilan pluviométrique

Il a été fait par application de la méthode de THIESSEN (Voir tableaux 25 et 26).

Le module pluviométrique sur le bassin-versant de Damana au cours de la campagne 1988 ; c'est-à-dire de juin à fin octobre, a été de 945,27 mm répartis sur 57 jours. Les maxima de cette saison pluvieuse ont été observés dans les mois suivants :

juillet :	262,10 mm
août :	207,63 mm
septembre	<u>324,88 mm</u>

Il est à noter que les pluies centrées sur ces trois mois s'élèvent à 794,61 mm ; elles représentent ainsi 84,06% du total pluviométrique. D'autre part, le mois le plus important en nombre de jours de pluie, est le mois d'août (17 jours). Il est suivi par les mois de juillet (15) et septembre (12).

De manière générale, quelques pluies remarquables peuvent être mentionnées :

-Le 28 juin, la première grande pluie affecte l'ensemble du bassin-versant. Sa hauteur atteint 49,14 mm, soit 40,79% du total mensuel.

-Du 10 au 13 juillet, on observe 4 jours de fine pluie ininterrompue donnant 97,97 mm.

- Le 29 août, une grande averse de 73,25 mm arrose tout le bassin-versant et fait suite à une série de 5 jours de pluies de 38,8 mm. Elle est génératrice d'une crue qui détruit 3 ponts rustiques dans la zone, rendant les villages de Dougoudioulama et Létiefesso inaccessibles.

- En septembre, on a enregistré en 3 jours de pluie 223,17 mm dont 87,61 mm le 5 septembre ; 47,83 mm le 13 septembre et 87,73 mm le 24 septembre.

Soulignons aussi que tous les postes pluviométriques enregistrent leur maximum mensuel en septembre ; de même le mois d'août est le plus important en nombre de jours de pluies à tous les postes.

Cependant, des disparités ont été observées sur le bassin-versant : Il s'agit des pluies localisées et de la distribution spatiale hétérogène des pluies qui ont ainsi créé la différence entre les postes pluviométriques, tant pour le nombre de jours de pluie, que pour la hauteur des averses.(Tableau n°26).

Le tableau n°27 fait ressortir pour le bilan hydrique, une période très excédentaire. Il s'agit de juillet, août et septembre dont le cumul est plus 467,94 mm. Cette disponibilité en eau est un atout favorable pour la riziculture de bas-fond, car l'évapotranspiration maximale du riz est de l'ordre de 400 à 500 mm.

Tableau n°25 : VARIATION DES COEFFICIENTS DE PONDERATION SUR LE BASSIN VERSANT
DE DAMANA DE JUIN A NOVEMBRE 1986

Tableau N° 25 A

Pluviométrie		Zone d'influence		Coefficient de Pondération	Période
N°	Site	Surface en km ²	Surface en %		
P.V.G.1	Damana village	26,5625	25,541	0,25541	Du 06 juin au 30 juin
P.V.2	Létiéfesso	25,3300	24,357	0,24357	
P.V.3	Panga Sud	21,5325	20,704	0,20704	
P.V.G.2	Panga Nord	16,5025	15,867	0,15867	
P.V.5	Ko-déni	14,0725	13,531	0,13531	
Total		104,0000	100,000	1,00000	

Tableau N°25 B

Pluviométrie		Zone d'influence		Coefficient de Pondération	Période
N°	Site	Surface en km ²	Surface en %		
P.V.1	Damana Ouest	6,9625	6,695	0,06695	Du 01 juillet au 05 septembre et Du 01 octobre au 30 novembre
P.V.G.1	Damana Village	17,1650	16,503	0,16503	
P.V.2	Létiéfesso	21,0725	20,262	0,20262	
P.V.3	Panga Suds	16,5025	15,868	0,15868	
P.V.G.2	Panga Nord	17,1300	16,471	0,16471	
P.V.4	Pangadéni	16,6825	16,043	0,16043	
P.V.5	Ko-déni	8,485	8,158	0,08158	
Total		104,0000	100,000	1,00000	

Tableau N°25 C

Pluviométrie		Zone d'influence		Coefficient de Pondération	Période
N°	Site	Surface en km ²	Surface en %		
P.V.1	Damana Ouest	6,9625	6,695	0,06695	Du 06 septembre au 30 septembre
P.V.G.1	Damana village	19,2225	18,483	0,18483	
P.V.3	Panga Sud	28,35	27,26	0,2726	
P.V.G.2	Panga Nord	17,23	16,567	0,16567	
P.V.4	Panga-déni	23,75	22,837	0,22837	
P.V.5	Ko-déni	08,4850	8,158	0,08158	
Total		104,000	100,000	1,00000	

Tableau 26 : HAUTEUR ET NOMBRE DE JOURS DE PLUIE PAR MOIS ET PAR SITE
SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA, DE JUIN A OCTOBRE 1988

Pluviométries		MOIS											
Site	N°	Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Total	
Damana Ouest	P.V.1	(1)		17,89	13	13,44	14	21,71	11	4,15	5	57,19	43
Damana village	P.V.G.1	27,48	8	45,64	14	31,98	17	58	12	11,2	5	174,3	56
Létiéfesso	P.V.2	29,34	8	69,61	12	40,23	13	18,88	3	4,44	3	162,5	39
Panga Sud	P.V.3	23,08	8	37,64	12	43,59	14	68,11	11	3,23	3	175,65	48
Panga Nord	P.V.G.2	19,82	8	30,44	13	33,79	15	57,45	11	2,5	3	144	50
Pangedéni	P.V.4	(1)		40,06	14	35,71	14	70,76	11	3,24	3	149,77	42
Ku-Déni	P.V.5	20,75	8	20,82	14	8,89	13	29,97	11	1,42	2	81,86	48
TOTAL		120,47	8	262,1	15	207,63	17	324,88	12	30,19	5	945,27	57

(1) Pas de relevé pluviométrique durant la période

(2) Pluviomètre inaccessible à partir du 5 septembre

Tableau 27 : CORRELATIONS PLUIE - EVAPORATION SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA
DE JUIN A OCTOBRE 1988

	Juin	Juillet	Août	septembre	Octobre	Total
Pluie mensuelle en mm	120,47	262,1	207,63	324,88	30,19	945,27
Evaporation mensuelle en mm	135,13	112,95	105,27	108,45	147,75	609,55
Bilan hydrique en mm	-14,66	+149,15	+102,36	+216,43	-117,56	+335,72
	Déficitaire	Excédentaire			Déficitaire	

3. Etude du niveau d'eau et de sa fluctuation dans le bas-fond rizicole.

3.1. Dans la plaine du KO-DENI

Dans la première décade du mois de juin, et précisément le 9 juin (date de démarrage des observations et mesures pluvio-hydrologiques), la nappe phréatique est située à moins d'un mètre de la surface du Sol (Figure 14). En effet, les indications d'après les piézomètres sont :

9 juin 1988	P.5.1 : - 60 cm
	P.6.1 : - 80 cm

Cette nappe commence à monter de manière remarquable dans la dernière décade du même mois, suite à des averses de plus en plus fréquentes, et de hauteur importante. Ainsi on observe :

24 juin 1988	Pluie = 34 mm	P.5.1 = -44 cm	P.6.1 = -68 cm
28 juin 1988	Pluie = 49.14 mm	P.5.1 = -40 cm	P.6.1 = +4 cm

Chaque pluie détermine pour beaucoup, l'intensité de la fluctuation de la nappe. Etant proche de la surface du sol, la moindre précipitation peut suffire pour qu'elle affleure le long de toute cette plaine. Cela signifie donc que les averses de la période pré-humide ont été suffisantes pour humidifier les sols, réalimenter la nappe et provoquer sa remontée.

Ainsi les précipitations de début juillet, surviennent sur des sols ayant déjà atteint un haut degré d'imbibition. A cette époque, les caractéristiques pluvio-hydrologiques dans le KO-DENI sont :

3 juillet	Pluie = 22 mm	P.5.1 = - 46 cm	P.6.1 = + 16 cm
6 juillet	Pluie = 30 mm	P.5.1 = - 10 cm	P.6.1 = - 22 cm

Il ressort qu'au niveau du piézomètre P.6.1, la nappe phréatique qui a affleuré depuis le 28 juin (+ 4 cm), s'est transformée en nappe superficielle ou nappe d'inondation à partir du 3 juillet (+ 16 cm). Par contre au niveau du Piézomètre P.5.1 situé en aval, il va falloir attendre le 11 juillet date à laquelle ce piézomètre indique - 14 cm.

A partir de cette date, toute la plaine du KO-DENI, est entièrement inondée. Au gré des pluies et des écoulements, la hauteur de la nappe d'inondation va varier de 10 à 26 cm, et ce jusqu'en fin août.

A la fin de la dernière décade d'août, les fluctuations piézométriques vont connaître des épisodes particulières. En effet les événements pluviométriques du 28 et 29 août donnent plus de 73.25 mm et engendrent la première grande crue qui ennoye toutes les rizières pendant trois jours. Cette crue dont la hauteur maximale (64 cm) a été atteinte 10 heures après son arrivée, a évacué partiellement le 1er septembre, soit trois jours après. A cette date le niveau des eaux descend à 50 cm : il se maintiendra à cette hauteur jusqu'au 5 septembre, date à laquelle, une autre crue prend le relais de la première.

Cette seconde crue fait suite à une grande averse de 87,61 mm. Elle est beaucoup plus importante car la ligne des plus hautes eaux, observée 8 heures après le début de la crue, indiquait environ 90 cm. Après son évacuation qui a duré 2 jours, la nappe d'inondation dans la plaine présente un niveau limnimétrique important. En effet les piézomètres restent submergés jusqu'au 3 octobre. Durant ces 4 semaines de submersion généralisée, la hauteur d'eau va varier de 60 cm (le 10 septembre) à 52 cm (le 3 octobre).

De juillet à octobre, il y a eu une alimentation régulière et abondante de la nappe superficielle à la fois par les pluies, les écoulements latéraux et hypodermiques des versants, et par les apports longitudinaux. Cela a eu pour conséquence la prolongation de l'inondation, et le maintien d'une importante nappe superficielle dans le bas-fond.

La vidange réelle commence le 3 octobre, et se fait très lentement. Effectivement à partir de ce moment, les pluies se rarefient : la nappe superficielle dans la plaine est alimentée uniquement par les écoulements longitudinaux et les écoulements hypodermiques. Mais cela reste insuffisant pour stabiliser le niveau de l'eau. Ainsi à partir d'un certain seuil, la nappe d'inondation amorce sa descente par évaporation et écoulement longitudinal. D'après les piézomètres, on a :

10 octobre	P.5.1 = - 44 cm	P.6.1 = + 40 cm
20 octobre	P.5.1 = - 38 cm	P.6.1 = - 30 cm
30 octobre	P.5.1 = - 30 cm	P.6.1 = + 26 cm

Au niveau des piézomètres, la nappe superficielle disparaît respectivement le 7 novembre au P.5.1 et le 10 novembre au P.6.1.

Quant à la nappe phréatique le niveau baisse de manière exponentielle à cause des effets conjugués des éléments du climat (forte insolation, intense chaleur, pluie rare...). On peut observer la descente suivante :

10 novembre	P.5.1 = - 18 cm	P.6.1 = 0 cm
20 novembre	P.5.1 = - 38 cm	P.6.1 = - 42 cm
30 novembre	P.5.1 = - 46 cm	P.6.1 = - 54 cm
10 décembre	P.5.1 = Boue	P.6.1 = - 68 cm
20 décembre	P.5.1 = sec	P.6.1 = - 84 cm

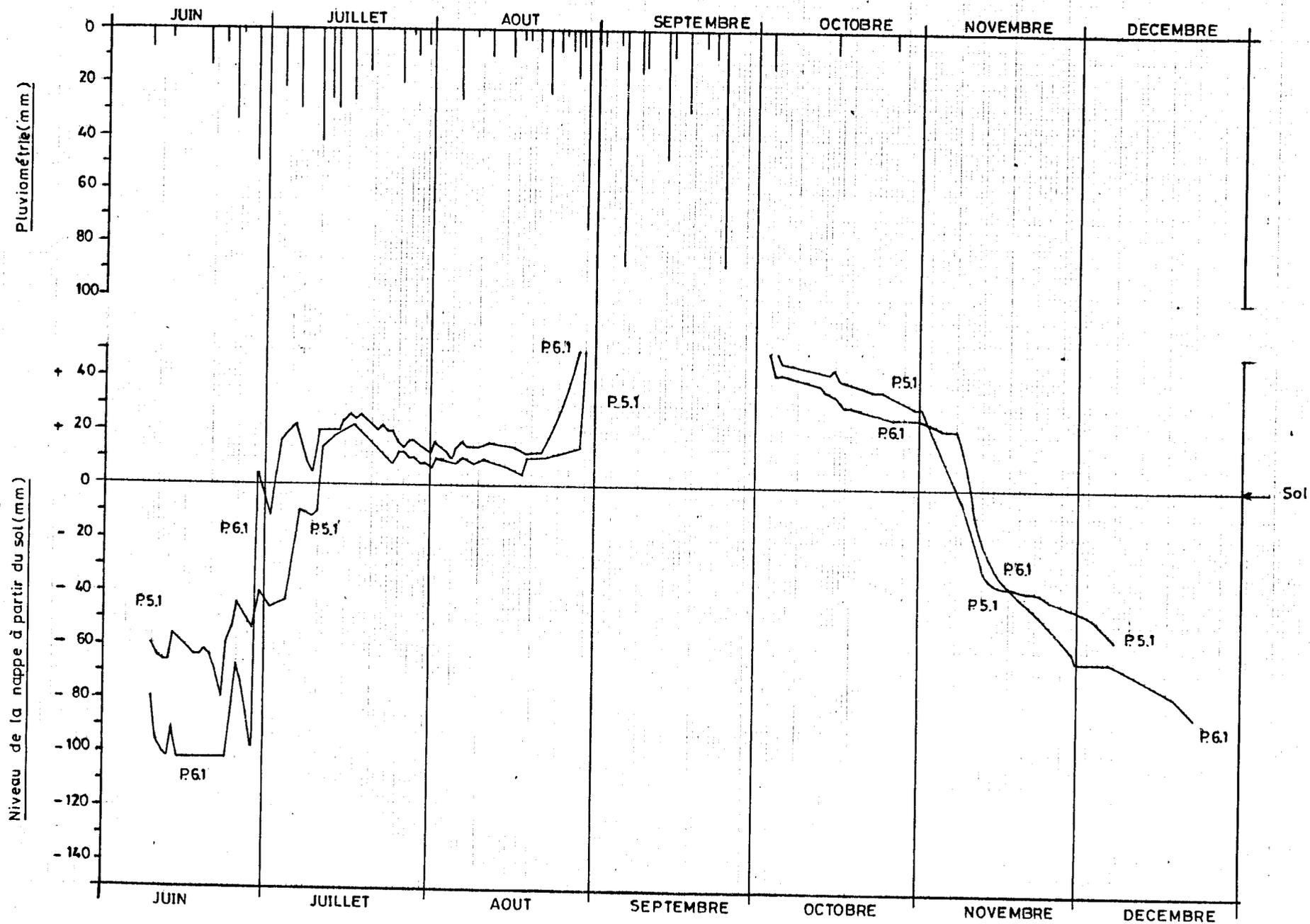


FIGURE 14 Fluctuation journalière de la nappe phréatique dans la plaine du KO-DENI

3.2. Dans la plaine du KO-BA

Dans la plaine de KO-BA, des phénomènes semblables à ceux du KO-DENI ont été observés aux mêmes périodes. (Figure 15).

Dans la première décade de juin, la nappe phréatique est située à des niveaux différents le long de la plaine. En effet sa position à la date du 9 juin est de

- 126 cm en amont (P.1.1)
- 108 cm au milieu (P.8.1)
- 50 cm en aval (P.7.1)

Sur l'ensemble de la plaine, elle commence à monter en fin juin par suite de 2 recharges importantes consécutives aux pluies du 24 et du 28 juin. La première averse ayant donné 34,50 mm a permis la fermeture des larges fentes de dessiccation et l'apparition des flaques d'eau dans les petites "dépressions" en aval de cette plaine. Seul le piézomètre P.7.1 a répondu à cette pluie : à cette date la nappe phréatique se situe à + 8 cm, mais elle descend rapidement en 2 jours pour se stabiliser à - 20 cm. La seconde averse, d'une hauteur de 49,14 mm est tombée avec une certaine intensité sur des sols ayant atteint une capacité hydrique maximale. Elle a alors accéléré la remontée de la nappe en moins de 24 heures. Ainsi le 29 juin une nappe superficielle occupe tout le bas-fond ; sa hauteur d'après les piézomètres est :

P.9.1 = + 26 cm

P.8.1 = + 20 cm

P.7.1 = + 30 cm

Les pluies qui surviennent après, alimentent maintenant la nappe d'inondation dont la hauteur va fluctuer en dents de scie de 25 à 40 cm durant les mois de juillet et d'août.

A la fin de la dernière décade d'août (le 28 et le 29), les précipitations exceptionnelles de 73,25 mm tombent sur des sols fortement imperméables (car gorgés d'eau), alors que le bas-fond est déjà inondé. Elle provoquent la première grande crue dont la hauteur maximale (110 cm) est atteinte en une demi-journée. Cette crue submerge toutes les rizières et tous les piézomètres pendant 3 jours. Elle est évacuée le 1er septembre. La hauteur des eaux d'inondation descend mais varie de 60 à 57 cm, et ce jusqu'au 5 septembre, date à laquelle survient la seconde crue.

Elle est beaucoup plus importante que la première, et est consécutive aux averses de 87,61 mm. La cote maximale des eaux d'après l'échelle limnimétrique est voisine de 150 cm ; elle a été observée 12 heures après l'arrivée de la crue. Cette seconde crue dure également trois jours. A la fin de son passage, le niveau de la nappe superficielle amorce une descente très progressive. Ainsi le 15 septembre, sa hauteur est 80 cm ; et le 30 du même mois, elle est proche de 65 cm.

C'est en début octobre que les piézomètres émergent. En effet le 3 octobre, ils indiquaient tous 48 à 49 cm. A cette période, les sources d'alimentation de la nappe d'inondation baissent d'intensité : Les pluies se rarefient, et le niveau des eaux d'inondation évolue dans le même sens. N'étant plus alimentée, et soumise aux

effets du climat et à l'écoulement longitudinal gravitaire, la nappe disparaît progressivement. Ainsi on remarque :

20 octobre :	P.7.1 = - 44 cm	P.8.1 = + 40 cm	P.9.1 = - 42 cm
30 octobre :	P.7.1 = - 42 cm	P.8.1 = - 30 cm	P.9.1 = - 26 cm
10 novembre :	P.7.1 = - 40 cm	P.8.1 = - 26 cm	P.9.1 = - 18 cm
20 novembre :	P.7.1 = - 36 cm	P.8.1 = - 10 cm	P.9.1 = - 4 cm

Dans la troisième décade de novembre, la nappe superficielle disparaît dans la partie amont de la plaine. D'après les piézomètres, elle a disparu le 21 novembre au niveau du P.9.1, et le 24 novembre au niveau du P.8.1.

Cependant dans la partie aval, la nappe persistera jusqu'en fin décembre (+ 10 cm au P.7.1).

3.3. Dans la plaine du tronçon commun

Ce tronçon de bas-fond se caractérise sur les versants par une très forte variation de la nappe phréatique. Ce comportement peut s'expliquer soit par le pouvoir filtrant des sols en place, soit par la position en altitude des piézomètres ; soit par les deux à la fois.

Au niveau des piézomètres des versants et de celui de l'exutoire, les sols sont restés insensibles aux pluies d'avant la première décade de juillet. Cependant les séries pluviométriques de cette période rechargent la nappe et provoquent sa montée à partir d'une profondeur inconnue. Ainsi le 14 juillet les piézomètres indiquaient :

- 30 cm au P.1.1
- 94 cm au P.2.2, - 40 cm au P.2.3
- 110 cm au P.3.2, - 64 cm au P.3.3
- 76 cm au P.4.2, - 40 cm au P.4.3

A partir de cette date, le niveau de la nappe va évoluer en "dents de scie" dans les piézomètres P.4.2, P.4.3, P.3.2, P.3.3. Par contre le niveau redescendra 1 semaine après dans les autres piézomètres. A la date du 21 juillet on pouvait lire

- 50 cm au P.1.1 - 104 cm au P.2.2 - 54 cm au P.2.3

Abstraction faite de cette singularité des piézomètres des versants, la fluctuation de la nappe sur la plaine du tronçon commun (Figure 16) est identique à celles observées dans les sections du KO-DENI et du KO-BA.

Les mesures piézométriques dans le lit mineur révèlent que la nappe phréatique est située à moins d'un mètre de la surface à la date du 9 juin :

- P.2.1 = - 28 cm, P.3.1 = - 68 cm ; P.4.1 = - 32 cm.

Elle remonte en deux temps pour être affleurante le 28 juin suite à une pluviométrie de 49,14 mm. D'ailleurs la nappe qui affleure, a pour hauteur 10 cm au P.3.1 et 18 cm au P.4.1. A cette période, elle est observable, en amont seulement de cette plaine ; En aval (P.2.1), le même phénomène se répète 2 semaines après, soit le 13 juillet. Comme les jours de pluie, la nappe se charge d'une hauteur d'eau proportionnelle à la quantité écoulée, on note avec les pluies intenses et rapprochées du mois de juillet, l'installation d'une nappe superficielle dans tout ce bas-fond. Sa hauteur est fortement influencée par les apports ; ainsi on peut constater :

- | | | | |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20 juillet : | P.2.1 = - 12 cm | P.3.1 = - 30 cm | P.4.1 = - 40 cm |
| 30 juillet : | P.2.1 = + 14 cm | P.3.1 = - 30 cm | P.4.1 = - 40 cm |
| 10 août : | P.2.1 = + 22 cm | P.3.1 = + 34 cm | P.4.1 = + 48 cm |

Dans la dernière décade d'août et dans la première décade de septembre, deux crues d'ampleur semblable, se succèdent. Elles provoquent une submersion totale des piézomètres jusqu'au 30 octobre. A cette date, on est presque en fin saison pluvieuse, et la nappe d'inondation a une hauteur proche de 50 cm. D'ailleurs ce niveau limnimétrique sera maintenu de façon plus ou moins stable, car même en l'absence des pluies, la nappe superficielle de cette plaine est toujours alimentée par les écoulements longitudinaux du KO-DENI et du KO-BA, dont elle est tributaire.

Ainsi dès que le tarissement commence sur ces deux sections, les effets se répercutent sur le tronçon commun : c'est pourquoi la nappe superficielle baissera progressivement jusqu'en fin décembre. Le 22 décembre sa hauteur est 22 cm au P.4.1 et de 16 cm au P.2.1 ; à l'exutoire, elle n'est plus réduite qu'à un mince filet d'eau dans le thalweg.

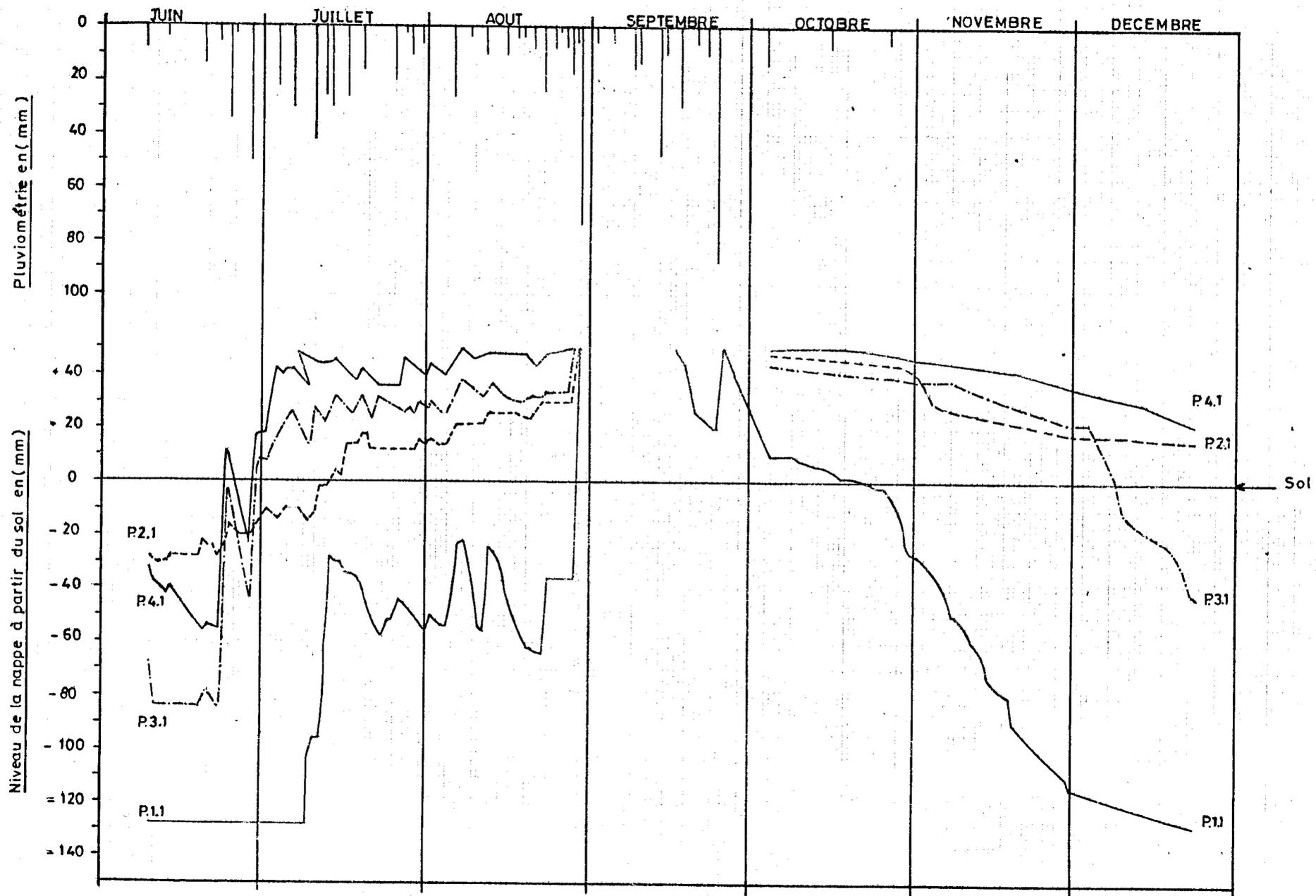


FIGURE 16 Fluctuation journalière de la nappe phréatique dans la plaine du tronçon commun

3.4. Analyse comparative des réactions dans les trois plaines

L'étude du niveau d'eau et de sa fluctuation dans chaque plaine laisse apparaître des disparités dans les réactions.

- Au niveau de chaque plaine, l'affleurement ou l'assèchement de la nappe ne se fait pas instantanément tout le long de celle-ci. Ils s'effectuent progressivement d'amont en aval et sont déterminés par l'intensité des écoulements de la tête du bas-fond vers la partie aval, par la pente longitudinale et par la nature des matériaux pédologiques en place.

- L'apparition ou la disparition de la nappe superficielle ne se fait pas simultanément dans les trois plaines. Cela peut être dû aux raisons évoquées plus haut auxquelles s'ajoutent la densité du chevelu hydrographique et la position altimétrique de la plaine. Dans le KO-BA, la densité moyenne du chevelu hydrographique a tendance à augmenter les apports et à favoriser leur concentration ; la nature argileuse des sols et la position relativement basse de la plaine favorise et accélère son remplissage en eau. Ces facteurs se combinent pour accélérer l'apparition de la nappe.

Dans le KO-DENI, la faiblesse du chevelu hydrographique et la position peu élevée (en altitude) font que ce bas-fond nécessite beaucoup plus d'eau pour saturer ses sols et provoquer l'installation de la nappe.

Il est donc probable que ce soit pour ces raisons que la nappe affleure d'abord dans la plaine du KO-BA, ensuite dans celle du KO-DENI, et finalement dans la plaine du tronçon commun qui subit les effets des deux premières.

- La hauteur de la nappe superficielle est variable selon les sections pour une même période. Cette variabilité est liée à la densité de drainage, à la taille et à la configuration du bas-fond, ainsi qu'au régime des précipitations qui déterminent les apports et les écoulements dans la plaine.

- La ligne des plus hautes eaux pendant les périodes de crue, ainsi que leur temps de base sont très variables selon les plaines. L'importance d'une crue est liée aux dimensions du bassin-versant, à la densité du chevelu hydrographique et aux pentes.

Dans la plaine du KO-BA, les crues sont énormes à cause de la grande taille du bassin-versant et de la densité moyenne du réseau hydrographique. Les pentes transversales sont peu fortes et tendent à faciliter la concentration des eaux de crues, cela a donc pour effet d'élever la hauteur de celles-ci. D'autre part, la faiblesse de la pente longitudinale ralentit considérablement l'évacuation des apports, et augmente la durée de leur passage.

La plaine de KO-DENI présente des crues moyennes, les pentes transversales y sont également moyennes et facilitent l'épandage des eaux de crues. La pente longitudinale est élevée et accélère ainsi l'évacuation des crues.

Cependant comme l'indique le tableau n°27, un comportement unique et général est applicable à l'ensemble du bas-fond. Il se caractérise par les éléments suivants :

- Une remontée capillaire rapide et se faisant presque proportionnellement aux pluies tombées.
- Des pluies d'avant juillet, suffisantes pour saturer les sols et provoquer l'affleurement de la nappe phréatique.
- Des plaines se remplissant rapidement d'eau, mais se vidant très lentement.
- Une inondation se manifestant de juillet à octobre et dont la hauteur reste inférieure à 100 cm.
- Des crues ne durant pas plus de 3 jours et dont la ligne des plus hautes eaux varie de 80 à 150 cm.

Tableau 28 : COMPORTEMENT PLUVIO-HYDRAULIQUE DU BAS-FOND DE DAMANA

	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	
	Saison des Pluies				Saison sèche			
Observations pluviométriques	Pluies orageuses, violentes- accompagnées de vent	Pluies rapprochées, douces, fréquentes et de longue durée			Pluies violentes et rares	Pluies très rares		
	<ul style="list-style-type: none"> . Nébulosité moyennement dense . Insolation forte à peu forte . Evaporation peu forte à faible . Humidité moyenne 	<ul style="list-style-type: none"> . Nébulosité dense, ciel fréquemment couvert. . Insolation peu forte à faible . Evaporation faible à très faible . Humidité très haute . Températures basses. 			<ul style="list-style-type: none"> . Ciel peu dégagé . Insolation peu . Evaporation moyenne . Humidité moyenne 	<ul style="list-style-type: none"> . Ciel dégagé rarement couvert . Insolation forte à très forte . Evaporation très élevée . Humidité faible à très faible 		
	<ul style="list-style-type: none"> . Bilan hydrique peu négatif . Période peu déficitaire 	<ul style="list-style-type: none"> . Bilan hydrique très positif . Période fortement excédentaire 			<ul style="list-style-type: none"> . Bilan hydrique négatif 	<ul style="list-style-type: none"> . Bilan hydrique très négatif . Période fortement déficitaire 		
Observations de la nappe et des apports	<ul style="list-style-type: none"> . Humectation des couches superficielles des sols . Réalimentation de la nappe phréatique par infiltration . Fermeture des fentes de dessiccation par gonflement des argiles . Remontée capillaire de la nappe phréatique (rapide dans les sols argileux, lente dans les sols sableux) . Affleurements localisés de la nappe phréatique . Apports dans les bas-fonds très faibles à nuls. 	<ul style="list-style-type: none"> . Sols imperméables et fortement engorgés . Affleurement généralisé dans tous le bas-fond . Transformation du bas-fond en champ d'épandage ou plaine d'inondation . Période de petites crues isolées et de courtes durées . Ecoulement longitudinal très faible à faible . Resurgence faible des versants vers le bas-fond . Faible hauteur de la nappe superficielle . Apports Faibles 			<ul style="list-style-type: none"> . Période de grandes crues isolées et de petites crues successives . Ecoulement longitudinal moyen . Resurgence moyenne à très abondante des sols de versants vers le bas-fond . Hauteur moyenne du niveau de la nappe superficielle . Apports abondants à très abondants 	<ul style="list-style-type: none"> . Ecoulement longitudinal faible . Apports faibles . Resurgence moyenne à faible . Baisse du niveau de la nappe d'inondation 	<ul style="list-style-type: none"> . Ecoulement longitudinal faible à nul . Apports très faibles à nuls . Resurgence très faible à nulle 	<ul style="list-style-type: none"> . Disparition de la nappe d'inondation. . Descente de la nappe phréatique

CONCLUSION GENERALE

Les caractéristiques physiques du bas-fond de Damana qui ont été étudiées en développant les aspects topographiques, pédologiques et pluvio-hydrauliques, nous permettent pour un aménagement rizicole de dégager les conclusions suivantes :

- La topographie d'ensemble de la plaine se caractérise par une pente moyenne inférieure ou égale à 5%. Son fond est relativement plat et sa largeur est moyenne (inférieure à 70 m). Cette configuration a pour effet d'étaler la crue sur toute la largeur, de réduire la vitesse d'écoulement des eaux, et de minimiser les risques de dégradation des sols. Ces caractéristiques topographiques sont un atout favorable à un aménagement rizicole car elles permettent une bonne répartition des eaux et facilitent l'inondation de la plaine.

- Les sols de la plaine rizicole, en ce qui concerne la zone racinaire sont pour l'essentiel argileux ou argilo-limoneux, même si on note quelques enclaves de sable. Par conséquent, ils ne sont pas lourds et sont faciles à travailler.

Les textures très fines à fines favorisent une bonne humidification des sols et permettent une rétention suffisante de l'eau. La superposition des horizons limono-argileux sur argiles rend possible le maintien d'une nappe perchée et celui d'une bonne humidité superficielle. L'hydromorphie se manifeste dès la surface sur les sols argileux, ou en profondeur sur les sols argilo-sableux ou sableux.

Les sols sont profonds et présentent un drainage interne imparfait à nul. En effet la perméabilité y est faible et à partir d'un seuil d'humidification elle devient nulle.

Tous ces aspects ont tendance à accélérer la remontée de la nappe phréatique, à faciliter le transport de l'eau sans trop de perte par les processus d'infiltration. Ils favorisent également l'installation et l'alimentation d'une nappe d'inondation, et prolongent la durée de l'humidité dans la partie superficielle des sols. Les humidités pondérales et les réserves facilement utilisables en eau sont très importantes. Elles présentent même des valeurs largement supérieures à celles trouvées sur des sols de même nature. On peut donc dire que les sols du bas-fond de Damana se prêtent favorablement à la riziculture inondée.

- La pluviométrie et les écoulements sur le bassin-versant de Damana sont énormes. En effet la saison humide y va de mai à octobre soit 7 mois : mais les pluies sont plus fréquentes et rapprochées de juillet à septembre. Pendant cette durée, les rizières peuvent être alimentées par les précipitations. D'ailleurs l'utilisation des pluies dans la plaine est maximale car l'eau y est uniformément distribuée. La pluviométrie annuelle sur le bassin-versant, et les apports annuels dans le bas-fond sont suffisants pour satisfaire l'évapo-transpiration maximale du riz durant son cycle végétatif.

- Le comportement pluvio-hydraulique du bas-fond de Damana, le rend propice à la riziculture. En effet, les pluies de mai à juin suffisent pour alimenter la nappe phréatique et provoquer son affleurement. La plaine reste inondée de juillet à novembre, soit pendant 150 jours. (durée correspondant au cycle du riz de bas-fond) et comme la riziculture de bas-fond est de type inondable, elle en trouve son compte. Ainsi cette nappe d'inondation qui contribue à satisfaire les besoins en eau du riz depuis le repiquage jusqu'à la maturité, est régulièrement alimentée par les pluies, les écoulements hypodermiques et les apports longitudinaux.

Même pendant les crues, la submersion des plants de riz ne dépasse pas 72 heures, or le seuil critique de submersion pouvant aboutir à une asphyxie du riz est 2 semaines en eau trouble. L'écoulement longitudinal dans le bas-fond, ainsi que le faible temps de base des crues sont favorables à la riziculture de bas-fond à Damana.

De toutes ces considérations, il ressort que le bas-fond de Damana possède des potentialités physiques énormes qui le rendent apte à la riziculture, moyennant un aménagement de terrain.

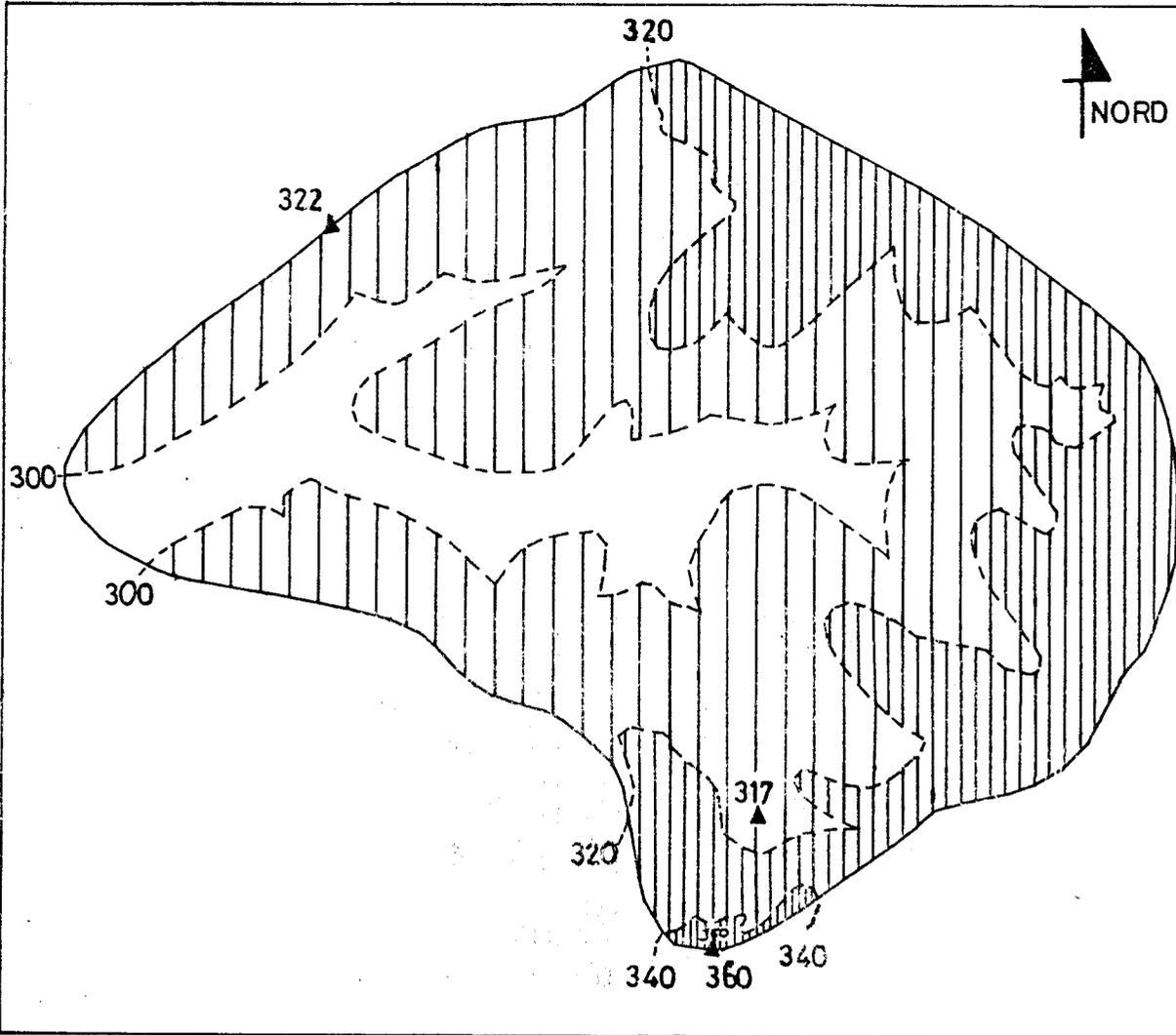
De part sa configuration en fourche étirée vers l'aval, sa longueur d'environ 6 km, sa superficie de 70 ha, la plaine de Damana semble se prêter plus à un aménagement simple ouvert. Les avantages de ce type d'aménagement sont :

- La conservation de la surface rizicole totale.
- L'écoulement gravitaire dû à la configuration (en pente) des casiers rizicoles.
- L'alimentation continue des casiers tout au long de la saison pluvieuse ; et le vidange par drainage superficiel.
- La distribution uniforme des eaux de pluie et d'écoulement, dans les casiers, et leur utilisation maximale grâce aux diguettes de niveau et de retenue.
- Le support des fortes pluies par l'aménagement simple, et la diminution des risques d'érosion.

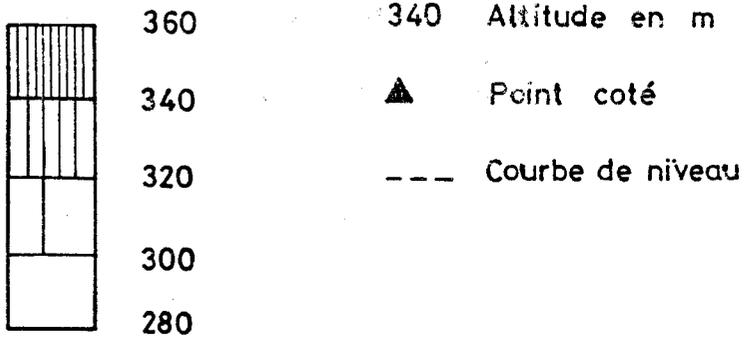
ANNEXES

ANNEXE 1
HYPSOMETRIE ET INDICE
GLOBAL DE PENTE

HYPOMETRIE DU BASSIN-VERSANT DE DAMANA

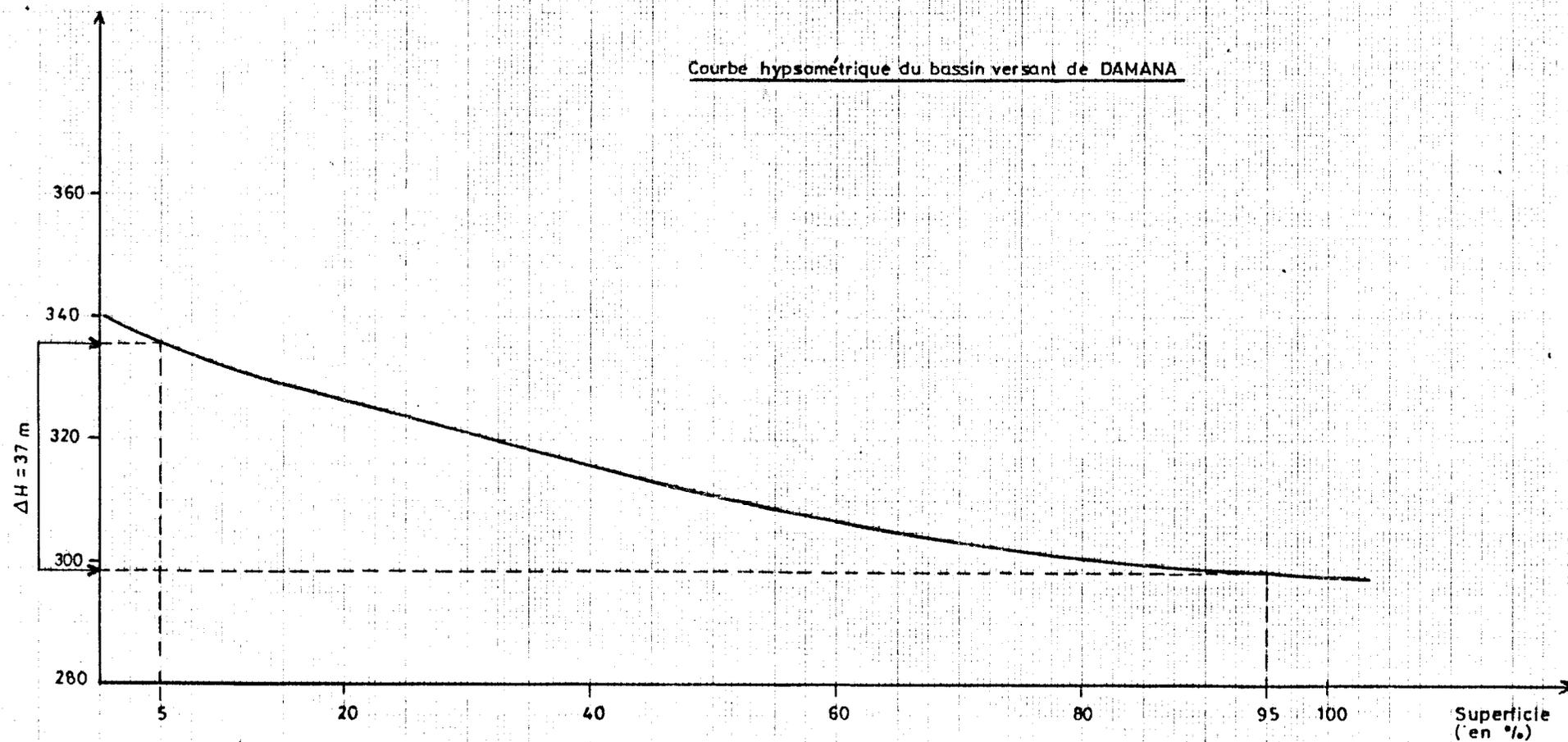


LEGENDE



Echelle: 1/100.000

Altitude en (m)



$$I_g = \frac{\Delta H}{L}$$

ΔH = Dénivelée

$$L = \frac{P}{4} - \sqrt{\frac{P^2}{4} - S}$$

L = longueur

P = Périmètre

$$l = \frac{P}{4} - \sqrt{\frac{P^2}{4} - S}$$

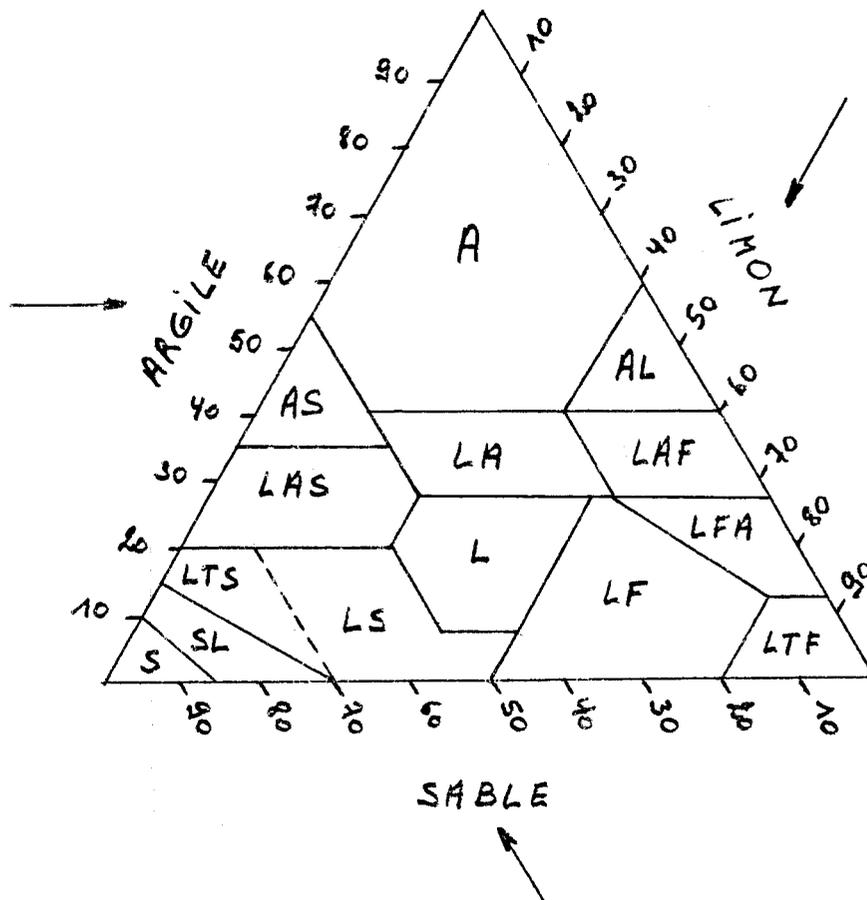
l = largeur

S = Surface

ANNEXE : 2

ANALYSE GRANULOMETRIQUE :

TRIANGLE TEXTURAL



Les chiffres sont donnés en % pondéral.
 Les flèches indiquent le sens de lecture pour les différents éléments.

- A = argile
- AL = argile limoneuse
- AS = argile sableuse
- LA = limon argileux
- LAF= limon argileux fin
- LAS= limon argilo-sableux
- L = limon
- LF = limon fin
- LFA= limon fin argileux
- LTS= limon très sableux
- LS = limon sableux
- LTF= limon très fin
- SL =sable limoneux
- S = sable

ANNEXE 3 :
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS
D'APRES ISRAELON ET HANSON

Bulletin F.A.O. n°42

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS D'APRES ISRAELON ET HANSON (Bulletin F.A.O N°42

Classe texturale	Vitesse d'infiltration cm/h	Porosité	Densité apparente	Capacité au champ	Flétrissement permanent	Réserve Utile		
						Humidité Pondérale en %	Humidité Volumique en %	Réserve Utile en mm
Sable	5 (2,5 - 25)	38 (32 - 42)	1,65 (1,55 - 1,80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	8 (6 - 10)
Limon sableux	2,5 (1,3 - 7,0)	43 (40 - 47)	1,5 (1,4 - 1,6)	14 (10 - 28)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	12 (9 - 15)
Limon	1,3 (0,8 - 2,0)	47 (43 - 49)	1,4 (1,35 - 1,5)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	17 (14 - 20)
Limon argileux	0,8 (0,25 - 1,5)	49 (47 - 50)	1,35 (1,3 - 1,4)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (16 - 22)	19 (17 - 22)
Argile Limoneuse	0,25 (0,05 - 0,5)	51 (49 - 53)	1,3 (1,3 - 1,4)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	21 (18 - 23)
Argile	0,05 (0,01 - 1,00)	53 (51 - 55)	1,25 (1,2 - 1,3)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	23 (20 - 25)

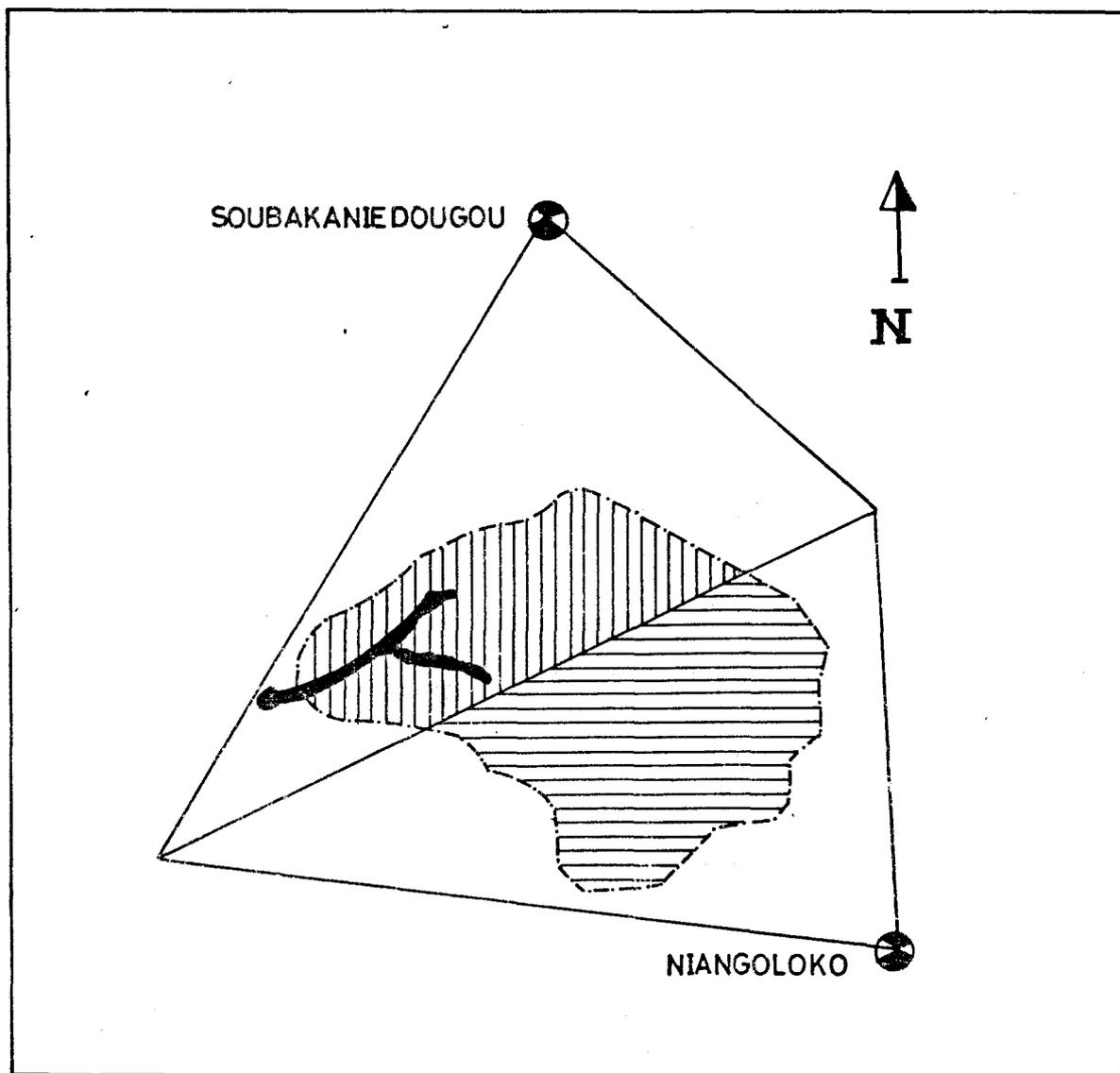
() valeur extrême

ANNEXE : 4

ZONES D'INFLUENCE SUR LE BASSIN-VERSANT

DE DAMANA DE 1951 à 1987

ZONES D'INFLUENCE DES PLUVIOMETRES SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA DE 1951 A 1987



LEGENDE

-  Pluviomètre influençant sur le bassin-versant
-  Zone d'influence du pluviomètre de soubakaniédougou
-  Zone d'influence du pluviomètre de Niangoloko
-  Limite du bassin-versant
-  Bas-fond de Damana

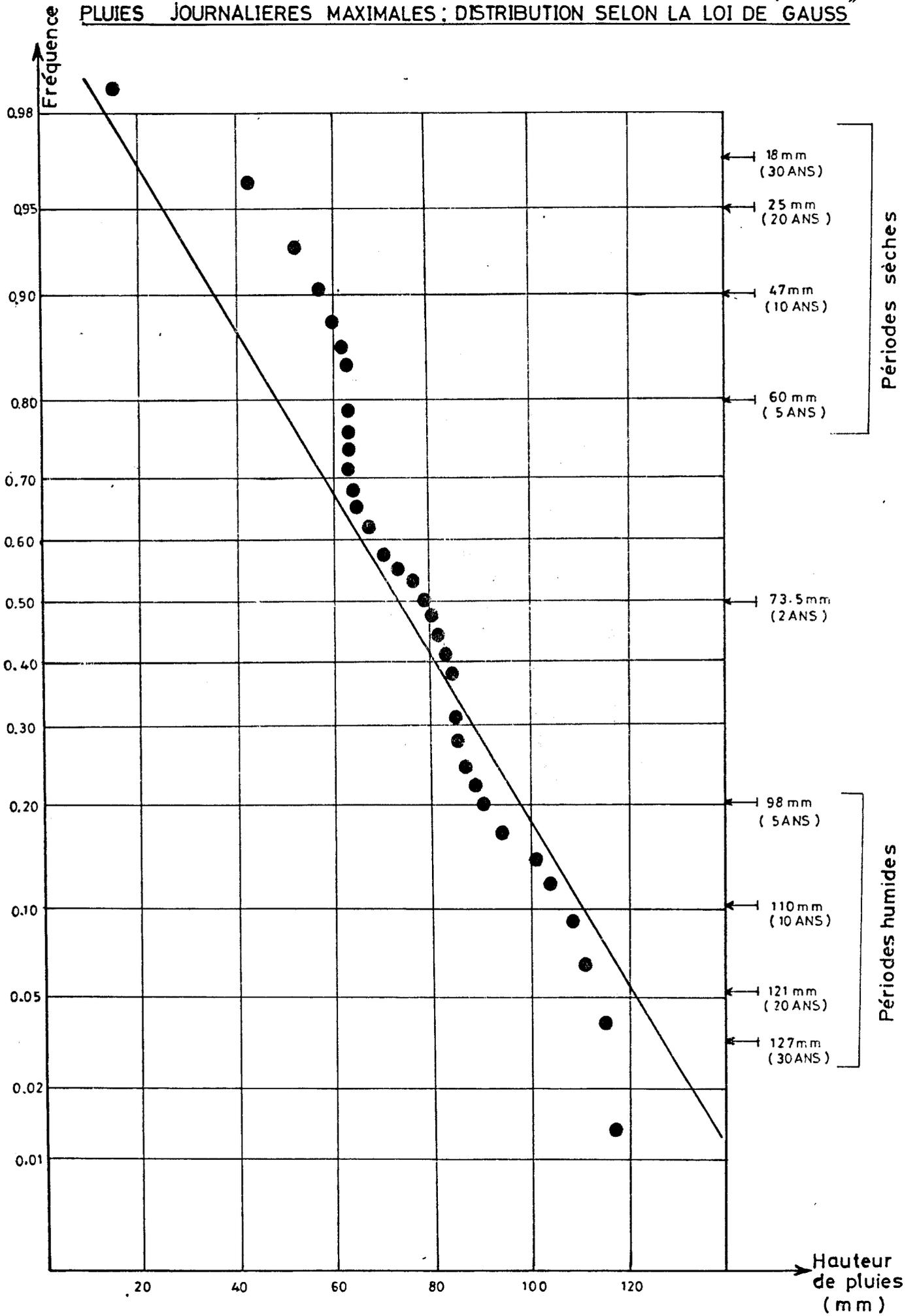
Echelle: 1 / 200.000

0 2 4 6 km

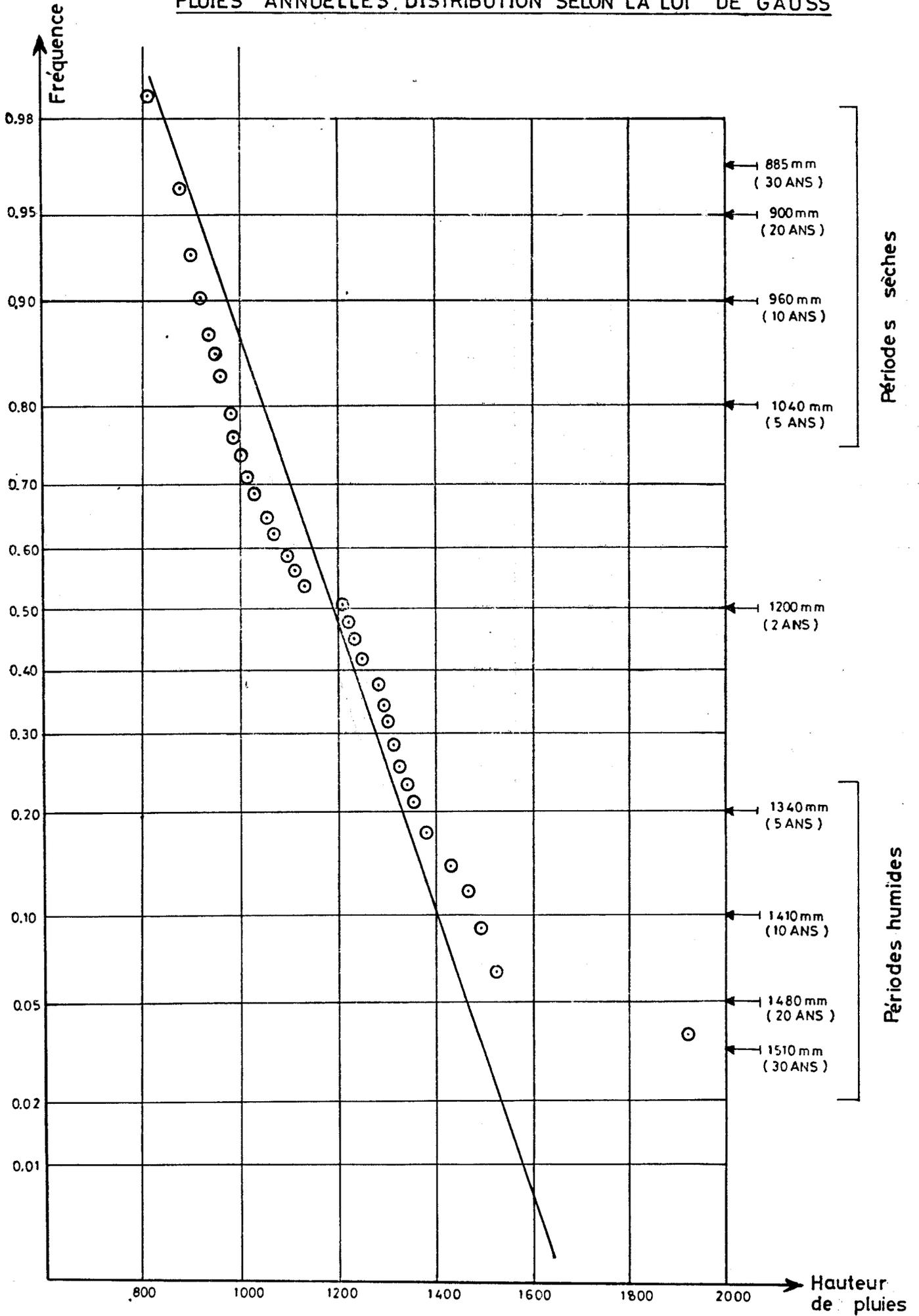
ANNEXE : 5

DISTRIBUTION SELON LA LOI DE "GAUSS"

PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES : DISTRIBUTION SELON LA LOI DE "GAUSS"



PLUIES ANNUELLES : DISTRIBUTION SELON LA LOI DE GAUSS

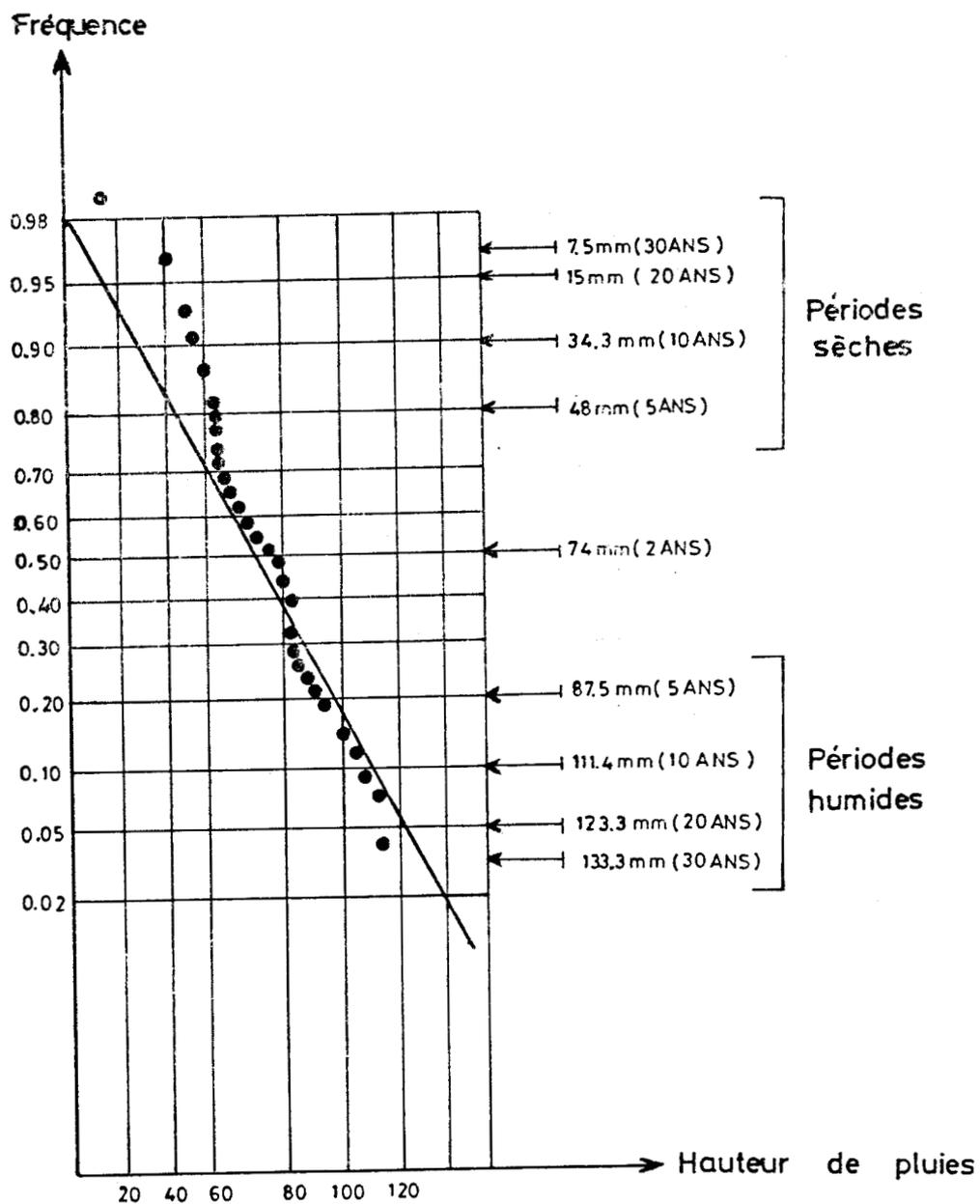


ANNEXE : 6

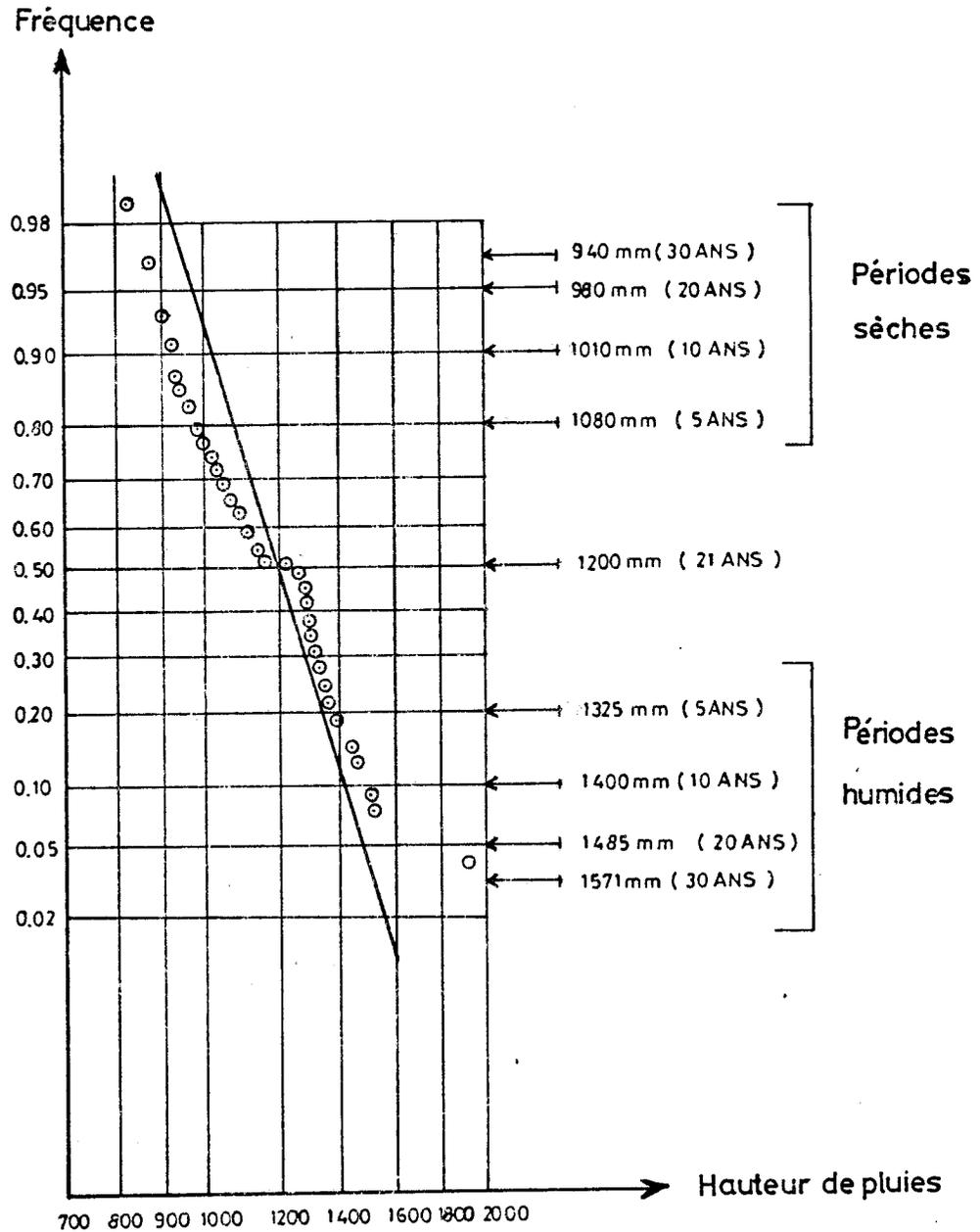
DISTRIBUTION SELON LA LOI DE "GALTON"

PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES SUR LE BASSIN.VERSANT DE DAMANA :

DISTRIBUTION SELON LA LOI DE "GALTON"



PLUIES ANNUELLES SUR LE BASSIN VERSANT DE DAMANA :
DISTRIBUTION SELON LA LOI DE "GALTON"



ANNEXE 7 :

ABAQUES O.R.S.T.O.M SUR LES ECOULEMENTS

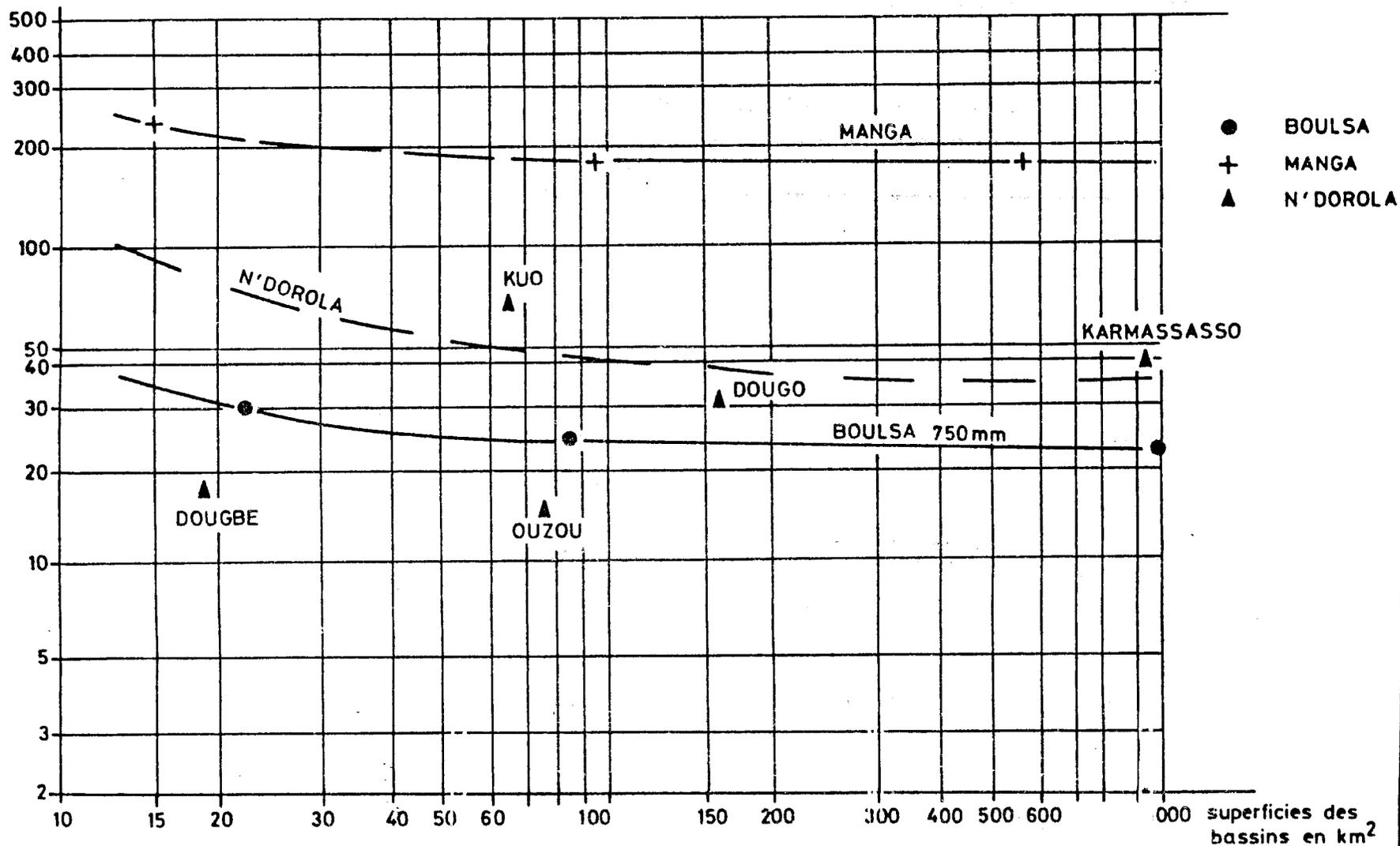
ANNUELS DES BASSINS DE REFERENCE

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES BASSINS REPRESENTATIFS DE REFERENCE

BASSIN-VERSANTS		Superficie en Km ²	Densité de drainage en Km/Km ²	Classe de Relief	Classe de perméabilité	Pluie annuelle médiane en mm	Écoulement annuel médian en mm
G r a n d e s	<u>BOULSA (BURKINA)</u> Koghnéré	22	0,68	R2	P3	750	35
	Kogho	84,7	0,59	R2	P3	750	35
	Niegha	1010	-	-	-	-	-
	<u>MANGA (BURKINA)</u> Bindé	9,1	2,66	R2-R3	P2	920	140
	Zaptinga	15,1	3,19	R2-R3	P2	920	410
	Kazanga	54,3	2,41	R3	P2	920	185
	Loure	98	2,06	R3	P2	920	185
G r è s	<u>DJITIKO (MALI)</u> Djitiko	100	1,59	R3	P3	1100	165
S c h i s t e s	<u>N'DOROLA (BURKINA)</u> Dougbo	19	0,95	R3	P3	1010	17
	Euo	68,5	0,39	R2-R3	P3	1010	65
	Ouzou	76	0,68	R2-R3	P3	1010	14
	Douga	160	0,82	R2-R3	P3	1010	31

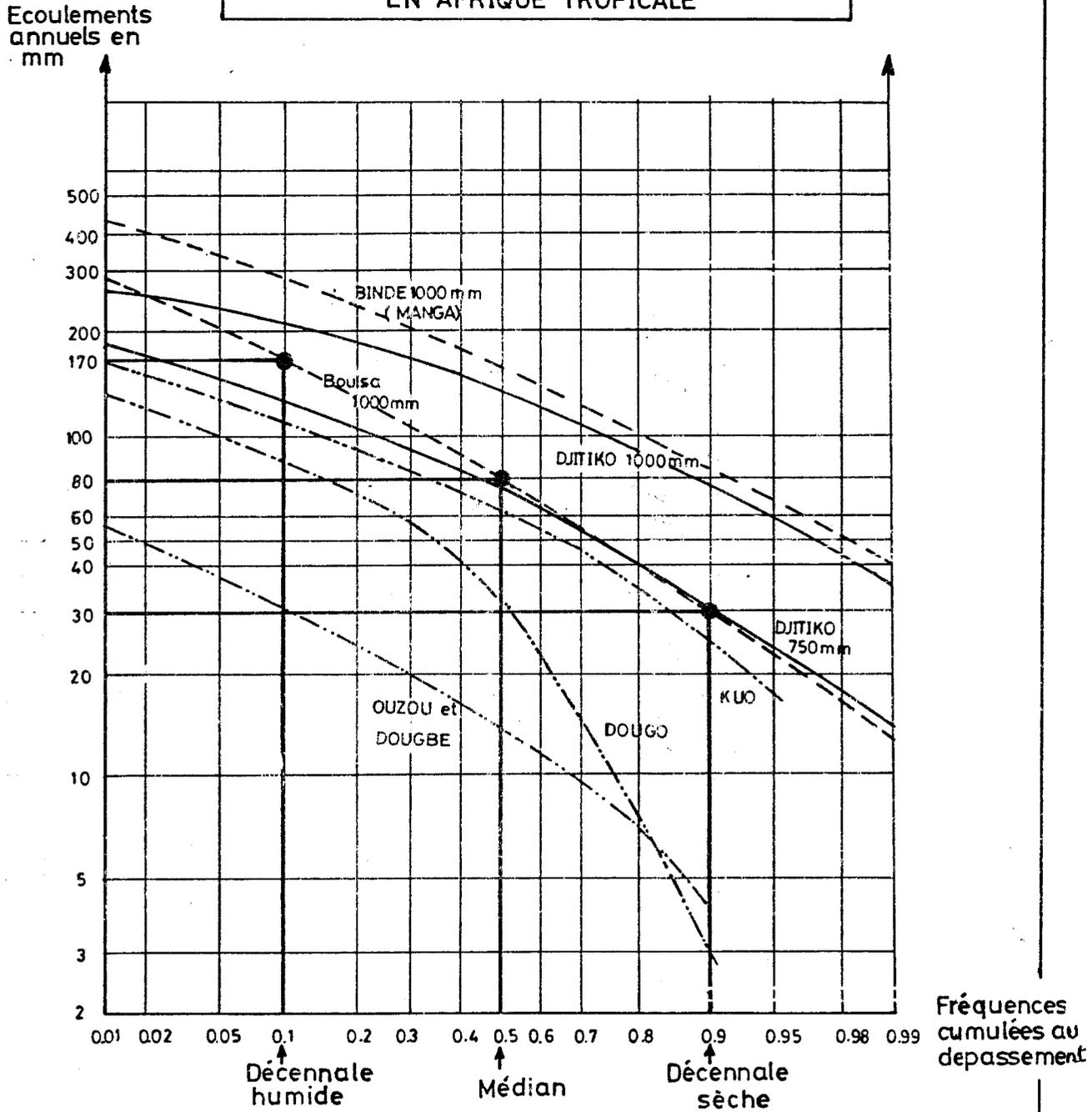
Source : Documents G.R.3 T.O.M

Écoulements annuels
médians en mm



ÉCOULEMENT ANNUEL MÉDIAN DES BASSINS VERSANTS
EN AFRIQUE TROPICALE

ÉCOULEMENT ANNUEL DU BASSIN VERSANT EN AFRIQUE TROPICALE



- Bassins sur sol granitique ou granito_gneissique
 - Bassins sur grès
 - . . . Bassins sur schistes de la région de N'dorola
- Surface du Bassin versant 25 km²

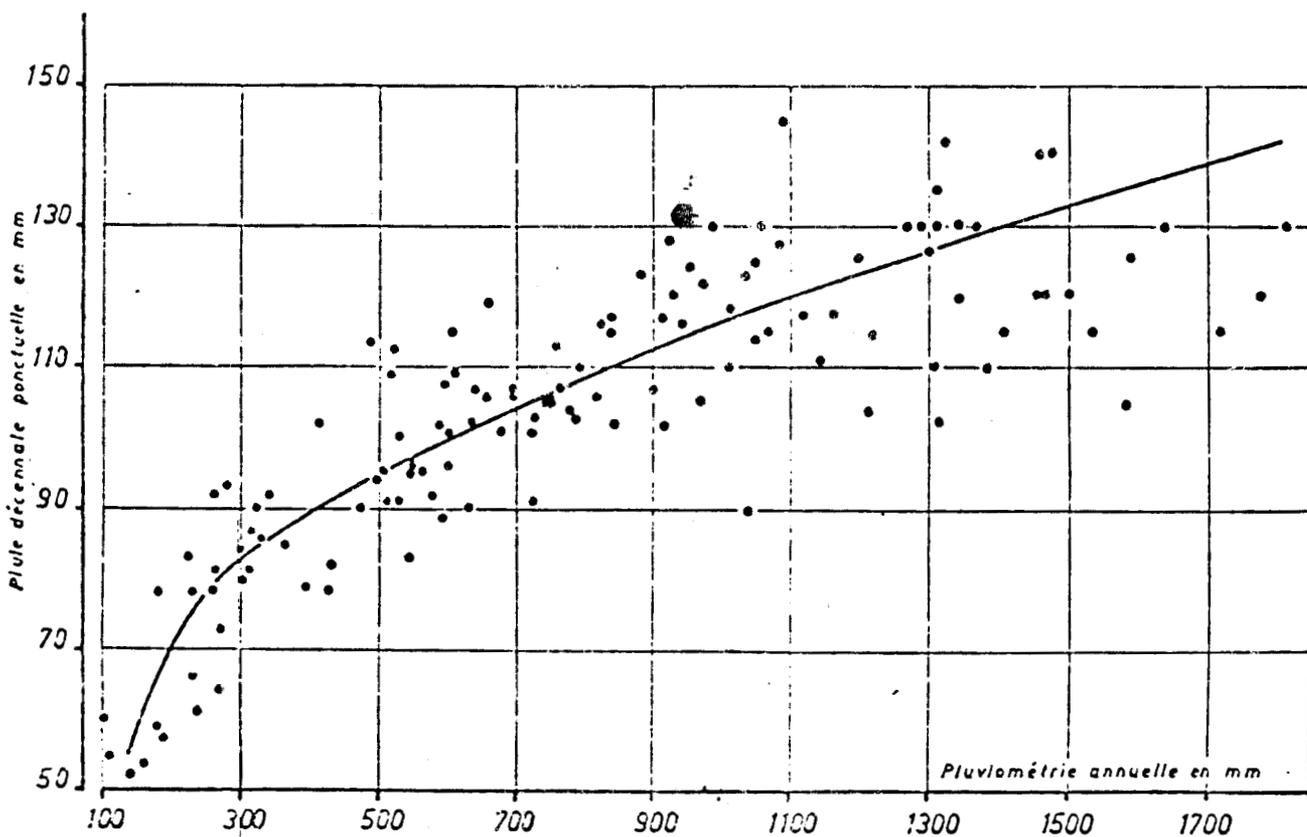
Source J. Rodier

Document O.R.S.T.O.M

ANNEXE : 8

PRECIPITATIONS DECENNALES DE 24 HEURES EN
FONCTION DE LA HAUTEUR DES PRECIPITATIONS
MOYENNES ANNUELLES (O.R.S.T.O.M.)

Précipitations décennales de 24h en fonction
de la hauteur des précipitations moyennes annuelles

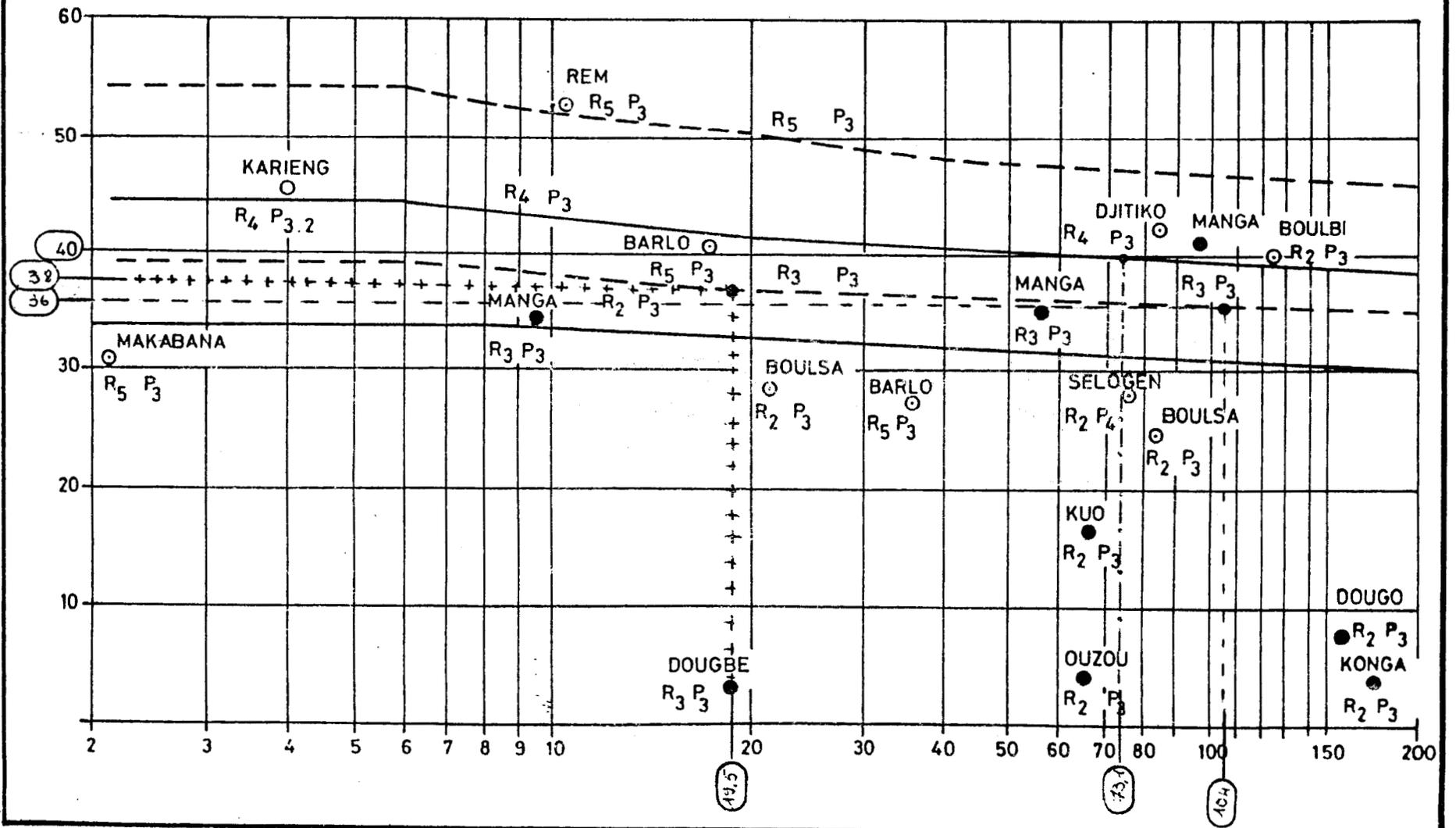


ANNEXE : 9

KR . COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

REGIMES TROPICAUX ET TROPICAUX DE TRANSITION
 (P varie de 800 à 1600 mm)
 PERMEABILITE P3

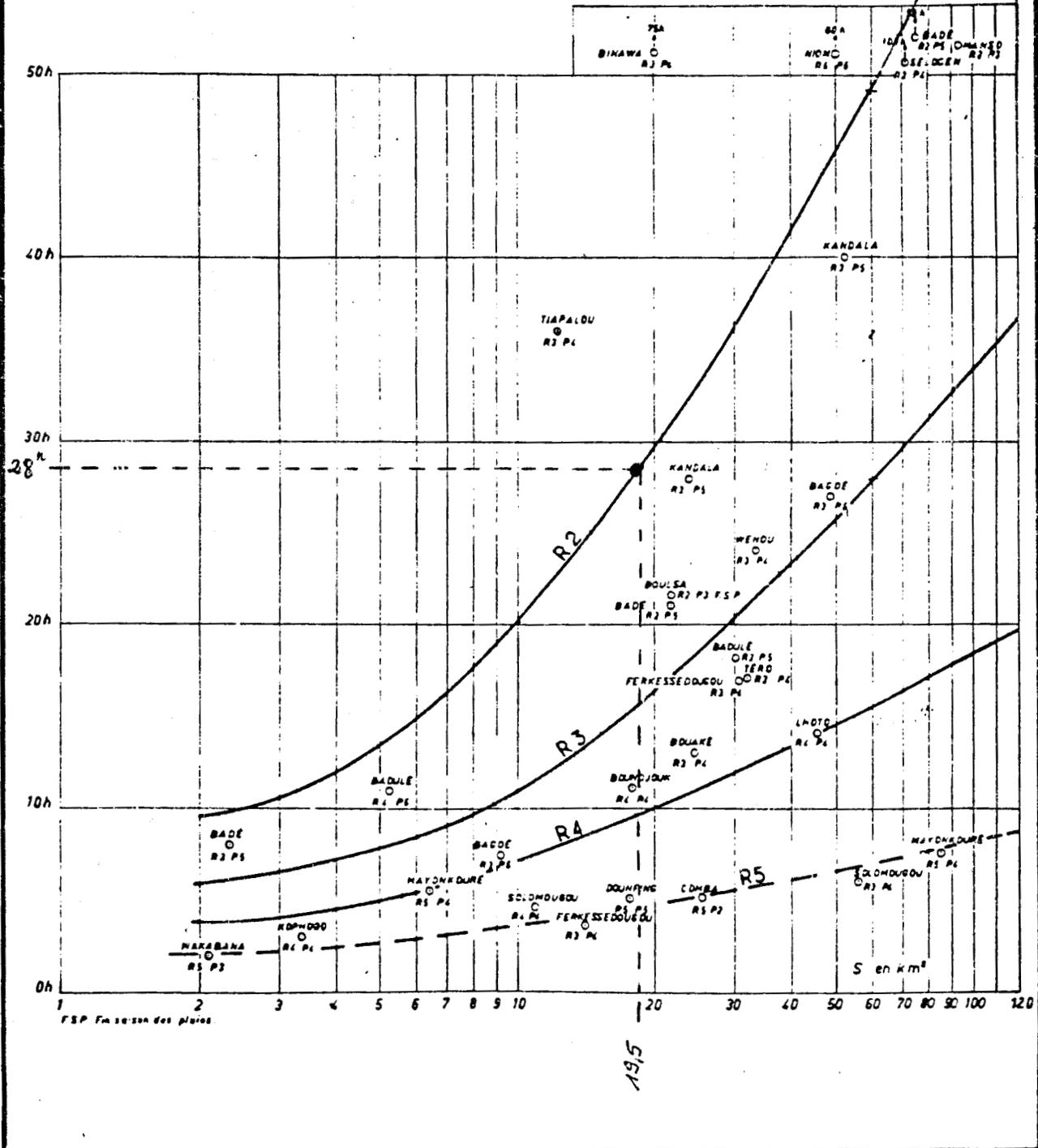


ANNEXE 10 :

TEMPS DE BASE ET TEMPS DE MONTEE

Temps de base en fonction de R et de S

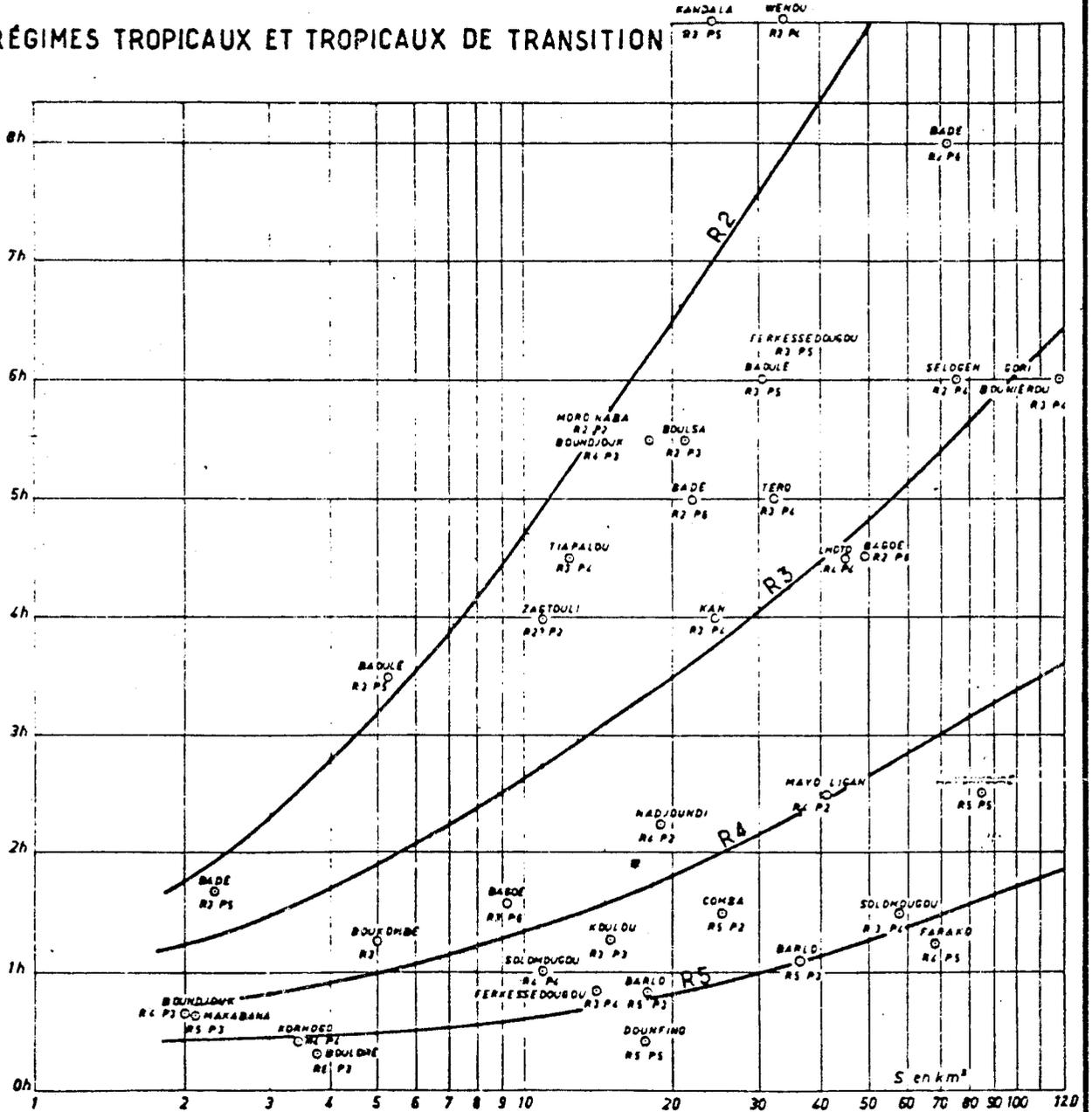
RÉGIMES TROPICAUX ET TROPICAUX DE TRANSITION



19,5

Temps de montée en fonction de R et de S

RÉGIMES TROPICAUX ET TROPICAUX DE TRANSITION



ANNEXE 11 :
PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN-VERSANT
DE DAMANA. (Campagne 1988).

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE PONDEREE SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA (en mm)

N° Pluvio.	P.V.1	P.V.G.1	P.V.2	P.V.3	P.V.G.2	P.V.4	P.V.5	Total	N° Pluvio.	P.V.1	P.V.G.1	P.V.2	P.V.3	P.V.G.2	P.V.4	P.V.5	Total
1									1	00	00	00	00	00	00	00	00
2									2	00	00	00	00	00	00	00	00
3									3	1,30	3,09	4,28	3,66	4,40	3,66	1,56	21,97
4									4	00	00	00	00	00	00	00	00
5									5	00	00	00	00	00	00	00	00
6									6	2,55	5,62	6,02	4,55	5,34	3,77	2,76	30,61
7									7	00	00	00	00	00	00	00	00
8		2,47	1,41	0,95	1,84		1,37	8,04	8	0,01	0,05	0,06	0,05	0,05	0,02	0,02	0,26
9		00	00	00	00		00	00	9	00	00	00	00	00	00	00	00
10		00	00	00	00		00	00	10	3,47	8,37	14,20	4,20	3,15	5,60	3,92	42,91
11		00	00	00	00		00	00	11	00	0,01	00	00	0,15	0,03	0,05	0,24
12		2,19	0,80	0,84	0,60		0,99	5,42	12	2,49	5,33	6,18	4,36	2,44	2,41	2,50	25,71
13		00	00	00	00		00	00	13	2,49	5,74	8,65	4,32	1,99	3,08	2,84	29,11
14		00	00	00	00		00	00	14	00	00	00	00	00	00	00	00
15		00	00	00	00		00	00	15	00	00	00	00	00	00	00	00
16		00	00	00	00		00	00	16	1,37	3,04	8,79	2,16	2,08	6,72	1,60	25,76
17		00	00	00	00		00	00	17	0,4	0,89	00	00	00	0,14	0,03	1,43
18		00	00	00	00		00	00	18	00	00	00	00	00	00	00	00
19		3,37	4,14	4,12	1,33		1,49	14,45	19	0,20	0,99	1,95	4,17	3,52	2,92	1,69	15,44
20		0,22	0,17	0,24	0,10		0,11	0,84	20	00	00	00	00	00	00	00	00
21		00	00	00	00		00	00	21	00	00	00	00	00	00	00	00
22		2,50	0,60	1,34	0,22		0,97	5,63	22	00	00	00	00	00	00	00	00
23		00	00	00	00		00	00	23	00	00	00	00	00	00	00	00
24		8,04	8,81	6,42	6,58		4,67	34,52	24	00	00	00	00	00	00	00	00
25		0,40	0,60	0,06	1,11		0,24	2,41	25	1,18	6,09	5,75	1,70	1,58	3,66	0,87	20,83
26		00	00	00	00		00	00	26	00	00	00	00	00	00	00	00
27		00	00	00	00		00	00	27	0,60	1,01	00	00	00	00	00	1,61
28		8,27	12,81	9,11	8,04		10,91	49,14	28	00	00	2,71	2,46	3,20	1,54	0,80	10,71
29		00	00	00	00		00	00	29	00	00	00	00	00	00	00	00
30		00	00	00	00		00	00	30	0,19	1,37	1,68	0,56	0,54	0,51	0,41	5,26
									31	1,67	4,04	9,34	5,43	2,00	6,00	1,77	30,25

JUIN

JUILLET

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE PONDEREE SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA (en mm)

N° Pluvio.	P.V.1	P.V.G.1	P.V.2	P.V.3	P.V.G.2	P.V.4	P.V.5	Total	N° Pluvio.	P.V.1	P.V.G.1	P.V.2	P.V.3	P.V.G.2	P.V.4	P.V.5	Total
Date									Date								
1	00	00	00	00	00	00	00	00	1	0,16	0,41	1,56	1,60	1,04	96,00	0,44	6,176
2	00	00	00	00	00	00	00	00	2	00	00	00	00	00	00	00	00
3	00	00	00	00	00	00	00	00	3	00	00	00	00	00	00	00	00
4	00	00	00	00	00	00	00	00	4	0,03	0,10	1,32	1,17	1,80	0,58	1,65	6,65
5	1,41	3,12	5,35	6,73	3,92	4,06	1,60	29,19	5	5,71	14,18	16,00	15,42	13,59	16,06	6,65	87,61
6	00	00	00	00	00	00	00	00	6	00	00	00	00	00	00	00	00
7	00	00	00	00	00	00	00	00	7	00	00	00	00	00	00	00	00
8	0,15	0,56	00	0,95	00	0,10	0,53	1,51	8	00	8,52	0,90	1,31	3,72	2,01	16,46	
9	00	00	00	00	00	00	00	00	9	3,89	2,18	2,34	1,82	2,76	1,04	14,03	
10	00	00	00	00	00	00	00	00	10	00	00	00	00	00	00	00	00
11	1,31	2,94	1,56	0,70	1,07	2,25	0,77	10,60	11	00	00	00	00	00	00	00	00
12	0,05	0,18	0,12	0,06	0,03	0,21	0,07	0,72	12	00	00	00	00	00	00	00	00
13	00	00	00	00	00	00	00	00	13	2,99	7,47	11,75	9,21	11,10	5,31	47,83	
14	00	00	00	00	00	00	00	00	14	1,31	4,41	1,31	0,20	4,00	0,07	11,3	
15	0,74	1,55	2,55	2,57	1,28	1,07	0,66	10,42	15	00	00	00	00	00	00	00	00
16	00	00	00	00	00	00	00	00	16	0,11	0,26	00	00	00	00	00	0,37
17	0,16	0,31	1,62	0,56	0,18	0,56	0,17	3,56	17	1,83	4,25	8,37	6,22	6,23	2,57	29,47	
18	0,03	0,13	0,99	1,92	0,61	0,77	0,07	4,52	18	00	00	00	00	00	00	00	00
19	00	00	00	00	00	00	00	00	19	00	00	00	00	00	00	00	00
20	0,62	0,96	0,63	1,16	1,17	1,68	1,61	7,83	20	0,50	1,53	1,42	1,79	1,07	0,82	7,13	
21	00	0,46	00	00	00	00	00	0,46	21	00	00	00	00	00	00	00	00
22	2,24	5,69	6,54	3,81	2,59	2,95	0,94	24,76	22	0,39	1,33	3,22	1,82	2,42	0,95	10,13	
23	00	00	00	00	00	00	00	00	23	00	00	00	00	00	00	00	00
24	0,46	1,19	1,30	1,33	1,15	1,12	0,73	7,28	24	4,79	13,36	20,61	18,65	21,86	8,46	87,73	
25	0,12	0,13	0,24	0,21	0,79	0,22	0,18	1,89	25	00	00	00	00	00	00	00	00
26	1,23	2,48	0,67	0,49	0,74	0,96	0,67	7,24	26	00	00	00	00	00	00	00	00
27	00	6,35	00	00	10,71	00	00	17,06	27	00	00	00	00	00	00	00	00
28	00	2,15	00	00	3,18	00	00	5,33	28	00	00	00	00	00	00	00	00
29	4,81	3,47	17,73	23,44	4,28	19,52	00	73,25	29	00	00	00	00	00	00	00	00
30	00	00	00	00	00	00	00	00	30	00	00	00	00	00	00	00	00
31	0,11	0,31	0,93	0,44	2,09	0,24	0,89	5,01									

AOUT

SEPTEMBRE

PLUVIOMETRIE JOURNALIERE FONDREEE SUR LE BASSIN-VERSANT DE DAMANA (en mm)

N° Pluvio.	P.V.1	P.V.G.1	P.V.2	P.V.3	P.V.G.2	P.V.4	P.V.5	Total
1	00	00	00	00	00	00	00	00
2	00	00	00	00	00	00	00	00
3	1,74	4,57	2,59	2,17	0,84	1,80	1,17	14,88
4	00	00	00	00	00	00	00	00
5	00	00	00	00	00	00	00	00
6	00	00	00	00	00	00	00	00
7	00	00	00	00	00	00	00	00
8	00	00	00	00	00	00	00	00
9	00	00	00	00	00	00	00	00
10	00	00	00	00	00	00	00	00
11	0,06	0,18	00	00	00	00	00	0,24
12	00	00	00	00	00	00	00	00
13	00	00	00	00	00	00	00	00
14	00	00	00	00	00	00	00	00
15	1,37	3,81	1,26	0,65	1,17	0,30	00	8,56
16	00	00	00	00	00	00	00	00
17	0,06	0,18	00	00	00	00	00	0,24
18	00	00	00	00	00	00	00	00
19	00	00	00	00	00	00	00	00
20	00	00	00	00	00	00	00	00
21	00	00	00	00	00	00	00	00
22	00	00	00	00	00	00	00	00
23	00	00	00	00	00	00	00	00
24	00	00	00	00	00	00	00	00
25	00	00	00	00	00	00	00	00
26	00	00	00	00	00	00	00	00
27	0,92	2,46	0,59	0,41	0,49	1,14	0,26	6,27
28	00	00	00	00	00	00	00	00
29	00	00	00	00	00	00	00	00
30	00	00	00	00	00	00	00	00
31	00	00	00	00	00	00	00	00

OCTOBRE

N° Pluvio.	P.V.1	P.V.G.1	P.V.2	P.V.3	P.V.G.2	P.V.4	P.V.5	Total
1	00	00	00	00	00	00	00	00
2	00	00	00	00	00	00	00	00
3	00	00	00	00	00	00	00	00
4	00	00	00	00	00	00	00	00
5	00	00	00	00	00	00	00	00
6	00	00	00	00	00	00	00	00
7	00	00	00	00	00	00	00	00
8	00	00	00	00	00	00	00	00
9	00	00	00	00	00	00	00	00
10	00	00	00	00	00	00	00	00
11	00	00	00	00	00	00	00	00
12	00	00	00	00	00	00	00	00
13	00	00	00	00	00	00	00	00
14	00	00	00	00	00	00	00	00
15	00	00	00	00	00	00	00	00
16	00	00	00	00	00	00	00	00
17	00	00	00	00	00	00	00	00
18	00	00	00	00	00	00	00	00
19	00	00	00	00	00	00	00	00
20	00	00	00	00	00	00	00	00
21	00	00	00	00	00	00	00	00
22	00	00	00	00	00	00	00	00
23	00	00	00	00	00	00	00	00
24	00	00	00	00	00	00	00	00
25	00	00	00	00	00	00	00	00
26	00	00	00	00	00	00	00	00
27	00	00	00	00	00	00	00	00
28	00	00	00	00	00	00	00	00
29	00	00	00	00	00	00	00	00
30	00	00	00	00	00	00	00	00

NOVEMBRE

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie Signalétique

I - Ouvrages Généraux

I.A Agronomie

- PIATON H. : dec 1984. Methodes et références pour la conception et l'analyse des aménagements hydro-agricoles au Burkina Faso. Tome 2 : Aspects agronomiques. CIEH. 145 pages.
- RAUNET M. 1985. Bas-fond et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative. Montpellier. Agronomie Tropicale. Vol V Paris PP 181-201.
- TRICART J. 1973. Méthode d'investigation pour l'analyse et le classement des bas-fonds dans quelques régions de l'Afrique de l'Ouest. Agronomie Tropicale. Vol III Paris PP 156-172

I.B Aménagement hydro-agricole

- BOUVRIE C. 1975 Planification de développement des petits aménagements Afrique au Sud du Sahara. Ouaga. 29 pages
- CALES J. 1975. Les aménagements de bas-fonds en zone Soudano-Sahélienne. Ouaga. P.P 49-63
- C.I.E.H. 1974. Les aménagements de bas-fonds en Haute-Volta. N°18. Ouaga 57 pages.
- DARLOT M.A. 1961 Observation sur le programme de construction des petits barrages en terre en Haute-Volta. 50 pages.
- F.A.O. 1966 Etude critique des petits barrages en terre en Haute-volta ROME. 127 pages
- F.E.D. 1966. Mise en valeur des plaines en aval des barrages ruraux en Haute-Volta. 46 pages.
- F.E.E.R. 1986. Evaluation des bas-fonds améliorés. Ouaga. 24 pages
- KI T.F. 1982. Etude statistique des aménagements anti-érosifs et de bas-fonds. Ouaga 10 pages.

- O.R.D. 1977. Comité de Coordination des O.R.D. - L'aménagement des bas-fonds 1969 - 1976. Paris SATEC 44f. multigr.

I.C. Biogéographie

- BEGUE L. 1967 Contribution à l'étude de la végétation forestière de la Haute-Côte d'Ivoire. PARIS. 121 pages

I.D. Climatologie

- ASECNA 1968 Aperçu sur le climat de la Haute-Volta. Ouaga 90 pages.

I.E. Géomorphologie

- BIROT P. 1968 Géographie physique de la zone intertropicale à l'exclusion des régions arides et semi-arides. C.D.U. Paris 250 pages.
- PALLIER G. 1978. Géographie générale de la Haute-Volta. U.E.R. Limoges 241 pages.
- TRICART J. 1973. La géomorphologie et les études intégrées d'aménagement du milieu naturel. Annale de géographie Paris. PF421-453.

I.F. Hydrologie

- ALHERGEN C. 1983 Une nouvelle méthode pour estimer la crue décennale sur un petit bassin versant. La simulation de pluie. (Communication à la semaine de l'hydraulique villageoise à Ouaga et aux journées du CIEH à Yaoundé). 13 pages.
- BRUNET - MORET Y. 1963. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale. Exemple de Haute-Volta - ORSTOM, CIEH. Ouaga 23 pages + 16 figures.
- BRUNO L. 1979 Etude de nappe sur les bas-fonds améliorés de Tanpinko - Imaga. Ouaga. 23 pages + annexes.
- CHEVALLIER P. 1979. Cours d'hydrologie pour l'E.T.S.H.E.R de Ouaga O.R.S.T.O.M. Ouaga 59 pages + 32 figures.
- CHEVALLIER P. - CLAUDE J. - PAUYAUT B. - BERNARD A. : 1985. Pluies et crues au Sahel - Hydrologie de la mare d'Oursi (1976-81) O.R.S.T.O.M P.p 573-580
- DUBREVIL P. 1972 Initiation à l'analyse hydrologique. Masson - ORSTOM Paris 257 pages.

- Georges POINSIGNON fev 1975. Estimation des pluviométries et des écoulements de fréquence rare sur le bassin de la rivière Rugezi. République du Rwanda - MAE - Direction du génie rurale et de l'hydrologie Division hydrologie 18 pages.
- KIT F. 1980. Etude de nappe sur le bas-fond de Imaga. Résultats campagne 1980. Programme F.D.R Ouaga 37 pages.
- LAMACHERE J.M. avril 1987. Développement de la riziculture dans (O.R.D de la Comoé) - Phase II. Etude hydrologique. ORSTOM Ouaga 64 pages.
- LE BARBE L. 1977. Etude hydrologique de la plaine de Niena-Dionkélé ORSTOM Ouaga. 80 pages + annexes.
- PUECH C. 1984. Méthodes et références pour la conception et l'analyse des aménagements hydro-agricoles au Burkina. Tome 1 : aspects hydrologiques. CIEH Ouaga 145 pages.
- SECHET P. 1975 Etude hydrologique de la plaine de Niena-Dionkélé ORSTOM Ouaga. Vol I et II 54 pages + 50 figures + 70 tableaux.
- Tropic Hydro (Bureau tropical d'études et de travaux hydrauliques) oct. 1985 Etude du ruissellement sur le bassin versant de rive gauche du canal d'amenée. Projet Vallée du Kou. Mission Néerlandaise 34 pages.

I.G. Hydrologie et Morphostructure

- OUEDRAOGO M. 86-87. Caractéristiques morphostructurales et hydrologiques du bas-fond de Nahirindio - Etude préliminaire en vue d'un aménagement. Mémoire de maîtrise. Université Ouaga. Département de Géographie 89 pages.

I.H. Pédologie

- DABIN B. et MAIGNIEN R. 1979. Les principaux types de sols de l'Afrique de l'Ouest et leur potentialités agricoles. Cahiers ORSTOM - Série pédologie Vol XVII N°4. PP 235-257
- DOULET R. 1978 Toposéquences des sols tropicaux de Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatiques. Mémoire O.R.S.T.O.M N°85 Paris 272 pages.
- DOULET R. 1976 Ressources en sols de la Haute-Volta :

1- Notice explicative des cartes de ressources en sols de la Haute-Volta 137 pages.

2- 5 cartes des ressources en sols au 500 00e des unités agronomiques déduites de la carte pédologique. O.R.S.T.O.M Paris. Ministère de la coopération.

- HUBERT W.K. 1981 L'érosion des sols - ses causes et ses remèdes Rome 90 pages.
- RIEFFEL J.M. - MOREAU R. 1969. Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Ouest-Sud. ORSTOM Dakar - Adiopodoumé 221 pages + 1 carte.
- VALENTIN C. 1983. Organisation superficielle de Kazanga. Centre Sud de la Haute-Volta. Enquête au 50 000e d'un B.V. de 56 km². Centre d'adiopodoumé Abidjan. 13 pages.

II- Rapports

- F.A.O. 1984 Rapport de programme de coopération F.A.O./Banque mondiale Revue du sous-secteur de l'irrigation. Vol I et Vol II
- EOMNA Nganara Ngawara. jan. 87. Rapport de stage. 16 pages. secteur irrigation. station de farakô-ba.
- NACRO Souleymane sept. 87 Aperçu sur la production et la recherche rizicole au Burkina 22 pages. Station de Farakô-ba.
- O.R.D. de la Comoé sept. 85. Rapport d'évaluation de la situation des aménagements 18 pages opération riz - section aménagement Banfora.
- Paul LECLERCQ 1986. Rapport technique (84-85). Projet BKF:81:001. CERCI Section irrigation. Farakô-ba. 180 pages.
- Paul LECLERCQ oct. 1987. Rapport final. Projet BKF:81:001. CERCI. Section irrigation. Farakô-ba. 49 pages.

III- NOTES

- DEMBELE Youssouf : avril 85 : Cours d'irrigation - Besoins en eau de quelques cultures 11 pages. Section irrigation. Farakô-ba.
- DEMBELE Youssouf : juillet 86 : Aspects agronomiques de l'irrigation - 19 pages. Section irrigation. Farakô-ba.
- DEMBELE Youssouf : juillet 86 : Notes complémentaires cours d'irrigation - 19 pages. Section irrigation. Farakô-ba.
- O.R.D. de la Comé : 1983. Notes sur le comportement hydraulique des plaines de Kawara et Badini : 29 f. multigr. Opération riz Comoé
- Paul LECLERCQ oct. 1986. notes complémentaires au cours de formation destiné aux agents techniques d'un périmètre d'irrigation 13 pages. Section irrigation - Farakô-ba.

IV- Revues

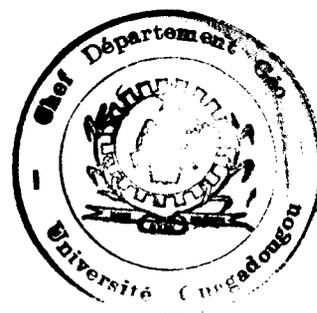
- Analyse et modélisation du ruissellement en région sahélienne (Mare d'Oursi) (P. CHEVALLIER). Extrait de "La Houille Blanche" N°6 (1985) 7 pages.
- Etudes pédologiques appliquées (5 Vignéron). Extrait du "Bulletin technique d'information. Ministère de l'Agriculture" N°247 fev.-mars 1970. 12 pages.

V- Cartes

- Cartes topographiques 1) Feuille au 200 000e de Banfora et de Niellé
2) Feuille au 50 000e de Banfora SW2et Niellé SE3.
- Carte Pédologique de reconnaissance Ouest-Sud du Burkina ORSTOM 1969.
- Carte Géologique de Banfora J. Marcellin BRGM 1971

VI- P.V.A.

- Niellé NC 30 - XIII N° 159 à 171
- Banfora NC 30 - XIV N° 98 à 149.



Résumé

La multiplication des micro-barrages pour le stockage de l'eau rare, la réduction de l'érosion devenue menaçante, et l'aménagement des bas-fonds sont des nécessités urgentes au Burkina Faso. "Les bas-fonds particulièrement possèdent un potentiel important ; ils sont la chance et l'avenir du Sahel" - A. HASSANE, 1988 Secrétaire Général du C.I.E.H. -

En se donnant tous les moyens de ne pas en compromettre l'aménagement et l'utilisation, ils permettront de sécuriser et d'augmenter la production agricole.

Les aménagements de bas-fond ont pour objectif l'amélioration de la gestion et de l'utilisation de l'eau et des sols. La réussite de telles actions passe par la connaissance des facteurs qui régissent le milieu naturel, et qui déterminent la dynamique du bas-fond. A Damana, l'estimation des potentialités hydrologiques, l'étude de la disponibilité en eau et en terre, la détermination des caractéristiques pédologiques, et du comportement hydrauliques, offrent beaucoup de possibilités pour la riziculture de bas-fond. Ils confirment à un aménagement rizicole.

Mots clés

Barrages - Eau - Sol - Bas-fond - Production-Riziculture - Aménagements - Damana milieu naturel - Pluie