

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL
SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

VOLUME II

RAPPORTS	2	HYDROLOGIE ET CLIMATOLOGIE
	3	HYDROGEOLOGIE
	4	PEDOLOGIE



ELECTROWATT
INGENIEURS-CONSEILS S.A.
ZURICH - DAKAR 1980

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL
SODAGRI

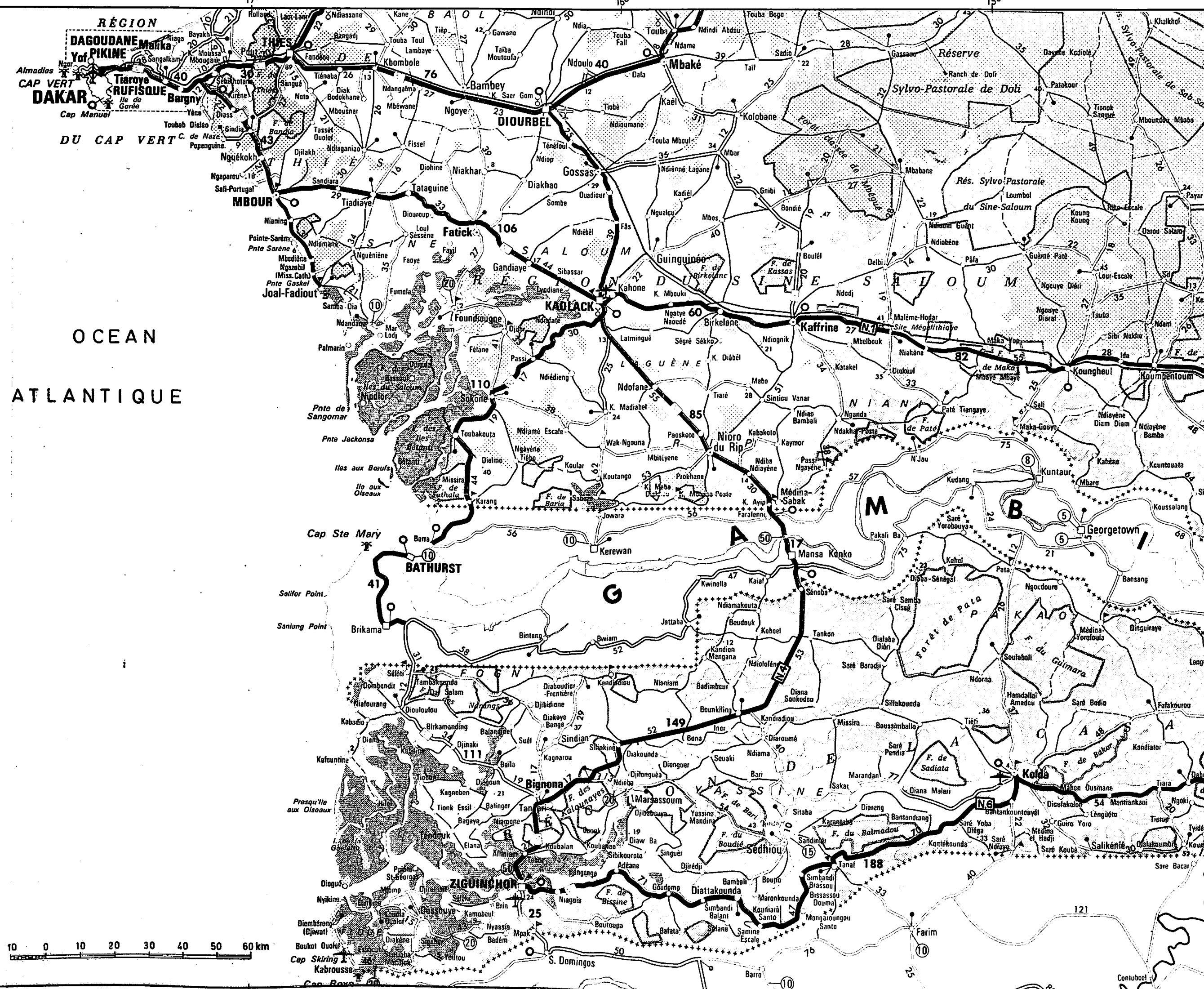
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

VOLUME II

RAPPORTS	2	HYDROLOGIE ET CLIMATOLOGIE
	3	HYDROGEOLOGIE
	4	PEDOLOGIE



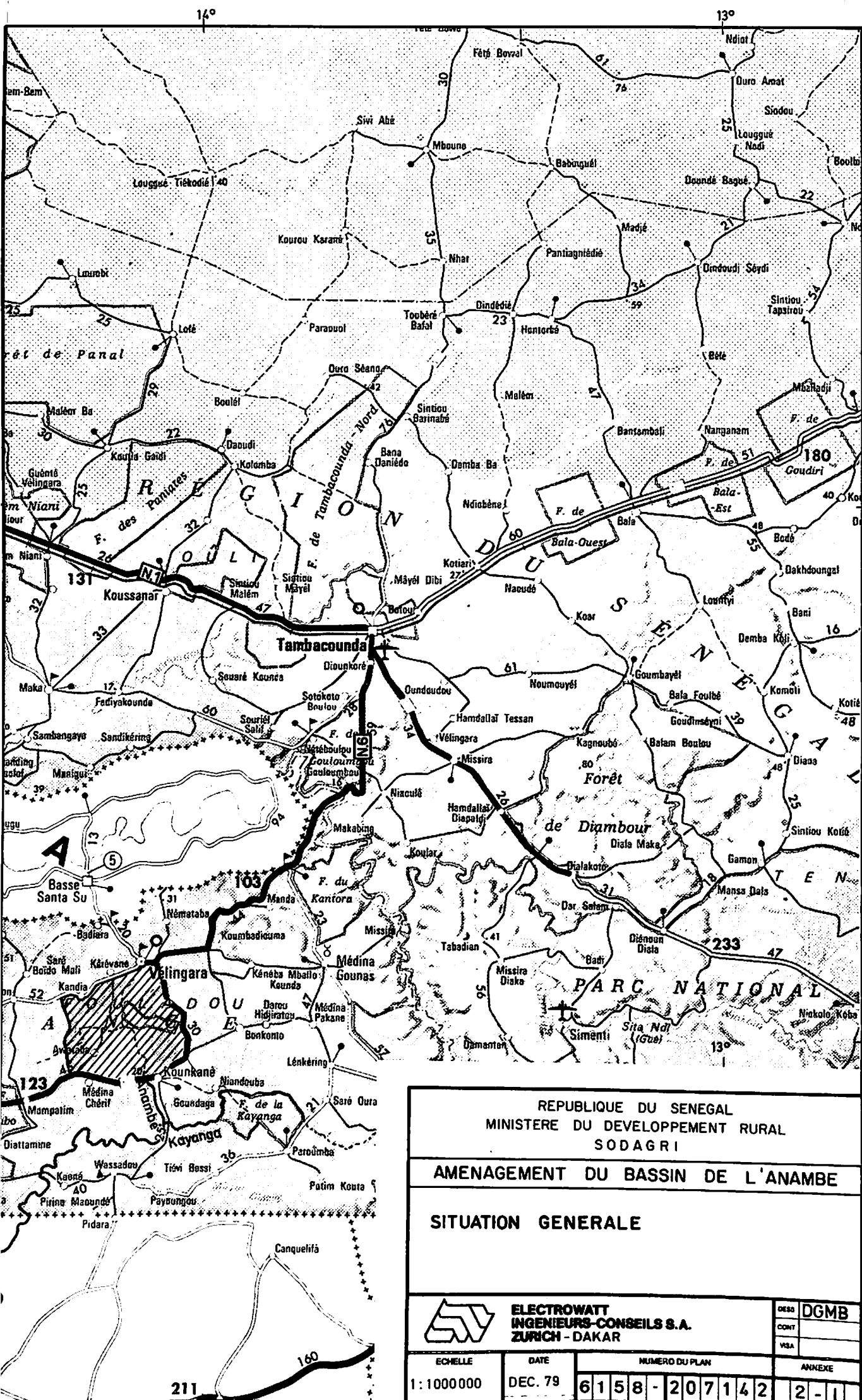
ELECTROWATT
INGENIEURS-CONSEILS S.A.
ZURICH - DAKAR 1980



10 0 10 20 30 40 50 60 km

OCEAN ATLANTIQUE


RÉGION
DAGOUANE
YOF PIKINE
CAP VERT
DAKAR
DU CAP VERT
MBOUR
Fatick
KADIACK
BATHURST
ZIGUINCHOR
S. Domingos



REPUBLIQUE DU SENEGAL
 MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
 SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

SITUATION GENERALE

	ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR		DESI DGMB
	ECHELLE 1:100000	DATE DEC. 79	NUMERO DU PLAN 6158-207142

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

LISTE DES RAPPORTS

VOLUME I

Rapport de synthèse

VOLUME II

Rapports

2 Hydrologie et climatologie

3 Hydrogéologie

4 Pédologie

VOLUME III

Rapports

5 Sociologie

6 Agronomie

7A Agro-industries

7B Elevage

7C Forêts

VOLUME IV

Rapport

8 Concept de l'aménagement

VOLUME V

Rapports

9 Barrages

10 Stations de pompage

11 Irrigation et drainage

VOLUME VI

Rapports

12 Organisation et gestion du projet

13 Analyse économique et financière

VOLUME VII

Appendice

A Pédologie dans la vallée de la Kayanga

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL
SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

VOLUME II

RAPPORT 2 HYDROLOGIE ET CLIMATOLOGIE



ELECTROWATT
INGENIEURS-CONSEILS S.A.
ZURICH - DAKAR 1980

TABLE DES MATIERES

	Page
1. INTRODUCTION	2 - 1
2. GENERALITES	2 - 2
2.1 Description du bassin	2 - 2
2.2 Caractéristiques climatologiques	2 - 3
3. DONNEES DE BASES	2 - 4
3.1 Etudes antérieures	2 - 4
3.2 Données hydrométriques	2 - 5
3.3 Données météorologiques	2 - 10
3.3.1 Réseau d'observation	2 - 10
3.3.2 Données disponibles	2 - 12
3.4 Débits solides	2 - 14
3.5 Qualités des données	2 - 14
3.5.1 Hydrométrie	2 - 14
3.5.2 Météorologie	2 - 15
4. HYDROLOGIE DE LA KAYANGA	2 - 17
4.1 Evaluation des apports naturels	2 - 17
4.1.1 Méthodologie	2 - 17
4.1.2 Extension des apports annuels	2 - 18
4.1.3 Distribution annuelle des apports	2 - 20
4.1.4 Analyse	2 - 22
4.2 Evaluation des crues de la Kayanga	2 - 26
4.2.1 Analyse des crues observées	2 - 26
4.2.2 Définition des crues de dimensionnement	2 - 30
4.3 Transports solides	2 - 36.
4.4 Résumé et conclusions	2 - 37

TABLE DES MATIERES

	Page
5. HYDROLOGIE DE L'ANAMBE	2 - 40
5.1 Données disponibles	2 - 40
5.2 Evaluation des apports	2 - 42
5.3 Evaluation des crues	2 - 45
6. ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE REGIONALE	2 - 47
6.1 Généralités	2 - 47
6.2 Analyse des précipitations mensuelles	2 - 47
6.3 Analyse des précipitations décadaires	2 - 48
6.4 Relation intensité - fréquence - durée	2 - 49
6.5 Début et fin de l'hivernage - période de sécheresse	2 - 50
6.6 Pluviométrie sur le bassin de l'Anambé et distribution spatiale	2 - 52
7. AUTRES CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES	2 - 56
7.1 Températures	2 - 56
7.2 Humidité relative	2 - 56
7.3 Vitesse du vent et insolation	2 - 56
7.4 Evaporation	2 - 56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	2 - 1	DEBITS MENSUELS DE LA KAYANGA OBSERVES AU PONT DE NIAPO ET AU PONT DE WASSADOU
Tableau	2 - 2	DEBITS MENSUELS DE LA CASAMANCE A KOLDA
Tableau	2 - 3	MODULES ANNUELS DE LA GAMBIE, DE LA FALEME ET DU SENEGAL
Tableau	2 - 4	PLUVIOMETRIE ANNUELLE A DIFFERENTES STATIONS
Tableau	2 - 5	TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES A DIFFERENTES STATIONS
Tableau	2 - 6	HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR
Tableau	2 - 7	VITESSE DU VENT ET INSOLATION A DIFFERENTES STATIONS
Tableau	2 - 8	EVAPORATION
Tableau	2 - 9	DEBITS MENSUELS DE LA KAYANGA A NIAPO
Tableau	2 - 10	COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT POUR DIFFERENTS BASSINS VERSANTS EN CASAMANCE
Tableau	2 - 11	PRECIPITATIONS MENSUELLES A KOLDA, VELINGARA ET BASSE AVEC PROBABILITE DE DEPASSEMENT
Tableau	2 - 12	PRECIPITATIONS DECADAIRES A KOLDA, VELINGARA ET BASSE AVEC PROBABILITE DE DEPASSEMENT
Tableau	2 - 13	PRECIPITATIONS MENSUELLES A VELINGARA 1919 - 1979
Tableau	2 - 14	APPORTS MENSUELS SYNTHETIQUES AU PONT DE NIAPO EN FONCTION DES APPORTS ANNUELS DE DIFFERENTS FREQUENCES

LISTE DES FIGURES

- Figure 2 - 1 SITUATION GENERALE
- Figure 2 - 1a RESEAU HYDROMETRIQUE
- Figure 2 - 2a LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1967/68
- Figure 2 - 2b LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1968/69
- Figure 2 - 2c LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1969/70
- Figure 2 - 2d LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1976/77
- Figure 2 - 2e LIMNIGRAMME KAYANGA NIAPO ET KAYANGA WASSADOU 1977/78
- Figure 2 - 2f LIMNIGRAMME KAYANGA NIAPO, KAYANGA WASSADOU ET ANAMBE, 1978
- Figure 2 - 3 KAYANGA, PONT DE NIAPO: COURBES DE TARAGE
- Figure 2 - 4 CORRELATION KAYANGA AVEC FALEME
- Figure 2 - 5 KAYANGA NIAPO: APPORT DE DECEMBRE - AVRIL EN FONCTION DE L'APPORT ANNUEL
- Figure 2 - 6 KAYANGA NIAPO: HISTOGRAMMES OBSERVES ET SIMULES
- Figure 2 - 7 KAYANGA NIAPO: DISTRIBUTION DES APPORTS ANNUELS, LOI NORMALE
- Figure 2 - 8 APPORTS ANNUELS KAYANGA: DISTRIBUTION SELON LOI LOG NORMALE
- Figure 2 - 9 APPORTS ANNUELS KAYANGA: MOYENNES GLISSANTES DE 5 ANS ET APPORTS CUMULES
- Figure 2 - 10 PLUVIOMETRIE ANNUELLE KOLDA: MOYENNES GLISSANTES DE 5 ANS
- Figure 2 - 11 HYDROGRAMMES OBSERVES ET SYNTHETIQUES
- Figure 2 - 12 KAYANGA: EVALUATION DES VOLUMES DES CRUES

- Figure 2 - 13 COURBES INTENSITE - DUREE POUR DIFFERENTES
FREQUENCES EXTREMES (VELINGARA, KOLDA)
- Figure 2 - 14 KAYANGA: EVALUATION DU VOLUME DES CRUES PAR
LA METHODE DU GRADEX
- Figure 2 - 15 KAYANGA - SITE DE NIANDOUBA: HYDROGRAMMES SYN-
THETIQUES DES CRUES
- Figure 2 - 16 COEFFICIENTS ANNUELS D'ECOULEMENT
- Figure 2 - 17 PRECIPITATIONS MENSUELLES
- Figure 2 - 18 REPARTITION DE LA PRECIPITATION MENSUELLE
- Figure 2 - 19 PRECIPITATIONS DECADAIRES
- Figure 2 - 20 COURBES INTENSITE, FREQUENCE, DUREE POUR KOLDA
ET VELINGARA
- Figure 2 - 21 INTENSITE, DUREE ET FREQUENCE DES PLUIES
- Figure 2 - 22 DEBUT ET FIN DE LA SAISON DES PLUIES
- Figure 2 - 23 PROBABILITES DES PERIODES SANS PLUIE PENDANT
3 DIFFERENTS INTERVALLES DE 30 JOURS
- Figure 2 - 24 PLUVIOMETRIE ANNUELLE A VELINGARA, KOLDA ET BASSE
DISTRIBUTION SELON LOI NORMALE

1. INTRODUCTION

Les objectifs spécifiques des études hydrologiques et climatologiques sont les suivants:

- Evaluation des ressources en eau de surface disponible et susceptible d'être régularisée dans un réservoir créé par la construction d'un barrage sur la Kayanga.
- Définition des critères de dimensionnement de ce barrage et en particulier des caractéristiques de la crue du projet et de l'importance des débits solides.
- Analyse du régime hydrologique de l'Anambé.
- Définition des paramètres météorologiques nécessaires à l'évaluation des besoins en eau d'irrigation et en particulier analyse du régime des précipitations régionales.

Le présent rapport met un terme aux investigations et études réalisées dans les domaines hydrologique et climatologique. Il décrit les méthodologies utilisées et définit les éléments de base nécessaires à la poursuite des études.

2. GENERALITES

2.1. Description du bassin

La région étudiée comprend essentiellement deux bassins, à savoir celui de la Kayanga et celui de son affluent principal l'Anambé. Ces deux bassins sont situés au sud du Sénégal entre la Gambie au nord et la Guinée Bissau au sud. Ils sont limités à l'est par le bassin du Koulounto, affluent du fleuve Gambie, et à l'ouest par celui de la Casamance (voir figures 2-1 et 2-1a)

La Kayanga prend sa source en Guinée dans des marécages situés au pied ouest du Fouta-Djallon où elle réunit plusieurs marigots à la cote 80 IGN environ. Elle s'écoule en direction du nord-ouest et pénètre au Sénégal après quelques kilomètres. Elle infléchit son cours en direction ouest 40 kilomètres plus loin puis en direction sud, 50 kilomètres plus loin avant de pénétrer en Guinée Bissau où elle prend le nom de Riò Geba. La longueur totale du cours d'eau est d'environ 335 km et son profil en long peut être schématisé de la façon suivante :

Tronçon	Longueur (km)	Côte (IGN) (m)	Pente (‰)
Source	50	80	1,04
Vélingara Pakane (Koutyidi)	45	28	0,18
Pont de Niapo	50	16	0,08
Missira	190	11,8	0,06
Estuaire		0,0	

Le bassin versant de la Kayanga au pont de Niapo, peu avant la confluence de l'Anambé s'étend sur 1755 km². Il est recouvert de savane à faible densité de boisement sauf le long du cours d'eau où s'est formée une forêt-galerie.

L'Anambé est l'affluent principal de la Kayanga et draine un bassin versant de 1100 km² situé sur rive droite de cette dernière. L'Anambé rejoint la Kayanga 500 m environ en aval du pont de Niapo. Le bassin de l'Anambé est de forme approximativement circulaire dont la ligne de crête est située à la cote 70 IGN environ. Il est drainé par un réseau de marigots à lits très larges et peu marqués dont la pente est de l'ordre de 2 à 3 ‰. Le fond

de la cuvette est régulièrement inondé car d'une part la capacité du cours inférieur de l'Anambé n'est pas suffisante pour l'évacuation des débits et d'autre part le lit de la Kayanga en aval de la confluence n'a pas une pente et une capacité suffisantes. La couverture du bassin de l'Anambé est composée essentiellement de savane plus ou moins boisée. Les lits majeurs des marigots sont utilisés en général pour la culture du riz pendant la saison des pluies.

2.2. Caractéristiques climatologiques

La région étudiée est située à la limite des climats soudanien et soudano-guinéen et les caractéristiques principales en sont les suivantes :

- Pluviométrie : une saison pluvieuse - l'hivernage - de juin à octobre, suivie de 7 à 8 mois de saison sèche. La pluviométrie annuelle diminue du sud vers le nord avec un gradient d'environ 4 mm/km. Elle est de l'ordre de 1050 mm à Vélingara.
- Température : la température atteint son maximum en mai, peu avant le début de l'hivernage et son minimum en janvier. A Bassé qui est la station météorologique la plus proche de la zone du projet, les températures moyennes journalières varient entre 32,3° et 24,7°.
- Humidité relative : l'humidité relative atteint son maximum en septembre (80 % à Bassé) et son minimum en janvier (31 % à Bassé).

Les vents sont en général modérés, les vitesses observées à Bassé étant de l'ordre de 2 m/s.

3. DONNEES DE BASES

3.1. Etudes antérieures

L'hydrologie et la climatologie de la partie méridionale du Sénégal et de la Casamance en particulier ont fait l'objet de plusieurs études soit pour elles-mêmes, soit dans le cadre d'études de développement agricole.

Les études les plus importantes sont brièvement décrites ci-après :

- Etude GERCA (Groupement d'études rurales en Casamance)
Campagne hydrologique 1962 - SCET/ILACO avril 1963 -
Cette étude concerne les bassins de la Gambie, de la Kayanga, de l'Anambé et de la Casamance ainsi que 2 petits bassins expérimentaux dans la cuvette de l'Anambé à savoir les marigots de Goundaga (17,4 km² et de Lebal (47 km²). Cette étude est basée essentiellement sur les observations réalisées pendant l'hivernage 1962.
- Etude hydrologique de la Casamance - ORSTOM 1967/70/71
(Brunet - Moret et Chouret)
L'étude 1967 concerne essentiellement le régime de la Basse Casamance et des bassins des marigots de Diango, Badiouré, Diorono et Bounkiling. Celle de 1970 est consacrée aux régimes de la Haute Casamance à Kolda et de la Kayanga au pont de Niapo. L'étude de 1971 concerne les mesures d'étiage en Casamance.
- Etude SENERIZ - Projet d'aménagement hydro-agricole du bassin de l'Anambé - Sodagri, septembre 1977.
Cette étude est consacrée à une évaluation préliminaire des ressources en eau de surface des bassins de la Kayanga et de l'Anambé ainsi qu'à celle des paramètres climatiques intéressant l'étude du développement hydro-agricole de la région.
- Rapport SOMIVAC (Société de mise en valeur agricole de la Casamance) 1979. Etude climatologique et hydrologique. Cette étude analyse les

données climatologiques disponibles en Basse et Haute Casamance et décrit les régimes hydrologiques de la Casamance et de ses affluents ainsi que celui de la Kayanga.

3.2. Données hydrométriques

Le réseau hydrométrique dans la région intéressée par le projet, à savoir les bassins de la Kayanga et de l'Anambé comprend les stations suivantes pour lesquelles des données sont disponibles (voir figure 2-1a)

- Kayanga	: pont de Niapo	bassin versant	1755 km ²
- Kayanga	: pont de Wassadou	"	2870 km ²
- Anambé	: Kounkané	"	1100 km ²

Kayanga - Pont de Niapo.

Cette station contrôle un bassin versant de 1755 km² et est située au pont de l'ancienne piste reliant Kounkané à Wassadou. Elle a été mise en service en 1962 par la SCET et comportait alors une batterie d'échelle de 8 éléments. Les lectures n'ont cependant été réalisées que durant l'hivernage 1962. La station a été réactivée par ORSTOM en 1967 qui a installé un limnigraphe enregistreur OTT- X le 9.06.67. Ce dernier a été submergé et mis hors service lors d'une crue et a été déplacé en rive droite en février 1968 où il a fonctionné jusqu'en juin 1970. Les mesures ont été alors interrompues jusqu'en mai 1976 où une nouvelle batterie d'échelles a été mise en place par ORSTOM. Un limnigraphe à pression type Neyrpic a été installé en février 1977 mais n'a été mis en service qu'en mai 1977. Le zéro de l'échelle du pont de Niapo a été rattaché au système général IGN en mai 1979, il est à la cote 15,92 m IGN.

La station est bien située, le pont permet la réalisation de jaugeages de bonne qualité. Les jaugeages réalisés par ORSTOM entre 1976 et 1979 sont bien groupés et permettent la définition d'une courbe de tarage fiable pour cette période. Cette courbe diffère cependant de celle définie par ORSTOM pour la période 1967-1970 (voir fig. 2-3) en ce qui concerne les débits inférieurs à 20 m³/s environ. Ceci est dû vraisemblablement au rétrécissement du lit plus en aval du fait de la construction du pont de la nouvelle route reliant

Koukané à Wassadou. La section de jaugeage comprend un chenal de basse eau de 12 m de largeur et d'une profondeur maximum de 1,90 pour une hauteur d'échelle de 0,80 m. Le lit s'évase ensuite sur une largeur de 60 m à la cote 7,00 m échelle. Le bourrelet de berge est peu prononcé et à la cote 8,00 m échelle, la zone d'inondation s'étend sur plus de 2 km avec des profondeurs maximums de l'ordre de 1,0 m. La végétation est relativement dense dans la zone d'inondation (hautes herbes, buissons et arbres). Le lit mineur, en dehors du chenal de basse eau, est couvert par une forêt-galerie dont les frondaisons se rejoignent d'une rive à l'autre.

La pente moyenne de la ligne d'eau de la Kayanga au Pont de Niapo est d'environ 13 cm/km et les vitesses moyennes d'écoulement pour les hauteurs d'échelle comprises entre 0,8 et 3,9 m sont de l'ordre de 0,2 m/s.

Les courbes de tarage pour les périodes 1967-70 et 1976-78 ont été tracées sur la base respectivement de 85 et 13 jaugeages au moulinet, le débit maximum mesuré étant 29,5 m³/s pour une hauteur d'échelle de 3,88 m. L'extrapolation a été faite en utilisant les superficies des surfaces mouillées et en extrapolant les vitesses d'écoulement de 0,22 m/s pour H = 4,00 m à 0,38 m/s pour H = 8,00. Il faut mentionner que cette extrapolation est contredite par le jaugeage réalisé par SCET en 1962 et qui donnait un débit de 57,2 m³/s pour H = 7,06 m. La vitesse moyenne de 0,15 m/s qui en résulte semble cependant sous-estimée même si le jaugeage a été fait en période de décrue. En revanche, pour des débits inférieurs à 10 m³/s, les jaugeages ORSTOM 1967-70 confirment ceux réalisés par SCET en 1962.

Il n'a pas été possible jusqu'à présent à ORSTOM de confirmer par des jaugeages en hautes eaux la validité de l'extrapolation proposée de la courbe de tarage pour des débits supérieurs à 40 m³/s. Néanmoins, l'hypothèse faite relative à l'augmentation des vitesses d'écoulement paraît raisonnable même si elle semble être contredite par les jaugeages réalisés en 1962 où les conditions d'écoulement dans la zone d'inondation étaient peut-être différentes. En outre, cette extrapolation n'influence que faiblement la définition des apports mensuels et annuels, les hauteurs d'eau n'ayant que très rarement excédé 4,0 m à l'échelle les années où les enregistrements des niveaux

d'eau sont disponibles.

C'est la raison pour laquelle les apports journaliers définis sur la base des courbes de tarage ORSTOM ont été admis comme valable pour les années 1967-68 à 1969-70 et 1976-77 à 1978, de même que les apports mensuels définis par SCET pour 1962. En revanche les débits de pointe de crues ont été calculés systématiquement sur la base de l'extrapolation de la courbe de tarage ORSTOM qui donne les débits les plus élevés.

Les apports mensuels et annuels observés au Pont de Niapo sont donnés dans le tableau 2-1 et les histogrammes des débits et niveaux observés sont donnés aux figures 2-2a à 2-2f.

Kayanga - Pont de Wassadou.

Cette station qui comprend une échelle de 8 m de hauteur et un limnigraphe à flotteur placé contre une pile du pont de la nouvelle route reliant Kounkané à Wassadou, a été mise en service le 25 avril 1976. Elle contrôle un bassin versant de 2870 km². Le zéro de l'échelle a été rattaché au système général IGN en mai 1979. Il est situé à la cote 13,91 m IGN. Une quinzaine de jaugeages au moulinet ont été réalisés, le débit le plus élevé étant de 9,3 m³/s. ORSTOM a pu sur cette base tracer une courbe de tarage provisoire pour des hauteurs d'échelle inférieures à 3,0 m.

Le lit paraît stable, mais la végétation aquatique qui se développe en aval peut cependant influencer la relation hauteur-débit pour les faibles écoulements. Ceci pourrait d'ailleurs expliquer le fait que les débits d'étiage calculés à Wassadou par l'ORSTOM sont légèrement inférieurs à ceux calculés au pont de Niapo.

Les apports mensuels et annuels observés sont récapitulés dans le tableau 2-1 et les histogrammes des débits et niveaux observés sont donnés dans les figures 2-2d à 2-2f.

Anambé - station de Kounkané.

La station est située au pont routier, sur la route reliant Vélingara à

Kolda. Le cours d'eau draine à cet endroit un bassin versant de 1100 km². Un limnigraphe à flotteur a été installé le 24 juillet 1977, comportant une gaine PVC verticale de 250 mm scellée au sol et fixée par des colliers le long de la culée rive gauche du pont. Une échelle limnimétrique en 5 éléments complète l'installation. Le zéro de l'échelle a été rattaché au système général IGN en mai 1979, il serait à la cote 17,23 IGN. Jusqu'en septembre 1978 aucun écoulement n'a été enregistré, de sorte qu'aucun jaugeage n'a pu être réalisé.

Lors de la campagne de mesure réalisée par SCET en 1962, dans le cadre des études GERCA, des échelles limnimétriques ont été placées au bord de différents marigots dans la cuvette de l'Anambé et lues régulièrement. Le tracé des lignes d'eau le long de l'Anambé, déterminé sur cette base, n'est cependant que très approximatif.

Kayanga à Vélingara - Pakane.

Une batterie d'échelle limnimétrique a été installée en 1962 par la SCET. La surface du bassin versant contrôlée par cette station est de 700 km². Les niveaux d'eau ont été régulièrement relevés durant l'hivernage 1962 mais aucun jaugeage n'a été réalisé de sorte que la relation hauteur-débit n'a pu être définie.

Au printemps 1977, ORSTOM a tenté de réactiver cette station en remettant en place les éléments d'échelle qui avaient disparus en se basant sur 2 éléments de l'échelle originale. Malheureusement l'accès à cette station est très difficile en saison des pluies et les lectures ont été interrompues.

En dehors de la zone intéressée par le projet, le réseau hydrométrique en Casamance comprend actuellement les stations suivantes qui peuvent fournir des éléments d'appréciation des écoulements en fonction des surfaces et des caractéristiques morphologiques des bassins versants respectifs :

Casamance - Kolda.

La station est située au pont de la route Kolda-Ziguinchor et elle contrôle

un bassin versant de 3 700 km². Une échelle, mise en place en 1962 par la SCET, a été remplacée par l'ORSTOM en 1967 et doublée par un limnigraphe OTT-X mis en service en janvier 1970. Le tarage de la station est difficile car des courbes de tarage non univoques doivent être établies pour les différentes périodes de la saison des pluies en raison, d'une part de la très faible pente de la ligne d'eau et d'autre part de la nature et du développement irrégulier de la végétation aquatique en aval. La définition des apports de la Casamance à Kolda telle qu'elle figure dans le tableau 2-2 ne peut donc qu'être approximative en dépit du nombre important de jaugeages réalisés.

Casamance - Fafakourou.

La station est située au pont de la route Vélingara-Kolda. Elle contrôle un bassin versant de 700 km² et elle a été mise en service par ORSTOM en 1968. Les mesures ont été interrompues entre avril 1970 et mai 1974.

En outre, différents marigots, affluents de la Casamance sont équipés d'échelles limnimétriques. Les données recueillies sont cependant d'un intérêt secondaire dans le cadre de la présente étude.

Comme les observations hydrométriques en Casamance ne s'étendent au maximum que sur une dizaine d'années, des séries de mesures plus longues ont été recherchées en dehors de la région, susceptibles de présenter des caractéristiques similaires.

Gambie - Gouloumbo.

Le bassin versant de la Gambie jouxte celui de la Kayanga sur son flanc est et est soumis à des conditions climatiques similaires. La station de Gouloumbo contrôle un bassin versant de 42 000 km² et l'on dispose, à cette station, d'une séquence de 23 modules annuels. Il faut cependant relever que ce n'est qu'à partir de 1971 que les observations sont continues. Avant cette date, les lectures d'échelle n'étaient réalisées qu'en hivernage et encore de façon discontinue. ORSTOM est cependant parvenu, en se basant sur l'analyse des courbes de récession et l'allure des histogrammes, à reconstituer les données manquantes et à définir ainsi les modules annuels pour la période antérieure

à 1971. La liste des modules annuels des 23 années est donnée dans le tableau 2-3.

Falémé - Kidira.

La Falémé est un affluent rive gauche du Sénégal qui prend sa source à la même latitude que la Kayanga et la Gambie, bien que plus à l'est. Les conditions climatologiques sur le bassin versant y sont similaires bien que l'altitude moyenne du haut bassin de la Falémé soit plus élevée que celle du bassin de la Kayanga. Les débits de la Falémé à Kidira sont observés depuis 1930 avec quelques interruptions cependant en 1943, 1945 et de 1947 à 1950. La qualité des mesures à la station de Kidira peut être considérée comme satisfaisante et des jaugeages sont exécutés régulièrement. La séquence des modules annuels observés a été étendue par corrélation avec ceux du Sénégal qui ont été observés sans discontinuité depuis 1903 dans le cadre de l'étude du barrage de Manantali, et cette extension basée sur une série de 40 années de mesures communes peut être considérée comme représentative. La liste des modules annuels observés ou reconstitués à Kidira est donnée dans le tableau 2-3 qui comprend également les modules annuels du fleuve Sénégal à Bakel.

3.3. Données météorologiques

3.3.1 Réseau d'observation

La densité du réseau météorologique est relativement faible et la durée des observations faites aux différentes stations varie. Les stations intéressantes pour le projet sont les suivantes :

	Coordonnées	
<u>Stations météo</u>	Kolda	12° 33' 00"N 14° 55' 00"W
	Bassé	13° 16' 00"N 14° 13' 45"W
<u>Postes pluviométriques</u>	Vélingara	13° 08' 30"N 14° 06' 45"W
	Koukané	12° 56' 00"N 14° 05' 00"W
	Kérévane	13° 06' 00"N 14° 10' 45"W

En outre, 3 postes pluviométriques ont été installés en 1978 dans le cadre

de la présente étude dans le bassin de l'Anambé à proximité des villages d'Anambé, Awataba et Teyel.

Les stations météorologiques de Tambacounda, Kédougou, Ziguinchor et Séfaba bien que relativement éloignées de la zone du projet peuvent en outre fournir certaines données permettant de vérifier ou de compléter les éléments disponibles.

L'équipement des différentes stations comprend actuellement les instruments suivants :

Station de Bassé

Cette station météorologique est la plus proche de la zone du projet. Elle est équipée d'un pluviomètre journalier, d'un bac d'évaporation, d'une batterie de thermomètres (mini maxi, sec et humide sous abri ainsi qu'au sol), d'un hygromètre, d'un héliographe et d'un anémomètre. Les mesures de précipitations ont été réalisées depuis 1949 avec une interruption entre 1968 et 1971. Les mesures de température ont débuté en 1950 et les autres observations en 1972. L'équipement est en bon état, la station bien entretenue et les lectures sont réalisées consciencieusement.

Station de Kolda

Cette station est installée à l'aéroport de Kolda et est équipée d'un ensemble pluviographe-pluviomètre, d'une batterie de thermomètres comprenant également des instruments à diverses profondeurs dans le sol, d'un héliographe et d'un anémomètre. Les mesures pluviométriques ont débuté en 1922 et seules les années 1931 et 1948 sont incomplètes. Les autres éléments météorologiques sont régulièrement mesurés depuis 1950. La station est bien située et les observations faites avec soin comme le montrent les archives parfaitement classées de la station. Les équipements sont en excellent état et parfaitement entretenus.

Station de Vélingara

Ce poste pluviométrique a été mis en place en 1932 et a fonctionné jusqu'en 1958 avec une seule année incomplète en 1933. Ce poste a été réactivé en 1962. Le pluviomètre du type à lecture directe a une surface de réception

de 400 cm² et est placé dans un endroit bien dégagé, qui est toutefois à l'abri de l'influence des vents par le rideau d'arbres entourant le jardin.

Station de Kounkané

Ce poste a été installé en 1965 dans la cour du centre de recherche rurale de Kounkané. Il est équipé également d'un pluviomètre à lecture directe d'une surface de réception de 400 cm². L'endroit est dégagé et les bâtiments à un étage du centre, sont situés à des distances suffisantes pour qu'ils ne forment pas écran.

3.3.2. Données disponibles

Les données utilisées pour la présente étude ont été obtenues à partir de différentes sources et sont brièvement récapitulées ci-après :

Pluviométrie

- Vélingara : 44 années complètes de précipitations journalières mensuelles et annuelles, 1932, 1934 - 58 et 1961 - 78 (ORSTOM et ASECNA).
- Kolda : 56 années complètes de précipitations journalières 1922 - 47 et 1949 - 78 (ORSTOM et ASECNA).
- Bassé : 26 années complètes de précipitations décadaires entre 1949 - 67 et 1972 - 78 ("The Agricultural Development of the Gambia" et Department of Hydro-meteorological services).
- Kounkané : Précipitations mensuelles de 1965-76 et journalières pour 1978 (ASECNA)
- Anambé :)
- Awataba : { Précipitations journalières 20.8 - 15.10.78 (SODAGRI)
- Teyel : (
- Kérévane : Précipitations journalières 1978 (ASECNA).

Le tableau 2-4 récapitule les précipitations annuelles observées aux stations de Vélingara, Kolda, Bassé et Kounkané.

Température

Les températures mensuelles moyennes pour les stations de Séfa, Kolda d'une part et de Bassé d'autre part ont été tirées des rapports SOMIVAC et ISRA et du rapport sur le développement agricole de la Gambie. Elles sont récapitulées dans le tableau 2-5.

Humidité relative

Les données disponibles concernent les moyennes mensuelles, ainsi que les maximum, minimum et moyennes mensuelles des extrêmes journaliers. Les données concernant Kolda et Ziguinchor pour la période 1951 - 76 ont été publiées dans le rapport SOMIVAC, celles concernant les observations faites à Kédougou, Tambacounda et Bassé ont été publiées par ASECNA pour la période 1971 - 77. Les données disponibles sont récapitulées dans le tableau 2-6.

Vents

Les données disponibles relatives aux vents dans la région concernent les stations de Bassé et Kolda. Les vitesses mensuelles moyennes à Bassé pour la période 1972 - 1977, sont récapitulées au tableau 2-7.

Insolation

Les durées mensuelles moyennes d'insolation sont disponibles pour les stations de Ziguinchor, Séfa, Kolda et Tambacounda pour la période 1951 - 76 respectivement 1966 - 75 et 1951 - 70. Elles sont récapitulées dans le tableau 2-7.

Evaporation

On ne dispose que de très peu d'observations d'évaporation au bac, la plus longue série concerne Bassé où les observations s'étendent sur 5 ans. Les mesures à évaporimètre Piche concernent en revanche des périodes plus longues et de plus nombreuses stations. Les données disponibles sont récapitulées au tableau 2-8.

3.4. Débits solides

Ce n'est qu'au cours de la présente étude que des mesures de débit solide en suspension dans les eaux de la Kayanga ont été réalisées. Les échantillons ont été prélevés au Pont de Wassadou, seul emplacement facilement accessible en hivernage. Les résultats des analyses sont récapitulés ci-après :

Date	Débit m ³ /s	Concentration mg/l
19.10.78	7,7	15,5
22.10.78	7,8	21,5
23.10.78	7,3	20,5
24.10.78	6,9	27,5
02.11.78	6,6	19,0
29.11.78	6,2	7,5
09.12.78	6,2	7,5
21.12.78	6,0	3,4

3.5. Qualité des données

3.5.1. Hydrométrie

Les données hydrométriques relatives aux bassins versants de la Kayanga et de l'Anambé, peuvent être considérées comme fiables. Les lectures d'échelles ou les enregistrements des niveaux sont en général continus. Il faut cependant mentionner que le limnigraphe de l'Anambé n'a pas fonctionné correctement en septembre 1978 et que certains doutes subsistent quant à la validité des niveaux enregistrés. En outre il faut relever que la correspondance entre les échelles extérieures et les enregistrements du limnigraphe n'est pas parfaite sauf à la station du Pont de Wassadou où l'échelle est fixée à la pile de ce dernier. Au pont de Niapo et à la station de Kounkané en revanche la concordance des divers éléments d'échelle n'est pas parfaite, des différences de quelques centimètres ont été constatées.

Compte tenu du rattachement des zéros des échelles réalisé en mai 1979, la corrélation des niveaux d'eau observés simultanément sur la Kayanga à Niapo et Wassadou et sur l'Anambé au pont de Kounkané semble raisonnable.

Le calibrage de la station du pont de Niapo peut être considéré comme satisfaisant bien que l'extrapolation de la courbe de tarage proposée par ORSTOM pour des débits supérieurs à $40 \text{ m}^3/\text{s}$ paraisse être infirmée par les jaugeages réalisés en hautes eaux en 1962 par la SCET. L'utilisation de la courbe de tarage ORSTOM n'augmenterait cependant que les débits du mois d'octobre 1962 et n'entraînerait ainsi qu'une majoration d'environ 5 à 10 % du module annuel de 1962. Si en revanche, l'extrapolation ORSTOM s'avérait par la suite trop optimiste et que la courbe de tarage SCET soit confirmée, seuls les apports de septembre et octobre 1967 devraient être réduits, ce qui n'entraînerait cependant qu'une réduction de 5 à 10 % du module annuel de l'année 1967 - 68. Le degré de précision de la définition des apports est de cet ordre de grandeur, ainsi la prise en considération de l'une ou l'autre extrapolation de la courbe de tarage n'a pas d'influence déterminante pour la définition des apports naturels. En revanche, pour l'évaluation des crues de dimensionnement des ouvrages, il est prudent de considérer l'extrapolation conduisant aux débits les plus élevés et c'est pourquoi la courbe de tarage proposée par ORSTOM a été retenue dans le cadre de cette étude.

3.5.2. Météorologie

Les observations météorologiques réalisées ces deux dernières décennies peuvent être considérées comme fiables; les documents originaux sont en général disponibles et bien archivés. Il faut relever toutefois que les mesures d'évaporation au bac ne présentent pas le même degré de fiabilité que les autres observations et sont parfois même douteuses et très souvent incomplètes.

L'homogénéité des séries de précipitations annuelles a été testée par la méthode des doubles cumuls, essentiellement en vue de s'assurer que les

données relatives à Vélingara où les observations avaient été interrompues entre 1958 et 1961 étaient homogènes. Les points représentatifs des paires de précipitations annuelles cumulées pour respectivement Vélingara/Kolda et Vélingara/Tambacounda sont parfaitement alignés. Il faut être cependant conscient qu'un tel test ne saurait mettre en évidence qu'une modification d'environnement du poste et ne peut pas prétendre garantir l'exactitude des observations.

4. HYDROLOGIE DE LA KAYANGA

4.1. Evaluation des apports naturels

4.1.1. Méthodologie

On dispose de 7 années d'observation de débits de la Kayanga au pont de Niapo, la dernière, 1978 - 79, étant cependant incomplète. Une séquence d'une aussi courte durée est insuffisante pour permettre une évaluation plausible des apports en année moyenne, d'autant plus que les observations s'étendent sur 3 périodes différentes, 1962, 1967 - 69 et 1976 - 78 présentant des caractéristiques hydrologiques très différentes également. On a en effet observé 2 années ayant des modules annuels de l'ordre de $13 \text{ m}^3/\text{s}$ ainsi que 2 années où les modules annuels étaient voisins de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. L'analyse d'un échantillon de 7 années présentant de tels écarts ne pourrait conduire qu'à des conclusions absurdes tant en ce qui concerne l'apport moyen que les extrêmes. En outre, l'analyse de la pluviométrie annuelle montre que 1967 a été la dernière année pluvieuse avant la période de sécheresse catastrophique que l'ensemble de la zone sahélienne a souffert entre 1968 et 1977.

Etant donné le caractère uniforme des variations climatiques et en particulier pluviométriques dans les régions soudanaises et sahéliennes, on devrait observer la même uniformité dans la variation annuelle des régimes des cours d'eau de ces régions. Ainsi une extension de la séquence pendant laquelle le régime de la Kayanga est connu à l'aide de corrélations avec les observations réalisées sur d'autres cours d'eau est physiquement justifiée de même que l'utilisation des longues séries d'observations pluviométriques dans la région du projet.

La reconstitution d'une longue séquence d'apports n'est pas seulement nécessaire pour améliorer la qualité et la validité de la définition des valeurs moyennes et extrêmes. Le but essentiel de cette reconstitution est de permettre la simulation de l'exploitation du futur réservoir en utilisant une période historiquement réelle.

4.1.2. Extension des apports annuels

A première vue on pourrait penser que les régimes de la Kayanga et de la Casamance voisine devraient être similaires. Or, la corrélation est assez lâche, le coefficient de corrélation ($r = 0,68$) est relativement bas, bien que significatif.

On peut en revanche mettre en évidence une très bonne corrélation entre les modules annuels de la Kayanga et ceux de la Gambie à Gouloumbo en dépit de la différence de taille des bassins versants respectifs. En se basant sur les 6 années complètes d'observation commune on obtient la relation suivante entre les modules annuels :

$$Q \text{ Kayanga} = 0,045 \times Q \text{ Gambie} - 4,67 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le coefficient de corrélation ($r = 0,93$) est élevé et l'extension de la série de modules observés sur la Kayanga en utilisant cette corrélation est tout à fait justifiée. Il faut relever cependant que les modules annuels de la Gambie pour les années 1962 - 63 et 1968 - 69 ont été estimés à partir d'observations fragmentaires puisque ce n'est qu'à partir de 1970 que l'on dispose d'observations continues. Ainsi la bonne qualité de la corrélation est peut être illusoire. D'autre part, l'observation des débits de la Gambie n'a commencé qu'en 1953 avec des interruptions en 1957 et 1963, et comme mentionné ci-dessus, les observations présentent de nombreuses lacunes qui ont été comblées par des estimations. Dans ces conditions, le recours aux modules annuels de la Gambie pour l'extension de la séquence des modules de la Kayanga a été abandonné.

La corrélation des modules de la Kayanga et du fleuve Sénégal à Bakel est significative, le coefficient de corrélation ($r = 0,72$) n'étant cependant pas très élevé. En revanche, la corrélation est très satisfaisante entre les modules annuels de la Kayanga et de la Falémé à Kidira. Le coefficient de corrélation ($r = 0,93$) est élevé et l'équation de la droite de régression est la suivante :

$$Q \text{ Kayanga} = 0,0705 \times Q \text{ Falémé} - 3,98 \text{ m}^3/\text{s}$$

Les apports de la Falémé ont été observés presque sans interruption depuis 1930. En outre ils ont été reconstitués pour la période 1903 - 1929 par corrélation avec les débits du Sénégal à Bakel. La qualité des modules

observés peut être qualifiée de bonne, comme celle de la corrélation utilisée pour l'extension de la séquence. Dans ces conditions le recours aux débits de la Falémé pour étendre par corrélation la séquence des modules de la Kayanga est la meilleure approche possible, utilisant des données hydrométriques uniquement.

L'ajustement d'une relation linéaire entre les modules annuels observés de la Kayanga et de la Falémé conduit à des modules négatifs de la Kayanga pour des modules de la Falémé inférieurs à $56 \text{ m}^3/\text{s}$. Or, ces derniers débits ont été historiquement observés. L'ajustement d'une fonction d'un ordre plus élevé ou exponentiel, passant par l'origine, serait possible. Toutefois il serait physiquement moins justifié pour la plage des modules moyens et élevés où la linéarité s'explique par l'influence identique d'un accroissement des précipitations sur les bassins versants respectifs. C'est pourquoi la droite de régression a été incurvée pour les ordonnées (modules de la Kayanga) inférieures à $2 \text{ m}^3/\text{s}$ et tracée à l'estime en passant par l'origine (voir fig. 2-4).

L'utilisation de cette corrélation a permis de reconstituer une série de modules annuels pour la période 1903 - 1961 ainsi que pour les années manquantes entre 1963 - 66 et 1970 - 75. Compte tenu des 7 modules annuels observés on dispose d'une séquence de 76 années de modules annuels, présentant les caractéristiques suivantes :

Moyenne	8,7 m^3/s	ou	274 . 10^6 m^3
Ecart type	5,0 "		156,9 . 10^6 m^3
Coef. de var.	0,57		0,57

Des corrélations hydro-pluviométriques sur une base annuelle ont été recherchées entre les lames d'eau écoulées sur le bassin versant de la Kayanga et les précipitations annuelles observées aux stations pour lesquelles des longues séries d'observations sont disponibles. Après divers essais il est apparu que le meilleur alignement des 6 points expérimentaux était obtenu en considérant la moyenne arithmétique des pluviométries annuelles observées à Vélingara et Kolda. L'ajustement d'une fonction mathématique est cependant hasardeux car la distribution des points

En reportant en coordonnée double logarithmique les points représentant les paires de valeurs observées on constate un alignement satisfaisant le long d'une courbe concave (voir fig. 2-5) qu'une transformation permet de linéariser. L'expression mathématique de la relation entre l'apport de décembre à avril (A_S) et l'apport annuel (A) est la suivante :

$$A_S (10^6 \text{ m}^3) = 0,231 \times A^{0,826} + 4 (10^6 \text{ m}^3)$$

La simulation sur ordinateur de l'exploitation de la retenue exige non seulement la répartition des apports entre saisons sèche et humide mais encore la distribution mensuelle de ces derniers. L'analyse de la distribution mensuelle des apports durant les 6 années complètes d'observation a montré que les pourcentages mensuels de l'apport annuel varient considérablement d'une année à l'autre et que le rapport entre les débits mensuels maximum et minimum d'une même année croît avec le module annuel, comme le montre le tableau ci-après :

Année.	1962-63	1967-68	1968-69	1969-70	1976-77	1977-78
Module m^3/s	13,2	13,59	3,56	4,12	1,65	0,93
$\frac{Q \text{ mens. max.}}{Q \text{ mens. min.}} = R$	81,2	88,5	15,5	19,4	8,8	4,3

En coordonnée double logarithmique les points expérimentaux s'alignent remarquablement le long d'une droite dont l'équation est la suivante :

$$\log R = 1,13 \log Q + 0,64 \quad (Q = \text{module annuel})$$

le coefficient de corrélation de l'ajustement ($r = 0,99$) est remarquablement élevé.

En utilisant les notations qui suivent on peut exprimer algébriquement les débits mensuels moyens d'une année en fonction du module annuel correspondant de la façon suivante :

$$\text{Notation : } \bar{P}_i = \frac{\text{apport mensuel observé}}{\text{apport annuel observé}} \quad (\%)$$

avec $\bar{P}_{\text{max.}}$ et $\bar{P}_{\text{min.}}$ les pourcentages max. et min. de \bar{P}_i

$$P_m = \frac{100}{12} = 8,333 \%$$

f = facteur correctif

P_{ij} = apport du mois "ij" en pourcent de l'apport de l'année "j"

$$\begin{aligned}
 \text{On peut \u00e9crire} & : P_{ij} = P_m + f (\bar{P}_i - P_m) & (1) \\
 \text{D'autre part} & : R_j = \frac{P_{ij \text{ max.}}}{P_{ij \text{ min.}}} = \frac{P_m + f (\bar{P}_{\text{max}} - P_m)}{P_m + f (\bar{P}_{\text{min}} - P_m)} \\
 \text{D'o\u00f9 l'on tire} & : f = \frac{(R - 1) P_m}{(R - 1) P_m - R \bar{P}_{\text{min}} + \bar{P}_{\text{max}}}
 \end{aligned}$$

Or il a \u00e9t\u00e9 montr\u00e9 pr\u00e9c\u00e9demment que $R = 4,37$. $Q = 1,13$
 et l'analyse des apports mensuels observ\u00e9s donne les valeurs de \bar{P}_i
 suivantes :

Mois	: M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
\bar{P}_i	: 2,32	3,60	7,86	8,47	25,27	28,32	8,81	4,23	3,32	2,90	2,58	2,32

Le facteur correctif "f" est donc d\u00e9fini en fonction du module annuel, ce qui permet de d\u00e9finir la distribution mensuelle des apports de l'ann\u00e9e consid\u00e9r\u00e9e et de calculer ceux-ci selon la relation

$$Q_{ij} = P_{ij} \cdot \frac{12}{100} Q.$$

L'utilisation de cette m\u00e9thode donne des r\u00e9sultats satisfaisants aussi bien pour les ann\u00e9es humides que s\u00e8ches comme le montre la comparaison des histogrammes observ\u00e9s et simul\u00e9s pour les ann\u00e9es 1962 - 63, 1968 - 69 et 1976 - 77 donn\u00e9s dans la fig. 2-6. En particulier, on constate que la r\u00e9partition des apports entre saisons s\u00e8ches et humides est parfaitement respect\u00e9e.

Les apports annuels obtenus \u00e0 partir de la corr\u00e9lation avec la Fal\u00e9m\u00e9 \u00e0 Kidira ont \u00e9t\u00e9 distribu\u00e9s mensuellement selon la m\u00e9thode d\u00e9crite ci-dessus et sont list\u00e9s dans le tableau 2-9. Les r\u00e9sultats de l'analyse statistique des apports mensuels sont donn\u00e9s au tableau 2-14.

4.1.4. Analyse

L'\u00e9chantillon des 76 valeurs d'apports annuels de la Kayanga, observ\u00e9s et reconstitu\u00e9s par corr\u00e9lation avec la Fal\u00e9m\u00e9 a fait l'objet d'une analyse statistique. Comme le montre la fig. 2-7 la distribution des points exp\u00e9rimentaux sugg\u00e8re un ajustement selon une loi normale. Celle-ci conduit cependant \u00e0 des apports n\u00e9gatifs pour les ann\u00e9es s\u00e8ches de fr\u00e9quence 1/30 et plus faible, ce qui est physiquement impossible. L'ajustement d'une loi log-normale, qui \u00e9viterait les apports n\u00e9gatifs, exige une transformation de la forme $Z = Q + 300 (10^6 \text{ m}^3)$ afin de lin\u00e9ariser l'alignement des points exp\u00e9ri-

mentaux (voir fig.2-8). Le recours à une distribution log-normale a en revanche tendance à sur-évaluer les apports en année très humide.

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus pour les 2 ajustements statistiques mentionnés ci-dessus :

Apports annuels de la Kayanga

	: Distribution normale	: Distr. log-normale avec transformation
Médiane	: 274 10^6 m ³ (8,7 m ³ /s)	: 252 10^6 m ³ (8.0 m ³ /s)
Année sèche 1/5	: 142 " (4,5 ")	: 136 " (4,3 ")
1/10	: 73 " (2,3 ")	: 86 " (2,7 ")
1/20	: 16 " (0,5 ")	: 48 " (1,5 ")
Année humide 1/5	: 406 " (12,9 ")	: 400 " (12,7 ")
1/10	: 475 " (15,1 ")	: 492 " (15,6 ")
1/20	: 532 " (16,9 ")	: 577 " (18,3 ")

Compte tenu de la distribution des points expérimentaux, il est justifié d'admettre que l'ajustement selon la loi normale est le plus vraisemblable pour les apports en années humides et moyennes mais que l'ajustement selon la loi log-normale avec transformation de variate est plus proche de la réalité pour les apports en années sèches.

L'analyse de l'histogramme des apports annuels pour la période 1903 - 78 montre l'existence d'un régime cyclique qui est mis en évidence lorsqu'on trace l'histogramme des moyennes glissantes de 5 ans (fig. 2-9). On constate une alternance de périodes humides d'une vingtaine d'années, entrecoupées de périodes de sécheresse de 6 - 10 ans.

Période	Durée (ans)	Apport moyen annuel (10^6 m ³)
1903 - 10	8 (cycle incomplet)	242
1911 - 17	7	128
1918 - 38	21	327
1939 - 44	6	112
1945 - 67	23	320
1968 - 77	10	108

Ce phénomène cyclique se retrouve dans le régime pluviométrique de la station de Kolda où l'histogramme des moyennes glissantes de 5 ans est donné dans la fig.2-10. On retrouve très exactement les mêmes périodes sèches et humides.

Période	Durée (ans)	Pluviométrie annuelle moyenne (mm)
1922 - 38	17 (cycle incomplet)	1195,4
1939 - 44	6	1150,3
1945 - 67	23	1296,9
1968 - 77	10	1042,0

Il est normal que les différences entre écoulements annuels moyens en cycles sec et humide soient plus accentuées que celles des pluviométries annuelles moyennes correspondantes. Les différences sont cependant très significatives et confirment l'uniformité des conditions climatologiques et des régimes des cours d'eau dans la zone couvrant à la fois le bassin de la Falémé et la Casamance.

Une analyse statistique des apports annuels des deux cycles humides complets a été réalisée. Les échantillons correspondants à chacune des périodes humides ainsi que l'échantillon combiné satisfont à une distribution selon une loi normale avec les caractéristiques statistiques suivantes :

Apports annuels des cycles humides	Période 1918-38	Période 1945-67	Echantillon combiné
Médian	360 10^6 m ³	350 10^6 m ³	355 10^6 m ³
Année sèche 1/10	150 "	190 "	172 "
1/20	91 "	145 "	120 "
Année humide 1/10	570 "	510 "	538 "
1/20	629 "	554 "	590 "

On constate que la période 1918 - 38 a eu des variations inter-annuelles des apports plus prononcées que la période 1945 - 67.

Des évaluations du potentiel hydraulique de la Kayanga ont été réalisées antérieurement d'une part dans l'étude SENERIZ en 1977 et d'autre part dans celle de la SOMIVAC en 1978. L'étude SENERIZ s'était basée essentiellement

sur les observations des débits au pont de Niapo entre 1967 et 70. Des coefficients d'écoulement annuel ont été définis pour les 3 années disponibles en admettant que les précipitations sur le bassin versant de la Kayanga correspondaient à la moyenne des précipitations observées à Kédougou et Vélingara et une relation linéaire entre coefficient d'écoulement et précipitation annuelle a été définie, donnant des coefficients d'écoulement de 10 % et 18 % pour des pluviométries annuelles de respectivement 1000 et 1250 mm sur le bassin. L'apport annuel de la Kayanga en année à pluviométrie moyenne de 1250 mm s'établissait à $395 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. La validité d'une telle évaluation ne peut être que très approximative en raison de l'extrême brièveté de la période pour laquelle les apports de la Kayanga étaient connus et du poids considérable accordé nécessairement à l'année 1967 - 68.

L'étude SOMIVAC s'est basée sur les mêmes données hydrométriques que la présente étude. En utilisant le modèle simplifié "pluie-débit" décrit plus haut au paragraphe 4.1.2., l'étude conclut à un apport annuel en année moyenne de $258 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, correspondant pratiquement à celui défini ci-dessus pour la période 1903 - 78. Les apports en année sèche et humide de fréquence 1/10 estimés par l'étude SOMIVAC étaient de respectivement 158 et $561 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Ces valeurs correspondent à celles qui ont été définies ci-dessus pour les cycles humides. En conclusion, l'étude SOMIVAC, utilisant une méthode d'approche fondamentalement différente de celle décrite dans les paragraphes qui précèdent a abouti à des conclusions pratiquement identiques en ce qui concerne l'apport annuel de la Kayanga en année moyenne.

Les apports de la Kayanga ont été définis au pont de Niapo qui contrôle un bassin versant de 1755 km². Le site du barrage est situé 15 km plus à l'amont et la surface du bassin versant intermédiaire est d'environ 70 km², soit une réduction d'environ 4 %. Les observations ont cependant montré que la presque totalité des apports de la Kayanga provient de la partie amont du bassin versant où les coefficients d'écoulement sont beaucoup plus élevés qu'en aval en raison de la nature du substratum. Ainsi il n'est pas justifié de réduire les apports définis au pont de Niapo pour tenir compte de la réduction minimale de la surface du bassin versant d'autant plus que la réduction théorique qui pourrait être faite est nettement inférieure au degré d'exactitude de la définition des apports.

4.2. Evaluation des crues de la Kayanga

4.2.1. Analyse des crues observées

Le régime de la Kayanga en hivernage est caractérisé par la superposition de deux ondes de crues, la première dont la période est saisonnière et la seconde dont la période est de quelques jours à quelques semaines. L'onde de crue saisonnière peut être considérée comme l'écoulement de base qui atteint son maximum en septembre ou octobre. Les ondes de crues qui se superposent à l'écoulement de base sont provoquées par le ruissellement direct suivant les précipitations importantes.

L'analyse des hydrogrammes annuels au pont de Niapo et donnée dans les fig. 2-2a à 2-2f permet d'isoler un certain nombre de crues dues au ruissellement direct et d'en déterminer les caractéristiques suivantes :

Période	Débit de pointe Q (m ³ /s)	Durée (jour)	Temps de montée (jour)	Volume V (10 ⁶ m ³)	Q/V
Juin 67	8	23	8		
Sept. 67	22	52	18		
Oct. 67	135	106	22,5	266	0,51
Juil. 68	7	23	9		
Août 68	8	28	12		
Oct. 68	32	85	15	30	1,07
Juil. 69	16	45	13,5		
Sept. 69	23	55,5	21	34	0,68
Oct. 69	15,5	65	10		
Sept. 76	8	45	8		
Oct. 76	9,5	57	8	5,3	1,80
Sept. 77	6,5	50	6	3,4	1,94
Juil. 78	7,5	33	9	2,9	2,59

L'analyse de ce tableau appelle les commentaires suivants :

- Les crues sont caractérisées par un temps de montée et une durée relativement longue, qui augmentent avec l'importance de la crue.

- Le rapport Q/V diminue avec l'importance de la crue.
- Les débits de pointes sont faibles puisqu'ils n'ont pas dépassé $135 \text{ m}^3/\text{s}$ c'est à dire $0,08 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$. En outre, la pointe de l'écoulement de base n'a pas dépassé $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les débits maximum des crues annuelles observées au pont de Niapo, ainsi que les hauteurs d'eau atteintes alors sont données ci-dessous :

Année	Débit max. (m^3/s)	H échelle (m.)	Cote IGN (zéro = 15,92)
1962	150	7,20	23,12
1967	135	6,80	22,72
1968	32	3,88	19,80
1969	23	3,45	19,37
1976	9,5	2,79	18,71
1977	6,5	2,45	18,37
1978	11,5	3,18	19,10

En outre, d'après un repère gravé sur un arbre par un piroguier, la crue de 1958 aurait atteint 8 m à l'échelle (23,92 IGN) et le débit maximal dans le lit mineur aurait été de l'ordre de $200 \text{ m}^3/\text{s}$, auquel selon ORSTOM il faudrait ajouter le débit dans le lit majeur.

La comparaison visuelle des hydrogrammes des crues dues au ruissellement direct montre qu'ils présentent certaines caractéristiques qui sont fonction du débit de pointe uniquement. Il s'agit du temps de montée, de la durée et de l'allure de la courbe de décrue.

On peut approximer les relations entre temps de montée " T_m " et durée " T_b " d'une part et débit de pointe de crue " Q_p " d'autre part, par les fonctions logarithmiques suivantes dont les coefficients de corrélation des ajustements selon la méthode des moindres carrés sont relativement élevés.

$$\text{Temps de montée (j), } T_m = 12,55 \log Q_p (\text{m}^3/\text{s}) - 2,4 \quad (1)$$

(coefficient de corrélation $r = 0,85$)

$$\text{Durée (j)} \quad T_b = 56,65 \log Q_p (\text{m}^3/\text{s}) - 15,05 \quad (2)$$

(coefficient de corrélation $r = 0,86$)

Pour chercher à ajuster une fonction mathématique à la courbe de décrue, on a tracé graphiquement les courbes de décrue de la dernière crue observée chaque année en portant en abscisse le temps en mois et en ordonnée la valeur $y = \log Q - \log Q_p$, ou Q est le débit en fonction du temps et Q_p le débit de pointe. La figure 2-11 montre que l'on peut ajuster au faisceau de courbes observées une courbe moyenne de la forme :

$$y = \log Q - \log Q_p = e^{-(t - 0,5)} - 1,4 \quad (t \text{ en mois})$$

Il faut relever que cette relation n'est valable que pour $t > 0,2$ mois.

On obtient, en isolant Q la relation suivante :

$$Q = 0,0398 Q_p \cdot e^{2,3026 \cdot e^{-(t - 0,5)}} \quad (3)$$

A partir des relations (1), (2) et (3) ci-dessus, il est possible de tracer un hydrogramme de crue à partir du débit de pointe Q_p . La figure 2.11 montre que la correspondance entre hydrogrammes synthétiques et observés est très bonne pour la crue de 1967 de $135 \text{ m}^3/\text{s}$. Elle est en revanche moins satisfaisante pour la crue de $32 \text{ m}^3/\text{s}$ que l'hydrogramme synthétique surestime. L'objectif de la présente étude étant la définition des caractéristiques des crues extrêmes, il est donc justifié d'admettre pour celles-ci les relations théoriques définies ci-dessus.

Compte tenu de ces relations on peut définir le volume de la crue en fonction du débit de pointe en faisant les hypothèses suivantes : (voir fig. 2-12)

- Le débit de base Q_0 est supposé constant et correspond à celui donné par la relation (3) pour $t = T_b - T_m$
- On choisit arbitrairement un pas de temps de calcul $\Delta t = 0,2$ mois (voir figure 2-12)
- On néglige dans l'évaluation du volume, le volume ruisselé pendant le dernier Δt , soit V_{n+1}
- Le mois est pris égal à 30 jours.

Il s'ensuit :

$$Q_0 = Q (T_b - T_m) = 0,0398 Q_p \cdot e^{2,3026 \cdot (T_b - T_m - 0,5)}$$

(où T_b et T_m sont calculés selon (1) et (2))

$$V = \sum_0^n V_i - (T_b - T_m) Q_0$$

$$V_0 = (Q_m - Q_0) \cdot T_m \cdot 0,5$$

$$V_i = \frac{Q [(i-1)\Delta t] + Q [i \cdot \Delta t]}{2} \Delta t \quad \text{avec } Q \text{ selon (3)}$$

L'application de cette relation donne les résultats suivants :

Q	50	100	150	200	300	400	500	m^3/s
V	100	222	350	484	759	1041	1323	$10^6 m^3$

Cette relation est donnée graphiquement dans la figure 2-12 et l'on constate que les points correspondants aux fortes crues observées sont situés très près de la courbe théorique.

4.2.2. Définition des crues de dimensionnement

L'échantillon disponible de 8 débits de pointes annuelles observées n'est pas assez long pour qu'il soit possible de tirer d'une analyse statistique des conclusions fiables concernant les événements de faibles fréquences d'occurrence. Cet échantillon peut, en outre, difficilement être considéré comme représentatif car il contient 3 années à fortes crues et 3 années sans aucune crue.

L'analyse des crues observées montre que le rapport entre débit de la crue annuelle et débit moyen mensuel du mois comprenant la crue, qui est lui-même le plus important de l'année, est relativement constant comme le montre le tableau ci-après :

Année	Q pointe	Q mensuel max.	Qp / Qm
1962-63	150 m ³ /s	51,5 m ³ /s	2,91
1967-68	135 "	86,0 "	1,57
1968-69	32 "	12,5 "	2,55
1969-70	23 "	13,4 "	1,71
1976-77	9,5 "	5,5 "	1,74
1977-78	6,5 "	2,7 "	2,48
1978-79	11,5 "	6,4 "	1,80
moyenne			<hr/> 2,11
écart type			0,53

En utilisant le rapport moyen défini ci-dessus et la série des apports mensuels synthétiques définis selon la méthode décrite au paragraphe 4.1.2 il est possible de reconstituer une séquence de 76 débits maximum annuels synthétiques qui peut faire l'objet d'un traitement statistique. L'échantillon satisfait soit à une distribution selon la loi de Gumbel, soit selon la loi log normale avec transformation de variable de la forme $Z = Q + 70$. Ces deux distributions donnent les résultats suivants :

Fréquence	Gumbel	Log normale avec transformation
1/10	137 m ³ /s	140 m ³ /s
1/100	223 "	230 "
1/500	282 "	285 "
1/1000	307 "	310 "
1/5000	366 "	370 "
1/10000	391 "	400 "

Les résultats des extrapolations sont pratiquement identiques et les valeurs correspondant à l'évènement de fréquence décennale sont dans le cadre de ce qu'une analyse subjective de l'échantillon des crues observées laisse supposer. Il faut cependant relever le caractère nécessairement imprécis de l'évaluation des crues annuelles à partir des maximum mensuels définis synthétiquement. En effet, la plus forte crue qui se serait produite en 76 ans n'aurait pas excédé 181 m³/s, ce que semblent contredire les observations. La morphologie de la rivière et son profil en long très peu marqué peuvent en revanche expliquer les valeurs relativement peu élevées définies pour les très faibles fréquences.

Les précipitations journalières sont connues à Kolda et Velingara pendant une période suffisamment longue permettant de procéder à une analyse statistique valable des maximum annuels de durées de 1, 2, 3, 4 et 5 jours. La même analyse a été en outre réalisée pour les précipitations maximum décennales observées bien que celles-ci aient été mesurées à intervalles fixes à savoir du 1-10, du 11-20 et du 21-30 de chaque mois.

Les analyses statistiques ont été faites en utilisant les lois de Gumbel et log normale. Comme la première donne des valeurs extrêmes légèrement supérieures, elle a été retenue pour la suite de l'étude. Les résultats obtenus sont résumés ci-après :

	Fréquence	1/100 mm	1/1000 mm	1/10000 mm
Vélingara	1 jour	235	316	397
	2 jours	267	356	445
	3 jours	321	430	539
	4 jours	345	460	575
	5 jours	392	527	662
	10 jours	434	574	713
Kolda	1 jour	218	285	352
	2 jours	239	307	374
	3 jours	261	332	403
	4 jours	301	383	465
	5 jours	318	402	486
	10 jours	387	485	583

Les résultats obtenus sont cohérents et mettent en évidence la diminution de l'intensité des précipitations en direction de l'ouest qui s'observe également à l'échelon des pluviométries annuelles.

Le report en coordonnées logarithmiques des précipitations de même fréquence en fonction de leur durée montre que les points sont relativement bien alignés (voir figure 2-13). La prise en considération des précipitations décadaires mesurées à intervalles fixes n'a pas provoqué la distorsion que l'on aurait pu escompter si l'accroissement des précipitations avec l'augmentation de leurs durées, avait été plus important.

La méthode du Gradex a été élaborée à partir de l'analyse de la relation liant les précipitations journalières au volume écoulé pendant la même période et est basée sur le principe qu'à partir d'un certain seuil, correspondant à la capacité de rétention du bassin, tout accroissement des précipitations se retrouve intégralement dans le débit écoulé. Dans le cas de la Kayanga où les écoulements sont lents et où la durée des crues importantes dues au ruissellement excède le mois, il est nécessaire de considérer un pas de temps plus long. L'analyse des courbes intensité-durée des précipitations montre qu'au delà de 10 jours l'accroissement des précipitations ne dépasse pas 15 mm/jour dans le cas d'une averse décamillénale. Compte tenu de la morphologie du bassin versant et du taux journalier d'évaporation sous

cette latitude, une précipitation journalière de cet ordre de grandeur ne peut qu'alimenter d'une manière insignifiante l'écoulement de surface. Il est donc justifié d'admettre qu'au delà d'un certain seuil, l'augmentation des précipitations de 10 jours correspondra intégralement à l'accroissement du volume écoulé. Il ne serait cependant pas correct de considérer pour l'écoulement le même laps de temps que pour les précipitations en raison de la très grande capacité de rétention du bassin versant très plat de la Kayanga. Il est ainsi justifié de comparer le volume des précipitations de 10 jours à celui de la crue pendant toute sa durée. Il faut relever que le volume des crues tel qu'il a été défini au paragraphe qui précède, à partir de l'analyse des observations, comprend une contribution de l'écoulement hypodermique. Cette contribution est cependant compensée si l'on néglige de considérer un coefficient d'abattement et des pertes par évaporation ou infiltration pour la précipitation de 10 jours. Par conséquent on peut admettre dans le cas des crues de la Kayanga qu'au delà d'un certain seuil tout accroissement des précipitations de 10 jours se traduira par une augmentation identique du volume de la crue.

L'analyse des crues observées donne à un débit de pointe de $130 \text{ m}^3/\text{s}$ une fréquence décennale dont le volume est de l'ordre de $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ selon la méthode décrite au paragraphe 4.2.1. (la crue de 1967, de $135 \text{ m}^3/\text{s}$ a eu un volume de $266 \cdot 10^6 \text{ m}^3$).

Il a été admis que pour des crues de fréquence plus faible, l'accroissement des précipitations se transformait intégralement en volume ruisselé. La droite de Gumbel figurant l'accroissement du volume de la crue en fonction de sa fréquence est donc parallèle à celle représentant les précipitations de 10 jours et passe par le point correspondant à la fréquence 1/10 et au volume ruisselé de $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ou 170 mm sur l'ensemble du bassin (voir fig.2-14). Cette méthode permet d'évaluer le volume des crues de différentes fréquences et par application de la relation définie au paragraphe précédent, d'en déterminer le débit de pointe :

Fréquence	Précipitation en dix jours mm	Volume de la crue mm		Débit de pointe m ³ /s
			10 ⁶ m ³	
1/10	300	170	300	130
1/100	445	315	550	225
1/1000	585	455	800	315
1/10000	740	610	1070	410

L'application de la méthode du Gradex conduit à des résultats très voisins de ceux obtenus par l'analyse statistique d'une série de crues synthétiques.

Diverses formules empiriques ont été proposées pour l'évaluation des crues extrêmes à partir de paramètres connus (surface du bassin versant, précipitation, module, etc...) et de coefficients déterminés empiriquement. Certaines d'entre elles s'appliquent aux conditions rencontrées dans le bassin de la Kayanga :

Formules de Fuller

$$Q(T) = Q_1 (1 + 0,8 \log T)$$

$$Q_p = Q(T) \cdot \left(1 + \frac{2,66}{A^{0,13}}\right)$$

ou

Q(T) = débit moyen journalier de la crue de fréquence (T)

Q₁ = moyenne des crues observées

T = temps de récurrence

A = surface du bassin versant

Q_p = débit de pointe de la crue

La moyenne des crues observées, y compris celle de 1958 est de 71 m³/s.

L'application des formules de Fuller donne les résultats suivants :

$$Q_p \begin{array}{l} 1/100 \\ 1/1000 \\ 1/10000 \end{array} = \begin{array}{l} 237 \text{ m}^3/\text{s} \\ 310 \text{ " } \\ 383 \text{ " } \end{array}$$

Formule de Krebs

$$Q \text{ max.} = 90 \cdot q^{2/3}$$

ou

Q max. = débit de pointe de crue exceptionnelle

q = module interannuel

En prenant le module interannuel de la période 1903-76 ($q = 8,7 \text{ m}^3/\text{s}$) on obtient $Q_{\text{max}} = 381 \text{ m}^3/\text{s}$. Si on considère le module interannuel des séquences humides ($q = 10,4 \text{ m}^3/\text{s}$) on obtient $Q_{\text{max}} = 429 \text{ m}^3/\text{s}$.

Formule du SCS

$$Q_p = \frac{0,28 P_T \cdot c.A.f}{t}$$

ou Q_p = débit de pointe

P_T = précipitation de durée T à l'origine de la crue

t = temps de concentration = $\frac{L}{3,6 v}$

L = longueur du cours d'eau = 95 km

v = vitesse moyenne d'écoulement (0,2 m/s pour une pente moyenne de 1,4 % et des paturages boisés)

T = durée de l'averse = $(t + 1)^{-0,20} \cdot t$

c = coefficient d'écoulement, admis 0,6

f = coefficient de forme, admis 0,4

Le temps de concentration $t = 132$ heures, et la durée de l'averse $T = 50$ heures P_T est égal respectivement à 480, 380 et 280 mm pour des averses de fréquences 1/10 000, 1/1 000 et 1/100. On obtient ainsi pour les débits de pointes des crues :

$Q_p = 1/100$	250 m^3/s
$1/1000$	340 m^3/s
$1/10000$	430 m^3/s

Les 3 formules empiriques utilisées donnent des résultats très homogènes et très proches de ceux obtenus d'une part de l'analyse des crues annuelles et d'autre part des recours aux précipitations par la méthode du Gradex.

L'ORSTOM a procédé en 1974 à l'étude hydrologique du bassin de la Gambie et a indiqué pour la station de Gouloumbo (bassin versant 42 000 km^2) les débits de pointe de crue suivants avec les limites des intervalles de confiance correspondants :

$Q \ 1/10$	=	1990 \pm 210 m^3/s
$Q \ 1/100$	=	2430 \pm 300 m^3/s

On admet en général que le rapport des pointes de crues de 2 bassins de morphologie identique correspond à celui de leurs surfaces respectives à la puissance "n", cet exposant étant compris entre 0,4 et 0,6. Dans ces conditions et en admettant $n = 0,6$ on obtient pour la Kayanga au pont de Niapo les débits de pointes suivants :

$$\begin{aligned} Q \ 1/10 &= 296 \pm 30 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q \ 1/100 &= 361 \pm 45 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Ces valeurs, bien que supérieures à celles obtenues précédemment sont cependant du même ordre de grandeur, et confirment ces résultats.

Dans ces conditions il est proposé de retenir les valeurs suivantes pour les caractéristiques des crues des différentes fréquences dont ces hydrogrammes sont donnés à la figure 2-15.

Fréquence (ans)	Débit (m^3/s)	Volume (10^6 m^3)	Temps de montée (jours)	Durée (jours)
1/100	220	545	27	118
1/1000	315	800	29	126
1/10000	400	1040	30	132

4.3. Transports solides

Les mesures des débits solides de la Kayanga réalisées durant le 4^e trimestre de 1978 ont donné des concentrations variant entre 3,4 et 27,5 mg/l pour des débits variant entre 6,0 et 7,8 m^3/s .

En supposant que la concentration maximum observée corresponde à la moyenne, le volume des matériaux transportés en suspension pendant une année moyenne aurait été de 6685 t. Compte tenu d'un poids spécifique de $1,5 \text{ t}/\text{m}^3$, le volume transporté aurait été de 4460 m^3 correspondant à une érosion spécifique de $2,5 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{an}$ ou 0,003 mm/an sur l'ensemble du bassin. La validité d'un tel calcul est cependant douteuse car les concentrations augmentent en général avec le débit liquide.

Des mesures de débits solides ont été réalisées par l'ORSTOM sur le fleuve Gambie mais les résultats des analyses ont été faussés par l'adjonction d'un flocculent qui a été précipité avec les argiles. Les concentrations en matériaux en suspension ne pouvaient donc qu'être très faibles.

Les concentrations des matériaux solides en suspension dans le fleuve Sénégal sont mieux connues et les estimations du tonnage annuel transporté en suspension à Bakel sont de $2,5 \cdot 10^6$ t/an. Compte tenu d'un poids spécifique de $1,5 \text{ t/m}^3$ et de la surface du bassin versant du fleuve de $218\ 000 \text{ km}^2$, l'érosion spécifique est de $7,7 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{an}$ ou $0,01 \text{ mm/an}$.

Les transports solides sont ainsi très faibles, ce qui s'explique par la morphologie peu accentuée des bassins versants, et le fait que les fortes crues se produisent en général dans la 2ème moitié de la saison des pluies à un moment où la couverture végétale est suffisante pour assurer une protection efficace contre l'érosion.

Toutefois, en raison de l'absence de mesures directes des transports solides de la Kayanga pendant un laps de temps suffisamment long, il semble prudent de retenir, pour l'évaluation du taux d'envasement annuel de la future retenue sur la Kayanga une érosion spécifique supérieure à celle définie pour le bassin du fleuve Sénégal dont les dimensions ne peuvent être comparées à celles du bassin de la Kayanga. En effet si l'on considère la courbe enveloppe des érosions spécifiques des bassins versants situés dans la zone subtropicale on constate que pour un bassin versant d'une superficie de l'ordre de $2\ 000 \text{ km}^2$, on peut admettre une érosion globale maximum de $100 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{an}$ ou $0,1 \text{ mm/an}$. Cette valeur, qui est une limite supérieure représente pour la retenue de la Kayanga un taux d'envasement annuel moyen de $200\ 000 \text{ m}^3/\text{an}$ ou $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pendant 100 ans.

4.4. Résumé et conclusions

Les débits journaliers de la Kayanga ont été observés au pont de Niapo, peu en aval du site du barrage pendant 8 années. Une corrélation significative a pu être mise en évidence entre les modules annuels de la Kayanga et ceux de la Falémé à Kidira et il a été possible de reconstituer les apports

annuels de la Kayanga pour 68 années supplémentaires. L'analyse des modules annuels de la période 1903 - 78 a mis en évidence une alternance de périodes humides d'une durée de 21 - 23 ans et de périodes sèches de durée de 6 - 10 ans. Les caractéristiques de la séquence de 76 ans et des deux périodes humides sont les suivantes :

Apport annuel	Période 1903-76	Périodes 1918-38 et 1945-67
- année médiane	274 . 10 ⁶ m ³	355 . 10 ⁶ m ³
- année sèche 1/10	86	172
- année sèche 1/20	48	120
- année humide 1/10	475	538
- année humide 1/20	532	590

L'analyse des apports mensuels observés a permis de définir une loi de modulation en fonction de l'apport annuel et de constituer ainsi une séquence de 76 années d'apports mensuels, qui servira de base à la simulation sur ordinateur de l'exploitation de la retenue.

La validité du recours à la corrélation avec les apports de la Falémé a pu être confirmée par l'analyse des précipitations annuelles à Kolda dont le rythme des fluctuations interannuelles est semblable à celui des apports de la Falémé. En outre l'ORSTOM a utilisé également les apports de la Falémé pour l'extension des apports du fleuve Gambie, ce qui confirme également le caractère d'uniformité des régimes des différents cours d'eau de cette région. On peut donc considérer que la séquence de 76 années reconstituées pour les apports de la Kayanga est représentative d'autant plus qu'elle contient 3 périodes sèches dont une particulièrement sévère et deux et demi périodes humides.

L'évaluation des crues de dimensionnement des ouvrages a été basée sur l'analyse statistique d'une séquence de 76 crues annuelles reconstituées à partir de la relation observée entre débit de pointe annuelle et débit moyen mensuel du mois correspondant. Cette approche a été corroborée par l'application de la méthode du Gradex et l'utilisation de différentes formules empiriques. Les caractéristiques des crues retenues pour le dimensionnement des ouvrages sont les suivantes :

Fréquence	Débit (m ³ /s)	Volume (10 ⁶ m ³)	Durée (jours)
1/100	220	545	118
1/1000	315	800	126
1/10000	400	1040	132

Le débit spécifique des crues est relativement faible puisqu'il n'est que de 0,23, respectivement 0,13 m³/s.km² pour les crues décennales et centennales. Il est cependant comparable à celui de la crue centennale de la Gambie défini par l'ORSTOM, et qui est de 0,06 m³/s.km². Compte tenu de la faible pente du cours d'eau et de la morphologie très peu accentuée du bassin versant, les débits spécifiques de crue définis pour la Kayanga sont raisonnables. Il ne faut cependant pas perdre de vue la fragilité des bases utilisées pour leur évaluation dont en particulier l'extrapolation de la courbe de tarage de la station de Niapo. Il sera donc prudent, lors du dimensionnement des organes d'évacuation des crues du barrage de Niandouba de définir le débit susceptible d'être évacué en empiétant sur la revanche prévue entre le niveau des plus hautes eaux et le couronnement du barrage afin d'apprécier la marge de sécurité disponible.

5. HYDROLOGIE DE L'ANAMBE

5.1. Données disponibles

La station limnigraphique de Kounkané n'ayant jusqu'à présent pas pu être étalonnée, les seules indications concernant les écoulements de l'Anambé sont fournies par différences des débits observés simultanément sur la Kayanga en amont et en aval de la confluence de l'Anambé, aux ponts de Niapo et de Wassadou. Comme un seuil artificiel isole en basse eau la mare de Kounkané à l'amont du pont route de son émissaire naturel, on peut admettre qu'aucun écoulement n'a lieu pendant la saison sèche, de janvier à mai en tous les cas. Pour les 3 années d'observation disponible, les écoulements de l'Anambé, définis à partir des débits de la Kayanga à Niapo et Wassadou, donnés dans le tableau 2-1 sont les suivants :

	1976 - 77		1977 - 78		1978 - 79	
	m ³ /s	10 ⁶ m ³	m ³ /s	10 ⁶ m ³	m ³ /s	10 ⁶ m ³
Juin	0	0	0	0	0,5	1,30
Juillet	0,11	0,29	0	0	0,3	0,80
Aout	0,37	0,99	0,02	0,05	1,2	3,11
Septembre	0,74	1,92	0,47	1,22	3,5	9,07
Octobre	2,55	6,83	0,82	2,20	5,1	13,66
Novembre	1,04	2,70	0	0	1,0	2,59
Décembre	0,38	1,02	0	0	0	0
Année		13,75		3,47		30,53
Lame d'eau écoulée mm		12,5		3,2		27,8
Pluviométrie annuelle à						
Vélingara mm		827		685		1059
Coefficient d'écoulement		1,5 %		0,5 %		2,6 %

Lors de la campagne hydrologique réalisée en 1962 dans le cadre de l'étude GERCA, des échelles limnimétriques avaient été installées le long de l'Anambé à Kabendou, Koulindiala et Goundaga ainsi que sur 2 petits affluents, le Lebal qui draine un bassin versant de 47 km² et se jette dans l'Anambé juste

en amont de la piste Kounkané-Dabo et le marigot de Goundaga ($17,4 \text{ km}^2$) 8 km au sud de Kounkané. Sur la base des jaugeages réalisés, l'apport de l'Anambé durant l'hivernage 1962 aurait atteint 223.10^6 m^3 représentant une lame d'eau écoulée de 203 mm et, compte tenu d'une pluviométrie sur le bassin estimée à 1200 mm, un coefficient d'écoulement de 18,6 %. Pour cette même année les lames d'eau écoulées sur les bassins du Lebal et de Goundaga, ainsi que les coefficients d'écoulement correspondants auraient atteint respectivement 394 mm (32 %) et 5,3 mm (0,5 %). Les apports spécifiques définis pour l'Anambé et le Lebal paraissent cependant élevés comparés à celui de la Kayanga en 1962 pour laquelle la lame d'eau écoulée annuellement correspond à 237 mm. En effet les caractéristiques morphologiques et géologiques du bassin de l'Anambé sont plus proches de celles du bassin de la Casamance que de celles du bassin de la Kayanga, or, l'étude GERCA a défini pour 1962 une lame d'eau écoulée de 37,5 mm sur le bassin de la Casamance à Kolda, correspondant à un coefficient d'écoulement de 3,4 %. L'évaluation des apports de l'Anambé pour 1962 ne paraît donc pas réaliste.

L'ORSTOM a réalisé une étude des conditions hydrologiques en Casamance basée sur les mesures réalisées entre 1967 et 1970 sur la Kayanga d'une part et sur la Casamance et différents affluents d'autre part. Le tableau 2-10 récapitule certains résultats de cette étude.

Dans le cadre de son étude, l'ORSTOM a installé une échelle limnimétrique et un limnigraphe sur l'Anambé près de sa confluence avec la Kayanga. L'installation a fonctionné durant les hivernages 1968 et 1969 et a permis de faire les observations suivantes :

- 1968 : La mare en amont du pont de Kounkané cesse de communiquer avec l'aval dès le 23.02. Son niveau s'abaisse alors à un rythme d'environ 1 cm/jour. Elle se remplit à nouveau pendant l'hivernage et dès le 23.09, où son niveau monte de 76 cm en 24 h en raison du refoulement de la Kayanga, elle est à nouveau reliée à cette dernière. Le niveau maximum de la mare est atteint le 16 octobre et celle-ci cesse de communiquer avec l'aval dès le 30.12.
- 1969 : L'abaissement du niveau de la mare pendant la saison sèche correspond à 0,8 cm/j. Le 1.07, la mare qui était à sec se remplit brusquement et le 30.07 communique à nouveau avec l'aval. Le niveau maximum est atteint le 23.09. Durant l'hivernage 1969 il n'y a pas eu de refoulement de la Kayanga dans la mare de l'Anambé. La mare communique avec l'aval jusqu'au 23.02.70 et son niveau s'abaisse ensuite à un rythme de 1,0 cm/jour.

Le limnigraphe installé en 1977 au pont route de Kounkané n'a enregistré aucun mouvement du plan d'eau en 1977, la mare amont n'ayant jamais communiqué avec l'aval. Pendant l'hivernage 1978, le puits était ensablé jusqu'à 15 cm au-dessus du niveau du seuil et le limnigraphe n'a commencé à fonctionner que le 25.08. Le niveau maximum a été atteint au début octobre mais la cote est douteuse en raison d'un mauvais fonctionnement de l'appareil. Il se serait établi 1,50 m environ au-dessus du seuil sous le pont route.

5.2. Evaluation des apports

Les données disponibles concernant les apports de l'Anambé au pont de Kounkané sont insuffisantes et trop peu précises et se rapportent à des années d'hydraulicité tellement différentes qu'il est impossible de définir d'une manière scientifique les apports et leur modulation.

La seule approche possible consiste à chercher à relier les apports aux précipitations sur le bassin en se basant sur les coefficients d'écoulement observés dans la région et en admettant comme hypothèse de base qu'à une pluviométrie annuelle de probabilité d'occurrence donnée corresponde un écoulement annuel de même probabilité. Une telle hypothèse est cependant arbitraire car ne tenant pas compte de la distribution des pluies dans l'année dont l'influence est tout aussi importante.

Compte tenu des résultats des analyses statistiques des apports de la Kayanga (voir paragraphe 4.1.4.) et des pluviométries annuelles observées à Vélingara (qui satisfait à un ajustement selon une loi normale - voir figure 2-24 - il est possible de définir un coefficient d'écoulement correspondant aux différentes fréquences considérées:

Fréquence	Lame écoulee (mm)	Pluviométrie (mm)	Coef. d'écoulement (%)
10 %	271	1330	20,4
20 %	231	1230	18,8
50 %	156	1050	14,9
80 %	79	870	9,1
90 %	49	780	6,3

Il faut remarquer que les coefficients d'écoulement définis ci-dessus sont des valeurs fictives, car la pluviométrie de Vélingara ne correspond pas à celle sur le bassin versant de la Kayanga. Ils n'ont qu'une valeur relative destinée avant tout à définir l'allure de courbe exprimant le coefficient d'écoulement en fonction de la fréquence. Cette courbe est donnée dans la figure 2-16.

La pluviométrie de Vélingara a été considérée comme représentative pour le bassin de l'Anambé, ainsi les coefficients d'écoulement seront dans ce cas des valeurs correctes. L'analyse des coefficients d'écoulement définis par l'ORSTOM pour les années 1967 (humide) et 1969 (sèche) indique des valeurs comprises entre 8,4 et 2,2 %. Il est donc raisonnable d'admettre pour une année moyenne un coefficient d'écoulement de 5 % environ. En traçant à

l'estime par le point représentatif d'un coefficient d'écoulement de 5% et d'une probabilité de 50% une courbe d'une allure similaire à celle obtenue pour le coefficient d'écoulement de la Kayanga, on peut estimer les coefficient d'écoulement à utiliser pour le bassin de l'Anambé. (voir figure 2-16). Le tracé de cette courbe est subjectif mais est néanmoins guidé par les valeurs extrêmes des coefficients d'écoulement observés dans le bassin de la Casamance auxquels on a arbitrairement attribué les probabilités de 80% et 10% respectivement.

Compte tenu de cette relation entre coefficient d'écoulement et fréquence de la pluviométrie annuelle à Vélingara on peut évaluer les apports annuels de l'Anambé au confluent pour différentes fréquences.

Fréquence	Pluviométrie	Coef. d'écoulement	Lame écoulée	Apport annuel Anambé
%	mm	%	mm	10^6 m^3
2	1490	9,6	143	157
5	1410	9,0	127	140
10	1330	8,4	112	123
20	1230	7,5	92	101
50	1050	5,0	53	57
80	870	2,2	19	21
90	780	1,3	10	11

Il convient de souligner le caractère nécessairement approximatif de cette évaluation des apports annuels de l'Anambé. Elle n'a été réalisée que pour préciser un ordre de grandeur raisonnable et compatible avec les observations réalisées en Casamance. Les valeurs obtenues sont en bon accord avec celles définies par l'ORSTOM. Elles sont également compatibles avec les apports annuels calculés pour la période 1976-78 à partir des observations aux ponts de Niapo et de Wassadou. Elles sont en revanche nettement inférieures à celles estimées dans l'étude GERCA. Ces dernières étaient basées sur les mesures réalisées pendant une seule saison des pluies et paraissent surestimer le coefficient de ruissellement d'autant plus que le coefficient de ruissellement déterminé pour la Casamance à Kolda pour 1962 n'atteignait que 3,4%, valeur tout à fait compatible avec celles définies plus tard par l'ORSTOM.

5.3. Evaluation des crues

L'évaluation des crues de l'Anambé est encore plus aléatoire que celle des apports annuels. Non seulement les données disponibles sont imprécises et fragmentaires mais les conditions d'écoulement dans l'Anambé sont influencées par le régime de la Kayanga et en outre la morphologie du bassin de l'Anambé permet de stocker dans sa partie basse un volume d'eau important permettant un écrêtement non négligeable des crues.

Les débits mensuels évalués pour la saison des pluies 1978 à partir des observations aux ponts de Niapo et de Wassadou suggère une distribution de l'apport annuel sur 4 mois, août - novembre, les mois extrêmes recevant chacun 10 % de l'apport annuel, les mois de septembre et octobre se partageant le reste à part égale. On peut admettre que le rapport entre débit de pointe et débit mensuel maximum sera du même ordre de grandeur que celui défini pour la Kayanga c'est-à-dire égal à 2,0 (voir paragraphe 4.2.2.). Dans ces conditions on peut évaluer à partir de l'apport annuel le débit de crue de la fréquence correspondante.

Période de retour	Débit mensuel max.	Débit de crue
1/5	16 m ³ /s	32 m ³ /s
1/10	19 m ³ /s	38 m ³ /s
1/20	22 m ³ /s	44 m ³ /s
1/50	24 m ³ /s	48 m ³ /s

Ces débits de crues peuvent paraître très faibles. Ils doivent être comparés à ceux de la Casamance à Kolda où le débit maximum observé en 10 ans a été 113m³/s pour un bassin versant de 3700 km². D'autre part les débits spécifiques de la Casamance à Fafakorou (bassin versant de 700 km²) sont encore plus faibles. Dans ces conditions les valeurs proposées pour l'Anambé ne semblent pas être sous-estimées. L'étude GERCA, basée sur la campagne de mesure réalisée en 1962 a estimé les crues décennales produites par les bassins versants de Goundaga et du Leba1 et qui sont respectivement de 9,5 m³/s pour un bassin versant de 17,4 km² et de 52 m³/s pour un bassin versant de 47 km². Ces valeurs ne sont pas en désaccord avec les débits de crues estimés pour l'Anambé. En effet les crues de petits bassins versants présentent un hydrogramme relativement pointu et leurs volumes restent modestes. La capacité de rétention du fond

de la cuvette de l'Anambé est telle que les pointes de crues des nombreux affluents sont très efficacement écrêtées.

Le bassin versant de Goundaga peut être considéré comme représentatif de ceux des affluents de l'Anambé, sa pente longitudinale varie entre 2 et 7 ‰ et la perméabilité du sol est assez élevée. Le débit spécifique de la crue décennale a été estimé dans l'étude GERCA à 550 l/s.km² pour un bassin de 17,4 km². Comme on admet en règle générale que le rapport des débits de crues de 2 bassins similaires est égal à la racine carrée du rapport de leurs surfaces respectives, le débit de crue décennale d'un bassin d'une surface comprise entre 10 et 100 km² serait $Q = 0,13. A^{1/2}$, "A" étant la surface du bassin versant.

6. ETUDE DE LA PLUVIOMETRIE REGIONALE

6.1. Généralités

Les études antérieures (ORSTOM, GERCA) ont montré que la pluviométrie annuelle diminuait du sud vers le nord. Dans la région de la Casamance comprise entre Kolda et Vélingara les isohyètes annuelles sont orientées approximativement est-ouest et à un déplacement de 20 à 25 km vers le nord correspond une diminution des précipitations annuelles moyennes de 100 mm. (figure 2-1a)

Les précipitations sont concentrées durant 5 mois, de juin à octobre, en une seule saison des pluies, liées au déplacement du front intertropical pendant l'année.

L'analyse des caractéristiques des précipitations durant l'année, en particulier leur répartition mensuelle et décadaire, la relation intensité-durée - fréquence ainsi que le début et la fin de l'hivernage, ne peut être réalisée valablement que lorsqu'on dispose de données s'étendant sur des périodes suffisamment longues. Seules, les stations de Kolda, Tambacounda, Vélingara et Bassé satisfont cette condition puisqu'on y dispose de respectivement 56, 55, 44 et 27 ans d'observation. En revanche l'analyse de la distribution des précipitations dans le bassin de l'Anambé nécessite un réseau d'observation plus dense qui n'a été mis en place que durant l'été 1978. On ne dispose ainsi que d'un laps de temps très court qui peut néanmoins permettre une première évaluation de la distribution spatiale des averses.

6.2. Analyse des précipitations mensuelles

L'objectif de cette analyse n'étant pas la définition des événements extrêmes il n'a pas été jugé nécessaire de rechercher un ajustement par l'une ou l'autre loi statistique. En outre, les séries d'observation sont suffisamment longues pour que les valeurs expérimentales pour les diverses probabilités de dépassement étudiées correspondent aux valeurs théoriques. Les valeurs données dans le tableau 2-11 et reportées graphiquement dans la figure 2-17 correspondent donc aux fréquences expérimentales. L'analyse de ces tableau et graphique appelle les commentaires suivants :

- La distribution statistique des différentes précipitations mensuelles n'est pas symétrique, les moyennes arithmétiques ne coïncident pas avec les valeurs médianes.
- En règle générale on observe entre les rapports des valeurs mensuelles correspondantes, définies aux 3 stations considérées, la même tendance qu'entre les valeurs annuelles, à savoir Kolda - Vélingara - Bassé, en les classant par ordre d'importance.

Le graphique de la figure 2 - 18 met en évidence l'homogénéité des distributions des précipitations dans l'année aux 3 stations considérées. On peut voir en effet que les moyennes des rapports des précipitations mensuelles et annuelles correspondantes sont très proches pour ces 3 stations. On peut ainsi considérer la distribution mensuelle (exprimée en pourcent de la pluviométrie annuelle) définie pour Vélingara comme représentative pour l'ensemble de la région et en particulier pour le bassin de l'Anambé. Le graphique de la figure 2 - 18 indique en outre la plage de variation possible des pourcentages mensuels de la pluviométrie annuelle, les limites supérieures et inférieures encadrant pour chaque mois 80 % des observations réalisées.

6.3. Analyse des précipitations décadaires

L'analyse des précipitations décadaires a été faite de la même manière que celle des précipitations mensuelles, c'est-à-dire en déterminant pour chaque décade les probabilités de dépassement expérimentales. Les résultats de cette analyse, concernant les stations de Kolda, Vélingara et Bassé sont donnés dans le tableau 2 - 12 et dans les graphiques de la figure 2 - 19. Ils appellent les commentaires suivants :

- On peut en règle générale classer les précipitations décadaires dans l'ordre décroissant Kolda - Vélingara - Bassé défini aussi bien pour les précipitations mensuelles que pour les pluviométries annuelles.
- Le maximum des précipitations décadaires se produit pour pratiquement toutes les fréquences considérées durant la dernière décade du mois d'août.

- A Vélingara on constate l'existence d'un second maximum des précipitations décadaires se produisant dans la première décade de juillet ou dans la dernière de juin. Ce phénomène est nettement moins accentué ou quasi inexistant à Kolda et Bassé. Il pourrait refléter l'influence du régime subéquatorial présentant une petite saison sèche de juillet à août. Cette influence se faisant encore sentir à Vélingara mais s'atténuant en directions nord et ouest.
- La distribution statistique des différentes précipitations décadaires n'est pas symétrique non plus, les moyennes arithmétiques ne coïncidant pas avec les valeurs médianes.

6.4. Relation intensité - fréquence - durée

Les précipitations journalières ne sont disponibles que pour les stations de Kolda et de Vélingara et pour ces deux stations les précipitations maximum annuelles de différentes durées ont été analysées. Comme il a été mentionné au paragraphe 4.2.2., on a considéré des durées de 1, 2, 3, 4 et 5 jours. Les familles de courbes "intensité - fréquence - durée" pour les fréquences $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ et $1/10$ sont données pour ces deux stations à la figure 2-20. L'analyse de ces graphiques appelle les commentaires suivants :

- Les fréquences expérimentales utilisées permettent de tracer des familles de courbes régulières, l'ajustement d'une loi de Gumbel n'a été utilisé que pour l'évaluation des valeurs extrêmes.
- Les valeurs obtenues pour Kolda et Vélingara sont très voisines, ce qui indique que l'intensité des précipitations n'est pas fonction de la pluviométrie annuelle pour les fréquences considérées.

La seule station où l'on dispose de données pluviométriques pour des durées inférieures à 24 h pendant un laps de temps suffisant pour permettre une analyse statistique valable est celle de Georgetown en Gambie. Les courbes "intensité - fréquence - durée" y ont été déterminées pour des durées comprises entre 1 et 12 h et pour les fréquences $1/2$, $1/3$, $1/5$ et $1/10$. Comme l'analyse des précipitations extrêmes à Kolda et Vélingara a mis en évidence

L'uniformité régionale de cette caractéristique des précipitations, on est en droit d'admettre que les courbes "intensité - fréquence - durée" définies pour Georgetown sont valables également pour Vélingara et Kolda. La figure 2 - 21 confirme cette hypothèse, les points représentatifs des précipitations maximum de 1, 3, 6 et 12 h. à Georgetown, s'alignent en présentation double logarithmique avec ceux représentatifs des averses maximum de 1, 2, 3, 4 et 5 jours à Vélingara.

Dans ces conditions, les familles de courbes de la figure 2 -21 sont représentatives également pour les caractéristiques des averses de courtes durées dans le bassin de l'Anambé.

6.5. Début et fin de l'hivernage - périodes de sécheresse

Le début de la saison des pluies est une date importante car il conditionne les semis. Il est donc indispensable de chercher à définir entre quelles dates cet évènement est susceptible de se produire ainsi que le moment de la fin de l'hivernage.

La notion de début et de fin d'hivernage est subjective et dans la présente étude les critères suivants ont été adoptés :

- le début de l'hivernage correspond à la date de la première pluie annuelle égale ou supérieure à 20 mm.
- la fin de l'hivernage correspond à la date de la dernière pluie annuelle égale ou supérieure à 5 mm.

L'analyse des précipitations journalières à Vélingara et Kolda a permis de définir pour ces deux stations et pour chaque année les dates de début et fin d'hivernage. L'analyse statistique de ces dates a permis de tracer les courbes indiquant la probabilité que l'hivernage débute avant ou se termine après une date donnée. Ces courbes sont représentées à la figure 2 - 22 et le tableau ci-après en résume certaines valeurs caractéristiques :

	Vélingara	Kolda
Début de l'hivernage		
avant la date indiquée :		
8 années sur 10	18 juin	20 juin
1 année sur 2	8 juin	10 juin
2 années sur 10	29 mai	1 juin
Fin de l'hivernage		
après la date indiquée :		
8 années sur 10	15 octobre	18 octobre
1 année sur 2	25 octobre	26 octobre
2 années sur 10	6 novembre	4 novembre

On peut constater un décalage d'approximativement 2 jours entre début et fin d'hivernage à Vélingara et Kolda, explicable par l'orientation des vents dominants durant la saison des pluies. En outre dans 80 % des années pendant lesquelles on dispose d'observations, la plage de variation des dates de début et de fin d'hivernage couvre une période d'environ 20 jours.

Utilisant d'autres critères pour définir la saison des pluies, l'étude SOMIVAC a proposé comme date limite pour début et fin d'hivernage couvrant 80 % des années d'observation le 23 juin et le 6 octobre, la durée de l'hivernage étant ainsi légèrement plus courte que celle définie sur la base des critères utilisés dans la présente étude.

Le risque d'occurrence d'une période de sécheresse de durée variable durant l'hivernage a été également analysé à partir des observations journalières à Vélingara et Kolda. Pour cette analyse on a considéré comme jour sans pluie toute journée où les précipitations étaient inférieures à 5 mm.

Trois périodes de 30 jours ont été considérées, à savoir 1 - 30 juin, 15 juin - 15 juillet et 1 - 30 juillet.

Des courbes "fréquence - durée des périodes sans pluie" ont été tracées pour chacune des stations et période de 30 jours étudiées. Elles sont données dans la figure 2 - 23 et leur analyse appelle les commentaires suivants :

- A durée égale, la fréquence des périodes de sécheresse au début de l'hivernage diminue plus la période de 30 jours considérée est tardive.
- La fréquence des périodes de sécheresse est plus faible à Vélingara qu'à Kolda pour la période du 1 - 30 juin. En revanche elle est presque identique pour les 2 autres périodes étudiées.

En considérant les résultats obtenus pour Vélingara comme représentatifs des précipitations ponctuelles sur le bassin de l'Anambé, on peut établir une matrice donnant pour chaque période de 30 jours la durée des périodes de sécheresse en fonction de leur probabilité d'occurrence.

	1 an sur 2	1 an sur 5	1 an sur 10
1.06 - 30.06	11 jours	15 jours	20 jours
15.06 - 15.07	9 jours	11 jours	13 jours
1.07 - 30.07	8 jours	10 jours	10 jours

6.6. Pluviométrie sur le bassin de l'Anambé et distribution spatiale

Les stations de Vélingara et de Kounkané encadrent au nord et au sud-est le bassin de l'Anambé. On dispose à ces 2 stations de 14 années d'observation communes qui permettent une analyse comparée. Les caractéristiques de la période 1965 - 78 sont les suivantes :

	Vélingara	Kounkané
moyenne	872 mm	941 mm
écart type	140 mm	165 mm
coefficient de variation	0,16	0,18

La distance séparant Kounkané de Vélingara étant de 23 km, on retrouve approximativement la différence des pluviométries annuelles selon la carte des isohyètes définie par l'ORSTOM et mentionnée au paragraphe 6.1. qui précède. La corrélation entre les pluviométries annuelles est satisfaisante, le coefficient de corrélation $r = 0,79$, ce qui souligne le caractère d'homogénéité des précipitations régionales. L'équation de la droite de régression est la suivante :

$$P \text{ Kounkané} = 1,07 P \text{ Vélingara} + 133,8 \text{ (mm)}$$

La corrélation entre les précipitations mensuelles est de meilleure qualité car le coefficient de corrélation $r = 0,89$. L'équation de la droite de régression est la suivante :

$$P \text{ Kounkané} = 0,95 P \text{ Vélingara} + 18 \text{ (mm)}$$

Selon cette équation, les précipitations mensuelles à Kounkané sont légèrement supérieures à celles de Vélingara lorsque ces dernières sont inférieures à 350 mm/mois.

La pluviométrie annuelle moyenne sur le bassin de l'Anambé devrait être comprise entre les valeurs correspondantes de Vélingara et de Kounkané. Toutefois comme durant les années à faible pluviométrie on a observé des valeurs très voisines aux 2 stations (1968, 1976, 1977), il paraît prudent d'adopter pour la pluviométrie moyenne sur l'ensemble du bassin de l'Anambé, les valeurs observées à Vélingara.

La simulation de l'exploitation de la future retenue sur la Kayanga nécessite non seulement la reconstitution d'une séquence d'apports aussi longue que possible, mais la connaissance des précipitations mensuelles sur le bassin de l'Anambé pendant la même période afin de définir au plus près les lâchers d'eau d'irrigation. Les précipitations mensuelles sont connues à Vélingara depuis 1932 et il a été possible d'étendre cette séquence en recourant à des corrélations avec Kolda et Tambacounda de façon à constituer une série de 61 années complètes qui sont données dans le tableau 2 - 13.

Un réseau pluviométrique comprenant en plus des stations de Vélingara et Kounkané, 4 postes équipés de pluviomètres journaliers a été mis en place en août 1978 dans le bassin de l'Anambé. Les averses qui se sont produites entre le 20.08 et le 15.10.78 ont ainsi pu être étudiées. Les 4 postes pluviométriques installés en août 1978 sont ceux d'Anambé, Awataba, Kérévane et Teyel (figure 2-1a). Toutefois comme les observations faites au dernier poste mentionné ne correspondaient pas aux autres, elles ont été écartées. Les précipitations moyennes ont été calculées selon la méthode des polygones de Thiessen et les résultats suivants ont été obtenus :

<u>Vélingara</u>	<u>Koukané</u>	<u>Kérévane</u>	<u>Anambé</u>	<u>Awataba</u>	<u>Bassin</u>
Précipitation totale du 20.08 - 15.10.78 (mm)					
463,3	466,6	445	494,5	433,1	455,3
Nombre de jours sans pluie (inférieur à 5 mm/j)					
25	24	34	29	36	15
Intensité journalière maximale observée (mm/j)					
92,2	67,9	59	56	72	46,7

L'analyse de ces résultats met en évidence les points suivants :

- les précipitations tombées sur l'ensemble du bassin pendant la période considérée sont légèrement inférieures à celles observées aux stations de Vélingara et de Koukané. La période d'observation est cependant trop courte mais cette constatation semble justifier la représentativité des mesures de Vélingara pour l'ensemble du bassin.
- le nombre de jours sans pluie varie entre 24 et 36 et reste ainsi dans des limites relativement étroites confirmant l'homogénéité des précipitations sur le bassin. En revanche le nombre de jours sans pluie sur le bassin ne dépasse pas 15 jours, ce qui s'explique par le passage relativement lent des zones pluvieuses au-dessus du bassin.
- l'analyse des précipitations journalières montre que le coefficient d'abattement diminue rapidement avec l'augmentation de la surface considérée. Les coefficients d'abattement observés pendant les averses les plus importantes de la période sont les suivants :

Anambé	} A = 660 km ²	21.8.78	: 43,7/52 mm = 0,84
Awataba		26.8.78	: 64,0/72 mm = 0,89
Koukané		25.9.78	: 50,6/51,9mm = 0,97
Anambé	} A = 860 km ²	21.8.78	: 55,4/92,2mm = 0,60
Awataba		26.8.78	: 57,4/72,0mm = 0,80
Koukané		25.9.78	: 39,6/51,9mm = 0,76
Vélingara			

Ensemble du bassin	21.8.78	:	45,6/92,2 mm	=	0,49
(1100 km ²)	26.8.78	:	45,3/72,0 mm	=	0,63
	25.9.78	:	33,7/51,9 mm	=	0,65

Les intensités ponctuelles observées en 1978 se produisent une fois chaque année ou chaque 2 ans, et le coefficient d'abattement augmente généralement avec l'accroissement de l'intensité des averses. Les données disponibles sont cependant actuellement encore insuffisantes pour qu'il soit possible d'en tirer davantage qu'une appréciation qualitative.

7. AUTRES CARACTERISTIQUES CLIMATOLOGIQUES

7.1. Températures

Le tableau 2 - 5 récapitule les maximums et minimums mensuels absolus observés, ainsi que les moyennes mensuelles et annuelles des maximums et minimums journaliers et des moyennes journalières pour les stations de Kolda, Bassé et Séfa. Il indique en outre les moyennes mensuelles des températures du sol observées à 30 et 120 cm de profondeur à Bassé.

7.2. Humidité relative

Les moyennes mensuelles des maximums et minimums journaliers et des moyennes journalières des humidités relatives observées aux stations de Ziguinchor, Kolda, Kédougou, Bassé et Tambacounda sont récapitulées dans le tableau 2-6.

7.3. Vitesse du vent et insolation

Les valeurs moyennes des observations disponibles sont condensées dans le tableau 2-7.

7.4. Evaporation

Les valeurs mensuelles moyennes des mesures réalisées au bac ainsi qu'à l'évaporimètre Piche sont récapitulées dans le tableau 2-8. Les taux moyens d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation potentielle d'une surface d'eau sont des éléments importants aussi bien pour la définition des besoins en eau de plantes que pour l'évaluation des pertes par évaporation dans la future retenue sur la Kayanga.

En règle générale l'évaluation du taux d'évaporation d'une surface d'eau se fait à partir des mesures réalisées dans les bacs d'évaporation en utilisant un facteur correctif. Or les seules mesures dont on dispose dans la région sont celles de Djibélor et de Séfa en Basse Casamance donc

relativement influencées par la proximité de la mer. En revanche, les mesures d'évaporation au bac réalisées dans le bassin du Sénégal dans la région de Bafoulabé donnent des valeurs mensuelles proches de celles observées à Goundaga et à Kédougou.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Goundaga	202	-	-	-	-	132	136	115	108	132	150	183 mm
Kédougou	252	258	265	228	-	131	111	123	155	200	208	- mm
Bafoulabé	207	258	305	275	300	244	146	146	185	159	137	172 mm

La prise en considération pour la région intéressée par le projet, de taux d'évaporation observés dans une région aux caractéristiques plus continentales et plus sèches est prudente car ne sous-estimant pas les pertes par évaporation. En tenant compte d'un facteur correctif de 0,8 pour passer de l'évaporation au bac à celle sur une surface libre, on obtient un taux annuel d'évaporation de 2030 mm/an.

Cette valeur est confirmée par l'application de la formule de Blaney-Criddle pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle. En effet on obtient à partir des données climatologiques observées à Bassé un taux annuel d'évaporation de 2035 mm pour la zone du projet.

Si le taux annuel d'évaporation de la région de Bafoulabé correspond à celui de la Haute Casamance, la distribution des taux d'évaporation durant l'année n'y sera pas tout à fait similaire en raison des conditions climatologiques un peu différentes. C'est pourquoi il est proposé de retenir les valeurs mensuelles obtenues par l'application de la formule de Blaney-Criddle et qui sont les suivantes :

Evaporation potentielle d'une surface d'eau libre (mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
E _o	161	164	200	217	228	201	167	123	116	150	152	156	2035

Pour l'évaluation des pertes par évaporation dans la future retenue, il sera nécessaire de déduire de l'évaporation potentielle la hauteur de précipitation du mois correspondant. La pluviométrie annuelle dans la zone de la retenue étant de l'ordre de 1250 mm/an selon la carte des isohyètes de l'ORSTOM, le taux annuel des pertes par évaporation dans la retenue sera de l'ordre du mètre.

TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	2 - 1	DEBITS MENSUELS DE LA KAYANGA OBSERVES AU PONT DE NIAPO ET AU PONT DE WASSADOU
Tableau	2 - 2	DEBITS MENSUELS DE LA CASAMANCE A KOLDA
Tableau	2 - 3	MODULES ANNUELS DE LA GAMBIE, DE LA FALEME ET DU SENEGAL
Tableau	2 - 4	PLUVIOMETRIE ANNUELLE A DIFFERENTES STATIONS
Tableau	2 - 5	TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES A DIFFERENTES STATIONS
Tableau	2 - 6	HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR
Tableau	2 - 7	VITESSE DU VENT ET INSOLATION A DIFFERENTES STATIONS
Tableau	2 - 8	EVAPORATION
Tableau	2 - 9	DEBITS MENSUELS DE LA KAYANGA A NIAPO
Tableau	2 - 10	COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT POUR DIFFERENTS BASSINS VERSANTS EN CASAMANCE
Tableau	2 - 11	PRECIPITATIONS MENSUELLES A KOLDA, VELINGARA ET BASSE AVEC PROBABILITE DE DEPASSEMENT
Tableau	2 - 12	PRECIPITATIONS DECADAIRES A KOLDA, VELINGARA ET BASSE AVEC PROBABILITE DE DEPASSEMENT
Tableau	2 - 13	PRECIPITATIONS MENSUELLES A VELINGARA 1919 - 1979
Tableau	2 - 14	APPORTS MENSUELS SYNTHETIQUES AU PONT DE NIAPO EN FONCTION DES APPORTS ANNUELS DE DIFFERENTS FREQUENCES

Tableau 2 - 1

DEBITS MENSUELS DE LA KAYANGA OBSERVES AU PONT DE NIAPO
ET AU PONT DE WASSADOU (m³/s)

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Total
A) <u>PONT DE NIAPO</u>													
1962 - 63	0,7	1,3	5,2	17,8	50,0	51,5	17,7	5,6	3,7	2,7	1,8	1,0*	13,2
1967 - 68	1,0*	2,88	5,71	6,26	30,64	86,03	14,84	5,24	3,30	2,55	1,94	1,42	13,59
1968 - 69	1,17	2,29	3,60	4,52	12,54	9,21	3,15	1,81	1,38	1,12	0,99	0,82	3,56
1969 - 70	0,69	2,30	5,97	4,50	13,44	10,38	5,88	2,05	1,33	1,07	0,96	0,82	4,12
1970 - 71	0,72												
1976 - 77	0,64	0,70	2,11	1,68	4,08	5,52	1,31	0,85	0,76	0,71	0,69	0,67	1,65
1977 - 78	0,61	0,61	1,01	0,84	2,66	1,50	0,73	0,66	0,65	0,63	0,62	0,61	0,93
1978 - 79	0,6	1,8	3,8	2,5	6,3	6,4	1,7						
Moyenne	0,77	1,70	3,91	5,44	17,09	24,36	6,47	2,70	1,85	1,46	1,17	0,89	6,18
Ecart type	0,21	0,86	1,87	5,76	17,29	32,05	6,95	2,18	1,31	0,92	0,57	0,29	5,72
	* valeurs estimées												
B) <u>PONT DE WASSADOU</u>													
1976 - 77	0,35	0,43	2,22	2,05	4,82	8,07	2,35	1,23	0,90	0,70	0,58	0,52	2,03
1977 - 78	0,46	0,47	0,88	0,86	3,13	2,32	0,70	0,54	0,53	0,53	0,58	0,64	0,97
1978	0,63	2,3	4,1	3,7	9,8	11,5							

Sources : 1962-63 Rapport GERCA
 1967-71 et 76-77 Publication ORSTOM
 1977-78 et 1978 Données brutes ORSTOM, non publiées

Tableau 2 - 2

DEBITS MENSUELS DE LA CASAMANCE A KOLDA (m³/s)

	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	
1962 - 63	0,4	1,4	4,4	8,6	13,9	9,4	4,6	2,3	1,9	1,5	1,0	0,7	4,2
1967 - 68	(0,3)*	0,16	2,42	12,54	33,49	33,03	10,62	4,47	3,03	2,47	1,67	0,97	8,83
1968 - 69	0,62	0,49	1,63	2,51	4,82	7,74	2,16	1,19	0,91	0,68	0,44	0,26	1,96
1969 - 70	0,15	0,16	2,74	9,59	46,58	13,73	5,15	2,56	1,74	1,18	0,79	0,51	7,05
1970 - 71	0,32	1,25	(3,0)*	13,7	10,1	3,36	1,47	0,93	0,67	0,49	0,35	0,17	3,00
1971 - 72	0,07	0,48	6,90	12,0	12,4	6,21	2,15	1,27	0,93	0,54	0,32	0,16	3,64
1972 - 73	0,12	0,15	(1,0)*	4,0	3,8	1,92	0,89	0,43	0,26	0,16	0,08	0,03	1,08
1973 - 74	0,0	0,32	3,04	8,78	8,27	3,12	1,13	0,56	0,34	0,22	0,13	0,06	2,18
1974 - 75	0	0,19	8,6	5,02	8,15	2,96	1,04	0,51	0,41	0,17	0,07	0,03	2,30
1975 - 76	0,02	0,04	1,73	4,53	34,2	12,3	2,66	1,41	0,95	0,62	0,31	0,11	4,89
1976 - 77	0,03	0,09	2,15	5,87	7,59	7,84	2,50	0,85	0,66	0,38	0,26	0,14	2,38
1977 - 78	0,03	0,03	1,04	0,66	2,39	1,40	0,31	0,14	0,07	0,05	0,04	0,02	0,52

* valeurs estimées

Sources 1962 - 63 Rapport GERCA
 1967 - 76 Publication ORSTOM
 1977 - 78 Données brutes ORSTOM, non publiées

Tableau 2 - 3

 MODULES ANNUELS DE LA GAMBIE, DE LA FALEME
 ET DU SENEGAL (m³/s)

	GAMBIE GOULOUMBO	FALEME KIDIRA	SENEGAL BAKEL		GAMBIE GOULOUMBO	FALEME KIDIRA	SENEGAL BAKEL
1903 - 04		137	611				
1904 - 05		174	733				
1905 - 06		206	868	1950 - 51		305	1150
1906 - 07		315	1225	1951 - 52		238	840
1907 - 08		106	521	1952 - 53		220	716
1908 - 09		185	764	1953 - 54	320	131	629
1909 - 10		223	898	1954 - 55	370	262	1065
				1955 - 56	460	273	1047
1910 - 11		155	667	1956 - 57	380	256	951
1911 - 12		115	537	1957 - 58		230	1027
1912 - 13		122	561	1958 - 59	370	216	1034
1913 - 14		36	270	1959 - 60	320	203	788
1914 - 15		85	441				
1915 - 16		133	590	1960 - 61	190	145	620
1916 - 17		164	688	1961 - 62	445	246	943
1917 - 18		152	645	1962 - 63	350	219	767
1918 - 19		297	1140	1963 - 64		164	665
1919 - 20		113	529	1964 - 65	450	270	969
				1965 - 66	315	267	968
1920 - 21		204	832	1966 - 67	220	279	814
1921 - 22		85	429	1967 - 68	390	268	1038
1922 - 23		325	1217	1968 - 69	190	72	507
1923 - 24		181	754	1969 - 70	280	165	971
1924 - 25		325	1241				
1925 - 26		203	837	1970 - 71	192	128	688
1926 - 27		106	519	1971 - 72	161	150	738
1927 - 28		275	1073	1972 - 73	120	44	315
1928 - 29		228	902	1973 - 74	168	77	444
1929 - 30		225	896	1974 - 75	275	164	754
				1975 - 76	220	141	601
1930 - 31		211	836	1976 - 77	146	74	470
1931 - 32		185	737	1977 - 78	91	66	334
1932 - 33		156	765				
1933 - 34		233	833	MOYENNE	279,3	181,9	748,5
1934 - 35		192	698				
1935 - 36		338	1163				
1936 - 37		294	1231				
1937 - 38		167	643				
1938 - 39		219	806				
1939 - 40		142	558				
1940 - 41		107	429				
1941 - 42		107	417				
1942 - 43		87	435				
1943 - 44		156	664				
1944 - 45		66	330				
1945 - 46		242	943				
1946 - 47		183	743				
1947 - 48		157	665				
1948 - 49		128	571				
1949 - 50		97	466				

Tableau 2 - 4

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A DIFFERENTES STATIONS (mm)

	VELINGARA	KOLDA	BASSE	KOUNKANE		VELINGARA	KOLDA	BASSE	KOUNKANE
1922		960			1960		1115	989	
1923		1026			1961	1523	1216	1578	
1924		1403			1962	1056	1216	1106	
1925		1171			1963	935	1140	1004	
1926		1248			1964	1554	1250	1139	
1927		1519			1965	924	1178	751	997
1928		1351			1966	1035	1059	885	1011
1929		1391			1967	1096	1219	1090	1139
1930		924			1968	816	765		787
1931		841			1969	863	1410		993
1932	1068	1090							
1933		1530			1970	774	1046		914
1934	2305	1071			1971	812	1383		1046
1935	1056	1459			1972	700	873	749	814
1936	1219	1364			1973	870	1172	933	828
1937	770	999			1974	704	1019	848	868
1938	885	974			1975	1041	1188	1208	1273
1939	1141	1086			1976	827	920	803	835
1940	1152	1150			1977	685	648	684	622
1941	1288	1063			1978	1059	976	1033	1047
1942	1104	1017							
1943	1136	1558			MOYENNE	1062,8	1202,6	1023,4	941,0
1944	895	1028	826		ECART TYPE	287,8	249,1	213,1	165,0
1945	948	1071	950						
1946	1133	1378							
1947	1005	1186							
1948	972								
1949	901	1029	802						
1950	1229	1544	1239						
1951	1428	1438	1206						
1952	1163	1372	1170						
1953	980	1356	1035						
1954	778	1231	919						
1955	1257	1289	1441						
1956	963	1221	868						
1957	1419	1629	1175						
1958	1293	2152	1261						
1959		1139	964						

Tableau 2-5 : TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES A DIFFERENTES STATIONS (°C)

Station	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Maximums absolus observés														
Séfa	50-75	39	42,8	43,5	43	44	42	37,5	36	36	40,8	37,8	38,8	
Kolda	51-76	41,2	42,5	44,2	44,6	45,5	43,8	42	35,4	35,8	38,8	37,2	38,2	
Moyennes des max. journaliers														
Séfa	50-75	33,8	36,4	38,8	39,3	38,7	35,3	31,9	30,9	31,4	32,6	37,7	32,4	
Kolda	51-76	34,6	37,3	39,6	40,3	39,6	35,8	32,1	31,1	31,6	33	34,2	33,3	
Bassé	50-74	34,9	37,6	39,8	40,9	40,7	36,4	32,8	31,6	32,4	33,6	35	33,8	
Moyennes journalières														
Séfa	50-75	24,1	26,4	28,4	29,4	30,2	29,1	27,3	26,7	26,8	27,2	26,5	23,9	27,1
Kolda	51-76	23,8	26,7	29,2	30,7	31,3	29,9	27,5	26,9	27	27,6	26,6	23,7	27,6
Bassé	50-74	24,7	27,3	29,2	31,4	32,3	29,4	27,8	26,9	27,2	28,2	27,5	24,7	28,1
Tambacounda	51-72	25,1	27,7	30,1	31,8	31,9	30,2	27,4	26,7	27,0	28,0	27,4	24,7	28,2
Moyennes des minimums journaliers														
Séfa	50-75	14,4	16,2	18	19,5	21,6	22,8	22,6	22,4	22,1	21,7	19,2	15,3	
Kolda	51-76	13	16	18,9	21,2	23	24	22,9	22,7	22,5	22,3	18,9	14	
Bassé	50-74	14,5	17	18,6	21,8	24	23,4	22,8	22,1	22,1	22,7	20	15,6	
Minimums absolus observés														
Séfa	50-75	7,1	10,9	12,5	15	14,5	15	15,9	12	15	16,8	10	8,5	
Kolda	51-76	6	8,6	11,2	16,2	18,3	19,2	18,7	19	18,6	16,6	9,2	6,8	
Températures du sol à Bassé														
Profondeur														
- 30 cm	72-77	27,1	29,3	32,5	35,6	37	34,1	31	29,6	29,7	31	30,1	27,5	31,2
- 120 cm	72-77	29,3	30,4	32,6	35	36,7	35,3	33,2	34,7	31,1	32,3	32,2	30,1	32,5

Tableau 2-6 : HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR (%)

Station	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Moyennes mensuelles des maximums														
Ziguinchor	51-76	87,5	87,7	89,2	90,1	92,4	92,4	94	97,6	98,6	98,7	98,2	26,8	93,6
Kolda	51-76	88,6	82,3	81,6	80,6	83,3	91,5	96,8	97,5	97,5	97,9	97,8	94,8	90,9
Kédougou	71-76	44,8	46,7	46,3	53,7	67,3	88,1	95,8	88,2	98,7	95,8	84,5	64,5	73,7
Bassé	72-77	85	83	83	87	87	95	98	99	99	99	97	91	92
Tambacounda	71-76	37,3	37,1	37,4	42,1	55,4	80,2	95,1	98,3	98,8	97,7	84,6	58,2	68,5
Moyennes mensuelles														
Ziguinchor	51-76	57,7	56,5	56,6	58,4	65,2	65,2	72,3	81,3	84,1	82,6	78,7	70,9	68,9
Kolda	51-76	53,5	49,5	49,4	50,4	56	69,2	79,4	82,8	81,9	78,5	69,1	60	65
Kédougou	1/2(max+min)	30,2	32,2	29,9	37,5	48,4	68,6	79,3	82,5	80,9	72,7	57,0	42,3	55,1
Bassé	72-77	31	28	30	32	40	57	74	79	80	74	56	44	52,1
Tambacounda	1/2(max+min)	24	23,8	24	27,2	36,9	59	77	82	80,9	71,9	53,6	37,4	49,8
Moyennes mensuelles des minimums														
Ziguinchor	51-76	27,8	25,4	23,9	26,7	37,9	50,5	50,5	65	69,6	66,5	59,3	45	44,3
Kolda	51-76	18,4	16,8	17,1	20,1	28,8	46,8	61,9	68,1	66,2	59,1	40,4	25,3	39,1
Kédougou	71-76	15,6	17,8	13,4	21,3	29,6	49,2	62,8	66,8	62,2	49,7	29,6	20	41,9
Bassé	72-77	10	9	7	10	15	25	41	55	54	35	17	14	24
Tambacounda	71-76	10,6	10,1	10,6	12,2	18,4	37,7	58,9	65,6	62,9	46,0	22,5	16,6	39

Tableau 2-7 : VITESSE DU VENT ET INSOLATION A DIFFERENTES STATIONS

Station	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Vitesses moyennes du vent		m/s												
Bassé	72-77	1,5	2,2	2,2	2,3	2,6	2,6	2,1	1,9	1,5	1,3	1,4	1,6	2,0
Insolation en heures/mois														
Ziguinchor	51-76	245,6	247,6	297,4	298,4	292,1	108,7	164,4	140	163,3	218,8	245,7	224,5	228,4
Séfa	66-75	278,5	269	299,6	300,5	298,5	242,3	208,6	185,8	186,8	233,8	253	261,2	251,4
Kolda	51-76	270,3	257,9	291,9	288,3	284,6	236,7	211,1	181,2	180,5	226,3	244,1	245,2	264
Tambacounda	51-70	229,4	238	294,5	282	257,3	237	176,7	155	180	217	237	201,5	225,5

Tableau 2-8 : EVAPORATION (mm)

A. MESURES AU BAC

Station	Type	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	mm/an
Djibelor	Class.A	74-76	147	157	203	222	215	182	116	96	112	124	124	119	1817
Séfa	Class.A	70-71	201,5	224	294,5	309	303,8	216	124	93	111	139	153	155	2323,9
Dioulacolou	Colorado	63								161	150	140	180	192	
Goundaga	Colorado	62/3	202					132	136	115	108	132	150	183	
Kédougou	Class.A		252	258	265	228			131	111	123	155	200	208	
Bassé	Class.A	77-78	167	193	257	279	285	228	214	198	192	167	138	121	2439

B. EVAPORIMETRE PICHE

Station	Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	mm/an
Ziguinchor	51-76	150,4	161	189,1	172,5	159,7	109,5	62	48,1	49,5	63,6	90	127,1	1388
Séfa	64-75	274,3	268,6	325,9	302,9	242,4	142,4	68,3	45	44	62,6	120,3	194,8	2091,9
Kolda	51-76	195,4	221,4	277,5	271,2	258,8	156,6	77,3	54,4	52,1	64,2	100,9	149,4	1879
Kédougou	71-76	279	285,6	350,3	333	270	126	65,1	50	54	93	162	214	2282
Bassé	72-77	282,1	313,6	378,2	405	390,6	243	127,1	83,7	72	93	165	213,9	2767,2
Tambacounda		325,5	331,7	378,2	372	353,4	219	102,3	65,1	57	93	171	241,8	2710

Tableau 2-9: DEBITS MENSUELS DE LA KAYANGA A NIAPO (m³/s)

ANNEE	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MODULE
1903/4	0.7	1.8	5.3	5.8	19.7	22.2	6.1	2.3	1.5	1.2	0.9	0.7	5.7
1904	0.7	2.3	7.7	8.5	29.6	33.5	8.9	3.1	2.0	1.4	1.0	0.7	8.3
1905	0.7	2.8	9.3	10.8	38.3	43.3	11.3	3.2	2.3	1.6	1.1	0.7	10.5
1906	0.7	2.9	10.4	11.5	41.0	46.4	12.1	4.0	2.4	1.7	1.1	0.7	11.3
1907	0.7	1.3	3.3	3.6	11.3	12.7	3.7	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	3.5
1908	0.7	2.5	8.4	9.3	32.6	38.9	9.7	5.4	2.1	1.5	1.1	0.7	9.1
1909	0.7	3.0	10.9	12.0	42.9	48.5	12.6	4.2	2.5	1.8	1.2	0.7	11.7
1910	0.7	2.0	6.5	7.1	24.5	27.7	7.4	2.7	1.7	1.3	1.0	0.7	5.9
1911	0.7	1.4	3.9	4.2	13.7	15.5	4.4	1.8	1.3	1.0	0.9	0.7	4.1
1912	0.7	1.5	4.3	4.7	15.6	17.6	4.9	2.0	1.4	1.1	0.9	0.7	4.6
1913	0.4	0.4	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
1914	0.7	1.0	1.9	2.0	5.8	6.5	2.1	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	2.0
1915	0.7	1.7	5.0	5.5	18.6	21.0	5.8	2.2	1.5	1.2	0.9	0.7	5.4
1916	0.7	2.2	7.0	7.7	26.9	30.4	8.1	2.9	1.8	1.4	1.0	0.7	7.6
1917	0.7	2.0	6.3	6.9	23.7	26.8	7.2	2.6	1.7	1.3	1.0	0.7	6.7
1918	0.7	4.5	17.1	19.0	68.9	78.0	20.0	6.3	3.6	2.4	1.4	0.7	15.5
1919	0.7	1.4	3.7	4.1	13.2	14.9	4.2	1.8	1.3	1.0	0.9	0.7	4.0
1920	0.7	2.8	9.6	10.6	37.7	42.7	11.2	3.8	2.3	1.6	1.1	0.7	10.4
1921	0.7	1.0	1.9	2.0	5.8	6.5	2.1	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	2.0
1922	0.7	4.5	17.5	19.3	70.4	79.7	20.4	6.5	3.7	2.4	1.4	0.7	19.9
1923	0.7	2.4	8.1	9.0	31.5	35.6	9.4	3.3	2.0	1.5	1.1	0.7	8.8
1924	0.7	4.5	17.5	19.3	70.4	79.7	20.4	6.5	3.7	2.4	1.4	0.7	18.9
1925	0.7	2.7	9.6	10.6	37.5	42.4	11.1	3.8	2.3	1.6	1.1	0.7	10.3
1926	0.7	1.3	3.3	3.6	11.3	12.7	3.7	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	3.5
1927	0.7	3.8	14.2	15.7	56.9	64.4	16.6	5.4	3.1	2.1	1.3	0.7	15.4
1928	0.7	3.1	11.2	12.4	44.2	50.0	13.0	4.3	2.6	1.8	1.2	0.7	12.1
1929	0.7	3.1	11.0	12.1	43.4	49.1	12.8	4.2	2.5	1.8	1.2	0.7	11.9
1930	0.7	2.9	10.1	11.1	39.6	44.8	11.7	3.9	2.4	1.7	1.1	0.7	10.9
1931	0.7	2.5	8.4	9.3	32.6	36.9	9.7	3.4	2.1	1.5	1.1	0.7	9.1
1932	0.7	2.1	6.5	7.2	24.8	28.0	7.5	2.7	1.8	1.3	1.0	0.7	7.0
1933	0.7	3.2	11.5	12.7	45.6	51.5	13.4	4.4	2.6	1.8	1.2	0.7	12.4
1934	0.7	2.6	8.9	9.8	34.5	39.0	10.3	3.5	2.2	1.6	1.1	0.7	9.6
1935	0.7	4.7	18.3	20.3	73.9	83.7	21.4	6.8	3.8	2.5	1.5	0.7	19.9
1936	0.7	4.1	15.5	17.1	62.0	70.2	18.0	5.8	3.3	2.2	1.4	0.7	16.7
1937	0.7	2.2	7.2	8.0	27.8	31.4	8.4	3.0	1.9	1.4	1.0	0.7	7.8
1938	0.7	3.0	10.6	11.7	41.0	47.3	12.3	4.1	2.5	1.7	1.2	0.7	11.5
1939	0.7	1.8	5.6	6.2	21.0	23.7	6.5	2.4	1.6	1.2	0.9	0.7	6.0
1940	0.7	1.3	3.3	3.6	11.6	13.0	3.8	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	3.6
1941	0.7	1.3	3.3	3.6	11.6	13.0	3.8	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	3.6
1942	0.7	1.0	2.0	2.2	6.3	7.1	2.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	2.2
1943	0.7	2.1	6.5	7.2	24.8	28.0	7.5	2.7	1.8	1.3	1.0	0.7	7.0
1944	0.5	0.6	0.9	0.9	2.0	2.2	0.9	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.9
1945	0.7	3.3	12.1	13.4	48.0	54.3	14.1	4.6	2.7	1.9	1.2	0.7	13.1
1946	0.7	2.4	8.3	9.1	32.1	36.2	9.6	3.3	2.1	1.5	1.1	0.7	8.9
1947	0.7	2.1	6.6	7.2	25.1	28.3	7.6	2.7	1.8	1.3	1.0	0.7	7.1
1948	0.7	1.6	4.7	5.1	17.2	19.4	5.4	2.1	1.4	1.1	0.9	0.7	5.0
1949	0.7	1.2	2.7	2.9	8.9	10.0	3.0	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7	2.9
1950	0.7	4.3	16.2	17.9	65.0	73.6	18.9	6.0	3.5	2.3	1.4	0.7	17.5
1951	0.7	3.3	11.8	13.1	46.9	53.1	13.8	4.5	2.7	1.9	1.2	0.7	12.8
1952	0.7	3.0	10.7	11.8	42.1	47.6	12.4	4.1	2.5	1.7	1.2	0.7	11.5
1953	0.7	1.7	4.9	5.4	18.0	20.3	5.6	2.2	1.5	1.2	0.9	0.7	5.3
1954	0.7	3.4	13.4	14.8	53.4	60.4	15.6	5.1	3.0	2.0	1.3	0.7	14.5
1955	0.7	3.4	14.1	15.6	56.4	63.8	16.4	5.3	3.1	2.1	1.3	0.7	15.3
1956	0.7	3.5	13.0	14.4	51.8	58.6	15.1	4.9	2.9	2.0	1.3	0.7	14.1
1957	0.7	3.1	11.3	12.5	44.8	50.6	13.1	4.4	2.6	1.8	1.2	0.7	12.2
1958	0.7	2.9	10.4	11.5	41.0	46.3	12.1	4.0	2.4	1.7	1.1	0.7	11.2
1959	0.7	2.7	9.6	10.6	37.5	42.4	11.1	3.8	2.3	1.6	1.1	0.7	10.3
1960	0.7	1.9	5.8	6.4	21.8	24.6	6.7	2.5	1.6	1.2	1.0	0.7	6.2
1961	0.7	3.4	12.4	13.7	49.1	55.5	14.4	4.7	2.8	1.9	1.2	0.7	13.4
1962	0.7	3.3	12.2	13.5	48.5	54.8	14.2	4.7	2.8	1.9	1.2	0.7	13.2
1963	0.7	2.2	7.0	7.7	26.9	30.4	8.1	2.9	1.8	1.4	1.0	0.7	7.6
1964	0.7	3.7	13.9	15.4	55.6	62.9	16.2	5.2	3.1	2.1	1.3	0.7	15.1
1965	0.7	2.4	7.9	8.7	30.5	34.4	9.1	3.2	2.0	1.5	1.0	0.7	8.5
1966	0.7	3.9	14.5	16.0	58.0	65.6	16.9	5.4	3.2	2.1	1.3	0.7	15.7
1967	0.7	3.4	12.6	13.9	50.0	56.5	14.6	4.8	2.8	1.9	1.2	0.7	13.6
1968	0.7	1.3	3.3	3.6	11.6	13.0	3.8	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	3.6
1969	0.7	1.4	3.9	4.2	13.7	15.4	4.4	1.8	1.3	1.0	0.9	0.7	4.1
1970	0.7	1.6	4.7	5.1	17.2	19.4	5.4	2.1	1.4	1.1	0.9	0.7	5.0
1971	0.7	2.0	6.1	6.7	23.2	26.2	7.1	2.6	1.7	1.3	1.0	0.7	6.6
1972	0.5	0.5	0.6	0.6	1.0	1.1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
1973	0.6	0.8	1.4	1.5	3.8	4.2	1.5	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	1.4
1974	0.7	2.2	7.0	7.7	26.9	30.4	8.1	2.9	1.8	1.4	1.0	0.7	7.6
1975	0.7	1.8	5.5	6.1	20.7	23.4	6.4	2.4	1.6	1.2	0.9	0.7	6.0
1976	0.6	0.9	1.6	1.7	4.5	5.0	1.7	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	1.8
1977/8	0.5	0.6	0.9	0.9	2.0	2.2	1.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.9
MOD.	0.7	2.4	8.1	8.9	31.3	35.4	9.3	3.2	2.0	1.5	1.0	0.7	8.7
E.T.	0.1	1.1	4.6	5.1	19.1	21.6	5.4	1.6	0.8	0.5	0.2	0.1	5.0

Tableau 2-10 : COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT POUR DIFFERENTS BASSINS VERSANTS
EN CASAMANCE

Bassin	Surface km ²	Année	Lame d'eau écoulée mm	Pluviométrie annuelle mm	Coeff. de ruissellement %	Crue maximum m ³ /s
<u>Kayanga</u>	1755	1967	242	1200	20,2	135
		1968	63,2	900	7,0	32
		1969	74,2	1000	7,4	23
<u>Casamance Kolda</u>	3700	1967	75,1	1200	6,3	46
		1968	16,2	750	2,2	14
		1969	60,2	1100	5,5	116
Fafakorou	700	1968	23,5	750	3,1	6
		1969	16,7	750	2,2	5
Sare Sara	815	1967	105,5	1250	8,4	20
		1968	25,8	800	3,2	8
		1969	108	1400	7,7	260
Sare Kowayel	640	1969	21,4	1200	1,8	12,5
Madina Omar	385	1967	72,8	1250	5,8	7,5
		1968	25,0	780	3,2	4
		1969	53,3	1000	5,3	11

Source : ORSTHOM

Tableau 2-11 : PRECIPITATIONS MENSUELLES ET ANNUELLES (en mm)
A KOLDA, VELINGARA, ET BASSE, AVEC PROBABILITE
DE DEPASSEMENT

A. ATTEINTES OU DEPASSES EN N % DES ANNEES OBSERVEES

Kolda

N %	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
max	6	7,1	2,6	24,6	149,3	309,3	502,9	990,7	553,6	372,7	73,9	13,4	2152,2
10					43,1	215,4	390,3	507,3	402,5	197,6	35,9		1458,5
20					23	170,4	353,7	444,7	348,5	169,2	18,3		1382,8
50					6,1	119,2	229,9	360,8	278,7	102,2			1178,2
80						80,5	167	259,3	223,2	49,2			1017,7
90						64,7	131	194,1	194,8	37,3			920,4
min						21,4	106,5	70,8	112,3	9			648,2

Vélingara

N %	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
max	2	11,9	21,1	61	152,7	260,8	448,7	782,5	781,5	224,2	37	8	2305,3
10		0,5		2	104	213	329,8	568	428	198,5	25		1428,1
20					38,2	189,4	287,9	392,6	353	149,2	15,8		1256,6
50					10,8	129,2	193,4	297,5	258,4	82,8			1041,1
80					2,1	78,1	153,5	239,1	202,8	42,1			862,7
90						66,9	144,5	164	181,9	26,4			777,9
min						46,7	106,6	77,5	125,6	9,5			684,9

Bassé

N %	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
max		7,1		24,1	111	245,6	485,9	563,1	527,9	219,5	44,7	4,6	1577,6
10				9,9	67,6	210,8	321,6	500,4	395,5	160,3	42,9	0,2	1261,4
20					39,1	149,4	266,7	419,4	354,1	140	19,1		1206,2
50					10,4	108	191,5	300,5	237,8	61			989
80						63,1	177,5	202,9	146,8	46,7			802,9
90						56,6	119,1	115,4	96,2	32,5			749,2
min						40,9	80,3	65,6	85,2	31,2			684

B. Moyennes arithmétiques des précipitations mensuelles

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANNEE
Kolda		0,2		0,5	16,9	131,5	254,8	361,8	305,3	120,3	11	0,4	1203
Vélingara	0,05	0,45	0,5	2,4	23,8	132	217,8	313,8	275,8	90,2	5,5	0,3	1063
Bassé		0,25		1,9	22	114,1	220,9	315,7	251,9	86,3	10	0,3	1023

Tableau 2-12 : PRECIPITATIONS DECADEIRES ATTEINTES OU DEPASSEES
EN N % DES ANNEES OBSERVEES (mm)

Kolda

N %	Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
max	36	28	149	128	175	179	206	198	341	319	333	274	360	243	205	322	200	105	74	9	28
10	1	5	32	55	99	97	108	144	209	189	223	192	187	178	128	107	75	54	26	1	
20		1	21	42	73	79	83	98	147	158	171	170	147	144	107	83	54	43	5		
50			2	21	42	53	62	61	93	85	111	125	101	97	71	50	27	11			
80				3	12	19	30	36	56	47	67	79	71	57	39	24	2				
90					3	7	19	18	36	22	32	44	46	44	31	9					
min							3	5	20	3	3	33	25	6	1						

Vélingara

N %	Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
max	63	25	117	112	163	158	133	166	214	286	360	376	326	518	212	113	149	117	40	44	12
10	25	7	65	77	98	113	103	109	170	165	201	238	204	193	137	101	91	57	19	3	4
20	2	4	26	52	69	91	96	90	123	127	168	202	150	134	97	72	67	27	9		
50			6	27	39	50	62	53	77	78	89	111	101	87	63	39	24	7			
80				1	15	24	34	23	58	49	61	61	71	61	36	18	6				
90					2	9	23	20	48	39	45	36	50	54	22	8	1				
min								23		1	13	4	29	5	0	1					

Bassé (les données pour Mai et Novembre manquent)

N %	Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre		
max				109	149	137	197	243	216	258	319	265	258	258	225	164	110	88			
10				63	72	63	117	98	160	153	172	198	191	117	104	94	45	37			
20				57	65	51	101	86	111	113	152	173	125	96	101	65	32	22			
50				29	38	37	49	52	73	74	89	124	91	62	60	32	22	3			
80				8	11	17	28	26	55	30	46	48	51	37	25	16	8				
90						5	21	18	20	0	27	25	32	14	19	8					
min						3	7	9	17	0	15	3	11	2	10	7					

Tableau 2-13 PRECIPITATIONS MENSUELLES A VELINGARA 1918 - 1979 (mm)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1918	0.0	0.0	0.0	0.0	103.7	230.6	329.8	310.2	451.4	56.0	0.0	0.0
1919	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	142.6	148.1	159.1	287.1	46.8	3.6	0.0
1920	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	237.1	177.3	313.9	263.8	81.1	0.0	0.0
1921	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	101.5	184.1	164.9	286.9	52.1	0.0	0.0
1922	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	45.2	149.9	181.8	228.3	106.2	2.4	0.0
1923	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	70.4	187.8	337.9	282.1	116.3	21.8	0.0
1924	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	144.4	211.5	341.4	300.2	47.4	1.7	0.0
1925	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	103.6	144.5	275.2	227.3	148.2	0.0	0.0
1926	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	120.8	205.4	357.3	321.5	53.7	2.9	0.0
1927	0.0	0.0	0.0	0.0	93.9	124.3	161.7	339.0	219.6	91.3	31.8	0.0
1928	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0	106.5	260.0	316.1	278.7	122.4	1.6	0.0
1929	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	171.3	193.5	383.0	306.4	70.4	0.0	0.0
1930	0.0	0.0	0.0	0.0	69.4	172.8	162.5	241.5	180.6	143.3	1.4	0.0
1931	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.3	218.6	80.7	194.8	35.3	3.9	0.0
1932	0.0	0.0	0.0	0.0	59.3	15.5	210.3	352.8	318.5	9.5	0.0	0.0
1933	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	130.8	214.3	270.0	411.5	23.1	26.0	0.0
1934	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	237.1	177.3	313.9	263.8	81.1	0.0	0.0
1935	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	260.8	187.8	287.8	253.3	50.3	15.8	0.0
1936	0.0	0.0	0.0	0.0	127.3	152.8	171.6	515.5	177.4	72.5	1.4	0.0
1937	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.4	128.3	284.7	175.3	103.8	21.0	0.0
1938	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	78.1	135.4	334.9	293.2	14.2	0.0	0.0
1939	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	161.2	193.4	310.3	326.1	136.9	0.0	0.0
1940	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	148.6	159.8	274.6	348.5	215.8	0.0	0.0
1941	0.0	0.0	0.0	0.0	152.7	191.5	320.9	360.9	240.1	21.6	3.5	0.0
1942	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	133.1	253.8	250.0	299.0	121.0	18.5	0.0
1943	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	98.0	153.0	297.5	428.0	131.0	0.0	0.0
1944	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	213.0	152.0	145.0	261.0	95.0	27.0	0.0
1945	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	66.9	167.2	392.6	240.0	65.4	6.7	0.0
1946	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	170.2	276.0	359.1	231.0	96.3	0.0	0.0
1947	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.0	236.9	338.8	247.6	73.2	2.2	0.0
1948	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	189.4	169.2	242.5	264.3	101.4	0.0	0.0
1949	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	129.2	194.9	317.6	183.4	52.7	8.0	0.0
1950	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	71.9	177.3	568.0	210.4	148.5	19.0	0.0
1951	0.0	0.0	0.0	0.0	38.2	97.7	287.9	394.9	353.0	224.2	32.0	0.0
1952	0.0	0.0	0.0	0.0	104.0	126.5	293.5	77.5	373.2	188.1	0.0	0.0
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.2	374.6	204.3	197.4	93.7	4.0	0.0
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	82.5	141.1	289.4	204.0	36.3	47.6	0.0
1955	0.0	0.0	0.0	0.0	43.1	105.6	448.7	283.2	258.4	88.6	0.0	0.0
1956	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	148.6	223.4	295.4	203.1	63.2	5.3	0.0
1957	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.9	154.4	468.0	456.4	198.5	4.5	0.0
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	196.5	175.0	608.2	234.1	41.9	37.5	0.0
1959	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0	93.5	173.7	478.7	202.3	42.1	15.5	0.0
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	145.9	148.3	314.0	284.5	42.4	0.0	0.0
1961	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	152.3	277.2	665.6	342.2	76.9	0.0	0.0
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	26.5	152.8	239.4	305.8	216.5	113.3	1.5	0.0
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	66.1	173.7	331.3	203.9	149.2	67.4	0.0
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	108.7	230.6	329.8	310.2	451.4	56.0	0.0	0.0
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	49.4	238.2	239.1	287.6	87.4	19.0	0.0
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6	218.2	160.0	148.9	295.9	192.2	0.0	0.0
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	192.7	190.7	255.4	357.1	74.8	11.9	0.0
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	142.6	148.1	159.1	287.1	46.8	3.6	0.0
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	47.9	106.6	360.5	181.9	159.1	0.0	0.0
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	120.5	153.5	257.6	199.8	26.4	0.0	0.0
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	182.0	135.2	247.3	225.7	13.6	0.0	0.0
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	10.8	64.9	220.7	175.6	125.6	42.8	0.0	0.0
1973	0.0	0.0	0.0	0.0	56.3	126.7	242.9	279.2	130.1	34.7	0.0	0.0
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	46.7	222.9	206.3	166.7	55.4	3.8	0.0
1975	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	61.4	238.8	332.7	392.2	12.0	12.9	0.0
1976	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	101.5	184.1	164.9	286.9	52.1	0.0	0.0
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.8	144.5	150.4	275.1	42.1	0.0	0.0
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	133.9	297.9	300.9	202.8	91.1	13.2	0.0
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

La pluviométrie antérieure à 1932 a été reconstituée par corrélation avec Kolda et Tambacounda

Tableau 2-14 : APPORTS MENSUELS SYNTHETIQUES AU PONT DE NIAPO
EN FONCTION DES APPORTS ANNUELS DE DIFFERENTES FREQUENCES

Probabilité de dépassement			Mai	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Moyenne/Total
90 %	Débit	m ³ /s	0,7	1,1	2,6	2,8	8,4	9,4	2,9	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	2,7
	Volume	10 ⁶ m ³	1,9	2,9	7,0	7,5	21,8	25,2	7,5	3,5	2,7	2,2	2,1	1,8	86
80 %	Débit	m ³ /s	0,7	1,4	4,0	4,5	14,3	16,1	4,6	1,9	1,3	1,1	0,9	0,8	4,3
	Volume	10 ⁶ m ³	1,9	3,6	10,7	12,1	37,1	43,1	11,9	5,1	3,5	2,7	2,4	2,1	136
50 %	Débit	m ³ /s	0,7	2,0	7,5	8,4	28,5	32,1	8,5	3,0	1,9	1,4	1,1	0,7	8,0
	Volume	10 ⁶ m ³	1,9	5,2	20,1	22,5	73,9	86,0	22,0	8,0	5,1	3,4	2,9	1,8	253
20 %	Débit	m ³ /s	0,7	2,8	11,8	14,4	46,5	52,5	13,6	4,4	2,6	1,8	1,2	0,7	12,8
	Volume	10 ⁶ m ³	1,9	7,3	31,6	38,6	120,5	140,6	35,3	11,8	7,0	4,4	3,2	1,8	404
10 %	Débit	m ³ /s	0,6	3,3	14,5	16,5	57,8	65,3	16,7	5,3	3,1	2,1	1,3	0,6	15,7
	Volume	10 ⁶ m ³	1,6	8,6	38,8	44,2	149,8	174,9	43,3	14,2	8,3	5,1	3,5	1,6	494

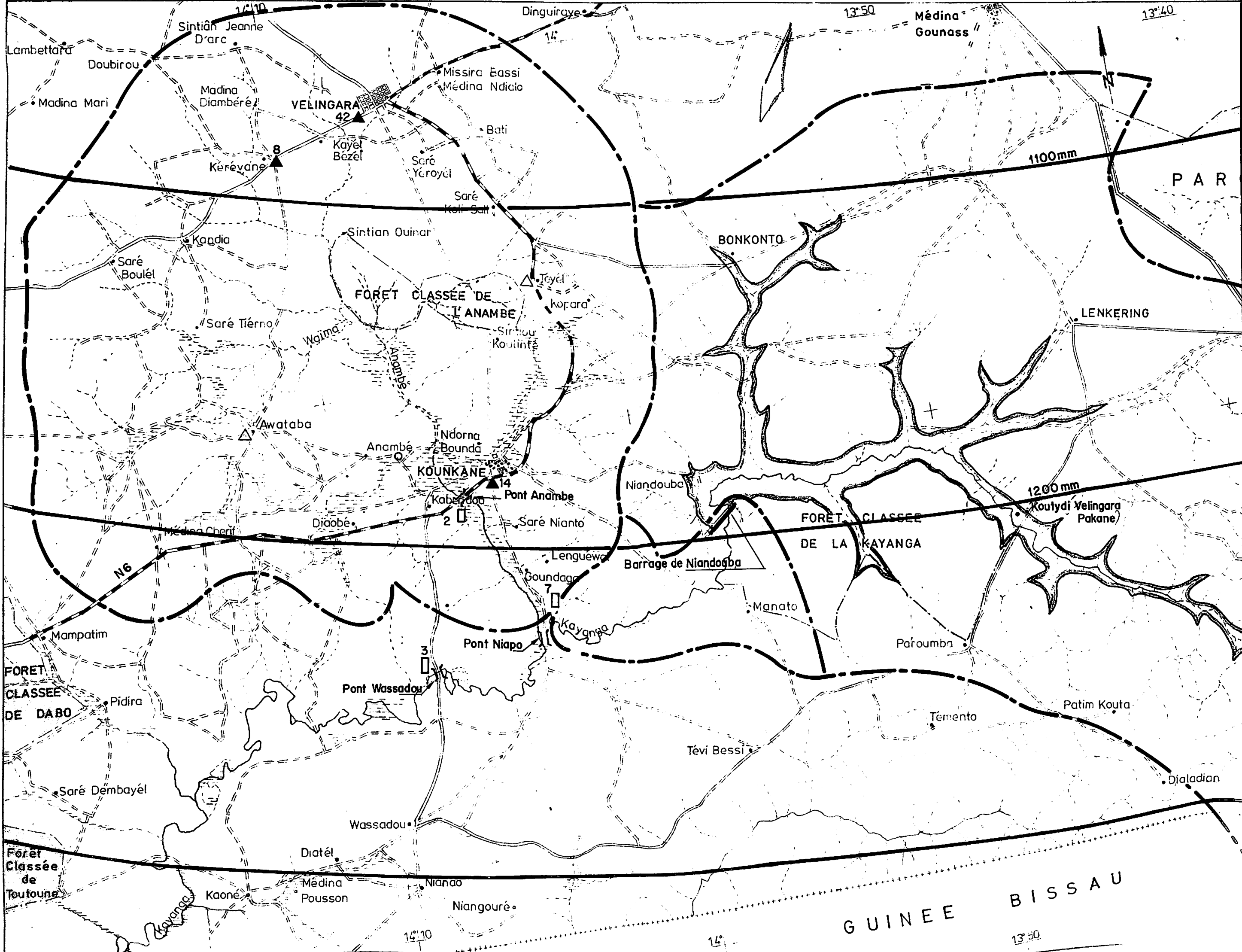
(1) Par analyse des données existantes et extension au moyen d'un modèle mathématique (voir rapport 2, paragraphe 4.1.3)

FIGURES

LISTE DES FIGURES

- Figure 2 - 1 SITUATION GENERALE (VOIR FRONTISPICE)
- Figure 2 - 1a RESEAU HYDROMETRIQUE
- Figure 2 - 2a LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1967/68
- Figure 2 - 2b LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1968/69
- Figure 2 - 2c LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1969/70
- Figure 2 - 2d LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1976/77
- Figure 2 - 2e LIMNIGRAMME KAYANGA NIAPO ET KAYANGA WASSADOU 1977/78
- Figure 2 - 2f LIMNIGRAMME KAYANGA NIAPO, KAYANGA WASSADOU ET ANAMBE, 1978
- Figure 2 - 3 KAYANGA, PONT DE NIAPO: COURBES DE TARAGE
- Figure 2 - 4 CORRELATION KAYANGA AVEC FALEME
- Figure 2 - 5 KAYANGA NIAPO: APPORT DE DECEMBRE - AVRIL EN FONCTION DE L'APPORT ANNUEL
- Figure 2 - 6 KAYANGA NIAPO: HISTOGRAMMES OBSERVES ET SIMULES
- Figure 2 - 7 KAYANGA NIAPO: DISTRIBUTION DES APPORTS ANNUELS, LOI NORMALE
- Figure 2 - 8 APPORTS ANNUELS KAYANGA: DISTRIBUTION SELON LOI LOG NORMALE
- Figure 2 - 9 APPORTS ANNUELS KAYANGA: MOYENNES GLISSANTES DE 5 ANS ET APPORTS CUMULES
- Figure 2 - 10 PLUVIOMETRIE ANNUELLE KOLDA: MOYENNES GLISSANTES DE 5 ANS
- Figure 2 - 11 HYDROGRAMMES OBSERVES ET SYNTHETIQUES
- Figure 2 - 12 KAYANGA: EVALUATION DES VOLUMES DES CRUES

- Figure 2 - 13 COURBES INTENSITE - DUREE POUR DIFFERENTES
FREQUENCES EXTREMES (VELINGARA, KOLDA)
- Figure 2 - 14 KAYANGA: EVALUATION DU VOLUME DES CRUES PAR
LA METHODE DU GRADEX
- Figure 2 - 15 KAYANGA - SITE DE NIANDOUBA: HYDROGRAMMES SYN-
THETIQUES DES CRUES
- Figure 2 - 16 COEFFICIENTS ANNUELS D'ECOULEMENT
- Figure 2 - 17 PRECIPITATIONS MENSUELLES
- Figure 2 - 18 REPARTITION DE LA PRECIPITATION MENSUELLE
- Figure 2 - 19 PRECIPITATIONS DECADAIRES
- Figure 2 - 20 COURBES INTENSITE, FREQUENCE, DUREE POUR KOLDA
ET VELINGARA
- Figure 2 - 21 INTENSITE, DUREE ET FREQUENCE DES PLUIES
- Figure 2 - 22 DEBUT ET FIN DE LA SAISON DES PLUIES
- Figure 2 - 23 PROBABILITES DES PERIODES SANS PLUIE PENDANT
3 DIFFERENTS INTERVALLES DE 30 JOURS
- Figure 2 - 24 PLUVIOMETRIE ANNUELLE A VELINGARA, KOLDA ET BASSE
DISTRIBUTION SELON LOI NORMALE



GUINEE BISSAU

13°30

Gambie

LEGENDE

ROUTES

— Bitumée

- - - Praticable

- - - Piste

▲⁷ Station pluviométrique avec période d'observation

△ Station pluviométrique installée en 1978

□⁵ Station limnimétrique avec période d'observation

○ Station climatique installée en 1978

—1000 Isohyètes moyennes annuelles

- - - Limite du bassin versant

Fleuve

Rizière

Marigot

Foret classée

ar

CO

Carrefour

Koulountou

NATIONAL
DU

Akane

N I O K O D O - K O B A

FORET CLASSEE
DE MAMPAYE

13°30

O
L
E

GUINEE

Missira

Kaouane

13°40

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTRE DU DEVELOPEMENT RURAL
SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

RESEAU HYDROMETRIQUE



ELECTROWATT
INGENIEURS-CONSEILS S.A.
ZURICH - DAKAR

DESS MOUSSO

CLM

USA

ECHELLE

DATE

NUMERO DU PLAN

ANNEXE

1/200 000

2.5.79

6158

214987

2-1a

LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1967/68

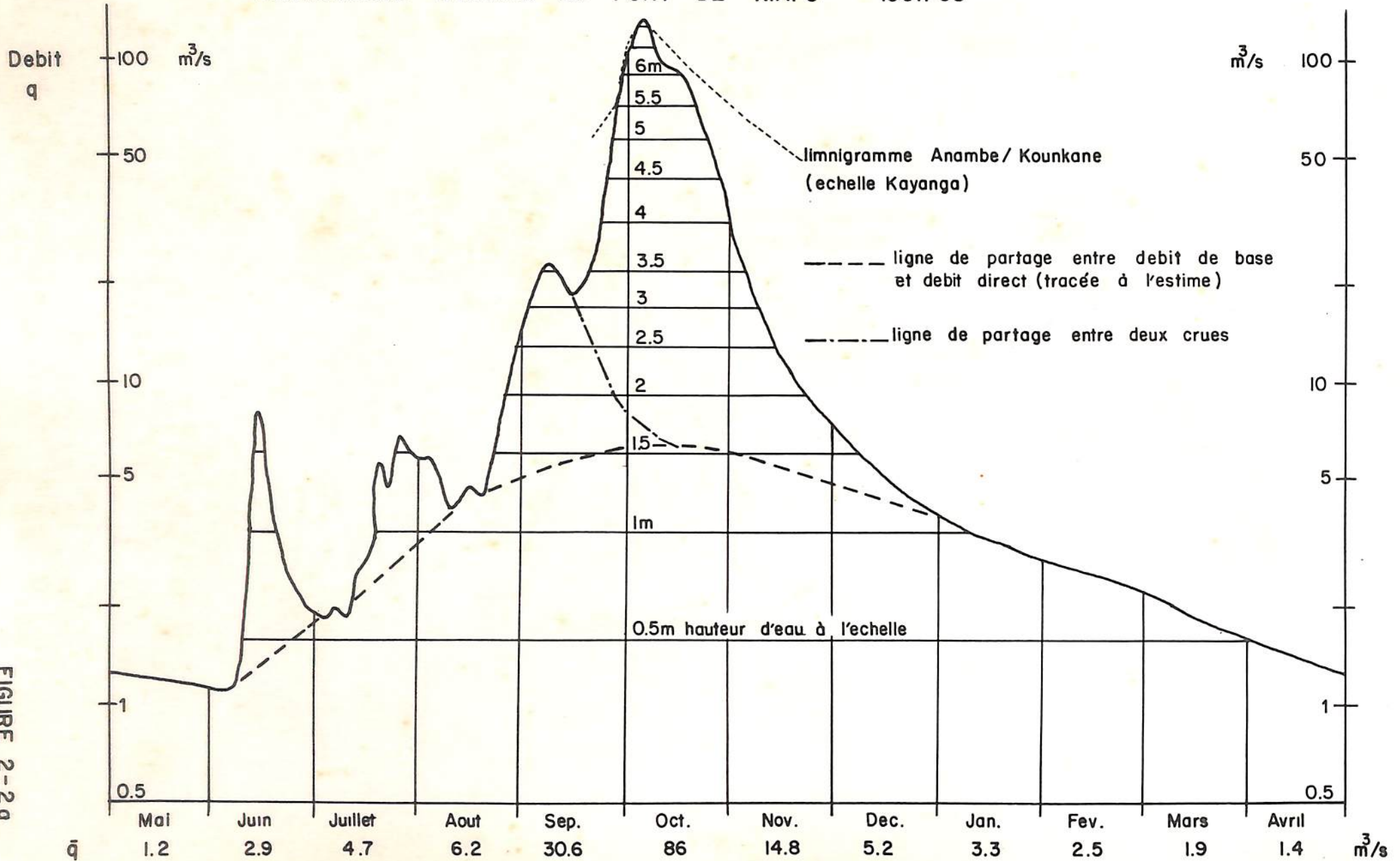


FIGURE 2-20

Debit
q

LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1968/69

m³/s

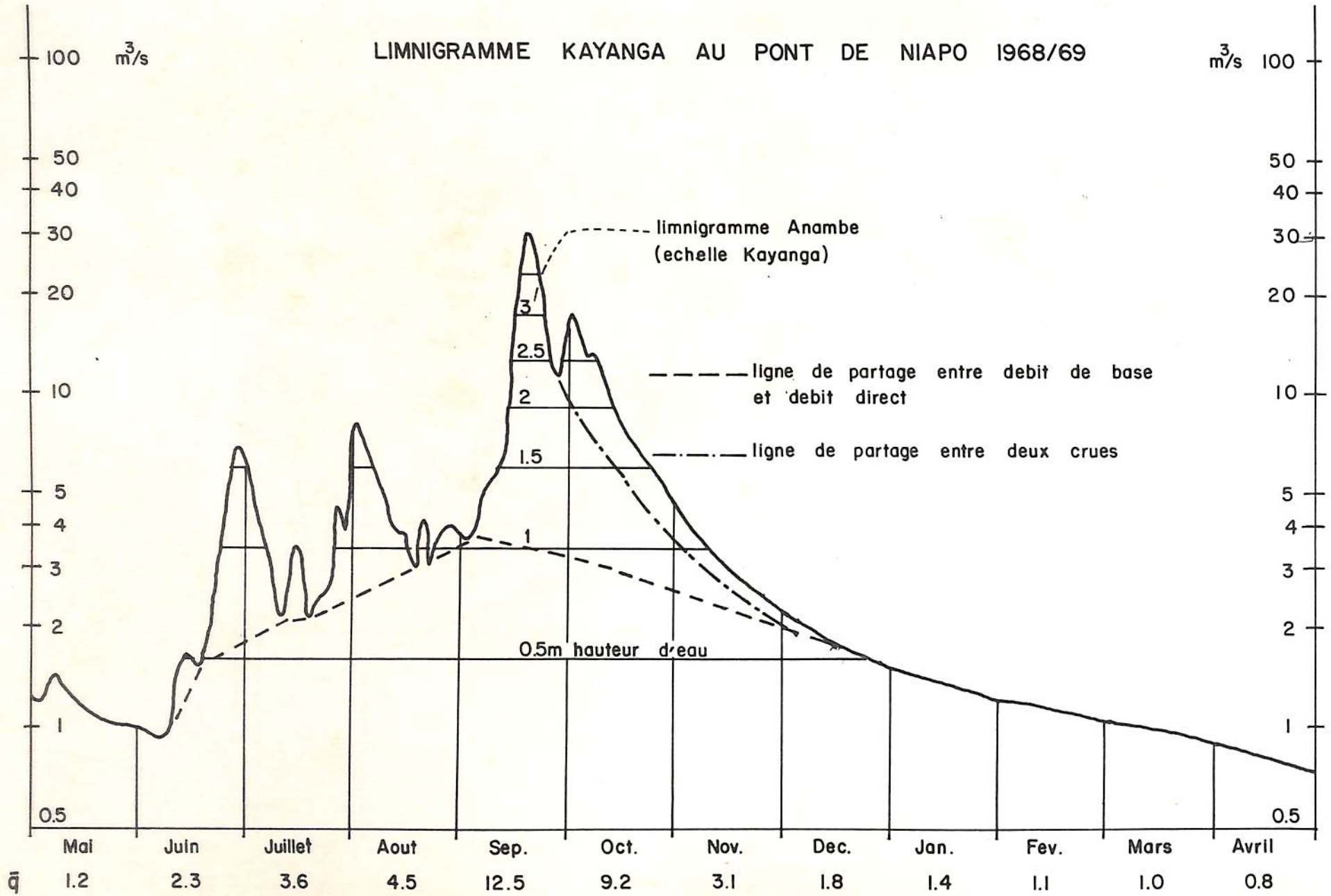


FIGURE 2-2b

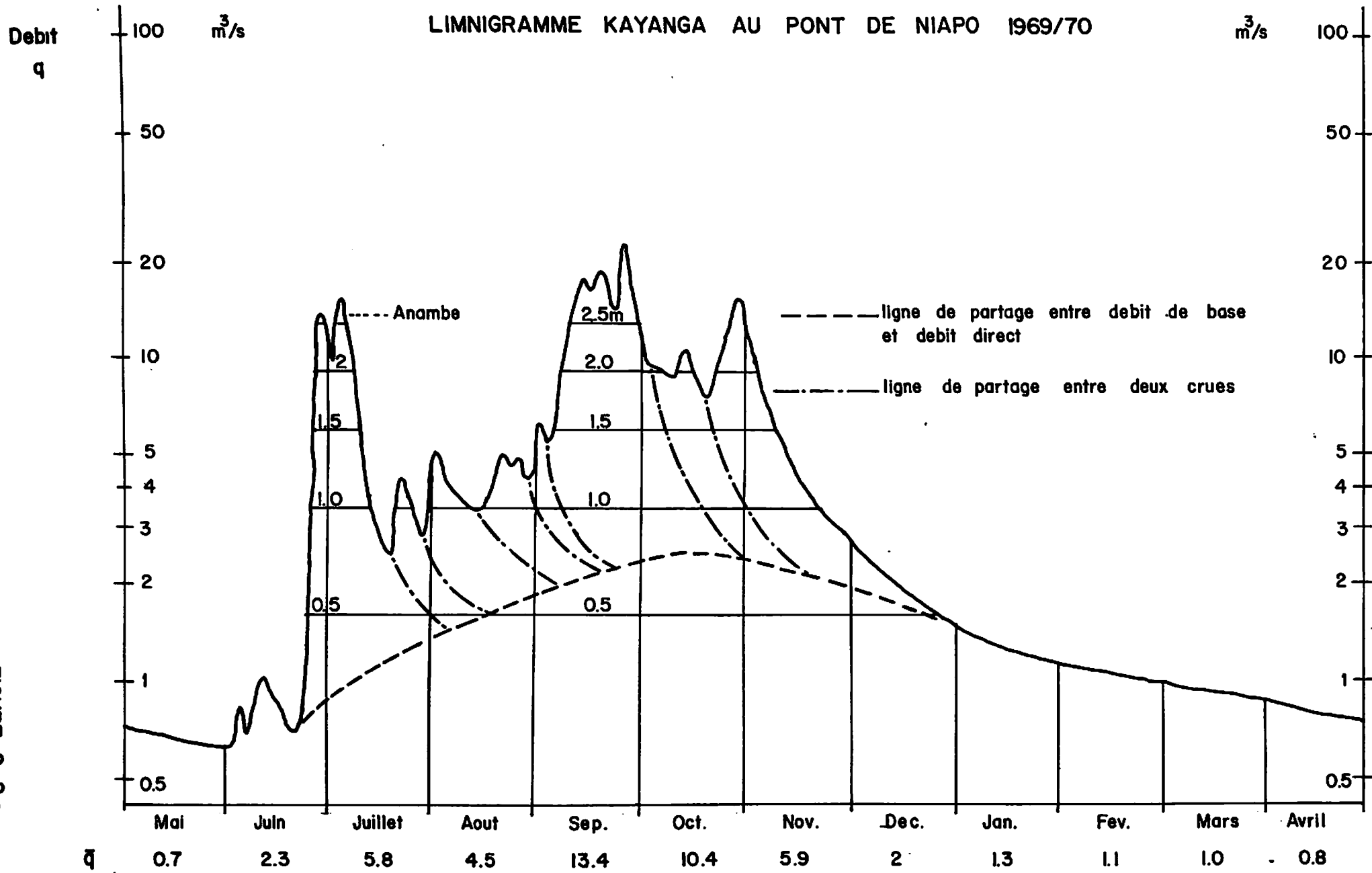


FIGURE 2-2c

Débit
q

LIMNIGRAMME KAYANGA AU PONT DE NIAPO 1976/77

m³/s

100

50

10

5

4

3

2

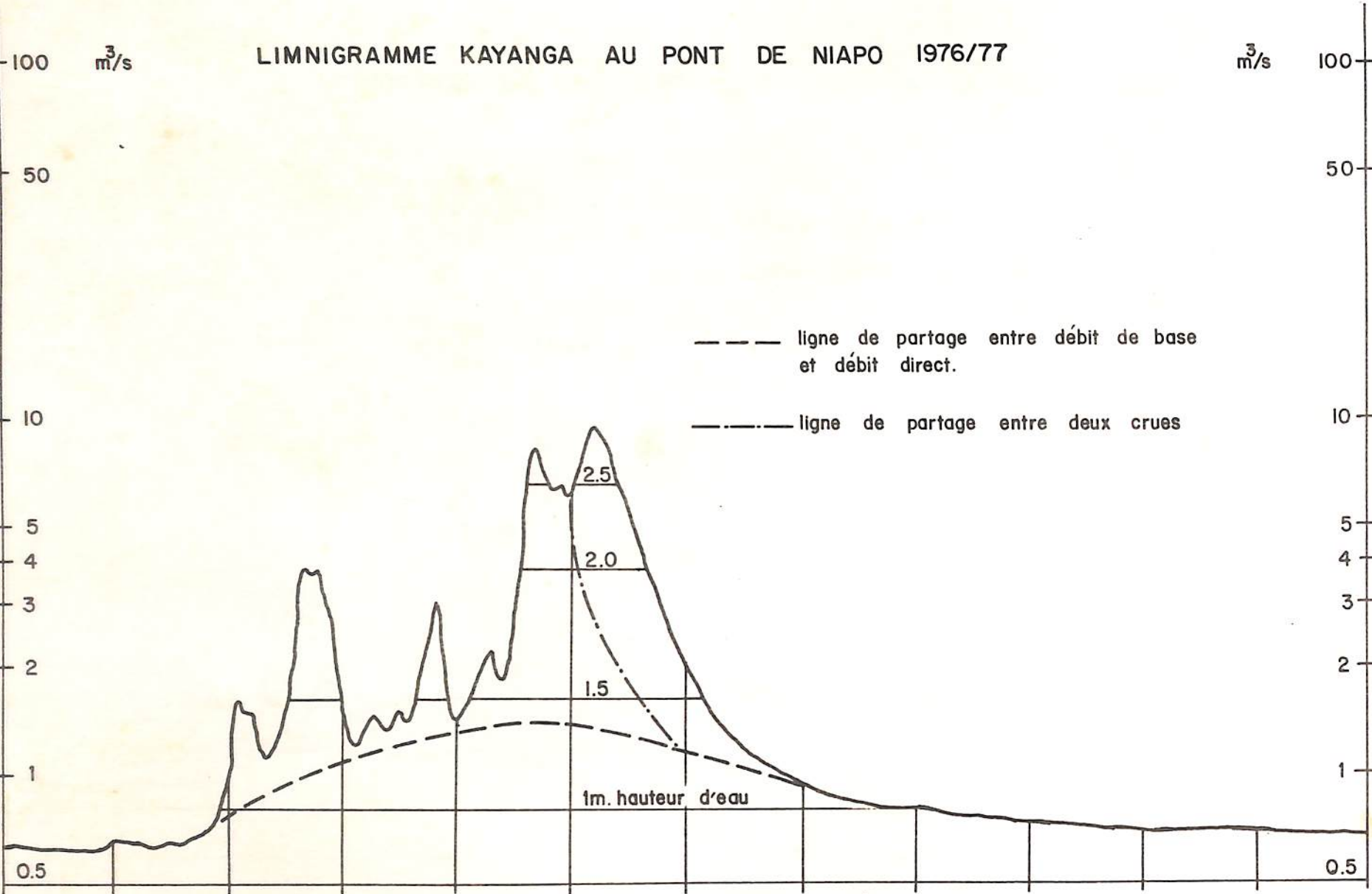
1

0.5

--- ligne de partage entre débit de base et débit direct.

-.-.- ligne de partage entre deux crues

1m. hauteur d'eau



Month	Discharge (q) m ³ /s
Mai	0.64
Juin	0.7
Juillet	2.11
Août	1.68
Sept.	4.08
Oct.	5.52
Nov.	1.31
Déc.	0.85
Jan.	0.76
Fév.	0.71
Mars	0.69
Avril	0.67

FIGURE 2-2d

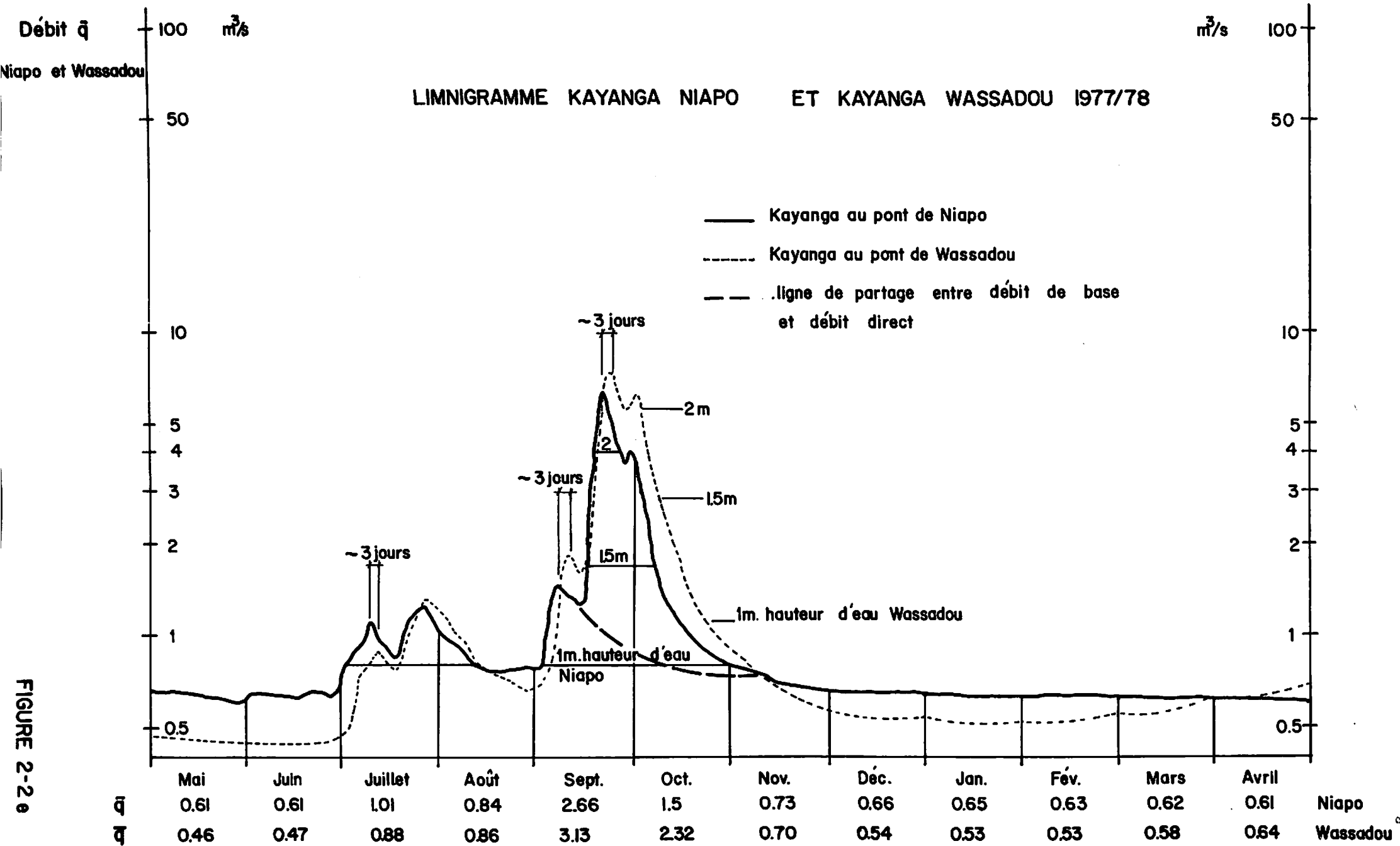


FIGURE 2-2 e

LIMNIGRAMME KAYANGA NIAPO, KAYANGA WASSADOU ET ANAMBE 1978

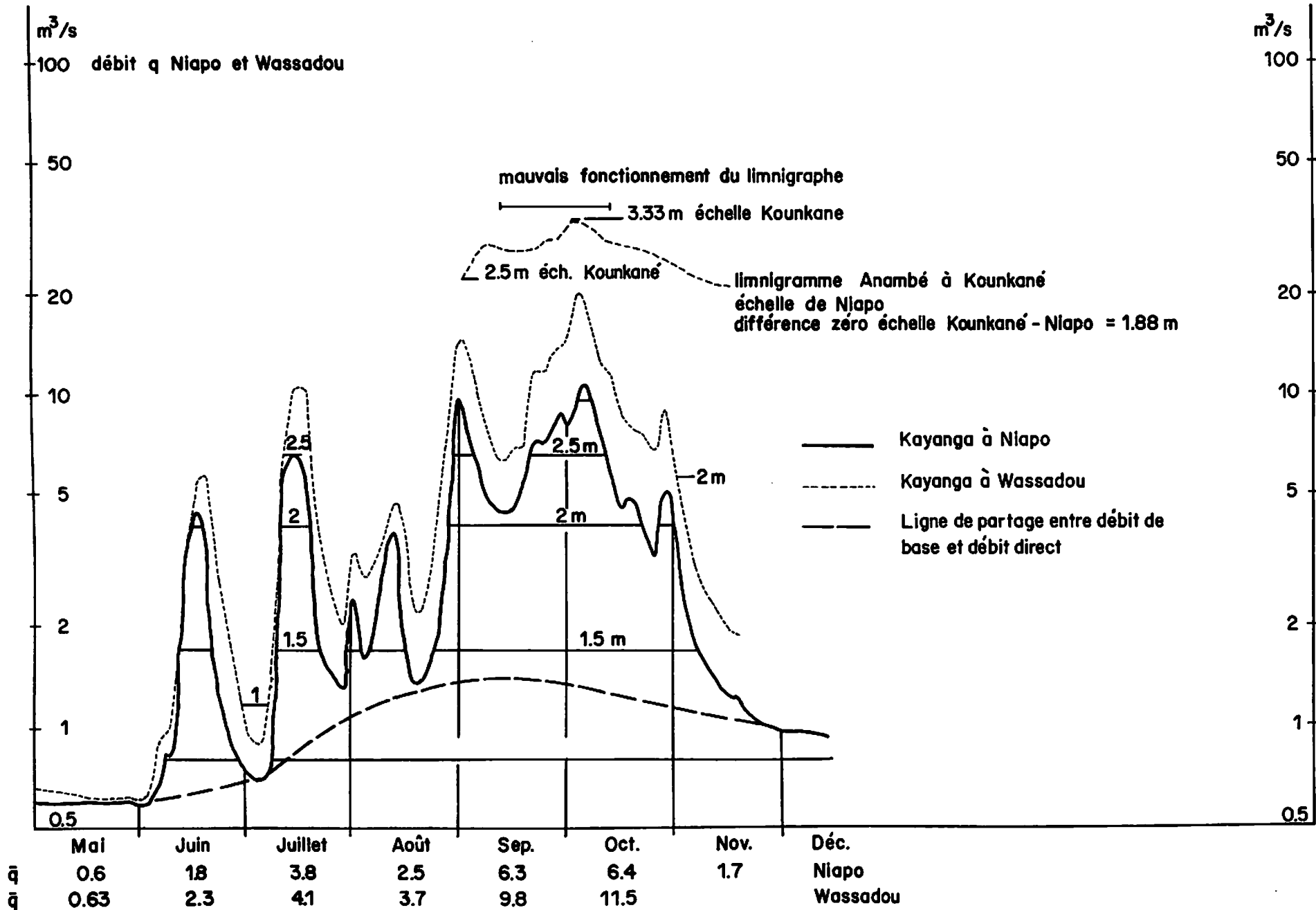


FIGURE 2 - 2f

KAYANGA - PONT DE NIAPO - COURBES DE TARAGE

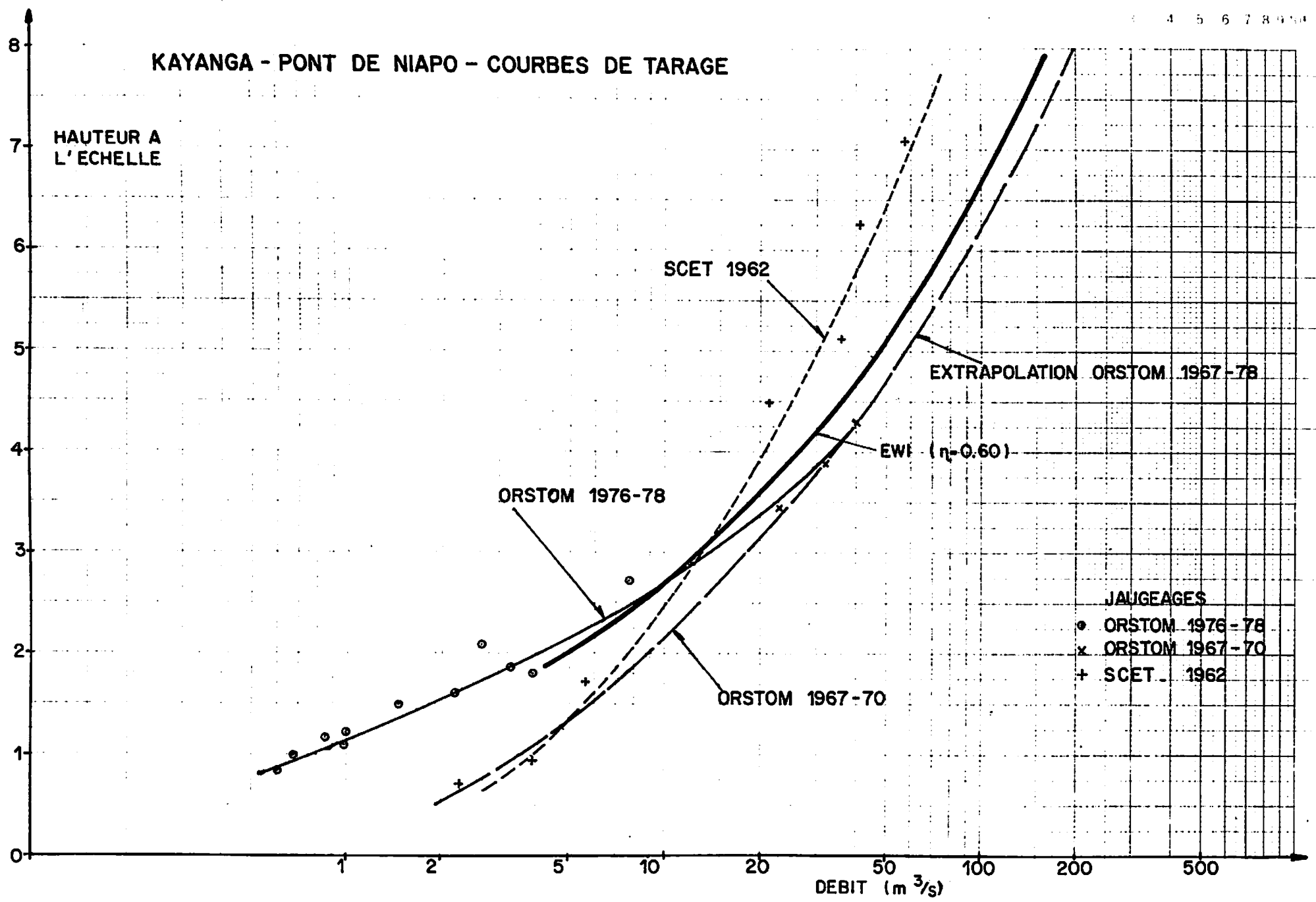


FIGURE 2-3

CORRELATION KAYANGA AVEC FALEME

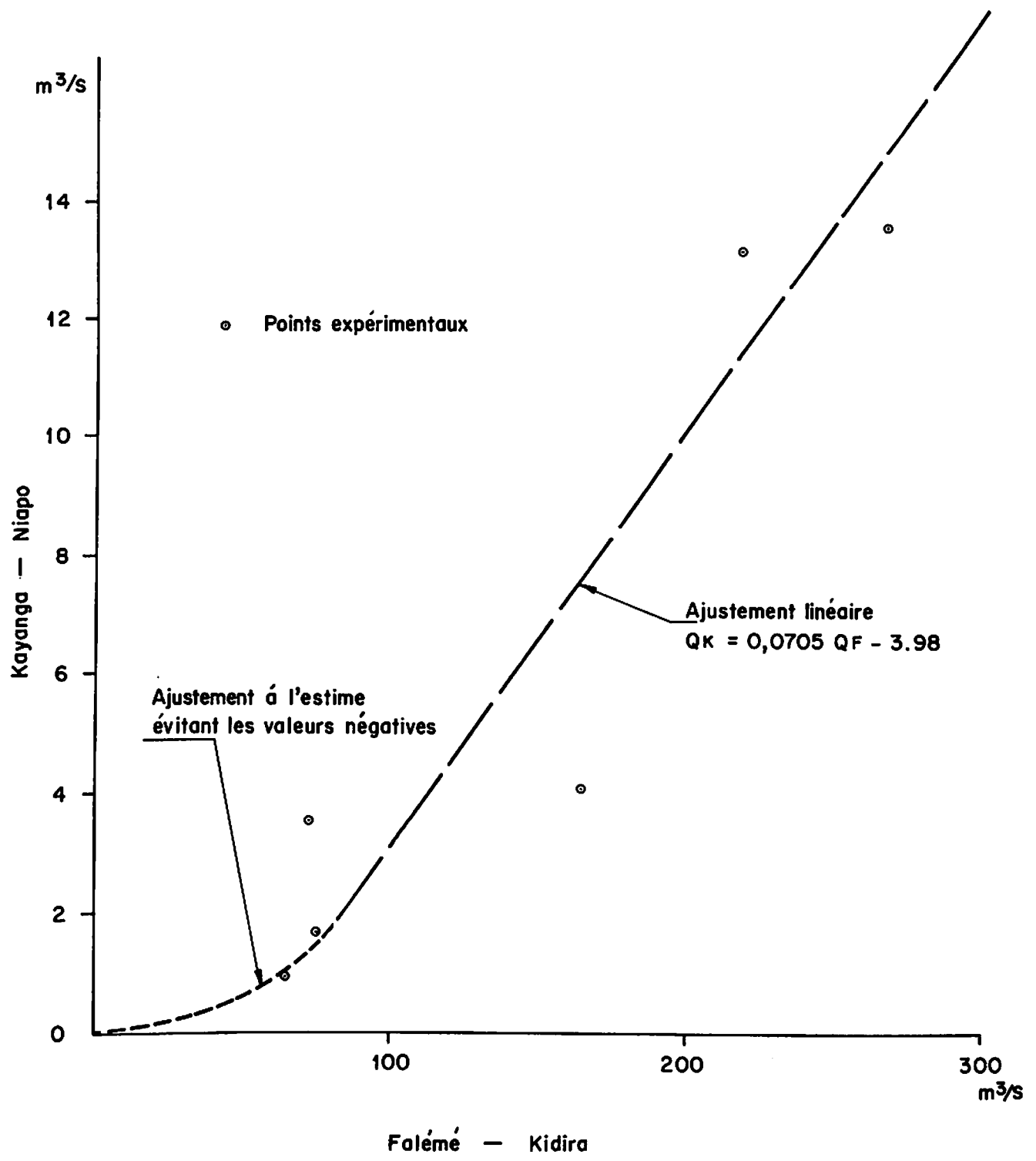


FIGURE 2 - 4

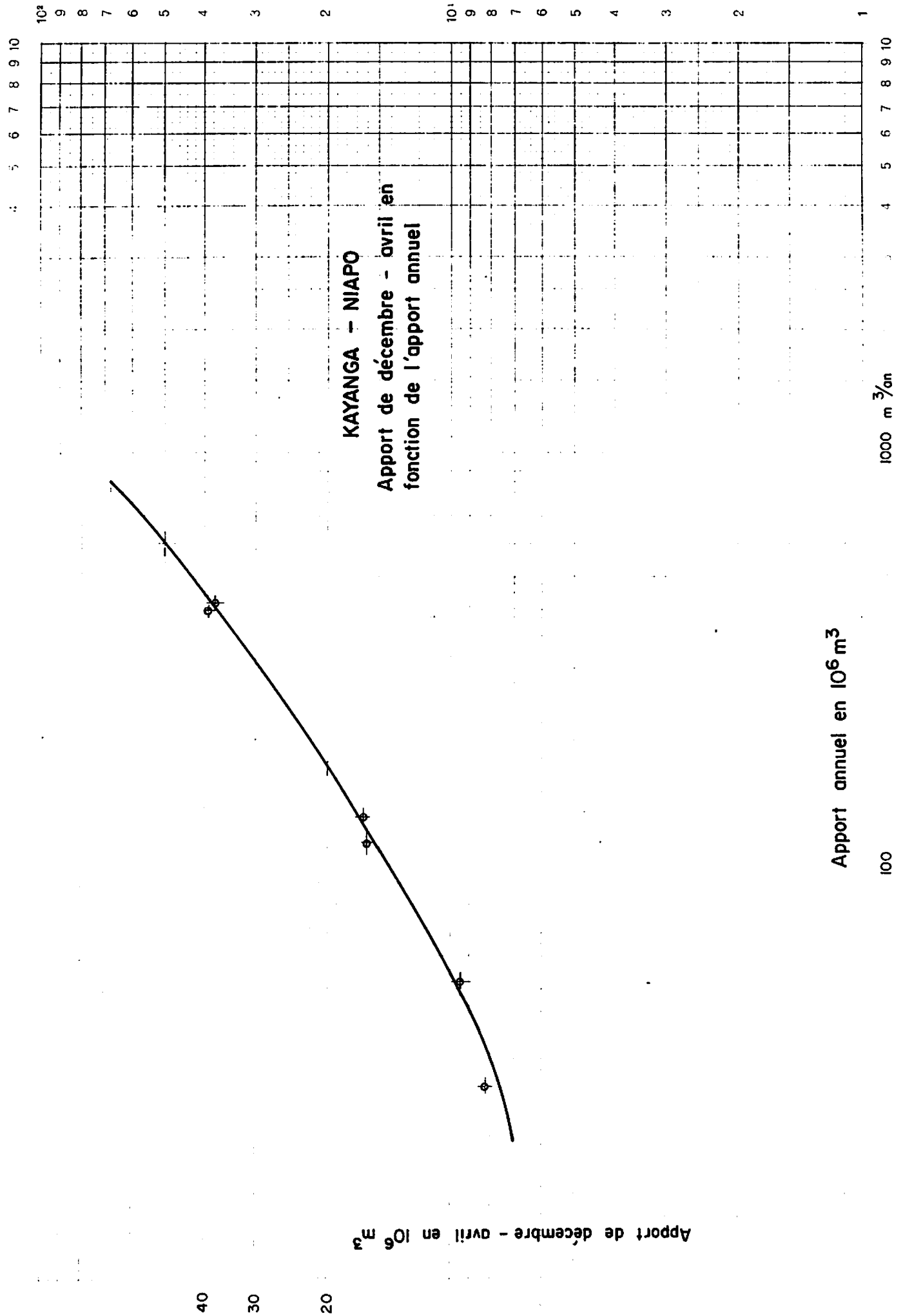


FIGURE 2-5

KAYANGA - NIAPO HISTOGRAMMES OBSERVES ET SIMULES

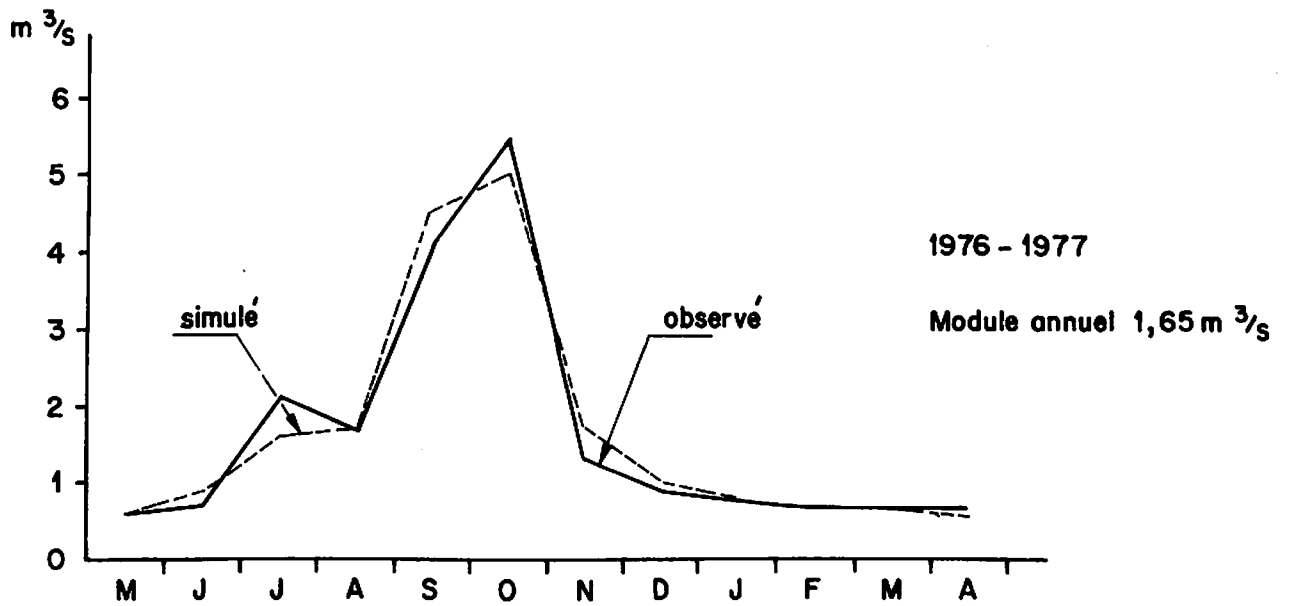
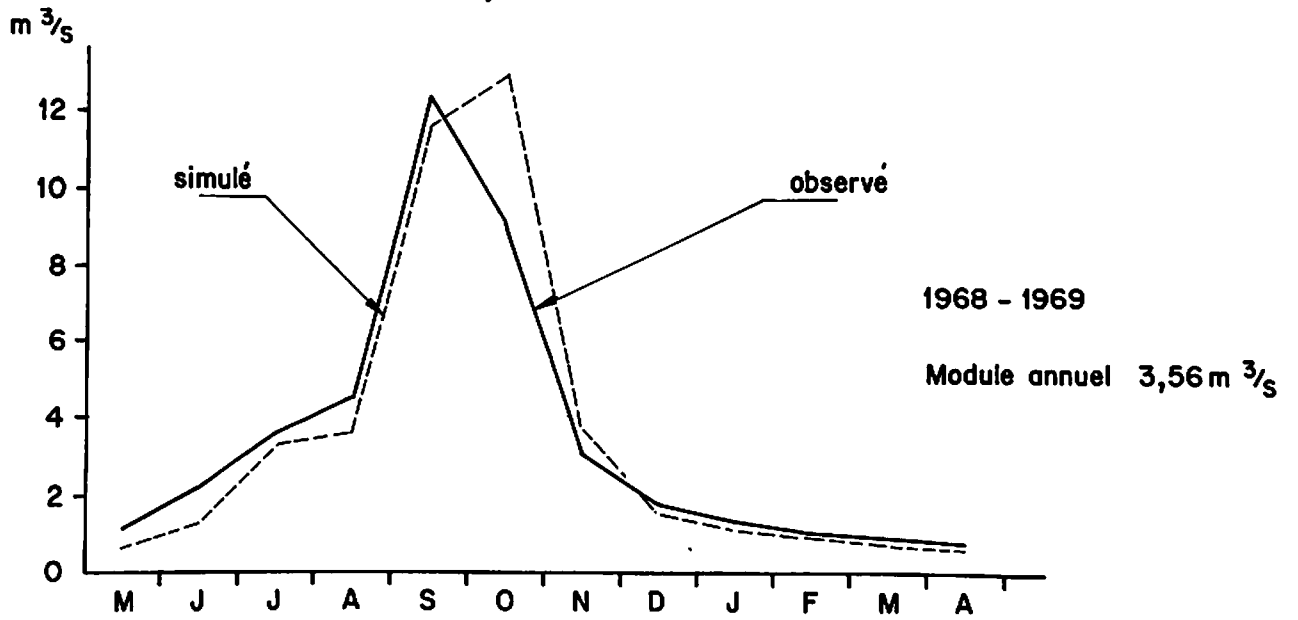
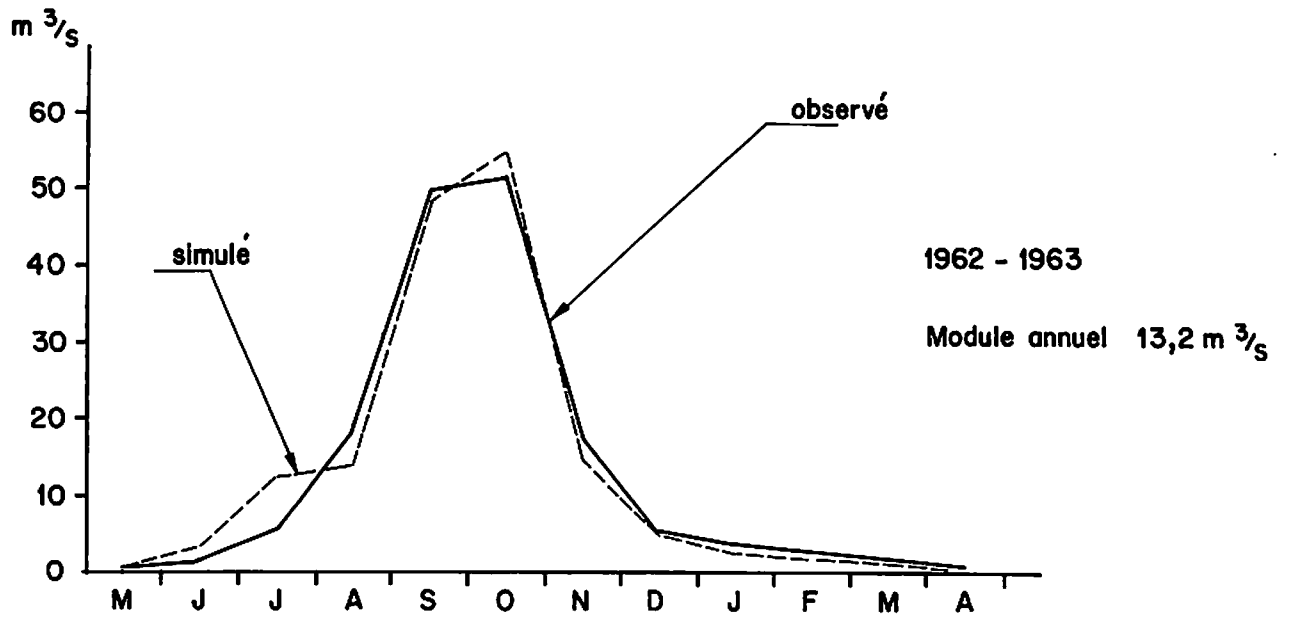
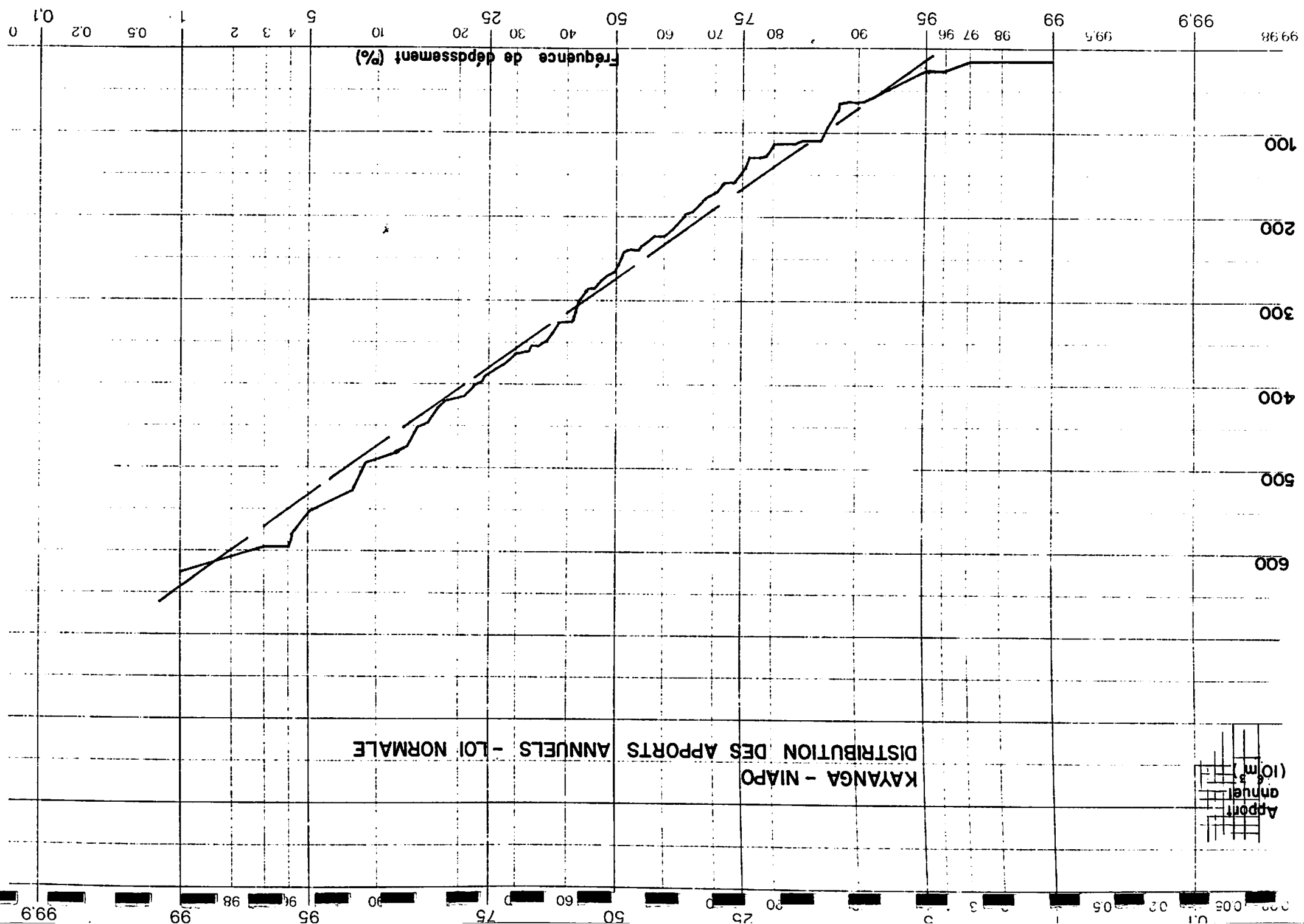


FIGURE 2-6

FIGURE 2-7



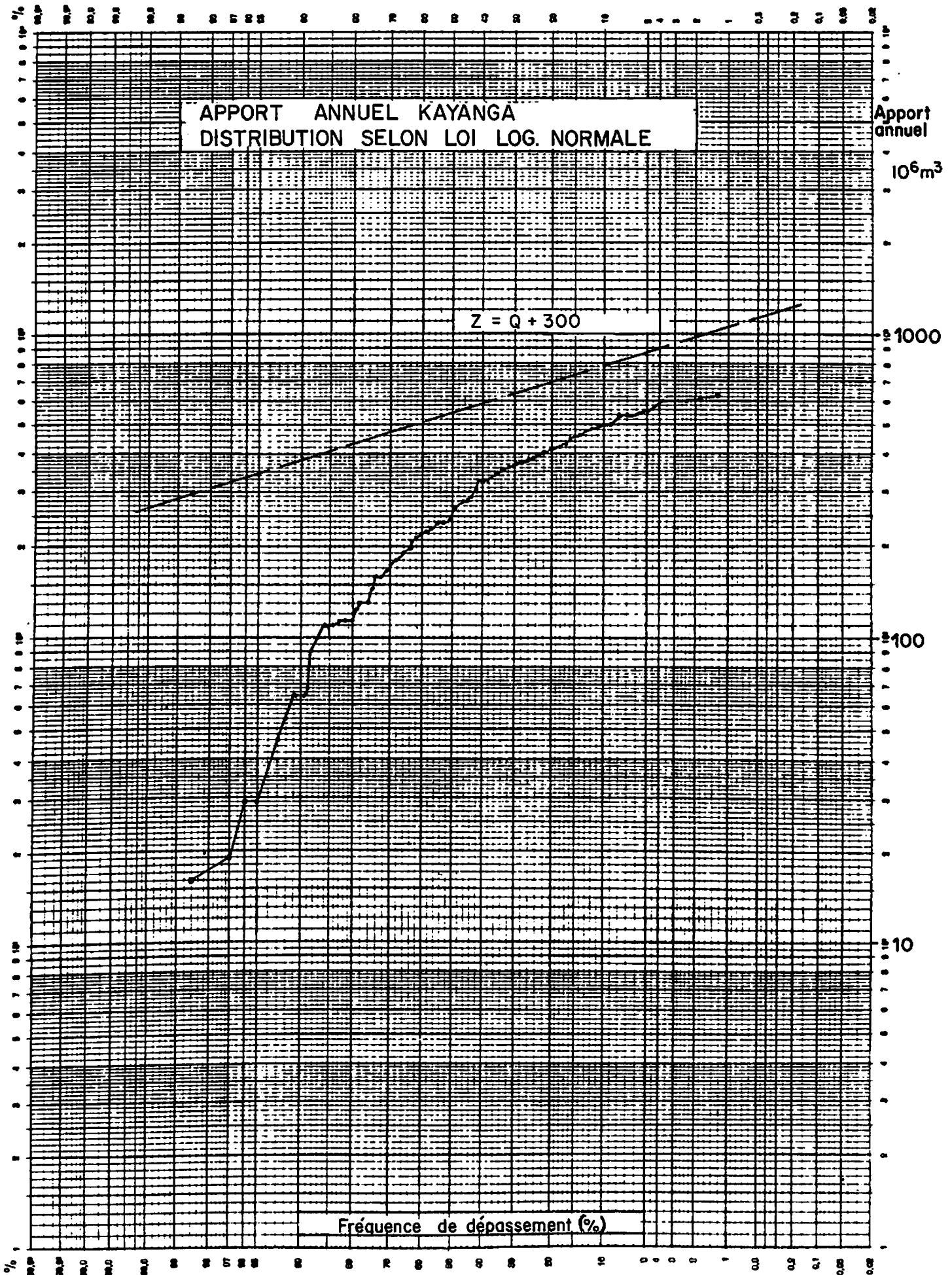
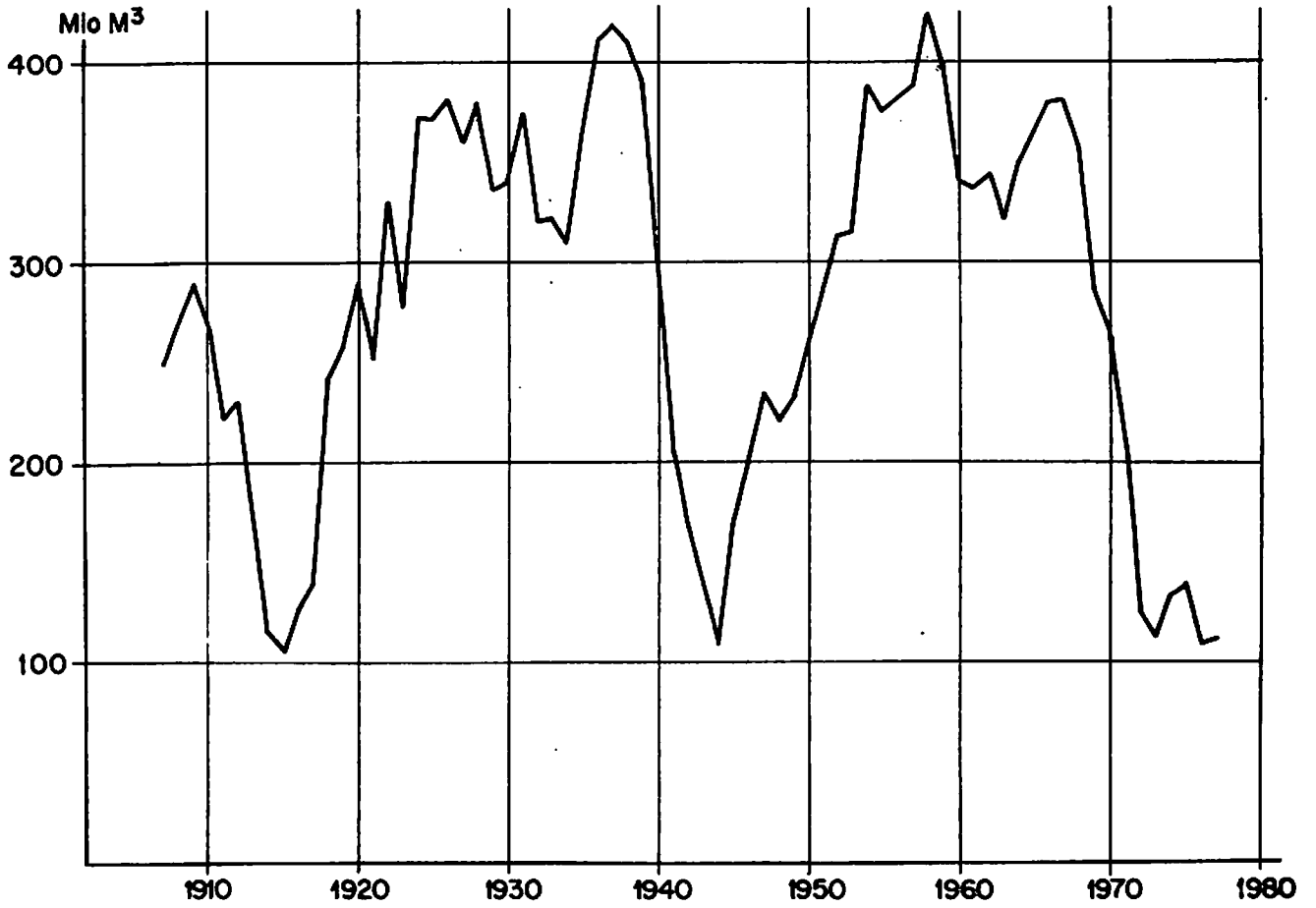
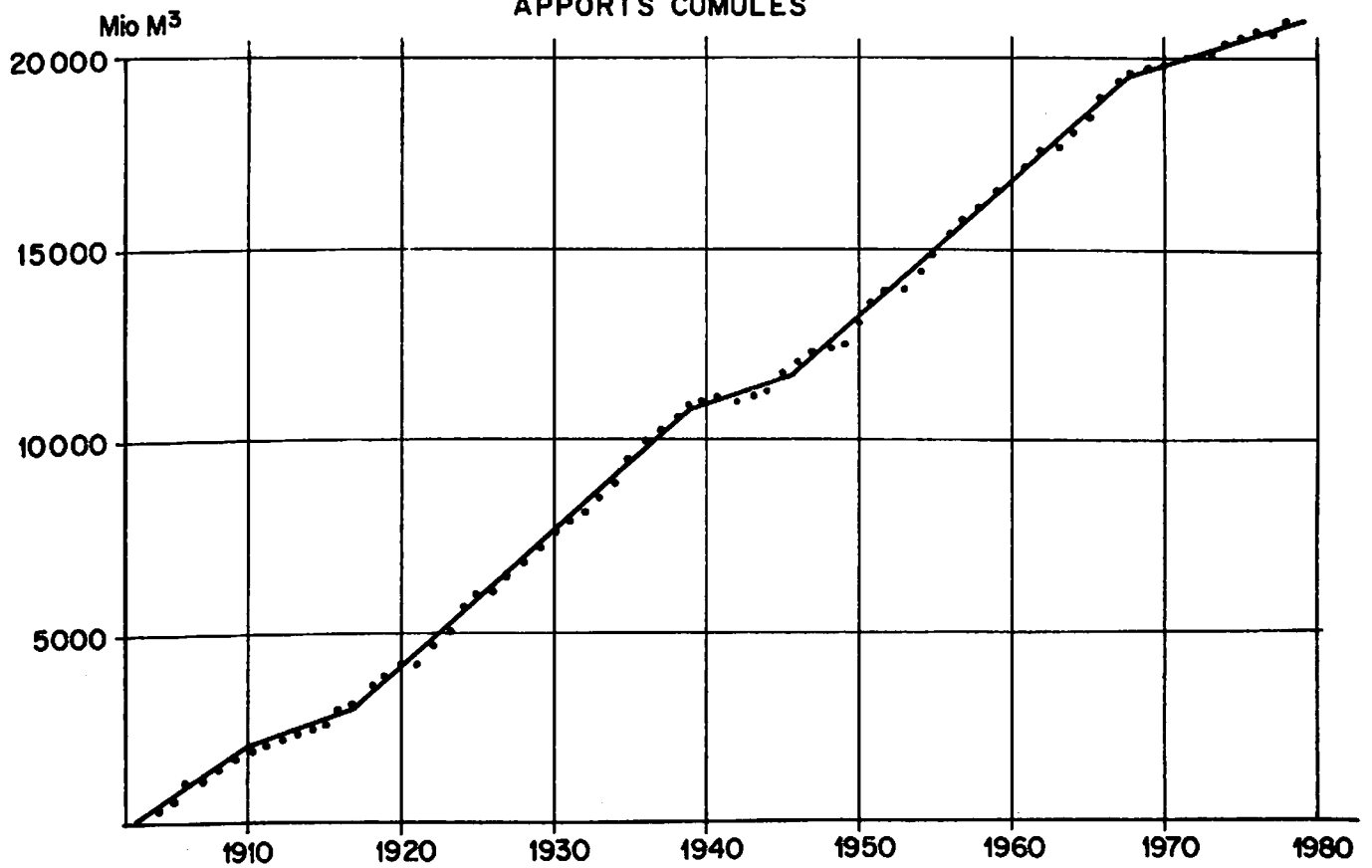


FIGURE 2-8

MOYENNES GLISSANTES DE 5 ANS



APPORTS CUMULES



APPORTS DE LA KAYANGA A NIAPO
Correlation avec la Falémé

PLUVIOMETRIE ANNUELLE KOLDA
MOYENNES GLISSANTES DE 5 ANS

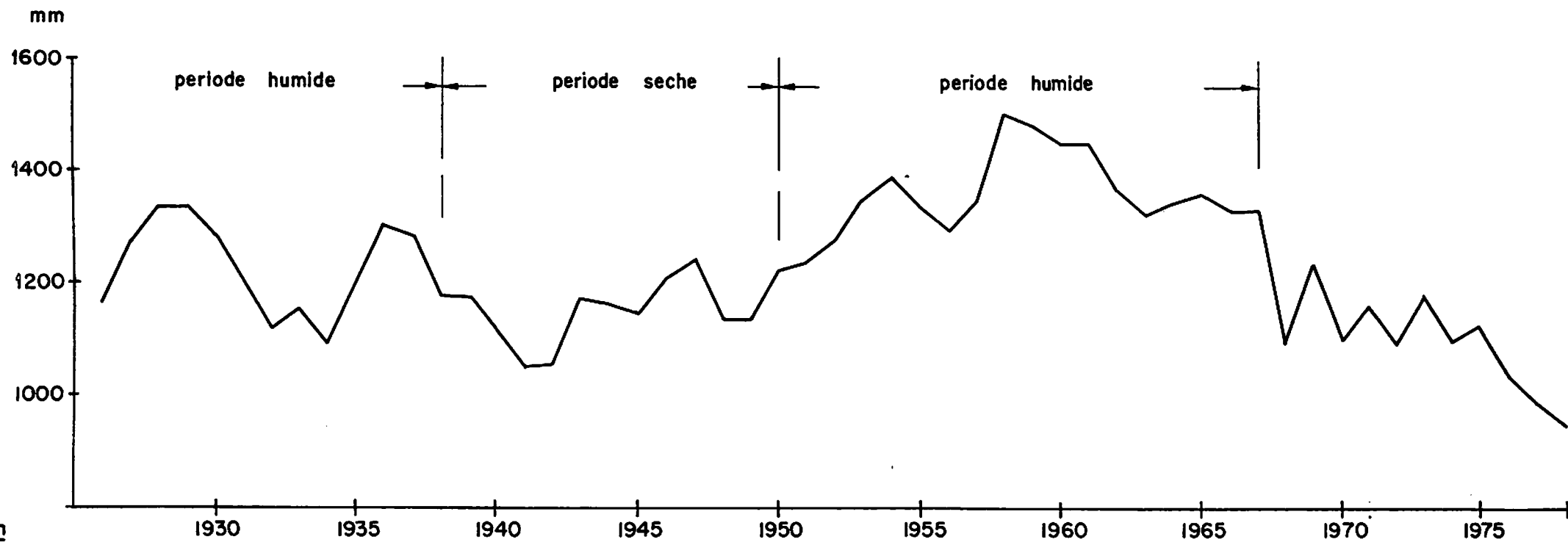
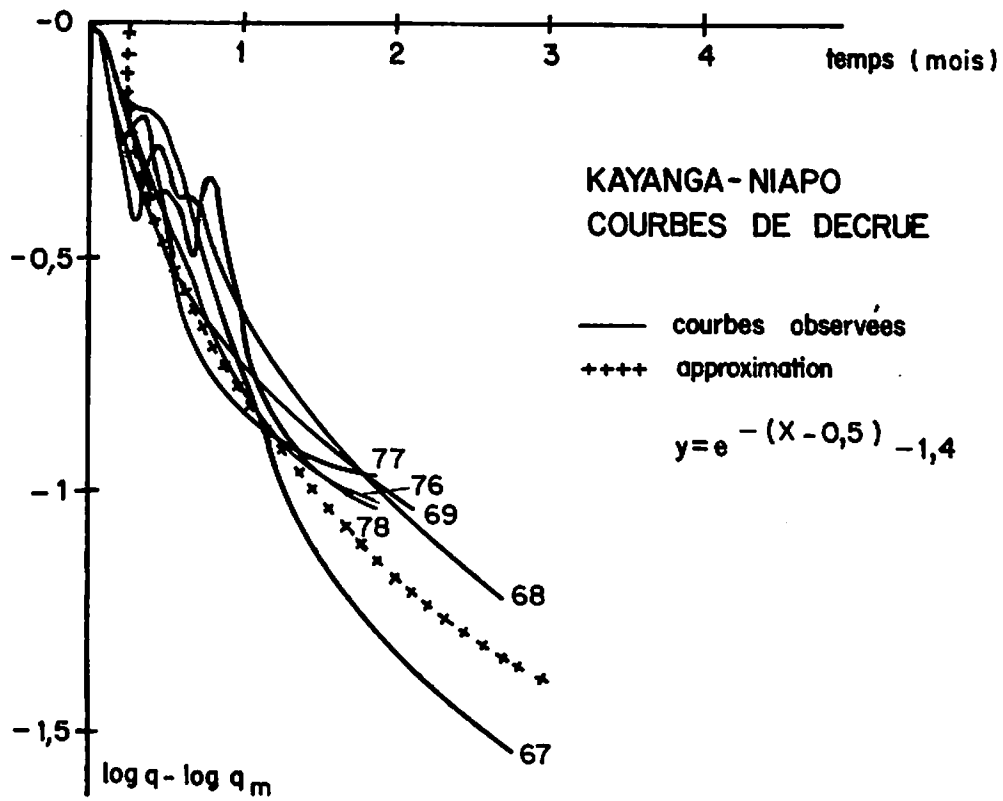


FIGURE 2 - 10



HYDROGRAMMES OBSERVES ET SYNTHETIQUES

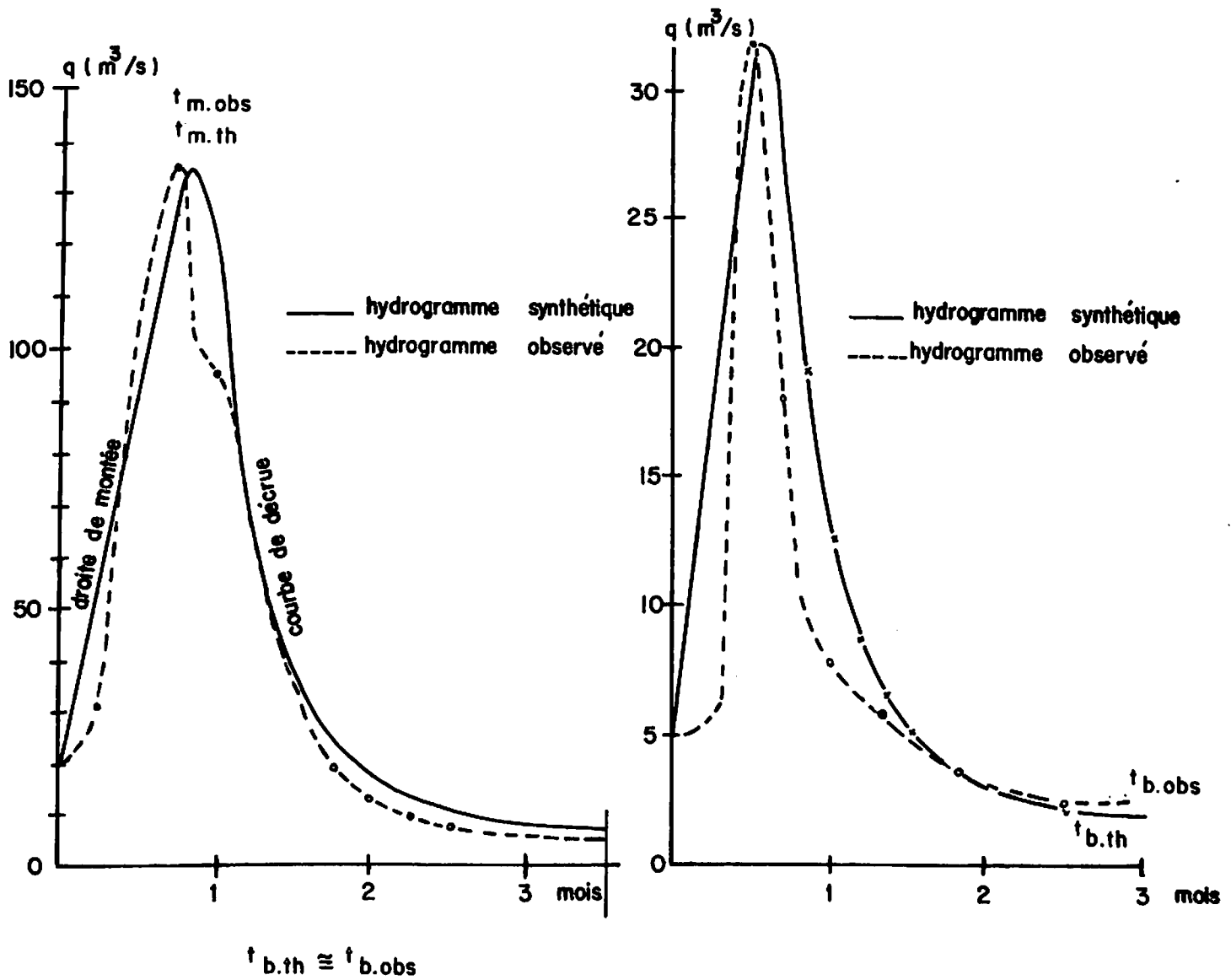
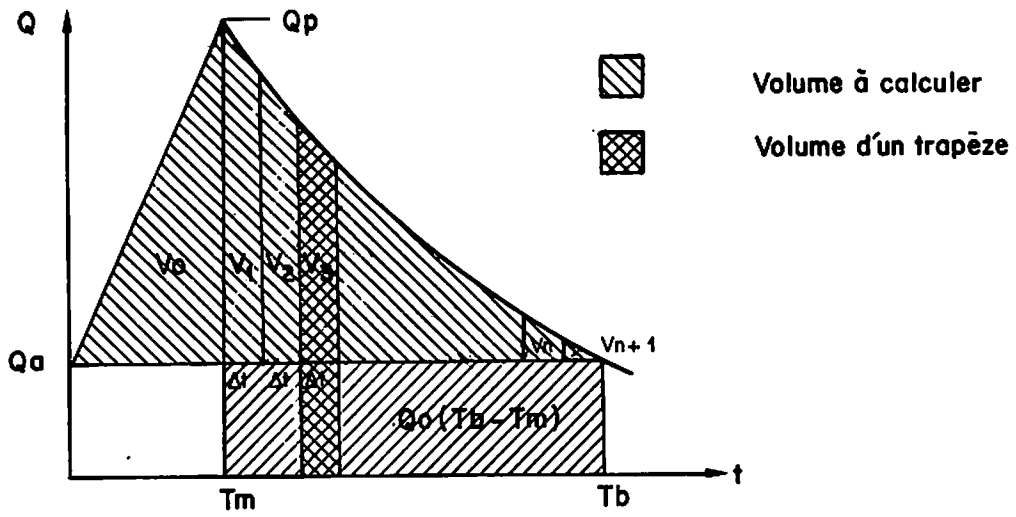


FIGURE 2-11



KAYANGA: EVALUATION DU VOLUME DES CRUES

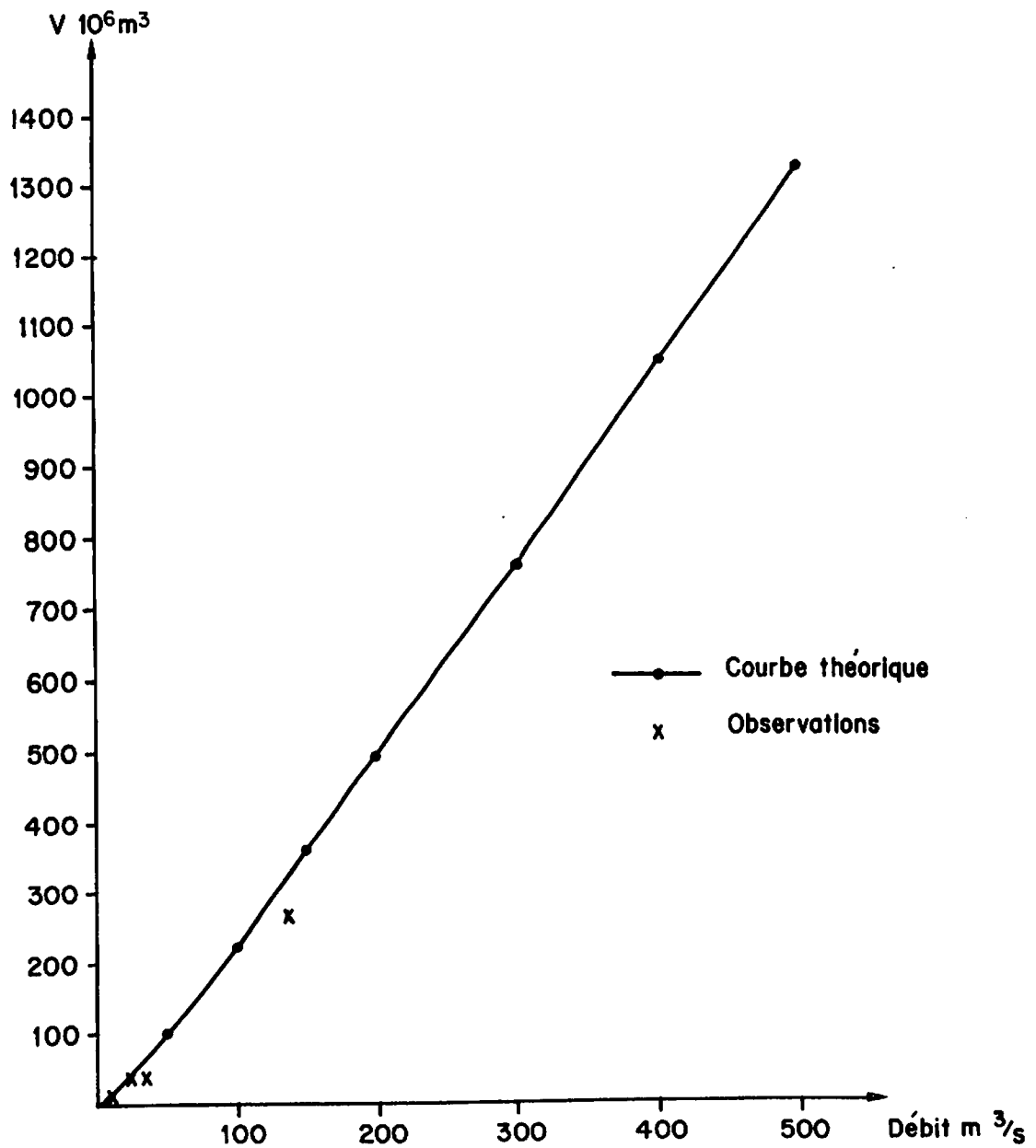
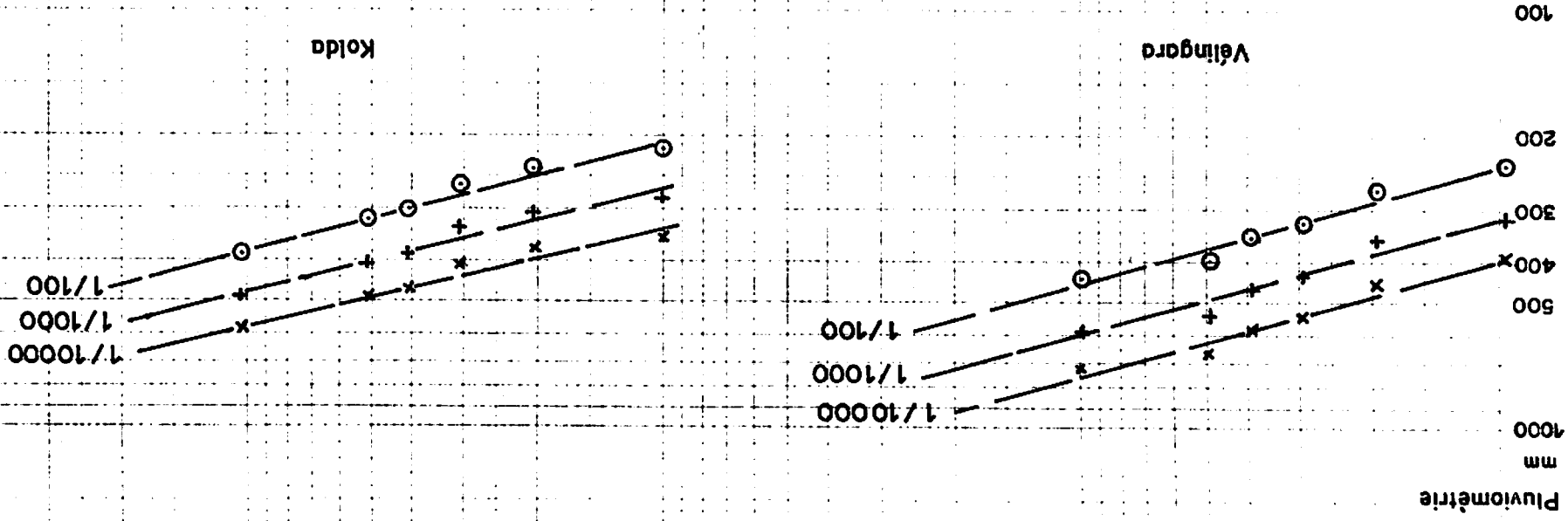


FIGURE 2 - 12

COURBES INTENSITE-DUREE POUR DIFFERENTES
FREQUENCES EXTREMES (VELINGARA, KOLDA)



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 jours 20 30

1

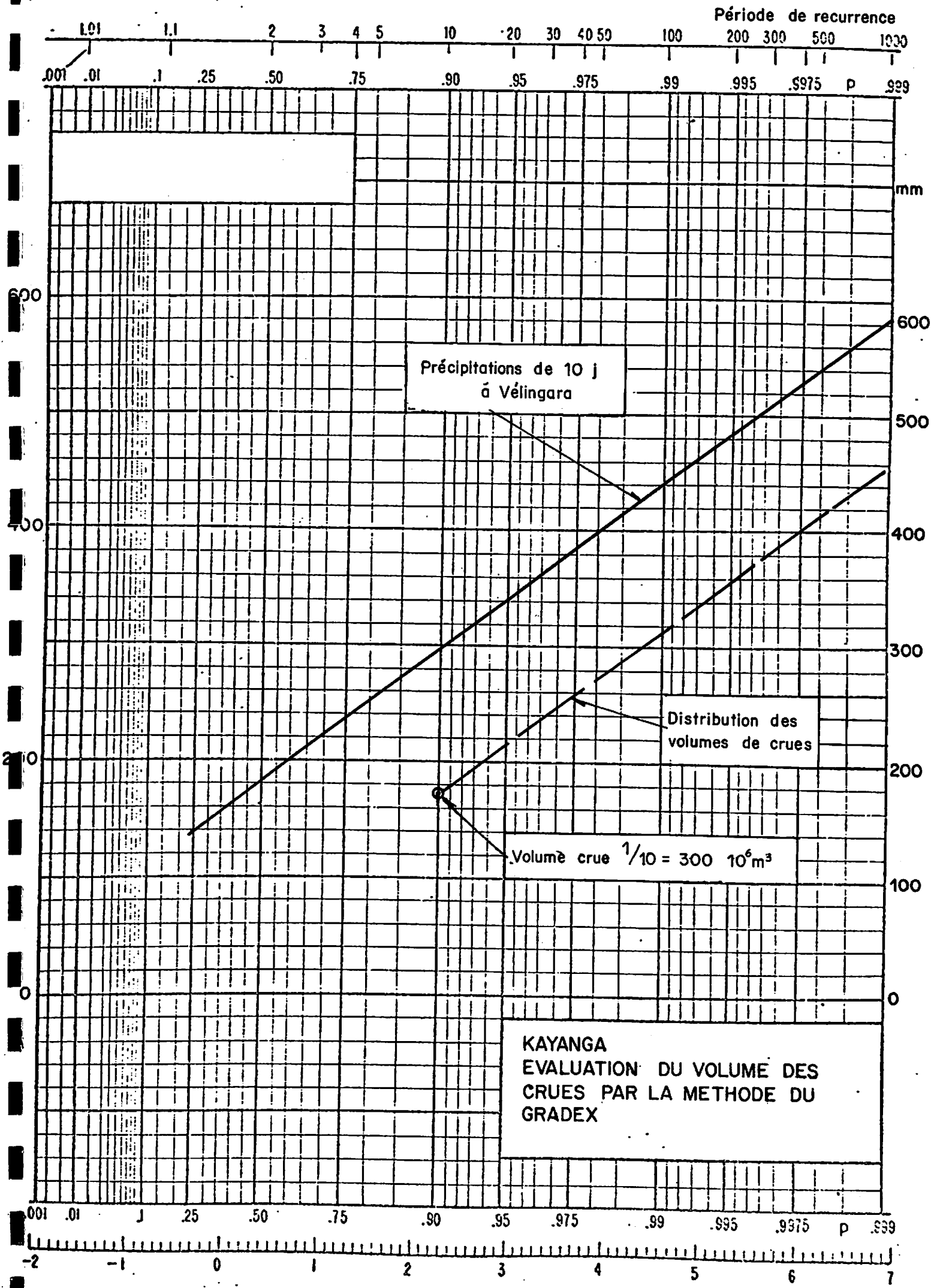


FIGURE 2-14

KAYANGA - SITE DE NIANDOUBA
HYDROGRAMMES SYNTHETIQUES DES CRUES

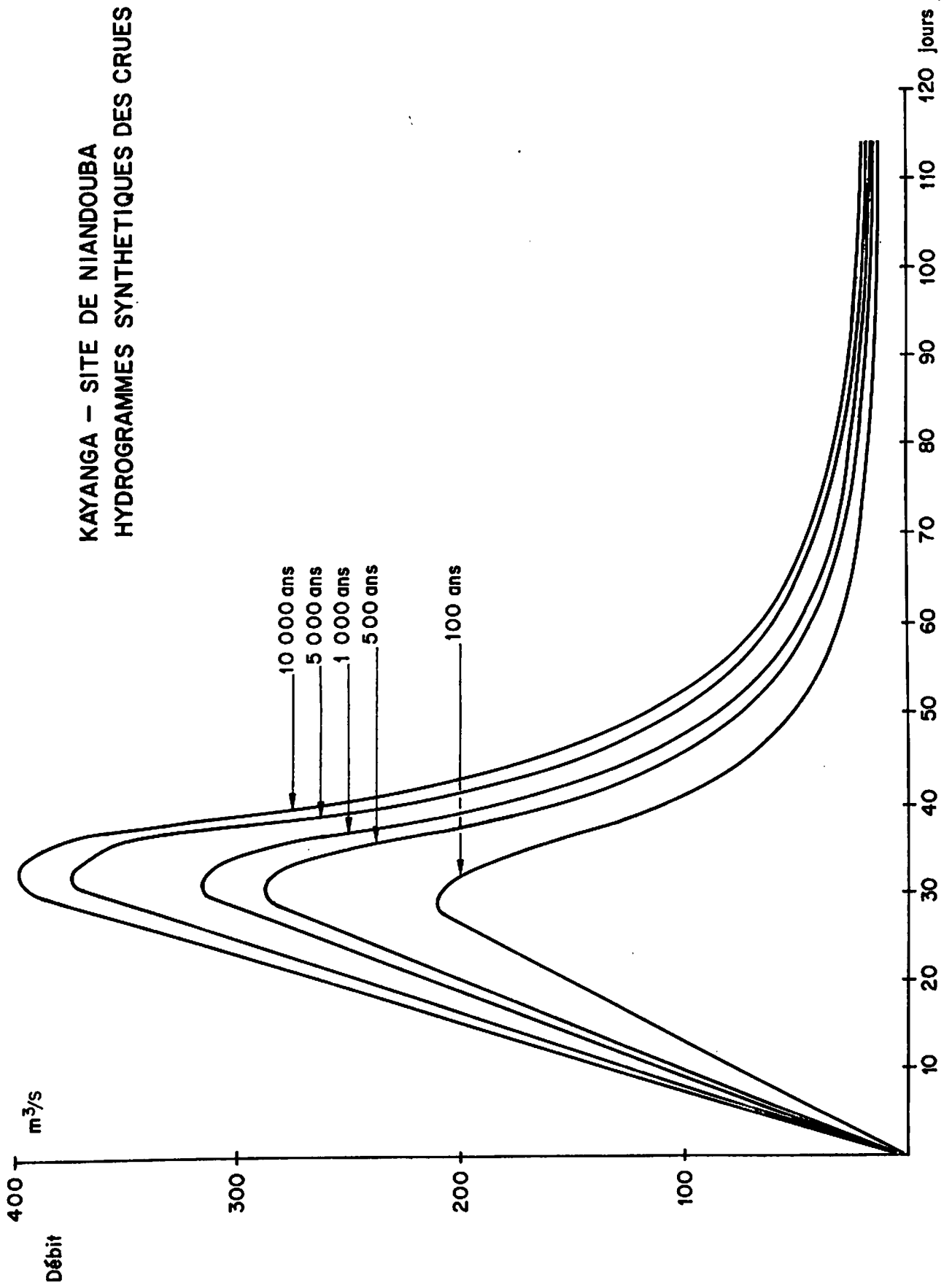
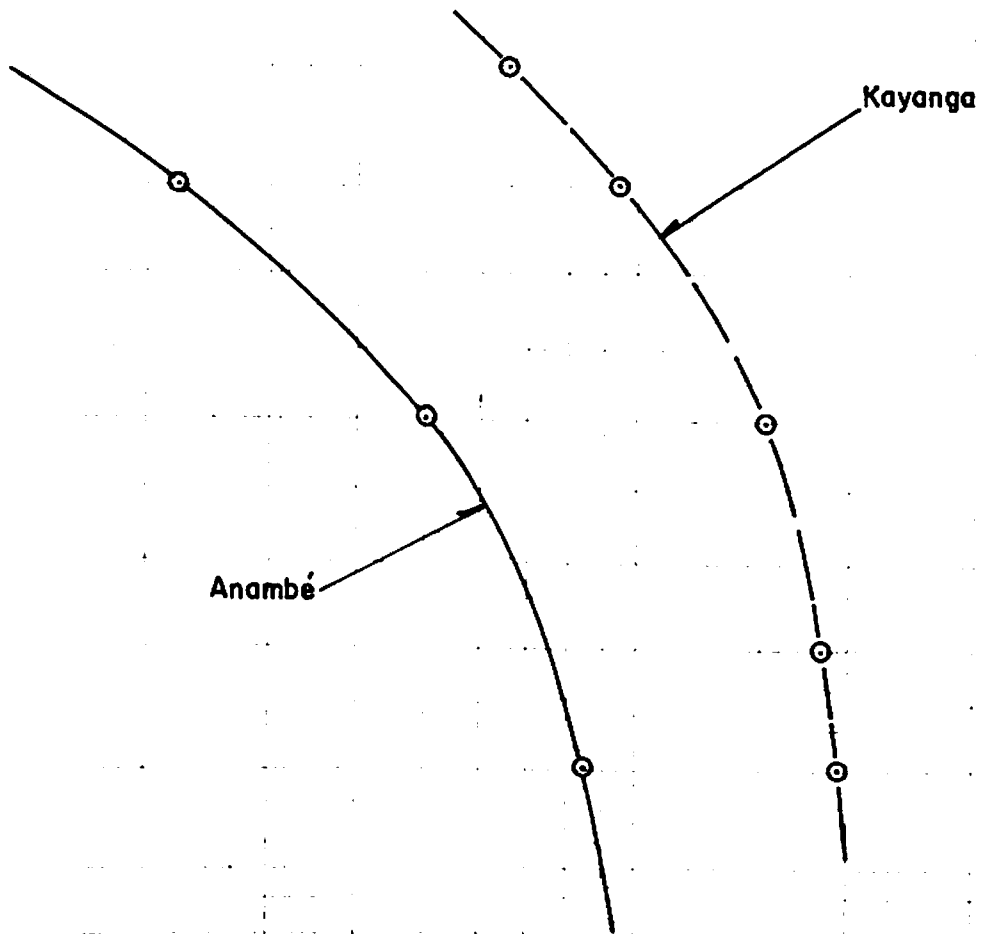


FIGURE 2 - 15

Fréquence de la pluviométrie à Velingara

COEFFICIENTS ANNUELS D'ÉCOULEMENT



Coefficient d'écoulement (%)

20 30 40

FIGURE 2 - 16

PRECIPITATIONS MENSUELLES

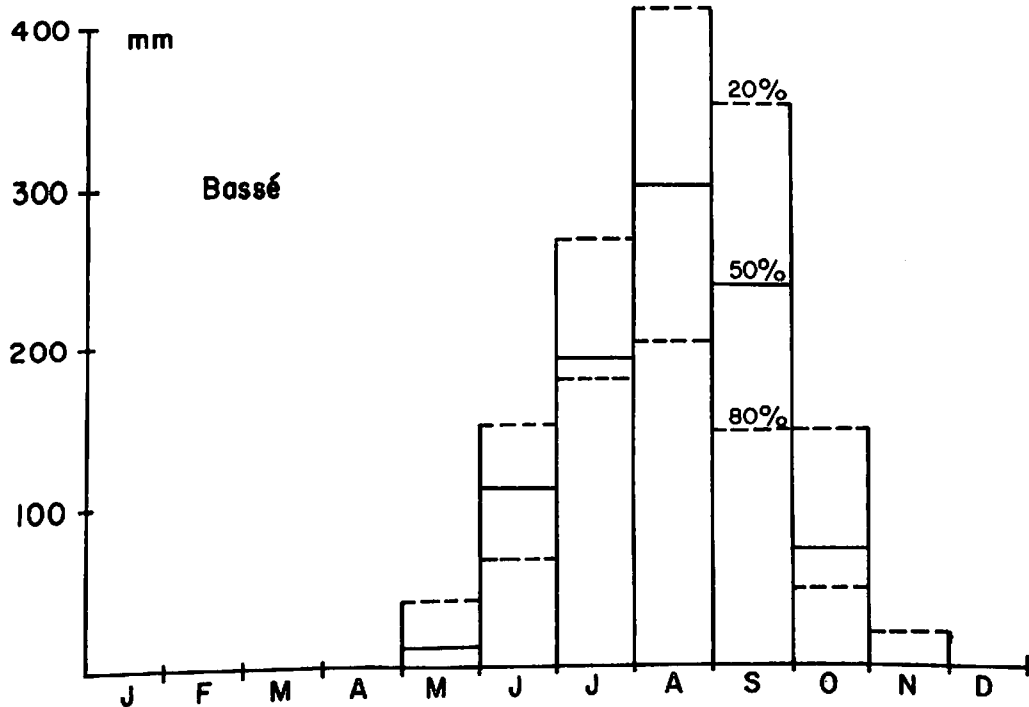
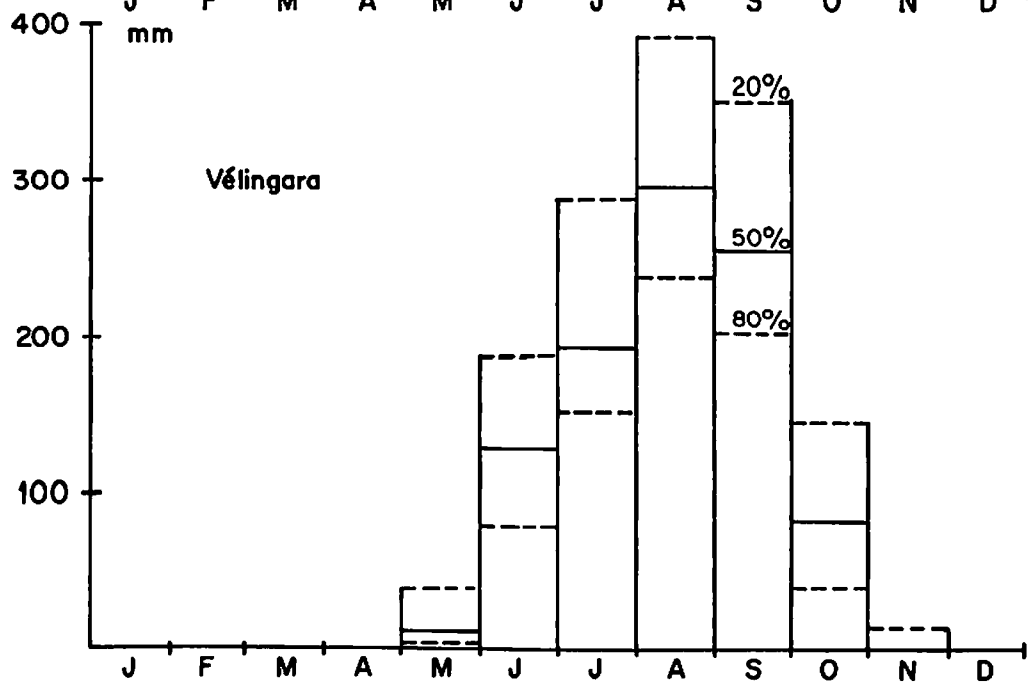
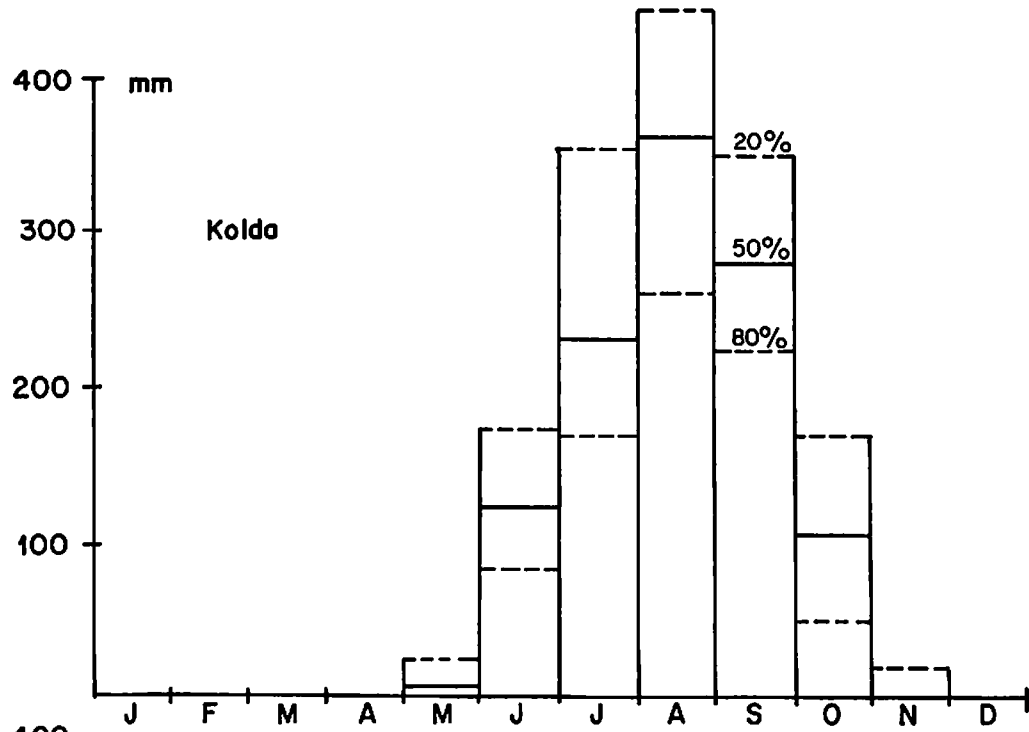


FIGURE 2-17

REPARTITION DE LA PRECIPITATION MENSUELLE

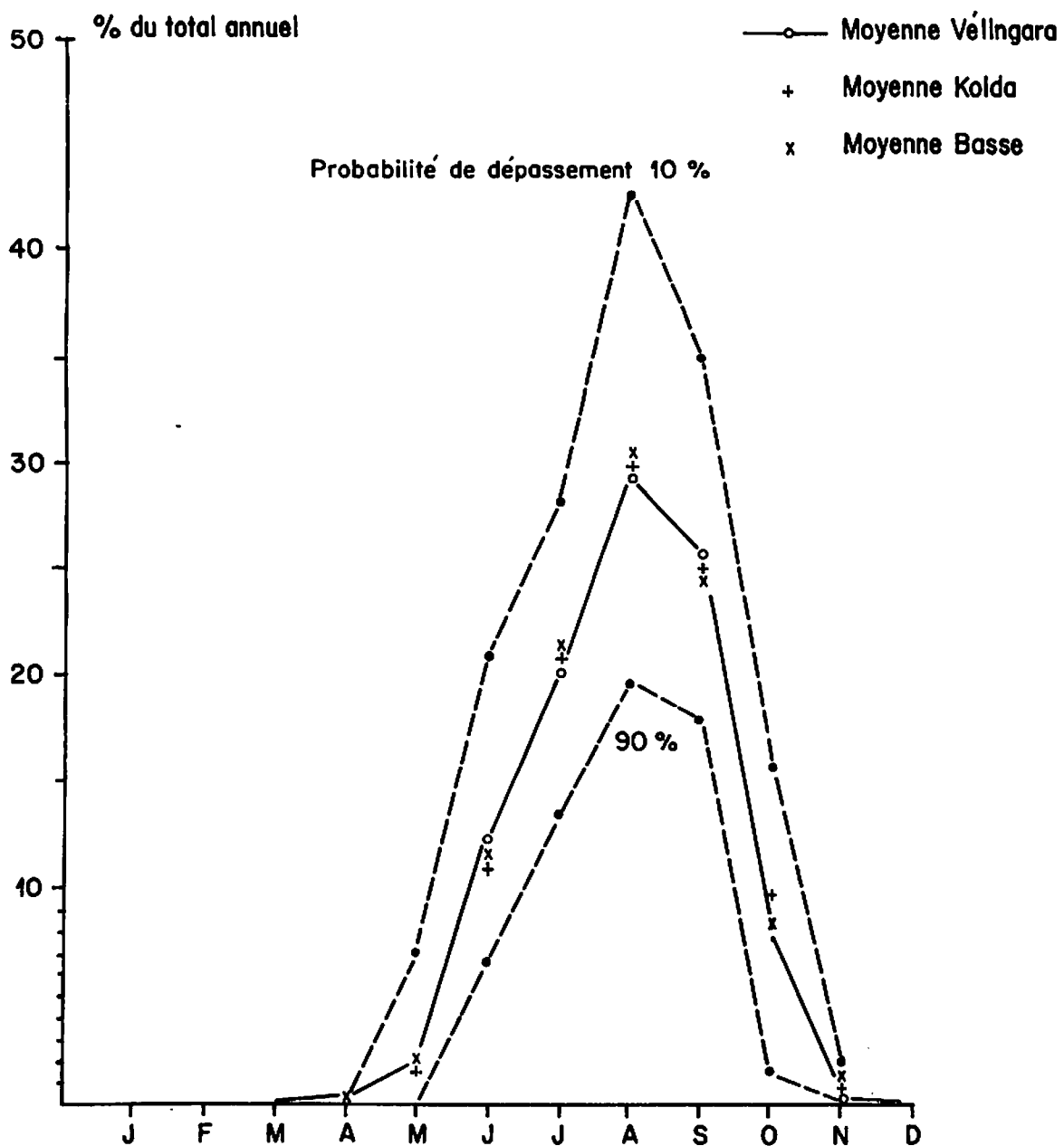


FIGURE 2 - 18

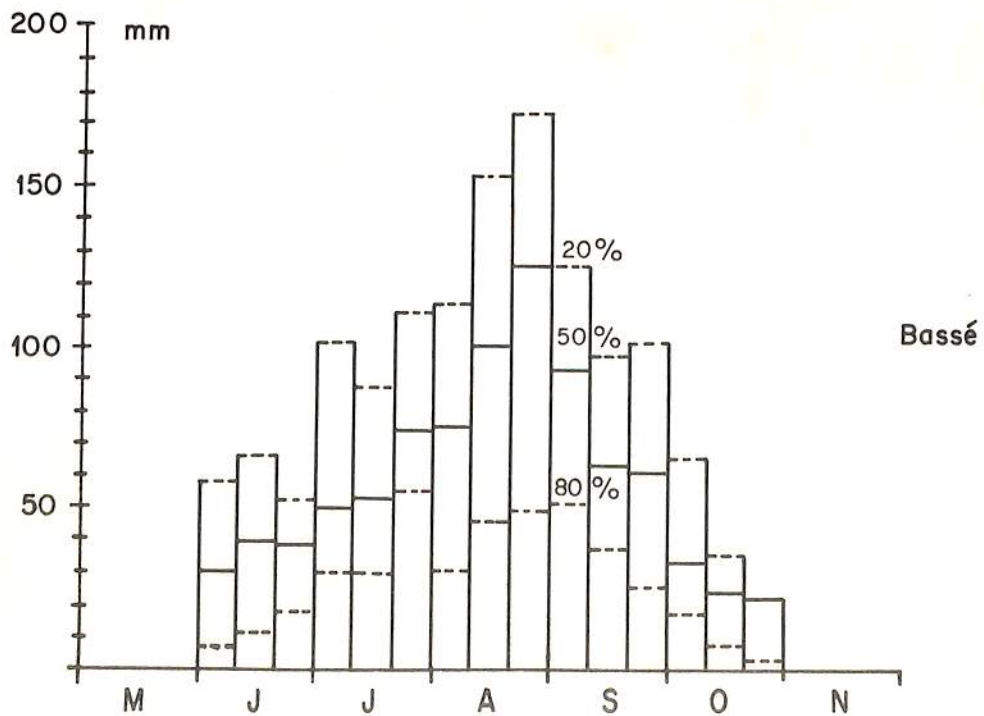
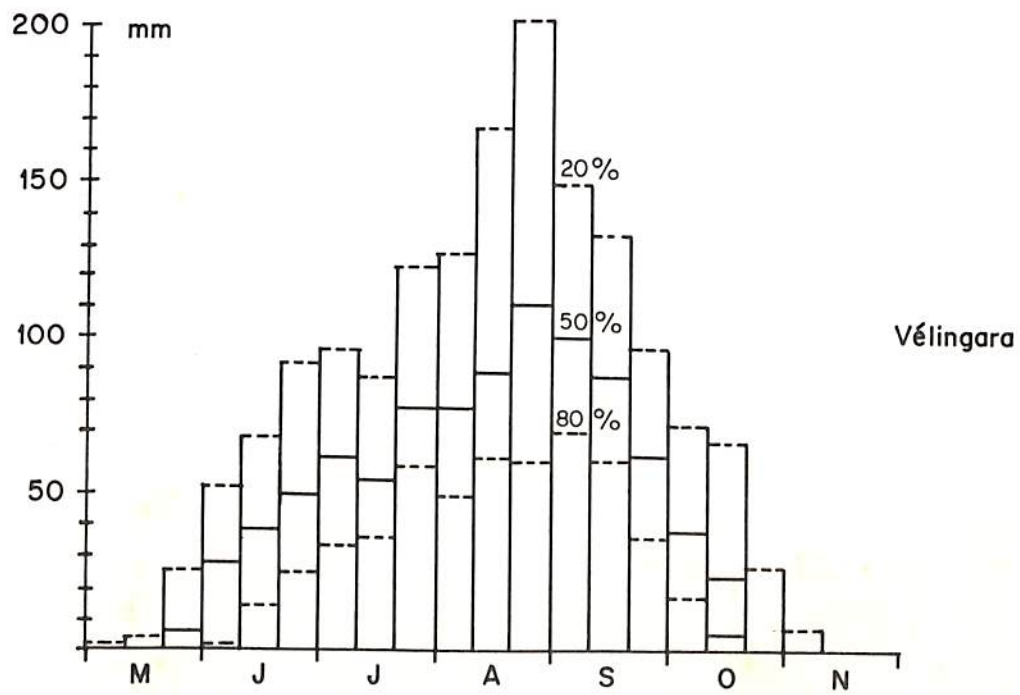
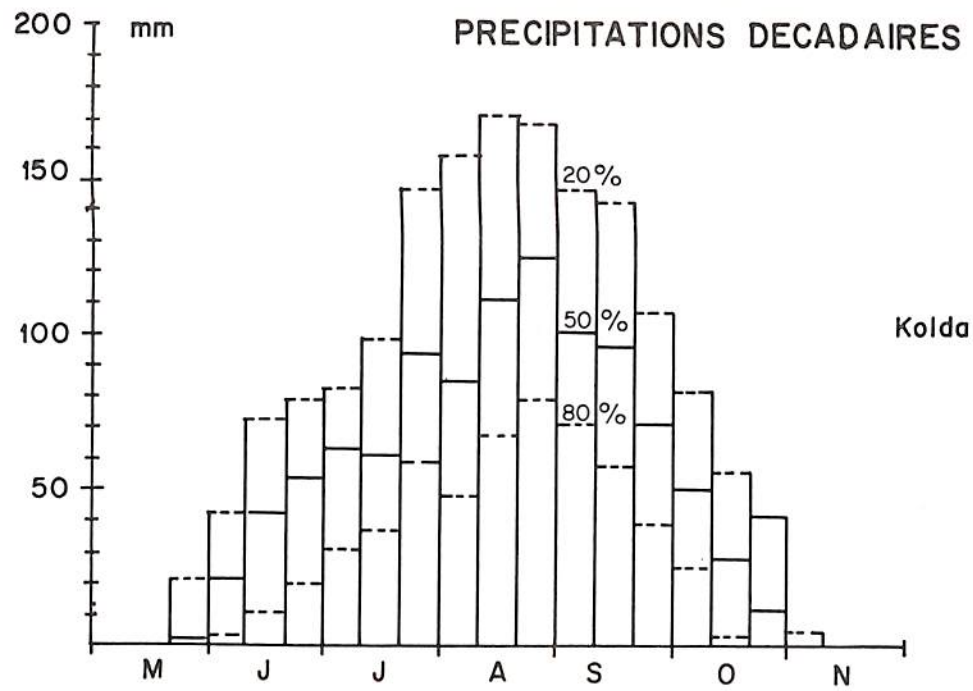


FIGURE 2 - 19

COURBES INTENSITE - FREQUENCE - DUREE

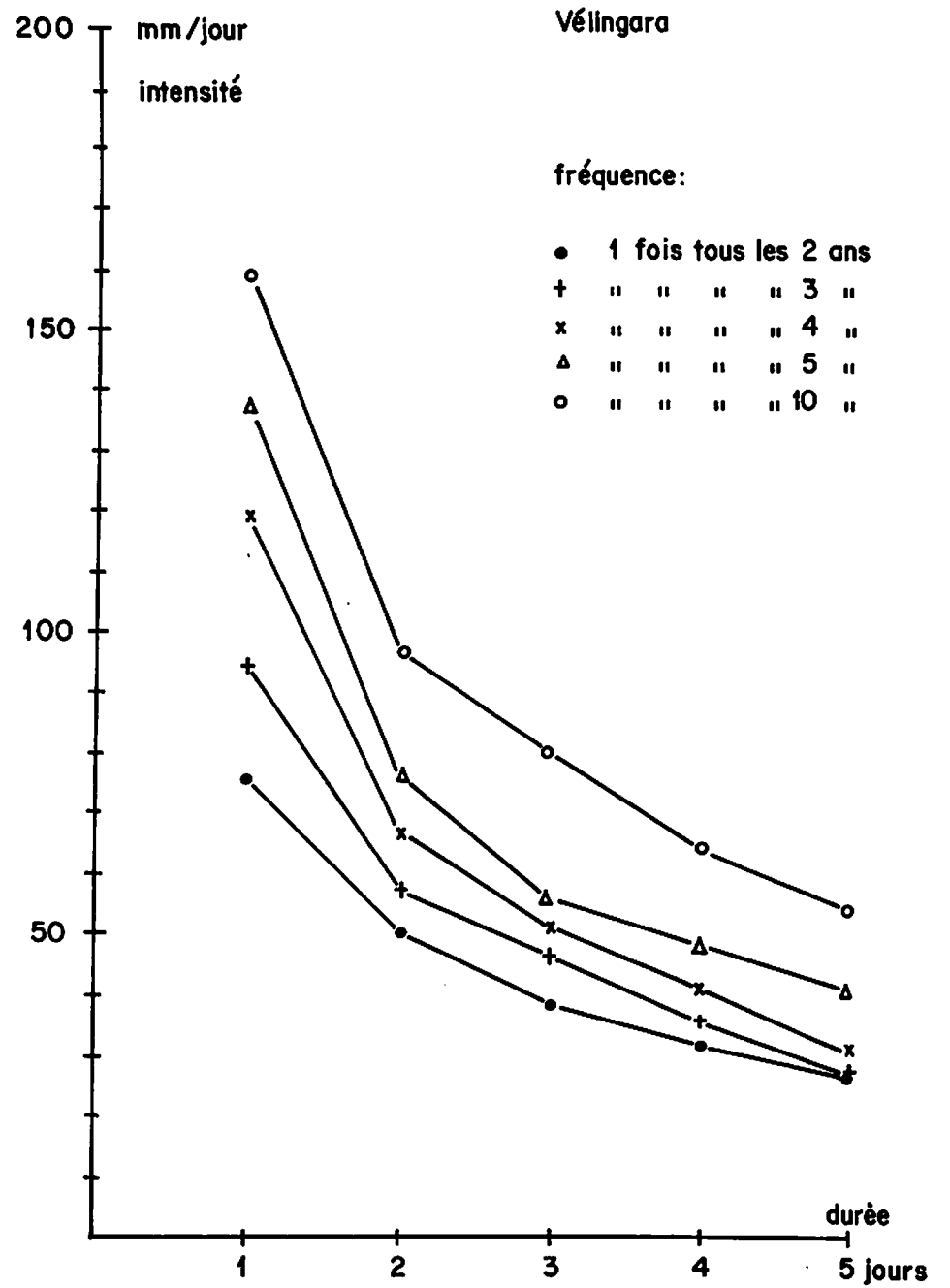
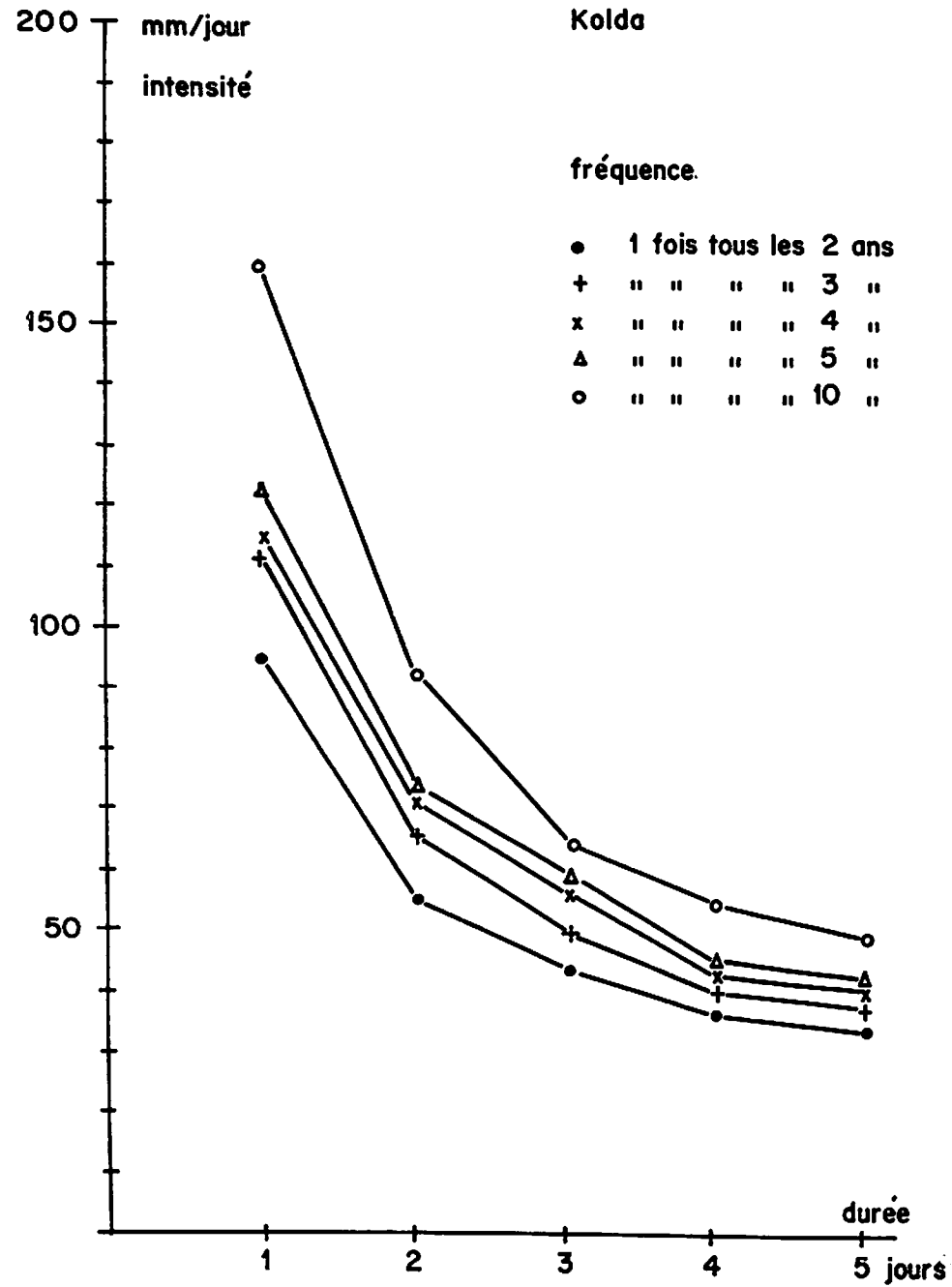


FIGURE 2-20

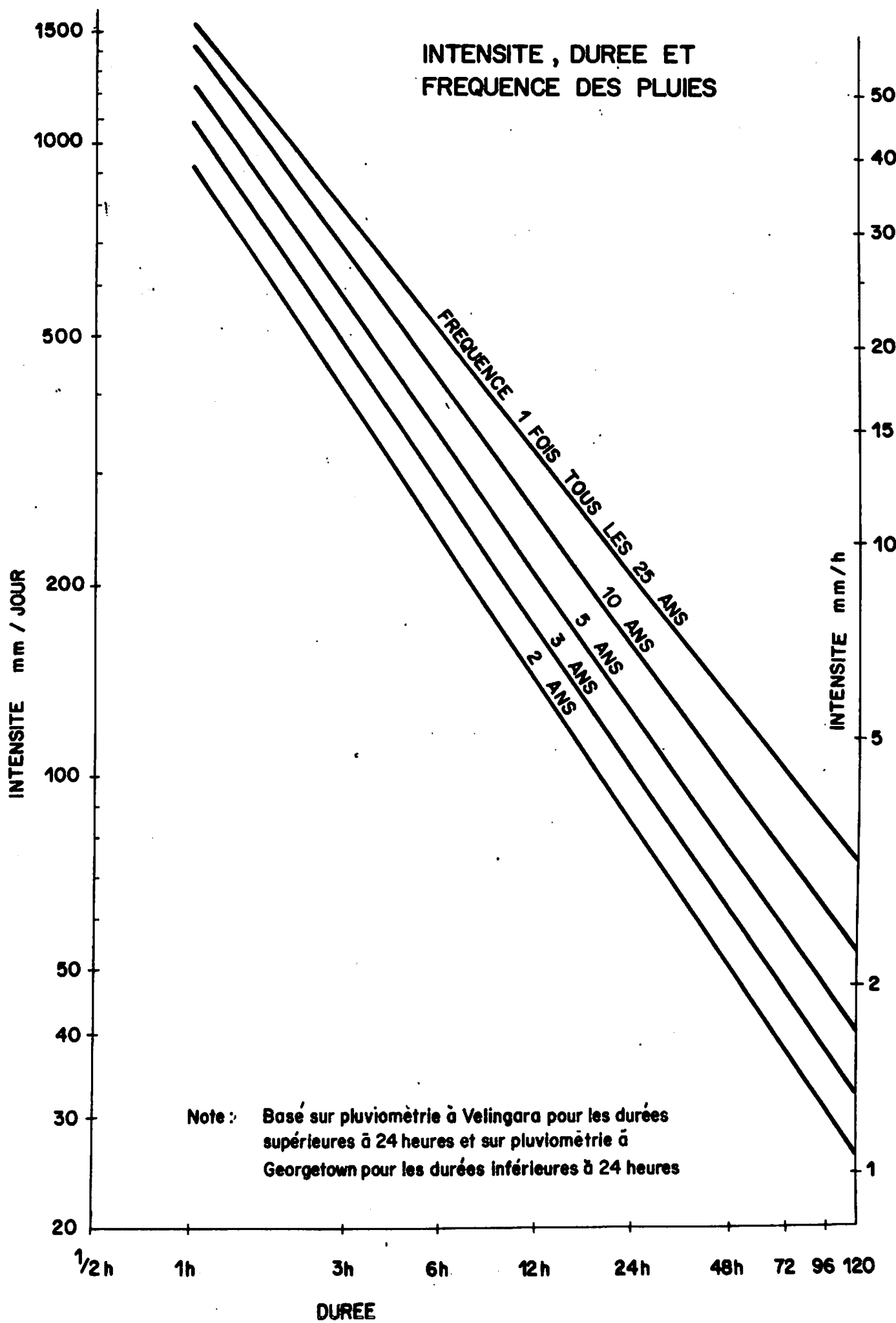


FIGURE 2 - 21

DEBUT ET FIN DE LA SAISON DES PLUIES

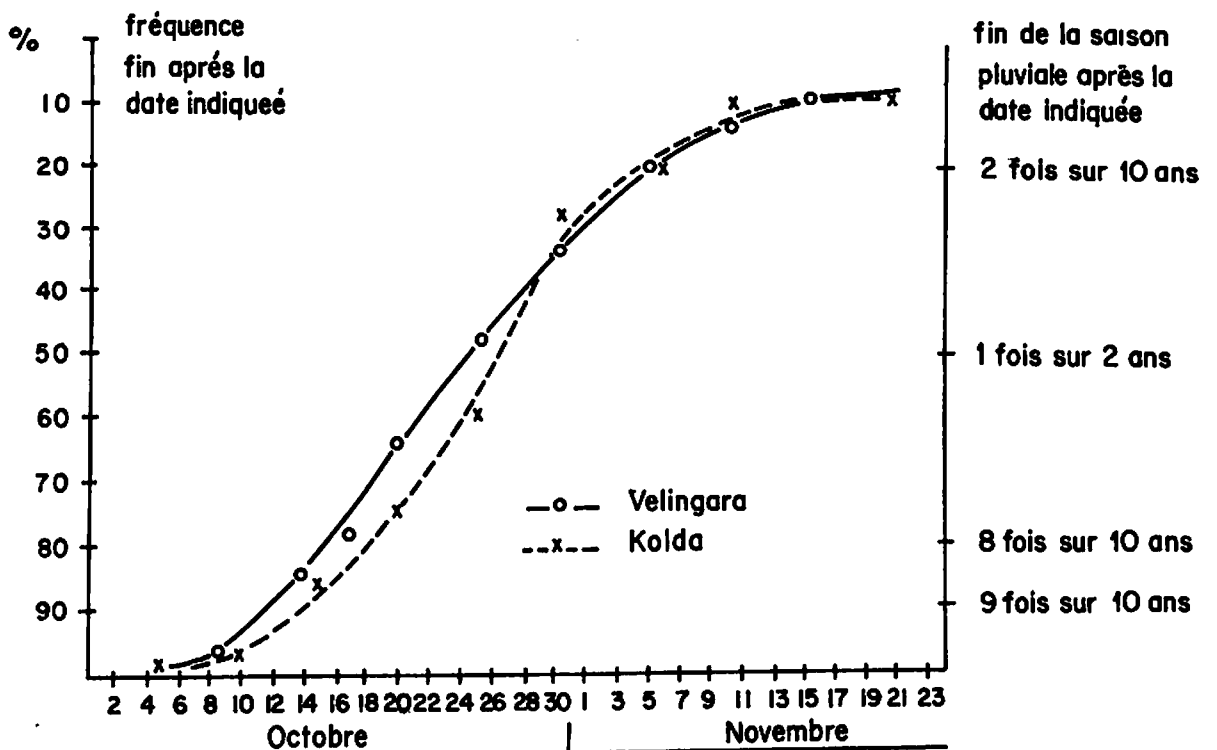
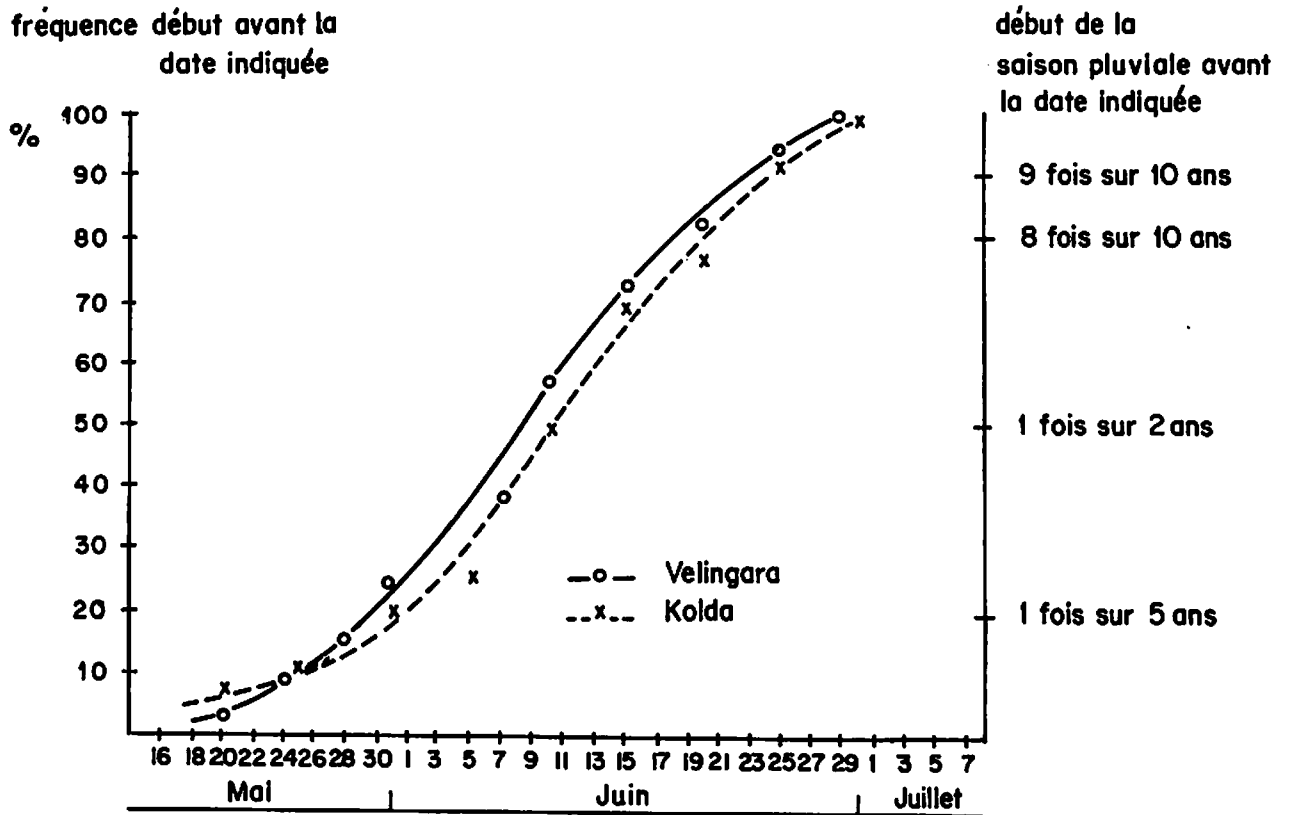
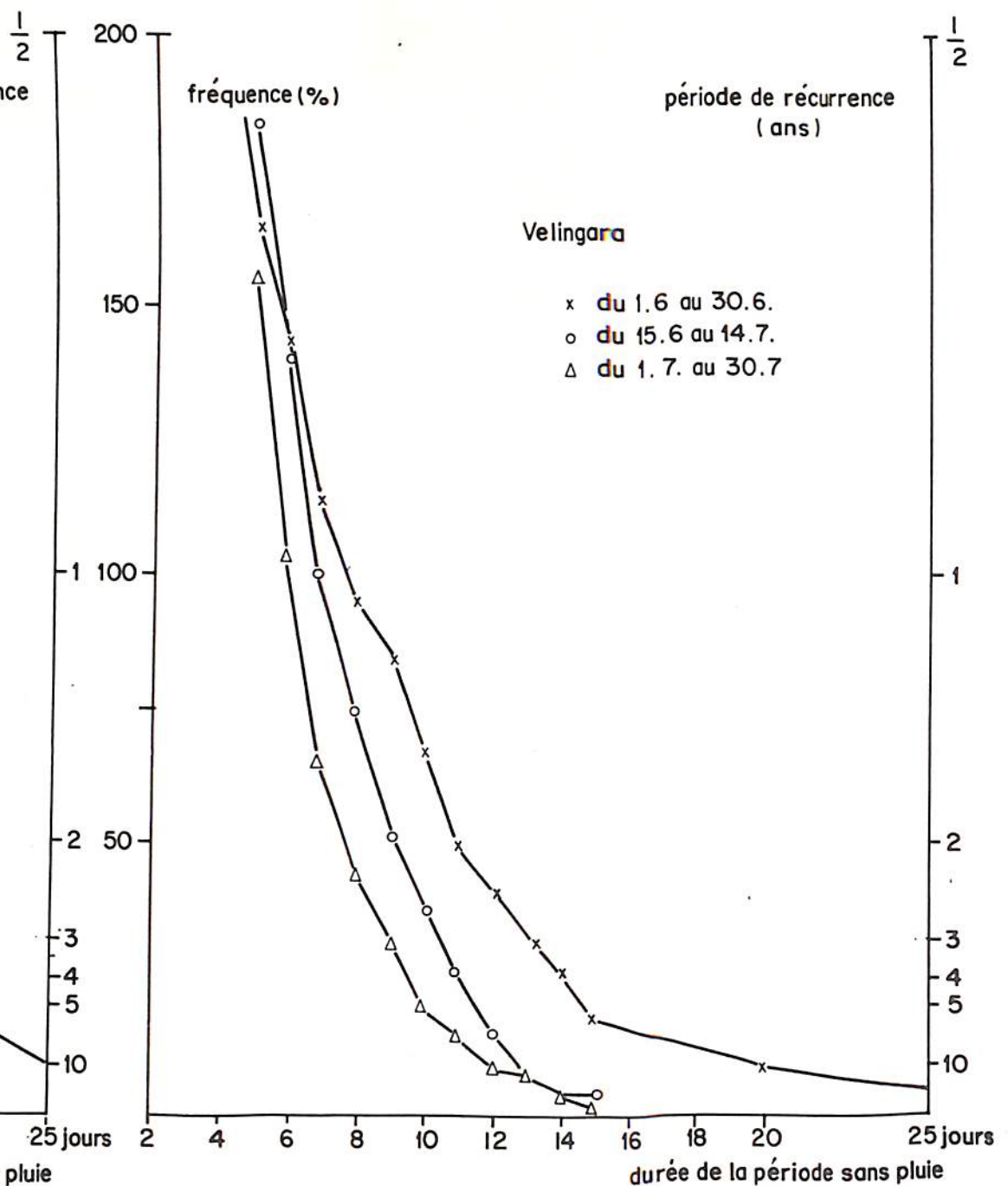
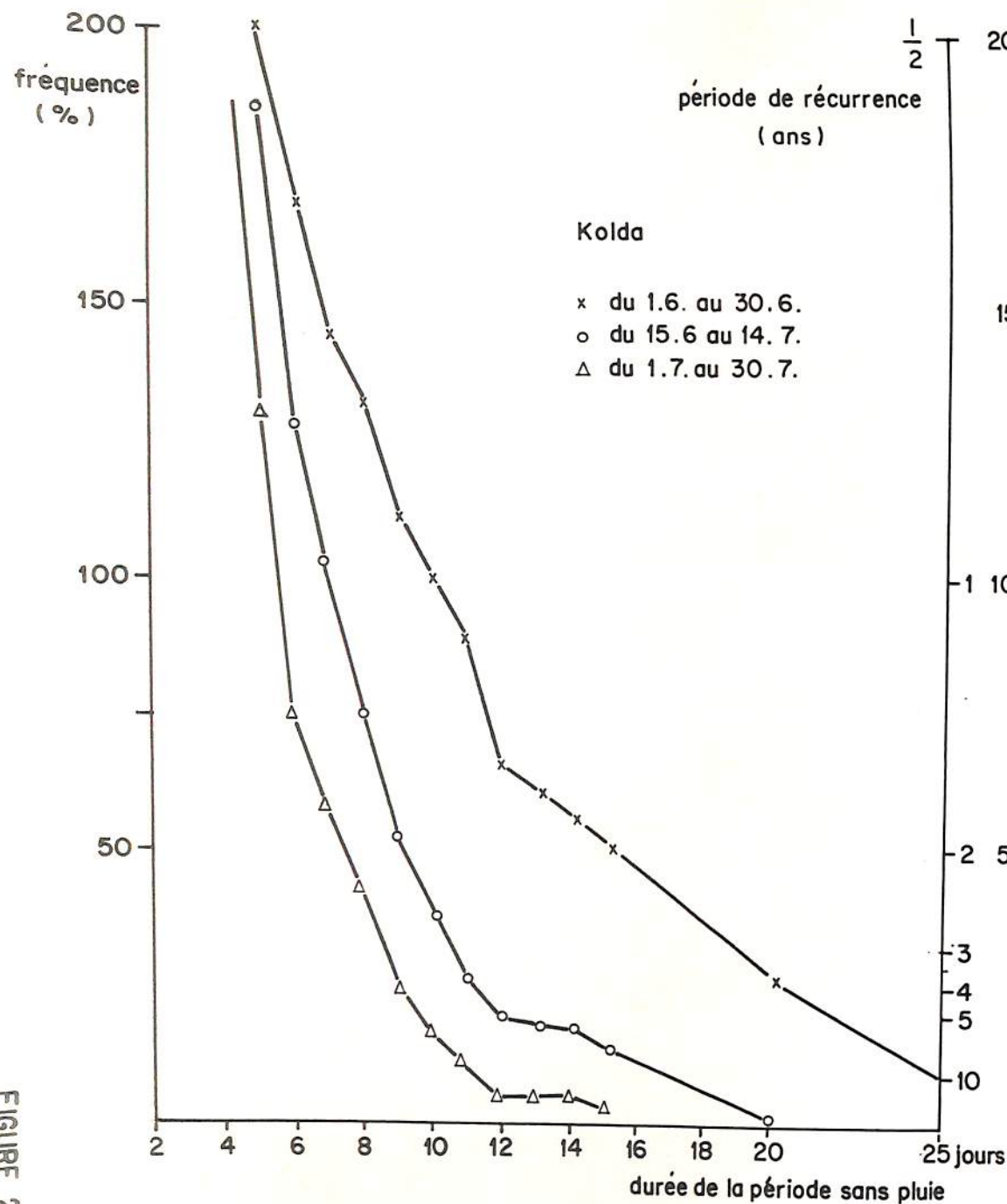


FIGURE 2 - 22



PROBABILITES DES PERIODES SANS PLUIE PENDANT 3 DIFFERENTS INTERVALLES DE 30 JOURS

FIGURE 2-23

PLUVIOMETRIE ANNUELLE A VELINGARA, KOLDA ET BASSE
DISTRIBUTION SELON LOI NORMALE

Pluviométrie annuelle (mm)

Fréquence de dépassement (%)

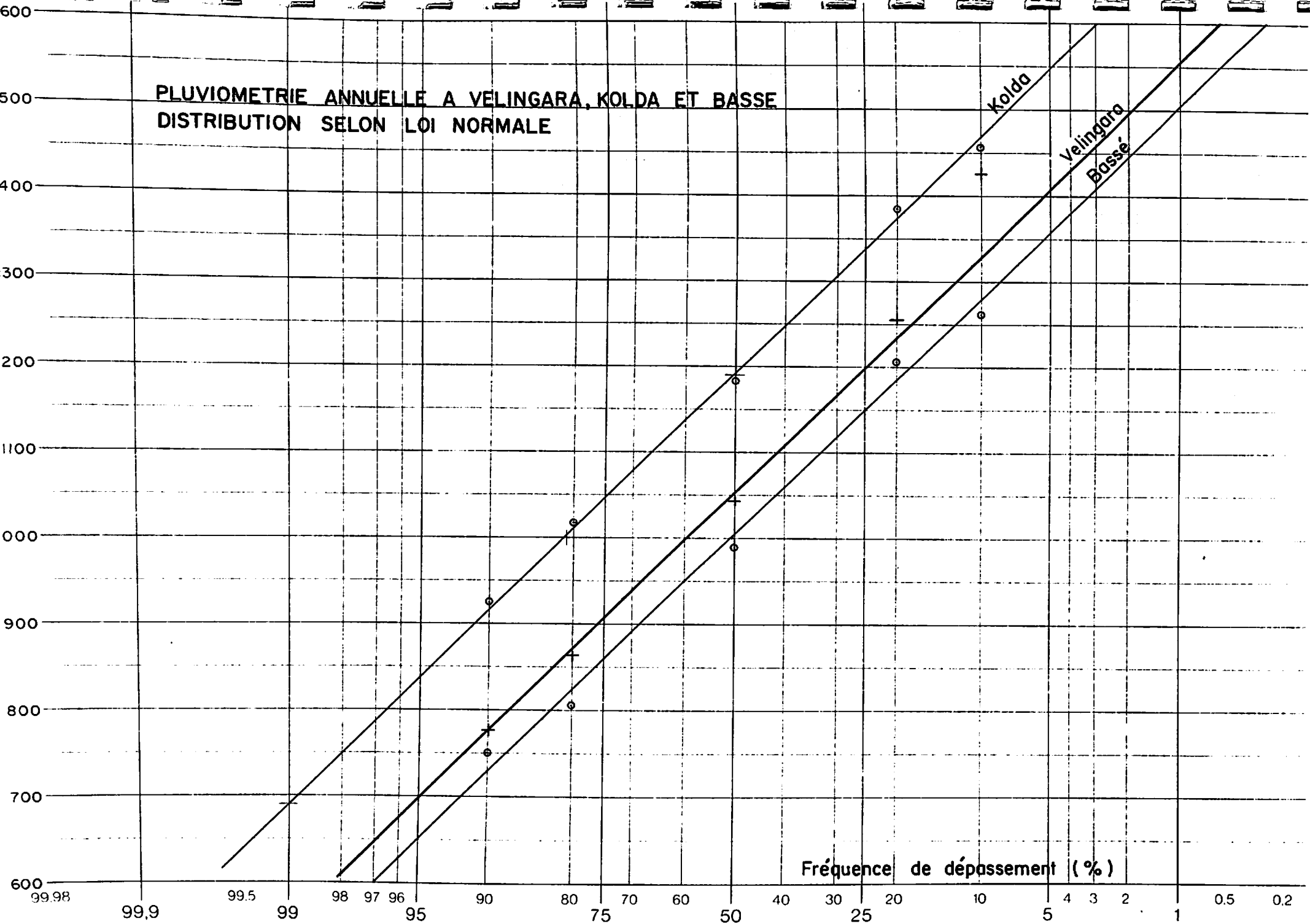


FIGURE 2-24

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL
SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

VOLUME II

RAPPORT 3 HYDROGEOLOGIE



ELECTROWATT
INGENIEURS-CONSEILS S.A.
ZURICH - DAKAR 1980

TABLE DES MATIERES

		Page
1.	INTRODUCTION	3 - 1
2.	RAPPEL DES RESULTATS PRELIMINAIRES	3 - 2
2.1	La nappe phréatique	3 - 2
2.2	Les aquifères profonds	3 - 5
3.	LA CAMPAGNE DE FORAGES	3 - 9
3.1	Le forage de Soutouré	3 - 11
	3.1.1. Les opérations effectuées	3 - 11
	3.1.2. Coupe géologique	3 - 15
	3.1.3. Détermination des roches	3 - 18
	3.1.4. Analyse d'eau	3 - 20
	3.1.5. Test de débit	3 - 22
	3.1.6. Rendement, qualité de l'eau et possibilité d'utilisation du forage	3 - 27
3.2	Le forage de Vélingara-Sud 1	3 - 31
	3.2.1. Les opérations effectuées	3 - 31
	3.2.2. Coupe géologique du forage de Vélingara-Sud 1	3 - 36
	3.2.3. Analyses granulométriques	3 - 38
	3.2.4. Carottage électrique	3 - 41
	3.2.5. Développement du forage et essai de pompage préliminaire	3 - 46
	3.2.6. Analyse de l'eau	3 - 50
3.3	Le forage de Vélingara-Sud 2	3 - 51
	3.3.1. Les opérations effectuées	3 - 51
	3.3.2. Coupe géologique du forage de Vélingara-Sud 2	3 - 55

TABLE DES MATIERES

	Page	
3.3.3.	Analyse granulométrique	3 - 57
3.3.4.	Le carottage électrique	3 - 59
3.3.5.	Développement du forage et essai de pompage préliminaire	3 - 62
3.3.6.	Analyse de l'eau	3 - 65
4.	LA CAMPAGNE GEOPHYSIQUE	3 - 66
5.	INTERPRETATION HYDROGEOLOGIQUE	3 - 69
6.	CONCLUSIONS	3 - 75

LISTE DES FIGURES

		PAGE
Fig. 3 - 1	CARTE GEOLOGIQUE DU SENEGAL ET LOCALISATION DU BASSIN DE L'ANAMBE	3 - 3
Fig. 3 - 2	BASSIN DE L'ANAMBE. CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE PHREATIQUE	3 - 4
Fig. 3 - 3	EMPLACEMENT DES FORAGES DE RECONNAISSANCE	3 - 10
Fig. 3 - 4	FORAGE DE SOUTOURE : COUPE DU FORAGE EQUIPE	3 - 17
Fig. 3 - 5	FORAGE DE SOUTOURE : INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE	3 - 25
Fig. 3 - 6	FORAGE DE SOUTOURE : INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE	3 - 26
Fig. 3 - 7	FORAGES : STANDARDS DE QUALITE DE L'EAU POUR L'IRRIGATION	3 - 29
Fig. 3 - 8	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : COUPE ET EQUIPEMENT PROVOIRE	3 - 35
Fig. 3 - 9	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : ANALYSES GRANULOMETRIQUES	3 - 39
Fig. 3 - 10	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : ANALYSES GRANULOMETRIQUES	3 - 40
Fig. 3 - 11	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE	3 - 43
Fig. 3 - 12	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE	3 - 44
Fig. 3 - 13	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : DIAGRAPHIE DE POLARISATION SPONTANEE	3 - 45
Fig. 3 - 14	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : EVOLUTION DES DEBITS LORS DU DEVELOPPEMENT	3 - 48
Fig. 3 - 15	FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE	3 - 49
Fig. 3 - 16	VELINGARA-SUD 2 : COUPE ET EQUIPEMENT	3 - 54
Fig. 3 - 17	VELINGARA-SUD 2 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE	3 - 58
Fig. 3 - 18	VELINGARA-SUD 2 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE	3 - 60
Fig. 3 - 19	VELINGARA-SUD 2 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE ET POLARISATION SPONTANEE	3 - 61
Fig. 3 - 20	VELINGARA-SUD 2 : INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE	3 - 64

LISTE DES FIGURES

		PAGE
Fig. 3 - 21	BASSIN DE L'ANAMBE : STRUCTURE DU SOCLE (RAPPORT BRGM)	3 - 67
Fig. 3 - 22	BASSIN DE L'ANAMBE : COUPE INTERPRETATIVE	3 - 70
Fig. 3 - 23	BASSIN DE L'ANAMBE : STRUCTURE DU SOCLE, INTERPRETATION	3 - 71

1. INTRODUCTION

La présente étude a été effectuée dans le but de définir quelles sont les ressources en eau souterraine exploitables dans le bassin de l'Anambé, Haute Casamance, Sénégal. L'étude fait partie du projet de ferme pilote de la SODAGRI, et a été axée particulièrement sur la possibilité de fourniture, à partir de forages, d'eau d'irrigation pour des périmètres pilote de culture rizicole en contre-saison.

Dans une première phase, les travaux se sont concentrés sur la prise de connaissance des données hydrogéologiques existantes, l'étude de la nappe phréatique du bassin et la préparation de la campagne de forages (voir le rapport d'avril 1978, résumé au chapitre suivant).

Dans une deuxième phase, les travaux de reconnaissance proprement dit ont comporté l'exécution de 3 forages par la SONAFOR et de 49 sondages géoélectriques par le BRGM, répartis dans tout le bassin.

2. RAPPEL DES RESULTATS PRELIMINAIRES

Le bassin de l'Anambé est situé sur la bordure sud-orientale du bassin sédimentaire sénégalais (figure 1), entre le fleuve Gambie au Nord et la rivière Kayanga au sud. Il est formé d'une dépression plus ou moins circulaire à terrain argileux, inondée en saison des pluies, entre les cotes 20 et 30 m, et d'une bordure de terrains sablo-argileux, de cote supérieure à 30 m, colonisés par des villages entourés de champs cultivés (Figure 2).

2.1. La nappe phréatique

On trouve dans les villages de nombreux puits, d'une profondeur de 5 à 15 m suivant les endroits, permettant d'atteindre ou de dépasser d'un mètre ou deux le niveau de la nappe phréatique. Ces puits sont creusés dans des formations alluvionnaires récentes (Quaternaire) principalement constituées de sables limoneux beige et de limons gris, ou dans des formations alluvionnaires plus anciennes (Continental Terminal ou CT, Tertiaire) principalement constituées d'argiles sableuses bariolées jaune, rouge ocre et blanc. On rencontre fréquemment un niveau de cuirasse latéritique d'un à 5 m d'épaisseur, à 3 ou 4 m sous la surface du sol.

En raison de la variabilité des terrains, la nappe est probablement inhomogène. Elle s'écoule vers le centre du bassin avec un gradient moyen de 3 o/oo. Il n'y a pas d'exutoire localisé, la décharge s'effectue probablement par drainance vers le haut, sous forme d'évapotranspiration. L'alimentation de la nappe s'effectue probablement en majeure partie par les terrains plus sableux du pourtour du bassin. Elle a été estimée à 100 mm par année environ, la pluviométrie moyenne se situant aux environs de 1150 mm par année. Dans ces conditions, un captage théorique de 100 m³/h exploitant les ressources renouvelables de la nappe serait tributaire d'une aire alimentaire minimale de 10 km².

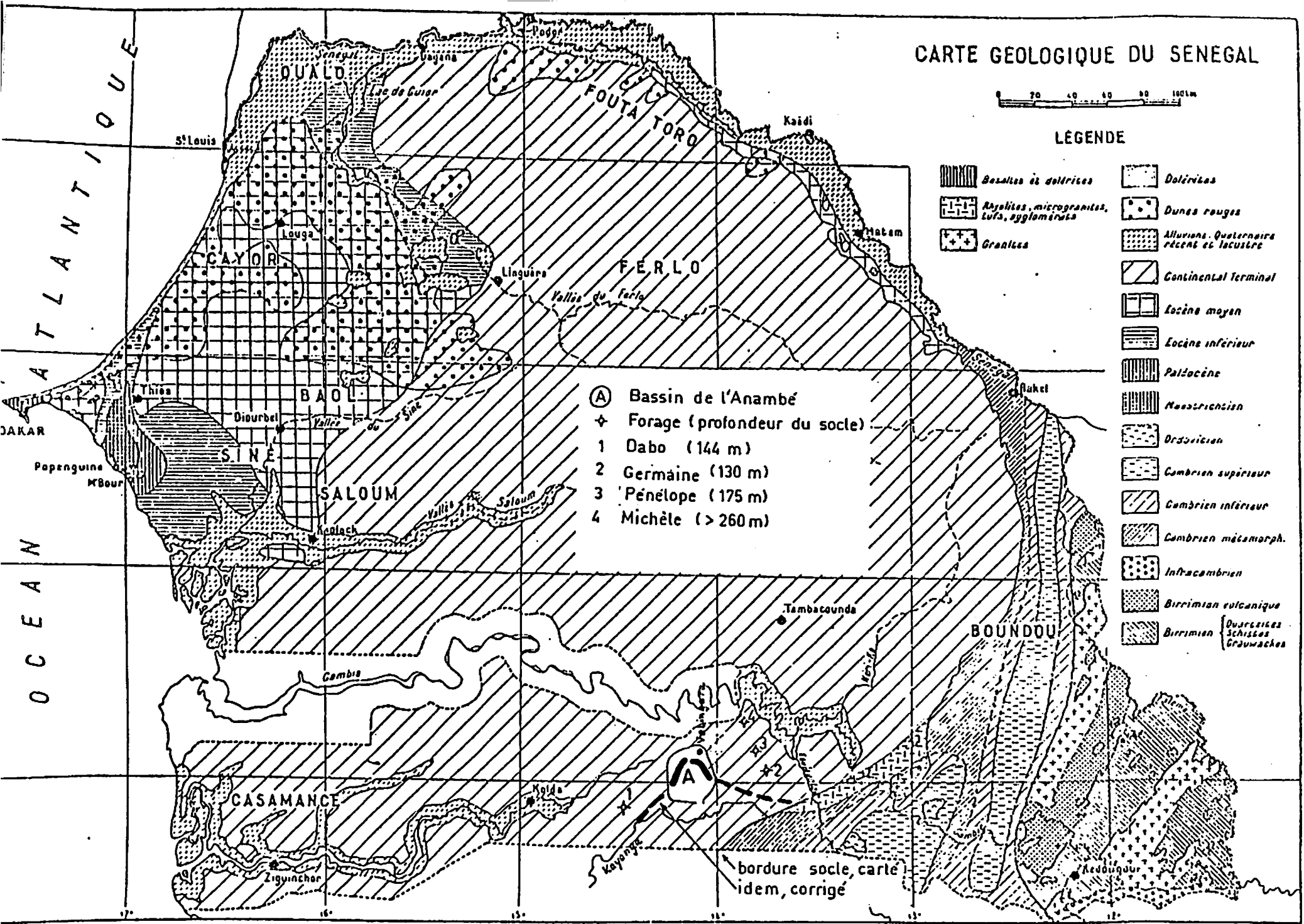
CARTE GEOLOGIQUE DU SENEGAL



LEGENDE

	Basaltes à dolérites		Dolérites
	Abylites, microgranites, Lufa, agglomérata		Dunes rouges
	Granites		Alluvions Quaternaire récent et lacustre
	Continental Terminal		Eocène moyen
	Eocène inférieur		Paléocène
	Maastrichtien		Ordovicien
	Cambrien supérieur		Cambrien inférieur
	Cambrien métamorph.		Intracambrien
	Birimien volcanique		Birimien { Diorites Schistes Grauwackes

- (A) Bassin de l'Anambé
 † Forage (profondeur du socle)
 1 Dabo (144 m)
 2 Germaine (130 m)
 3 Pénélope (175 m)
 4 Michèle (> 260 m)

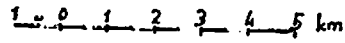


3 - 3
 Figure 3 - 1
 CARTE GEOLOGIQUE DU SENEGAL
 ET LOCALISATION DU BASSIN DE L'ANAMBE

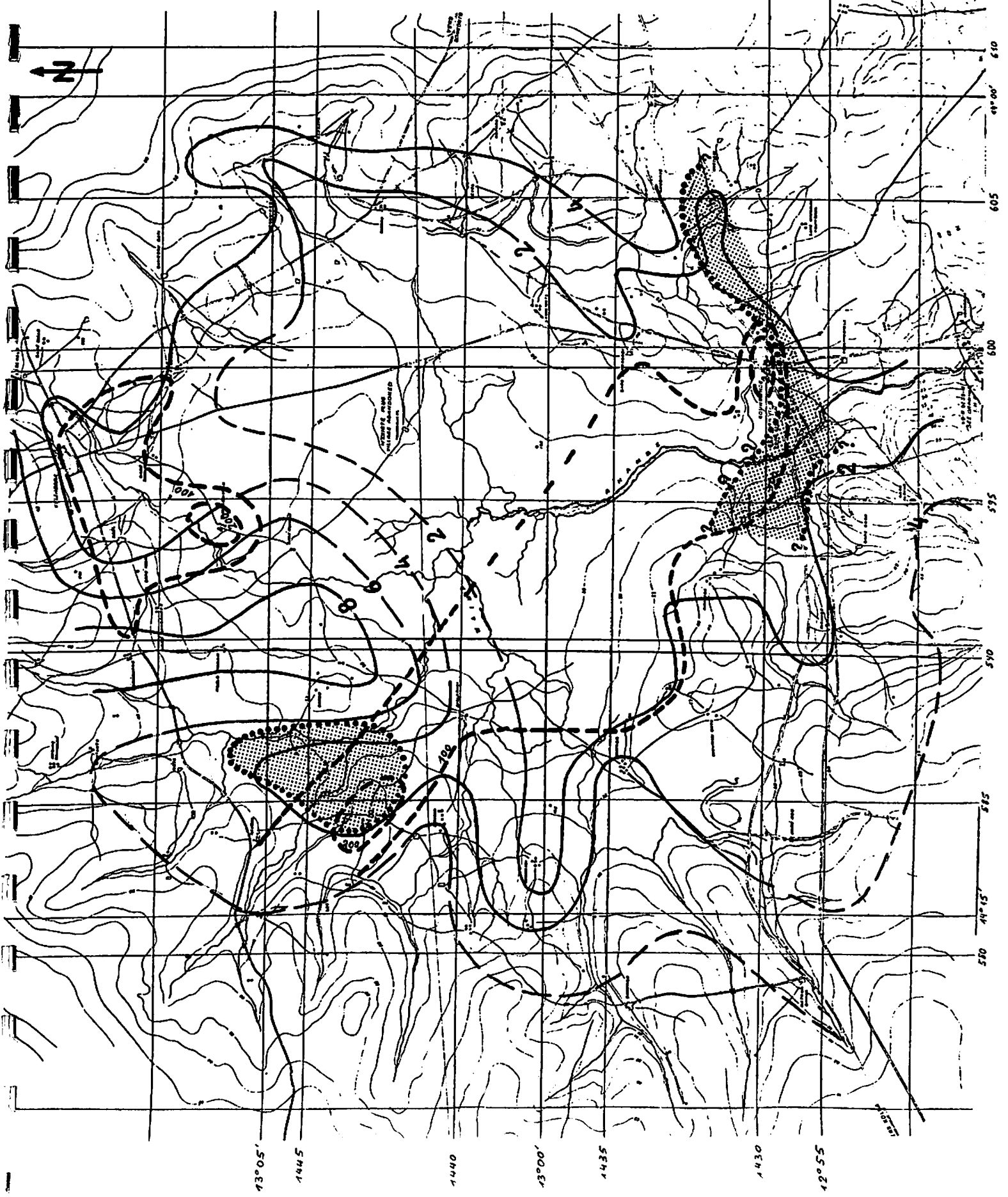
Figure 3 - 2

CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE PHREATIQUE

CGRS 55 - 25000



- A) Minéralisation (conduct. él. en mhos/cm , >100) - - - - -
- B) pH >7,5 (represented by dots on map)
- C) Baisse de la nappe entre 1966 et 1978, en m — 2 — (represented by thick dashed lines on map)



Nous avons effectué de petits essais de pompage manuel, de très courte durée, dans un échantillonnage de 7 puits représentatifs des différents terrains rencontrés. Les valeurs de perméabilité, calculées d'après la remontée de la nappe, se situent entre 0,9 et $3 \cdot 10^{-5}$ m/s pour les alluvions (sables limoneux) et entre 2,7 et $21 \cdot 10^{-5}$ m/s pour les niveaux latéritiques. Le puits communal de Vélingara capte un niveau sableux peu argileux de perméabilité $4,7 \cdot 10^{-4}$ m/s. Si l'on utilise cette dernière valeur - la plus favorable - pour un calcul théorique, un captage de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ nécessiterait une épaisseur d'aquifère de 30 m au moins, compte tenu des faibles rabattements réalisables dans la nappe phréatique. Les puits de village ne nous fournissent malheureusement aucune information sur des tranches aussi profondes de la nappe, et aucune information du tout sur la nappe dans la zone interne du bassin, à proximité d'éventuels périmètres pilote.

Nous avons donc été réduits, dans la phase de préparation de la campagne de forages, à l'interpolation des données de forages relativement éloignés du bassin de l'Anambé (40 à 50 km), à l'extrapolation de cartes et coupes géologiques générales, et à l'interprétation des caractéristiques de la nappe phréatique qui peuvent être liées à des systèmes d'écoulement plus généraux, comme le chimisme et les fluctuations piézométriques (fig. 2).

2.2. Les aquifères profonds

Les aquifères profonds sont bien connus dans le centre et l'ouest du bassin sédimentaire sénégalais, où de nombreux forages ont permis leur étude. Les travaux d'Audibert notamment (Réf. 4) mettent en relief la valeur économique de l'aquifère sableux du Maestrichtien, situé entre les profondeurs moyennes de 200 et 400 m, et fournissant des débits de 50 à $350 \text{ m}^3/\text{h}$ environ. Des aquifères moins importants, mais néanmoins intéressants à exploiter sont les niveaux sableux du Continental Terminal (CT) et des calcaires gréseux ou marneux de l'Eocène et du Paléocène.

Si les informations sont abondantes dans le centre-Nord Ouest du pays, elles se raréfient vers la bordure sud orientale du bassin sédimentaire et sont même inexistantes dans la région du bassin de l'Anambé. On sait seulement qu'à Velingara, un forage (Sodefitex) capte un niveau sableux du CT entre 44 et 52 m de profondeur, possédant une perméabilité de 10^{-4} m/s environ.

Les informations les plus proches sont fournies par la coupe du forage pétrolier de Dabo 1 bis, 40 km à l'W du bassin de l'Anambé, et par 3 piézomètres de reconnaissance (Michèle, Pénélope et Germaine) situés à 45 km à l'E du bassin (fig. 1). Ces forages se situent à une distance de 20 à 50 km de la bordure du bassin sédimentaire telle que la représente la carte géologique (P. Bassot) et rencontrent le socle paléozoïque à une profondeur de plus de 130 m, profondeur augmentant du SSE vers le NNW. Les formations sédimentaires traversées se composent des argiles, limons et sables du CT, des argiles, marnes et grès calcaires du Paléocène-Eocène, et des sables plus ou moins argileux du Maestrichtien-Paléocène.

En interpolant ces données pour le bassin de l'Anambé, on obtient une épaisseur sédimentaire moyenne de 160 m et une espérance de rencontrer des niveaux sableux à la base du CT (entre 25 et 50 m de profondeur moyenne) et à la base de la série sédimentaire (entre 125 et 160 m de profondeur moyenne). Les valeurs de transmissivité espérées (perméabilité et épaisseur) sont respectivement de $1,5 \cdot 10^{-3}$ m³/s pour le CT (basée sur une seule valeur, Velingara) et de $7 \cdot 10^{-4}$ m³/s pour le Maestrichtien-Paléocène (basée sur une seule valeur également, Germaine).

En l'absence de données plus fiables, l'emplacement du premier forage de reconnaissance a été déterminé principalement en fonction des contraintes pédo-agronomiques d'utilisation de l'eau, en tenant compte, dans la mesure du possible, de critères hydrogéologiques (zone d'écoulements préférentiels,

supposé à partir des faibles fluctuations piézométriques de la nappe phréatique conjointement à un caractère chimique rappelant celui des nappes profondes; figure 2).

Comme on le verra dans les chapitres suivants, l'interpolation des données disponibles à l'échelle régionale s'est avérée nettement insuffisante et trompeuse, le bassin de l'Anambé étant caractérisée par une structure géologique assez complexe.

Références bibliographiques

- 1) BRGM, 1961, R. GOUZES : Etude hydrogéologique de la Casamance
- 2) GERCA (SCET/COOP/ILACO), 1962 : Aménagement hydroagricole en Casamance et Haute Gambie; Casamance continentale, études hydrogéologiques, campagne 1962
- 3) BRGM, 1964, H.CAMUS, J.DEBUISSON : Etude hydrogéologique des terrains anciens du Sénégal oriental (campagne 1962-1963)
- 4) BRGM, 1966, M. AUDIBERT : Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal, la "Nappe Maestrichtienne"
- 5) BRGM, 1967, J.C. NAPIAS : Hydrogéologie de la Moyenne et Haute Casamance
- 6) BRGM, 1968 : Etude de la réalimentation et de la salinité de la nappe des "Sables Maestrichtiens" du Sénégal
 - 6.1. R.GOUZES : Interprétation des mesures périodiques du niveau et des données nouvelles
 - 6.2. M.GRAVOST : Résultats d'une campagne de reconnaissance par forages dans le Sénégal oriental
- 7) BRGM (FED), 1969, J. DEBUISSON, G. GAGNIERE : Campagne de construction de 133 puits, 1967 - 1968, région de Casamance et du Sénégal oriental, compte rendu de surveillance des travaux
- 8) IAEA-SM-182/26, 1974, G. CASTAGNY, A. MARCE, J. MARGAT, H. MOUSSU, Y. VUILLAUME :
Etude par les isotopes du milieu du régime des eaux souterraines dans les aquifères de grandes dimensions.
- 9) SODAGRI, 1977, Projet d'aménagement hydroagricole du bassin de l'Anambé, Haute Casamance, Etude Sénériz

3. LA CAMPAGNE DE FORAGES

3 forages de reconnaissance et prospection hydrogéologique ont été effectués dans le bassin de l'Anambé, afin d'identifier les différentes formations sédimentaires du sous-sol et de tester leur qualité aquifère respective.

Comme on le verra par la suite, ces 3 forages sont représentatifs de la plus grande partie du bassin. Le forage de Soutouré se situe au Sud du bassin, celui de Velingara-Sud 1 au Nord, et celui de Velingara-Sud 2 au Centre-Nord-Est (figure 3). Ils représentent chacun une situation géologique différente.

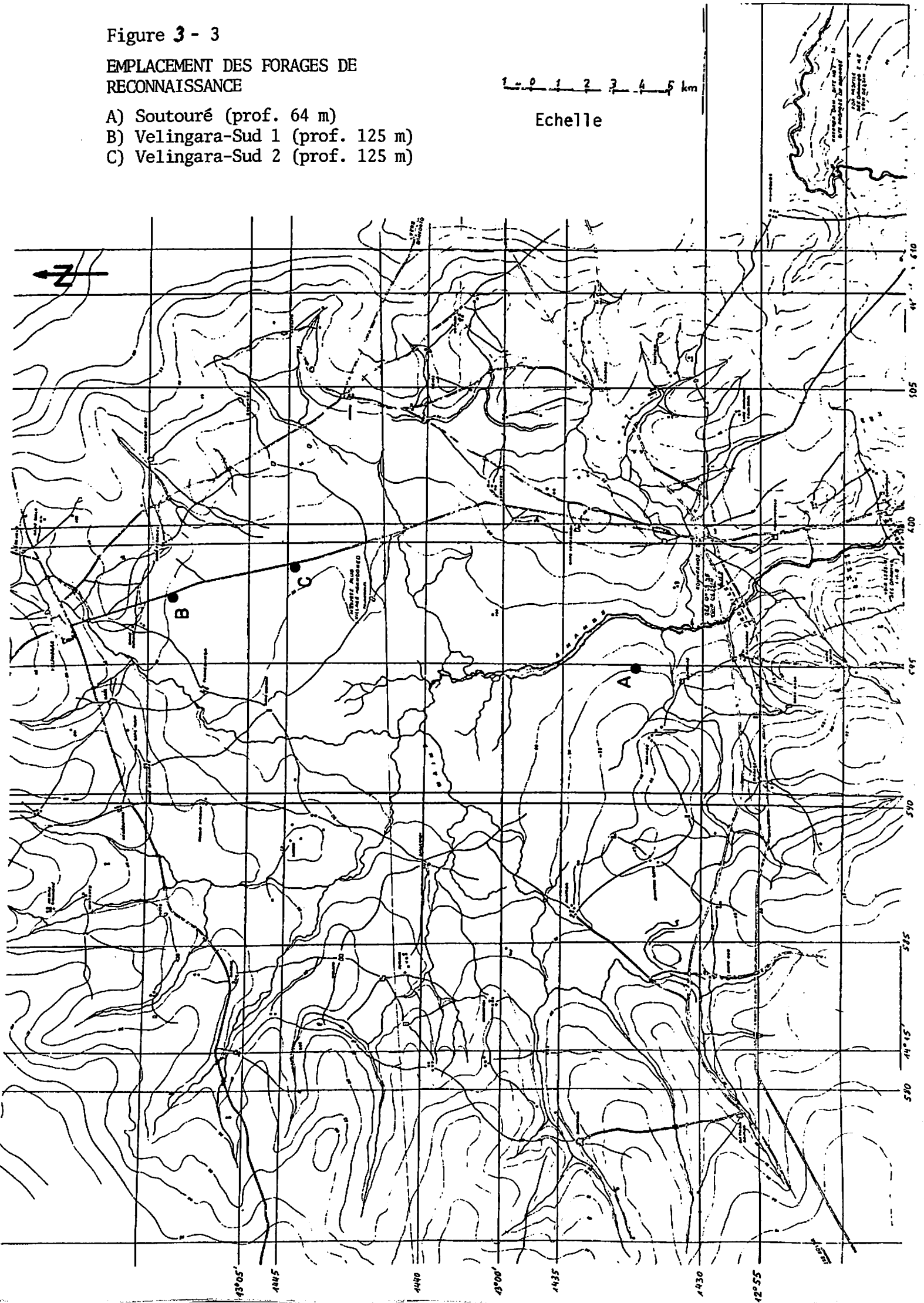
Figure 3 - 3

EMPLACEMENT DES FORAGES DE
RECONNAISSANCE

- A) Soutouré (prof. 64 m)
- B) Velingara-Sud 1 (prof. 125 m)
- C) Velingara-Sud 2 (prof. 125 m)

1 0 1 2 3 4 5 km

Echelle



3.1. Le forage de Soutouré

3.1.1. Les opérations effectuées

Le forage a été implanté aux coordonnées 594500/1432400 à l'altitude approximative de 30 m. Il a été foré jusqu'à 64 m en 8 3/4" par rotary circulation directe à la boue bentonitique, avec une foreuse Failing Djeda, et équipé avec un tubage de 5" et des crépines à nervures repoussées de 4" (voir figure 4 et liste des opérations effectuées).

Les terrains traversés sont schématisés sur la coupe de la figure 4 et décrits dans le paragraphe 3.1.2. Sous une couverture sédimentaire de 13 m, constituée d'argiles sableuses, le forage a rencontré le socle paléozoïque représenté par des rhyolites alcalines microcristallines, épimétamorphiques qui ont l'aspect d'une quartzite sériciteuse verte ou de schistes verts. Entre 32 et 48 m, on a rencontré une formation détritique ou altérée contenant un fort pourcentage d'argile, et dont l'origine n'est pas complètement élucidée (voir paragraphe 3.1.3).

Enfin, entre 48 et 64 m, on retrouve les mêmes rhyolites vertes que précédemment.

Aucune perte de boue n'a été constatée. Le forage a été exécuté jusqu'à 64 m afin de pouvoir tester les qualités aquifères des rhyolites, spécialement des niveaux altérés (entre 26 et 32 m et entre 48 et 57 m).

Afin de pouvoir exécuter un test à l'air lift sans danger de détérioration du forage, la première partie, sédimentaire, a été réalésée et tubée en 8 5/8". Le test effectué dans le trou nu, s'est révélé peu concluant pour des besoins d'irrigation (débit de 5 m³/heure pour un rabattement de 20 m environ) si bien que nous avons renoncé à forer plus profondément ou à réalésier le forage.

De faibles débits permettent néanmoins un usage domestique du forage, aussi l'avons nous équipé avec un tubage de 5" et des crépines de 4", non prévues au programme mais disponibles sur le chantier.

Ces crépines à nervures repoussées ont été placées aux niveaux supposés les plus perméables (rhyolites altérées), soit entre 26 et 30 m et entre 50 et 62 m, et l'espace annulaire rempli avec du gravier basaltique de 1 à 2 mm.

Le développement du forage équipé s'est effectué à l'air lift pendant vingt-deux heures, sans adjonction de polyphosphates, absentes sur le chantier.

Au début du développement, le débit soutiré est tombé à 1 m³/h environ pour un rabattement de 20 m environ, la colonne d'air étant descendue directement dans la colonne d'exhaure du forage. Ce faible débit peut s'expliquer par la conjonction de 3 causes :

- une partie du profil a été tubée
- le massif filtrant et les crépines occasionnent une perte de charge supplémentaire
- une partie de l'eau pompée dans la zone inférieure peut s'infiltrer par la crépine dans la zone dénoyée.

A la fin du développement, le débit était de 2,5 m³/h après 10 minutes de pompage et de 1,67 m³/h après une heure de pompage, avec un rabattement de 24 m environ, une ligne d'air de 3/4" étant cette fois descendue dans un tube d'exhaure de 2".

Nous ne disposons pas de pompe de petit diamètre pour effectuer un essai de pompage dans les règles de l'art, aussi les débits et rabattements mentionnés n'ont-ils qu'une valeur indicative.

Forage de Soutouré

Opérations effectuées :

- 28.6 - 28.7. Reconnaissance du site, préparation du matériel, transport (difficile à cause du terrain) installation du chantier Foreuse Failing Djeda.
- 29.7. Approvisionnement en eau, préparation de la boue, creusage à la main du trou de 30" profondeur 1,5 m, pose du tube guide de 26" de 3 m de long.
- 30.7.* Forage en 8" 3/4 de 1,5 à 32,7 m
- 31.7. Forage en 8" 3/4 de 32,7 à 64 m
- 1.8. Alésage en 12" 1/4 de 1,5 à 14 m
Nettoyage du trou jusqu'à 64 m
Pose du tubage 8" 5/8 de + 0,55 à -14 m
- 2.8. Régie 9h.30 Test à l'air lift : descente de tubes 5" jusqu'à 55 m, ligne d'air à 45 m; essai air lift de 10 h 12h.30, débit 5 m³/h niveau statique à 24,5 m.
- cimentation des tubes 8" 5/8 de 0 - 14 m
 - préparation (soudures) crépines 4" à nervures repoussées (16 m) et tube d'exhaure de 5".

* Jusqu'au 5.8.1978 travail de 7 à 19 heures, pas de travail de nuit car le groupe électrogène est en panne.

3.8. Pose crépines et tube d'exhaure, avec centreur

de 12 à 26 m	: tubes	5"
26 à 30 m	: crépines	4"
30 à 50 m	: tubes	5"
50 à 62 m	: crépines	4"
62 à 64 m	: tubes	5"

Gravillonnage du massif filtrant, gravier 1 - 2 mm

Développement ⁽¹⁾ par air lift par à coup de 5 minutes : 20 minutes à 30 m, puis 20 minutes à 57 m, puis 2 h à 45 m, eau chargée de boue et de gravier du massif filtrant, débit environ $1 \text{ m}^3/\text{h}$.

4.8. Développement ⁽¹⁾ par air lift à 45 m : 12 h par à coup de 5 minutes, débit en fin de journée $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$.5.8. Développement par air lift, dans tubes 2" à 53 m avec ligne d'air 3/4" à 47 m : 9 h par périodes de 1/2 h ou 1 h de pompage, 5 à 10 minutes d'arrêt.

Eau propre après 1/2 heure de pompage

Débit de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ après 10 minutes de pompage

Débit de $1,67 \text{ m}^3/\text{h}$ après 1 heure de pompage.

Cimentation de la dalle et réception de forage

le développement a duré au total 22 h, avec 15 h de pompage effectif.

(1) La ligne d'air a été descendue directement dans la colonne d'exhaure (tubage et crépine).

3.1.2. Coupe géologique

Effectuée d'après l'examen des cuttings; les profondeurs sont arrondies au mètre près. Pour les roches du socle, voir les résultats d'analyse au paragraphe suivant.

0 - 13 m : Argile sableuse, soit

- 0 - 1,5 m : argile compacte, beige, avec nodules de couleur rouille
- 1.5 - 5,0 m : argile sableuse beige, fraction sableuse de 0,1 à 0,5 mm et grains arrondis de latérite de 2 à 3 mm
- 5,0 - 7,0 m : argile graveleuse beige foncé à forte proportion de grains de 2 à 5 mm et de quartz. Quelques grains de calcite et d'argile blanc-verdâtre
- 7,0 - 11,0 m : argile sableuse beige clair à jaunâtre contenant quelques grains de latérite et de quartz de 1 à 5 mm, quelques grains de calcite et d'argile verte
- 11,0 - 12,0 m: sable argileux rouge, fraction grossière = 50 % environ, constituée de grains de latérite et essentiellement de quartz
- 12,0 - 13,0 m: argile graveleuse avec des débris de quartz et de rhyolite verte de 5 mm

13 - 32 m Rhyolite alcaline microcristalline, épimétamorphique

- 13,0 - 14,0 m: zone altérée, cuttings vert pomme et blanchâtres, tendres
- 14,0 - 20,0 m: zone légèrement altérée, cuttings plus durs, gris foncé à vert foncé, en partie violacés, de forme aplatie et allongée et grands (5 à 20 mm)
- 20,0 - 26,0 m: zone inaltérée (?), cuttings de petite dimension (environ 2 à 5 mm) gris vert
- 26,0 - 27,0 m: zone altérée, cuttings moyens, en partie couleur rouille
- 27,0 - 32,0 m: zone altérée, cuttings moyens, vert-pomme

32 - 48 m : Formation altérée ou détritique, argileuse et sableuse

32,0 - 35,0 m environ : argile brun chocolat et gris-verdâtre, devenant plus verdâtre vers le bas, avec 15 % de fraction sableuse de quartz, d'albite et de micas

35,0 - 42,0 m environ : même argile sableuse, verdâtre

42,0 - 44,0 m environ : même argile sableuse, avec passées violacées

44,0 - 47,0 m : même argile sableuse, verdâtre

47,0 - 48,0 m : même argile sableuse, verdâtre, avec une plus importante fraction sableuse

48 - 64 m : Rhyolite, comme précédemment

48,0 - 53,0 m : zone altérée, cuttings vert pomme

53,0 - 57,0 m : zone légèrement altérée, grands cuttings

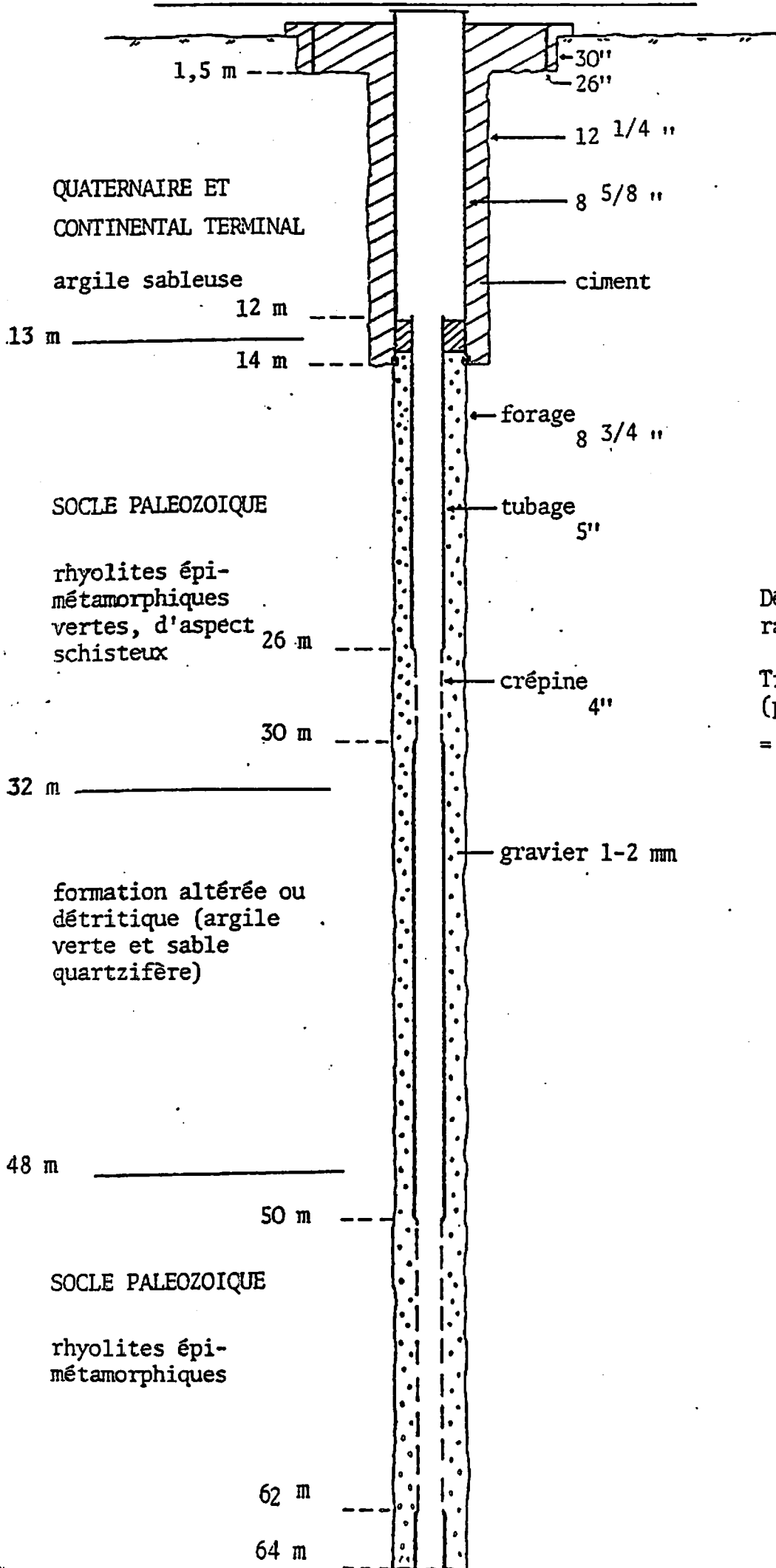
57,0 - 61,0 m : zone inaltérée, cuttings très petits (2 à 3 mm)

61,0 - 64,0 m : idem, cuttings de 3-5 mm, roche dure à forer.

Figure 3 - 4

FORAGE DE SOUTOURE : coupe du forage équipé

échelle verticale 1:250



Débit de 1,5 m³/h pour un rabattement de 20 m env.

Transmissivité du terrain
(perméabilité x épaisseur)
= 5 · 10⁻⁵ m²/s

3.1.3. Détermination des roches

L'analyse par diffraction aux rayons X et l'examen des coupes minces des cuttings a permis de définir le type de roches rencontrées :

1. - Rhyolite

Ce qui a l'aspect de quartzite schisteuse verte est en réalité une rhyolite alcaline microcristalline légèrement métamorphisée.

Elle contient environ 2/3 de quartz et 1/3 d'albite, plus quelques micas (biotite altérée, muscovite à tendance phengitique) et quelques grains de minéraux opaques (magnétite ?) ou sombres (sphène).

L'albite est idiomorphe et issue de la cristallisation primaire, (phénocristaux de 0,3 à 2 mm), de même que probablement la biotite et le sphène, tandis que le quartz est issu d'une recristallisation secondaire (cristaux de 10 à 20 μ avec traînées de cristaux de 60 à 100 μ) de même que la muscovite-phengite qui marque la schistosité.

2.- Rhyolite altérée ou grauwacke, ou argilite arkosique

Ce qui a l'aspect d'une argile gréseuse pose encore quelques problèmes d'identification. La fraction gréseuse analysée est composée de 34% de quartz non idiomorphe et anguleux de 30 % d'albite.

Le reste étant des micas et des minéraux argileux (smectite interstratifiés Illite-Montmorillonite).

Comme la fraction gréseuse représente environ 15 % de la "roche" totale, la composition globale est d'environ

90 % d'argile + traces d'autres minéraux

6 % de quartz

4 % d'albite.

Il peut s'agir de rhyolite ou grauwacke altérées, ou d'une argilite arkosique.

La présence d'argile sous les rhyolites épimétamorphiques a de quoi étonner. On peut imaginer deux scénarios pour expliquer ce phénomène :

- a) mise en place de la rhyolite, suivie d'un très léger métamorphisme (diagenèse avancée, permettant uniquement la recristallisation du quartz), puis altération d'un niveau de rhyolite (?)
- b) mise en place de la rhyolite, suivie d'un épimétamorphisme dû à une tectonique intense ⁽¹⁾ puis sédimentation détritique (argilite gréseuse et arkosique) et enfin écaillage dû à une seconde phase tectonique ⁽¹⁾.

Le chimisme de l'eau, décrit au paragraphe suivant, parle en faveur de la deuxième solution.

(1) Fait signalé dans la notice explicative de la carte géologique au 1 : 200'000, feuille Youkounkoun.

3.1.4. Analyse d'eau

L'eau du forage est bien minéralisée, et peut se définir comme sulfatée sodique. Elle se différencie des eaux du Continental Terminal par une minéralisation 10 à 30 fois plus forte ainsi que par sa teneur élevée en sulfates et en sodium et son pH basique.

La forte teneur en sodium et le pH basique s'expliquent très bien par l'abondance de l'albite $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ dans la rhyolite. Par contre, la forte teneur en sulfates ne s'explique pas de manière univoque.

Elle peut provenir de l'oxydation de soufre ou sulfures (pyrite) de dépôts volcaniques tels que les tufs, ou alors de minéraux d'origine sédimentaire tels que les évaporites. Dans ce cas la formation argileuse traversée par le forage serait d'origine détritique (hypothèse b). Nous penchons pour cette solution, d'autant plus que le rapport des ions Ca, Mg, HCO_3 suggère la présence de dolomie.

T A B L E A U I

Analyse chimique des eaux du bassin de l'Anambé

	SOUTOURE		Forages de				Koukandé CER		Saré Saidou		Puits de							
			VELINGARA-SUD 1 (SODAGRI)		VELINGARA-SUD 2 (BRGM)		(SODAGRI)				Biarou	Kael						
Date de prélèvement	3.8.1978		février 1979		mars 1979				16.2.1978	7.7.1978	16.2.1978	17.2.1978	18.7.1978					
pH	8,0		8,1		7,5		8,1		7,4	7,4	7,7	5,8	6,0					
Conductibilité électrique	1550 micromhos		(700)		310		-		262	222	163	17	147					
Extrait sec	1062 mg		495		280		(260)		-	160	-	-	116					
Teneur par litre	mg	meq	mg	meq	mg	meq	mg	meq	mg	meq	mg	meq	mg	meq				
Cl ⁻	15,6	0,44	11,0	0,31	5,0	0,14	1,2	0,03	3,5	0,10	4,3	0,12	2,1	0,06	3,5	0,10	22,7	0,64
SO ₄ ²⁻	383,3	7,98	45,2	0,94	17,3	0,36	18,9	0,39	13,0	0,27	4,8	0,10	<0,5	-	<0,5	-	22,1	0,46
HCO ₃ ⁻	433,2	7,10	(350,4)	(5,74)	189,2	3,10	180,0	2,95	189,2	3,10	158,7	2,60	122,0	2,00	12,2	0,20	15,3	0,25
NO ₃ ⁻	<2	-	-	-	2	-	-	-	<2	-	<2	-	3,0	0,05	3,0	0,05	10,0	0,16
F ⁻	0,5	0,03	-	-	0,6	0,03	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1	-
total anions	15,55		6,99		3,63		3,40		3,47	2,82	2,11	0,35	1,51					
Ca ²⁺	79,4	3,96	66,0	3,29	38,5	1,92	38,4	1,91	42,7	2,13	50,3	2,51	37,1	1,85	3,6	0,18	10,0	0,50
Mg ²⁺	50,6	4,16	27,9	2,29	13,1	1,08	13,5	1,11	13,5	1,11	1,5	0,12	<0,1	-	<0,1	-	5,6	0,46
Na ⁺	165,0	7,17	25,0	1,09	13,6	0,59	7,5	0,33	2,5	0,11	1,8	0,08	2,3	0,10	1,7	0,07	7,9	0,34
K ⁺	8,5	0,22	11,8	0,30	1,4	0,04	1,0	0,03	0,4	0,01	0,4	0,01	0,8	0,02	0,2	0,005	6,3	0,16
NH ₄ ⁺	<0,1	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	-	-	<0,1	-
total cations	15,51		6,97		3,63		3,38		3,36	2,72	1,97	0,255	1,46					

3.1.5. Test de débit

Nous n'avons pas pu effectuer d'essais de pompage au sens strict dans le forage, mais nous disposons de données relevées lors du test à l'air lift dans le trou à nu et lors du développement à l'air lift dans le forage équipé, à savoir :

- valeurs approximatives du rabattement pour un débit donné
- courbes de remontée après pompage.

Nous avons interprété ces données par la formule de Logan pour le rabattement lors du pompage

$$T = \frac{2,3 Q \log \frac{R}{r_w}}{2 \pi S_w}$$

- T = transmissivité
 Q = débit soutiré
 R = rayon d'influence
 Sw = rabattement dans le puits
 rw = rayon du puits
 D = épaisseur de l'aquifère

Pour le test dans le trou à nu, on obtient

- Q = $1,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ (après 10 minutes de pompage)
 rw = $1/2 (8 \text{ } 3/4") = 0,11 \text{ m}$
 Sw = 21 m (niveau statique à -24 m, colonne d'air -45 m)
 R = 50 m (supposé)
 D = 19 m (colonne d'air à -45 m, fond du puits à -64 m)

d'où $T = kD = 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ et $k = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

Pour le test lors du développement on obtient

$$\begin{aligned}
 Q &= 4,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{après une heure de pompage}) \\
 r_w &= 0,11 \text{ m} \\
 S_w &= 24 \text{ m} \quad (\text{niveau statique à } -24 \text{ m, colonne d'air à } -48 \text{ m}) \\
 R &= 50 \text{ m} \quad (\text{supposé}) \\
 D &= 16 \text{ m} \quad (\text{colonne d'air à } -48 \text{ m, fond du puits à } -64 \text{ m})
 \end{aligned}$$

$$\text{d'où} \quad \underline{T = kD = 1,88 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \text{ et } k = 1,18 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}}$$

La différence entre les 2 valeurs peut être attribuée pour une moitié environ aux pertes de charge du puits équipé, et pour l'autre moitié au fait que le débit est mesuré après une heure de pompage au lieu de 10 minutes, ce qui est plus proche de la valeur stabilisée.

L'analyse des courbes de remontée a été faite par la méthode de Theis
 ($T = \frac{2,3 Q}{4\pi \Delta S_w''}$) où

$\Delta S_w''$ est la différence du rabattement résiduel par cycle logarithmique de t/t'' (t = temps à partir du début du pompage, t'' = temps à partir de la fin du pompage).

On obtient, pour le trou à nu (voir figure 5)

$$\underline{T = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}, \quad D = 40 \text{ m}, \quad k = 8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}}$$

et pour le puits équipé (voir figure 6)

$$\underline{T \text{ compris entre } 3 \cdot 10^{-5} \text{ et } 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}, \quad D = 40 \text{ m},} \\
 \underline{k \text{ compris entre } 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ et } 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}.}$$

On constate que la courbe de remontée n'est pas une droite en échelle semi-logarithmique, mais une courbe qui indique une remontée trop rapide au début et trop lente à la fin. Ces anomalies sont peut être causées par la méthode de pompage à l'air lift. En effet, pendant le pompage l'eau et la roche sont mises sous pression. A l'arrêt du pompage, la réaction élastique de l'eau et de la roche peut faire monter rapidement l'eau dans le puits. De plus, les bulles d'air introduites par cette méthode de pompage peuvent avoir un effet colmatant sur les crépines et le massif filtrant, en réduisant les sections de passage, ce qui diminue la vitesse de remontée, spécialement vers la fin de la remontée quand les vitesses d'entrée sont plus faibles.

On prendra donc une valeur intermédiaire de $\Delta Sw''$ sur la courbe de remontée, soit $T = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $D = 40 \text{ m}$ et $k = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

Toutefois, pour obtenir des valeurs fiables des caractéristiques de l'aquifère, il serait nécessaire de faire un essai de pompage de longue durée (plus de 24 heures) avec une pompe aspirante.

FORAGE DE SOUTOURE, ESSAI DE DEBIT DU 2.8.78 DANS LE TROU A NU: Interprétation de la courbe de remontée

d'après THEIS $T = \frac{2,3 Q}{4\pi \Delta s_w''}$

Données

$t_0 = 40$ minutes

t''	t	t/t''	s_w'' (mètres)
8	48	6	3,0
14	54	3,86	2,0
22	62	2,82	1,4
33	73	2,21	1,2
55	95	1,73	1,0

$\Delta s_w'' = 4,9$

$T = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

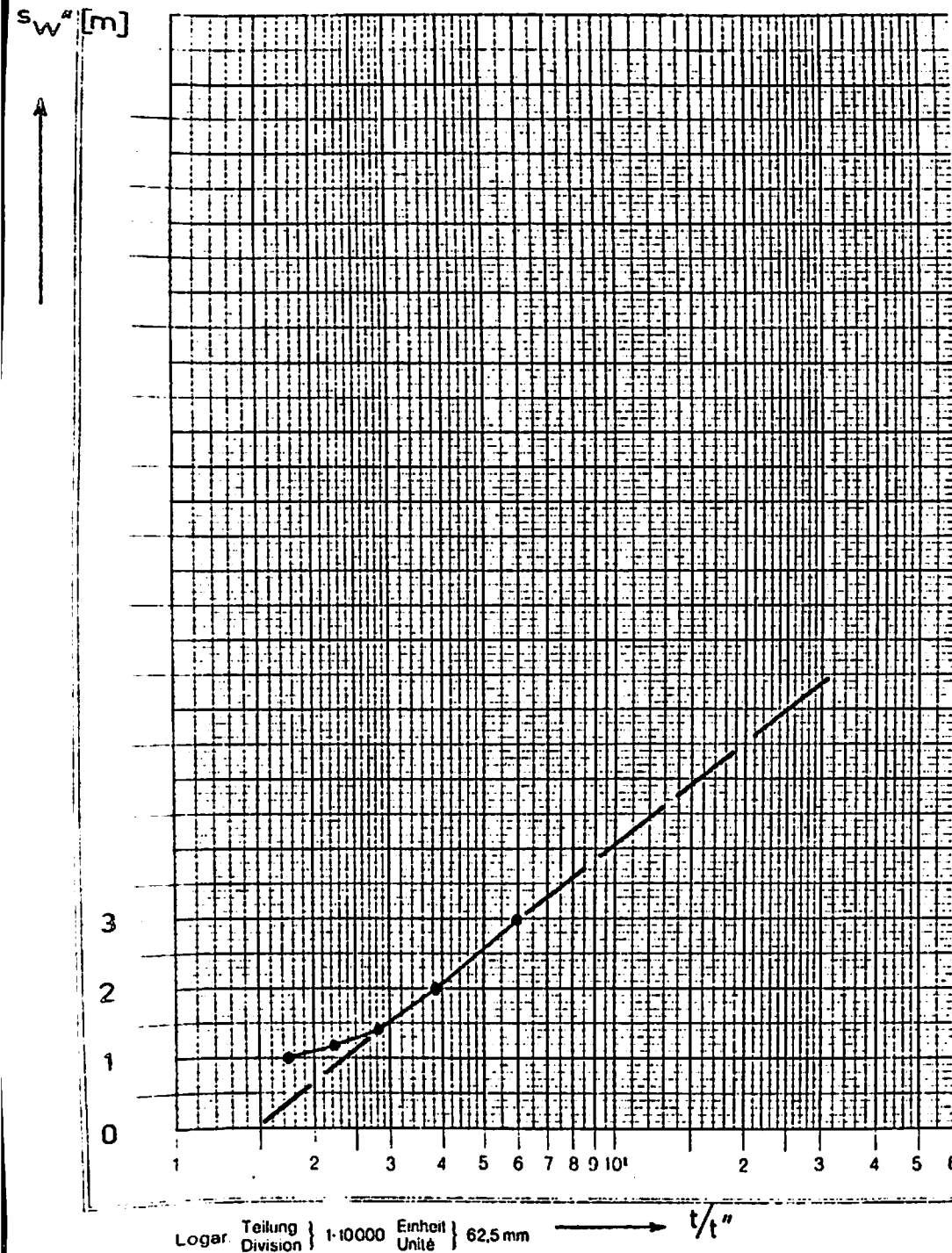


Figure 3 - 5
 FORAGE DE SOUTOURE , INTERPRETATION DE L'ESSAI
 DE POMPAGE

Figure 3 - 6

FORAGE DE SOUTOURE , INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE

FORAGE DE SOUTOURE, ESSAI DE DEBIT DU 5.8.78 DANS LE Puits EQUIPE: Interpretation de la courbe de remontée

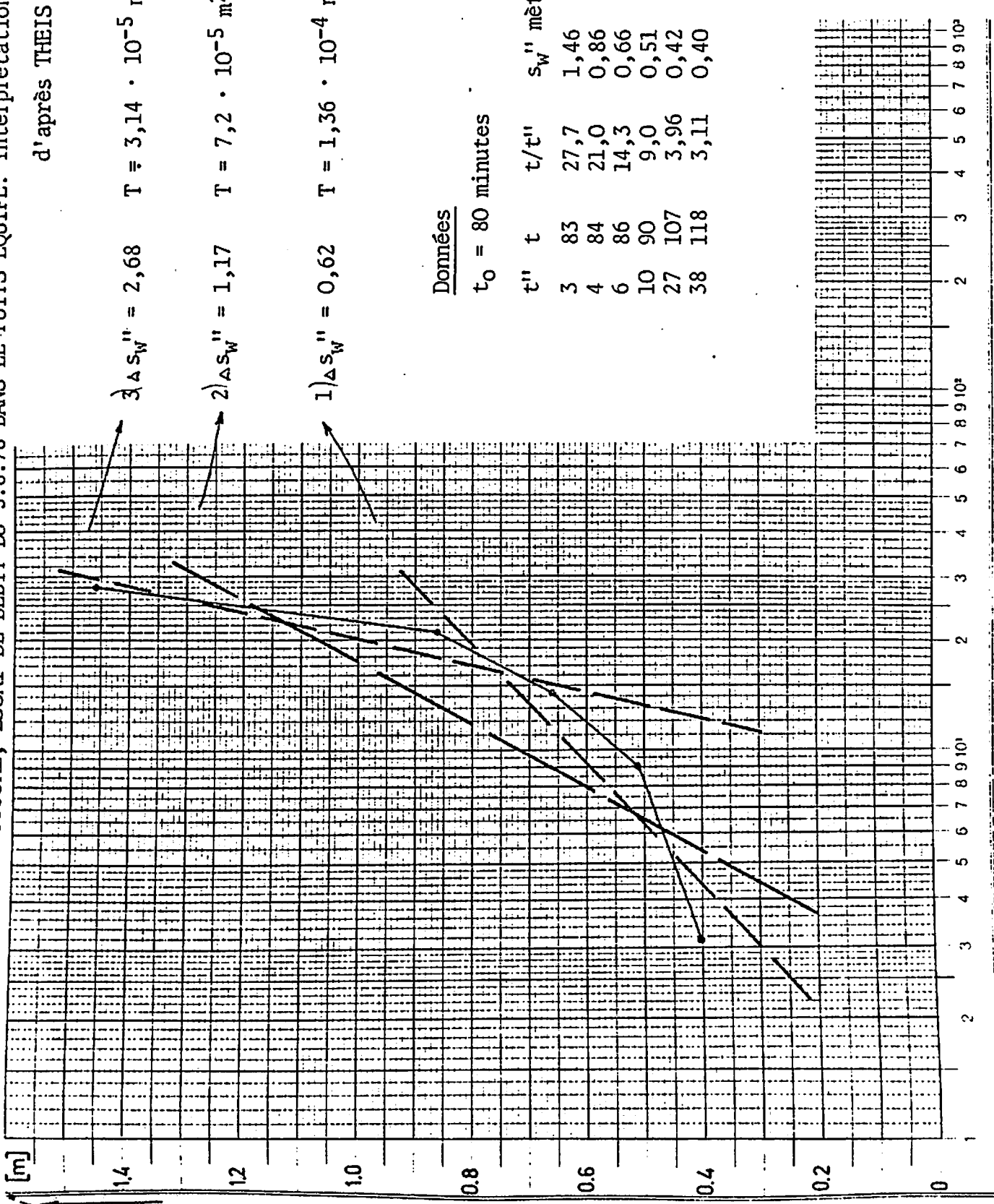
d'après THEIS $T = \frac{2,3Q}{4\pi A S_w}$

- 3) $\Delta s_w'' = 2,68$ $T = 3,14 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- 2) $\Delta s_w'' = 1,17$ $T = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- 1) $\Delta s_w'' = 0,62$ $T = 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

Données

$t_0 = 80$ minutes

t''	t	t/t''	s_w'' mètres
3	83	27,7	1,46
4	84	21,0	0,86
6	86	14,3	0,66
10	90	9,0	0,51
27	107	3,96	0,42
38	118	3,11	0,40



Teilung } 1-10000
 Logar. Division } Einheit } 62,5 mm
 Unité } t/t''

3.1.6. Rendement, qualité de l'eau et possibilité d'utilisation du forage

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les tests effectués ne permettent de donner qu'un ordre de grandeur de la perméabilité de l'aquifère. Prenons une valeur moyenne de 10^{-6} m/s, et une épaisseur de l'aquifère de 20 m (en régime de pompage).

Le débit soutiré lors d'un essai représente souvent le débit maximal soutirable, débit auquel il n'est pas bon d'exploiter le puits pendant longtemps, car il y a un risque de colmatage à cause des trop grandes vitesses d'entrée de l'eau à travers la crépine. Pour l'exploitation à long terme, H. Schneider donne une formule empirique permettant de calculer le débit idéal d'exploitation :

$$Q_{\text{idéal}} = \frac{\pi \cdot D \cdot h \cdot \sigma_w}{280}, \quad \text{où}$$

D = diamètre du forage

h = épaisseur de l'aquifère de la base des crépines jusqu'au niveau dynamique

$$\sigma_w = \sqrt{86,2 k}$$

k = perméabilité de l'aquifère

$$\text{on a} \quad D = 0,22 \text{ m} \quad h = 18 \text{ m} \quad k = 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$\sigma_w = 9,3 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{d'où} \quad Q_{\text{idéal}} = 4,125 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1,48 \text{ m}^3/\text{heure}$$

On peut donc considérer qu'un débit de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ est idéal pour une exploitation à long terme.

Le niveau statique de la nappe du socle se trouve à 24 m de profondeur. Compte tenu d'un rabattement de 20 m environ en cas de pompage, il faudrait placer la pompe à 48 m de profondeur environ. Des indications plus précises pourraient être fournies par un essai de pompage. Pour un tel essai, il faut prévoir une pompe qui puisse fournir un débit de 5 m³/h et entrer dans un tubage de 4".

L'eau du forage est de très bonne qualité pour la consommation domestique. Elle entre dans la catégorie des eaux minérales (voir Tableau I, paragraphe 3.1.4) et se trouve protégée de toute source de contamination à partir de la surface, en raison des formations argileuses qui surmontent l'aquifère et de la cimentation du tubage sur les 14 premiers mètres du forage.

Pour les besoins d'irrigation l'eau peut convenir également mais il existe un danger de salinisation du sol, en raison de la faible capacité de drainage de celui-ci.

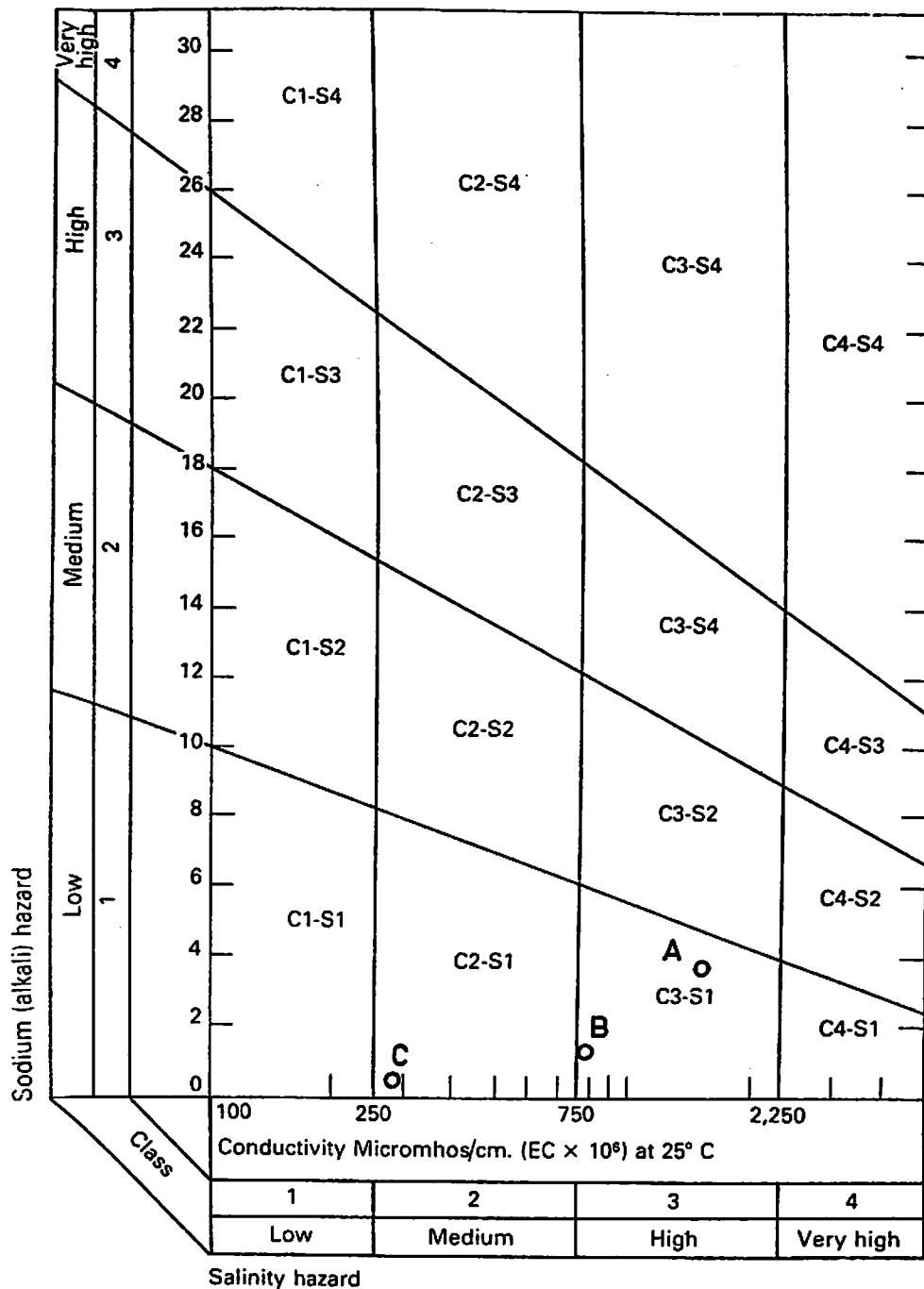
D'après les normes du US Salinity laboratory l'eau se classe dans la catégorie C₃S₁, soit bonne en ce qui concerne les teneurs en sodium (SAR¹) = 3,56) mais médiocre en ce qui concerne la minéralisation totale (1062 mg/l). Voir figure 7.

Les commentaires sont les suivants :

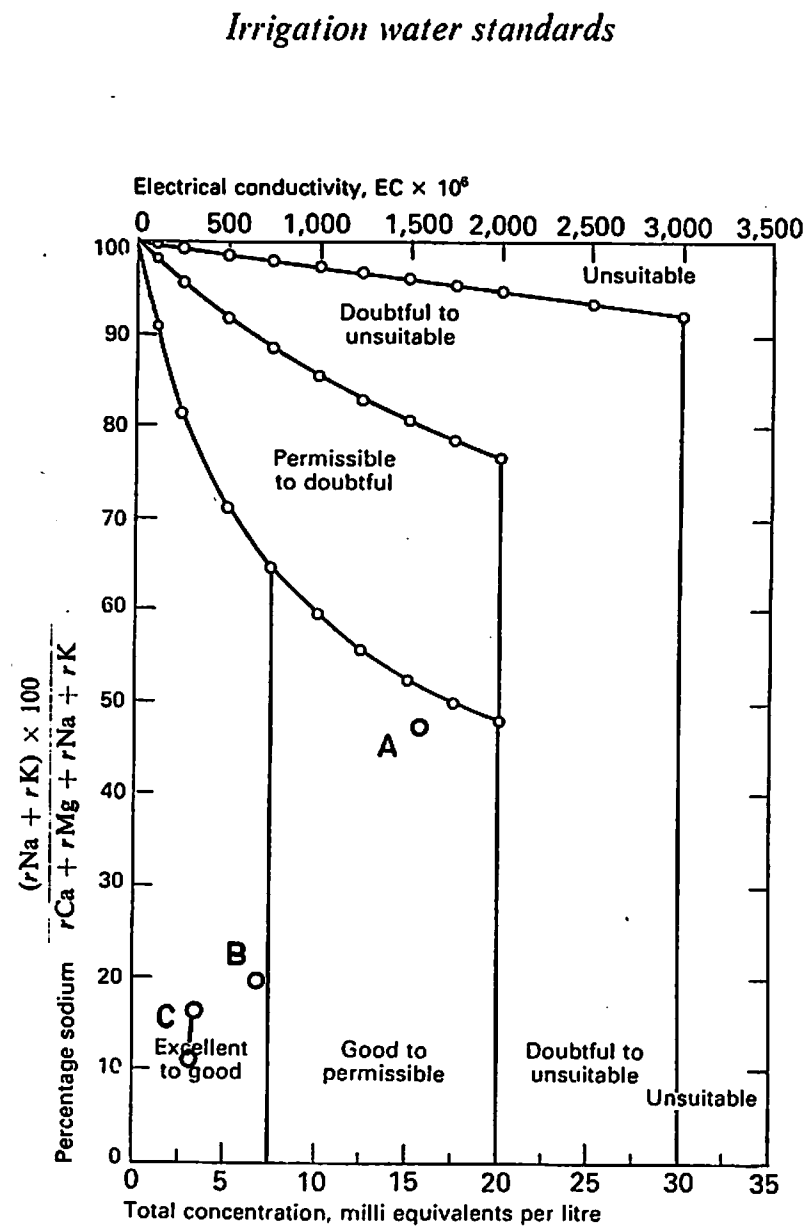
- C₃ l'eau ne peut pas être utilisée sur des sols à drainage réduit, sauf pour les plantes à bonne tolérance vis-à-vis de la salinité (2) et moyennant un équipement de contrôle de la salinité.
- S₁ l'eau peut être utilisée pour tous les sols sans grand danger de développement de niveaux avec échange de sodium; éviter les plantes sensibles au sodium, tels que les avocats.

(1) SAR = Sodium Absorption Ratio $\frac{\text{Na}}{((\text{Ca} + \text{Mg}) / 2)^{1/2}}$ en meq

(2) Le riz se classe parmi les plantes à tolérance moyenne vis-à-vis de la salinité des eaux.



Quality criteria for irrigation water.
(Source: United States Department of Agriculture.)



- A) Soutouré
- B) Velingara-Sud 1
- C) Velingara-Sud 2

STANDARDS DE QUALITE POUR L'EAU D'IRRIGATION
Figure 3 - 7

Il ne faut pas oublier que les quantités d'eau disponibles dans l'aquifère du socle sont très faibles, ce qui rendrait le coût de l'irrigation prohibitif. Nous déconseillons donc d'utiliser le forage à ces fins.

L'eau du forage pourrait également convenir à l'abreuvement des troupeaux. Cependant la présence de troupeaux à proximité immédiate du périmètre d'essai de Soutouré n'est peut-être pas souhaitable, au moins pendant la période de culture.

Vu la très bonne potabilité de l'eau, nous conseillons d'utiliser le forage pour les besoins en eau potable en priorité, et, accessoirement, comme abreuvoir en saison sèche si le périmètre pilote n'est pas cultivé.

Pendant l'hivernage, le forage pourrait à la rigueur servir de source d'appoint ou de secours pour 1 ou 2 hectares, le débit journalier soutirable étant l'équivalent d'une pluie journalière de 4 mm sur 1 hectare.

3.2. Le forage de Velingara - Sud 1

3.2.1. Les opérations effectuées

Le forage a été implanté aux coordonnées 597 583/1449 000 à l'altitude de 29 m, près de l'ancienne route Velingara-Koukané, du côté W, 4 km au sud de Velingara (figure 3). Il a été foré jusqu'à 125 m en 9 7/8" par rotary circulation directe à la boue bentonitique avec une foreuse Failing Djeda. Après un carottage électrique (PS et résistivité) il a été réalésé jusqu'à 80 m en 23" et jusqu'à 121 m en 15", et équipé avec une chambre de pompage de 16", un tubage d'exhaure de 8 5/8" et des crépines à fentes continues Johnson TS 8" (voir figure 8 et liste des opérations effectuées). Le tubage d'exhaure et les crépines ont été retirés après les tests de débit peu concluants (voir 3.2.6), malgré un développement très poussé (voir 3.2.5).

Les terrains traversés sont schématisés sur la coupe de la figure 8 et décrits dans le paragraphe 3.2.2. Il s'agit d'une série sédimentaire principalement argileuse attribuée au Tertiaire, peu ou pas consolidée, avec quatre séquences de sables plus ou moins limoneux ou argileux, soit entre 0 et 15 m, 30 et 34 m, 60 et 78 m, 100 et 116 m. La série sédimentaire repose sur le socle paléozoïque, constitué de rhyolites, à partir de 116 m.

Aucune perte de boue n'a été constatée. La boue a été polluée par les argiles natives et les limons des terrains traversés et a dû être renouvelée ou traitée à plusieurs reprises.

Forage de Velingara-Sud 1

Opérations effectuées

- 14.12.78 au 6.1.79 Reconnaissance du site, préparation et déplacement du matériel depuis Soutouré et installation du chantier.
- 7.1.79 Forage en 9 7/8" de 0 à 58 m. Densité de la boue D = 1,1, viscosité v = 34 Marsh
- 8.1.79 Forage en 9 7/8" de 90 à 125 m. D = 1,2, v = 45
- 10.1 - 11.1.79 Contrôle et nettoyage du trou, injection de boue neuve D = 1,0 et v = 36, carottage électrique PS et résistivités normale 16" et latérale 6'. NB : pas de diagraphie Gamma (en panne)
- 12.1. Réalésage en 23" de 0 à 20 m
D = 1,2 v = 60
- 13.1. Réalésage en 23" de 20 à 66 m
D = 1,3 v = 55, traitement de la boue à l'hexamétaphosphate (20 kg)
- 14.1. - 15.1. Réalésage en 23" de 66 à 80 m
D = 1,4 v = 50
Préparation et descente tubage roulé-soudé 16", nettoyage annulaire et cimentation de 65 à 80 m et de 0 à 15 m.
- 16.1. - 22.1. Attente dépannage (camion Sonafor)
- 23.1. - 24.1. Réalésage en 14 3/4" de 80 à 102 m. D = 1 - 1.2
v = 35-45 et attente dépannage (groupe de soudure)
- 25.1. Réalésage en 14 3/4" de 102 à 121 m, D = 1,1-1,2
v = 35-45
- 26.1. Descente à 121 m de la colonne de captage, comprenant 4 m de sabot laveur (de 121 à 117 m), 15 m de crépine Johnson TS 8" (de 117 à 102 m), 27 m de tubage acier API 8 5/8" (de 102 à 75 m), 1 gauche, 77 m de tubage d'exhaure 8 5/8" provisoire (de -75 à +2 m)

- 27.1. Gravillonnage de l'annulaire entre 121 et 80 m, gravier basalte 1-2 mm, lavage, et 1ère injection de 2500 l d'hexamétaphosphate à 5 %, brassage à l'air, attente de 6 h.
- 28.1. Début du développement à l'air lift, alternance de 30' de pompage et 15' d'arrêt (9 h 30' de pompage et 4 h 30' d'arrêt)
2ème injection d'hexamétaphosphate (2000 l à 5 %), brassage et attente de 6 h.
- 29.1.- Développement à l'air lift en alternance marche/arrêt
1.2. - de 60' / 60' pendant 10 h.
- de 60' / 180' pendant 72 h.
soit en tout 23 h de pompage et 59 h d'arrêt.
Débit moyen environ 2,4 m³/h.
- 2.2. Lavage des crépines au jet
3ème injection d'hexamétaphosphate au jet (4000 l à 2,5 %) attente de 7 h.
Développement à l'air lift en alternance marche / arrêt de 45' / 15' pendant 28 h, soit 21 h de pompage et 7 h d'arrêt. Débit après 40' de développement = 3,5 m³/h.
Débit après 10 h de développement = 1,7 m³/h.
- 4.2. Développement à l'air lift en alternance pompage/arrêt de 60' / 180' pendant 12 h soit 3 h de pompage et 9 h d'arrêt.
Lavage au jet (perte de 8 m³ d'eau dans l'aquifère, sur 24 m³ utilisés)
4ème injection de polyphosphate au jet (cette fois pyrophosphate, 3000 l à 3,33 %, perte de 1 m³ environ dans l'aquifère), attente de 6 h.
- 5.2.-7.2. Développement à l'air lift en alternance pompage/arrêt de 60' / 60' pendant 62 h, soit 31 heures de pompage et autant d'arrêt.
- 8.2. Injection de 60 l d'acide acétique entre 103 et 104 m de profondeur, attente 10 h.
Essai préliminaire de pompage continu durant 3 heures.
Niveau statique (NS) avant pompage à 13 m à partir du sol

Débit après 40 minutes	$Q_{40'}$	= 2,535 m ³ /h
" " 2 heures	Q_{2h}	= 1,875 m ³ /h
" " 3 heures	Q_{3h}	= 1,765 m ³ /h
Rabatement	S_w	= 43 m

Niveau dynamique (ND) à la fin du pompage à 56 m
 ND après 1 heure d'arrêt (remontée) $ND''_{1h} = 27$ m

9.2.-17.2. Attente de la fabrication d'un piston

Mesures du NS	1e 12.2.	NS = 3,86 m
à 16 h	1e 13.2.	NS = 3,49 m
	1e 14.2.	NS = 3,20 m
	1e 16.2.	NS = 3,10 m (à 13 h)

17.2. Pistonnage dans les crépines durant 8 heures.

18.2. Essai préliminaire de pompage à l'air lift

- pompage durant 1 heure 15' avec la ligne d'air à 60 m
 NS = 3 m, ND = 34 m, $Q = 2,8$ à $2,5$ m³/h.
- arrêt durant 55'
- reprise du pompage durant 5 h 35' avec la ligne d'air à 80 m
 ND = 55 m, $Q_{max} = 3,750$ m³/h, $Q_{min} = 1,82$ m³/h
 $Q_{moyen} = 2,3$ m³/h.
- arrêt et mesure de la remontée durant 1 heure
 $ND''_{1h} = 37$ m

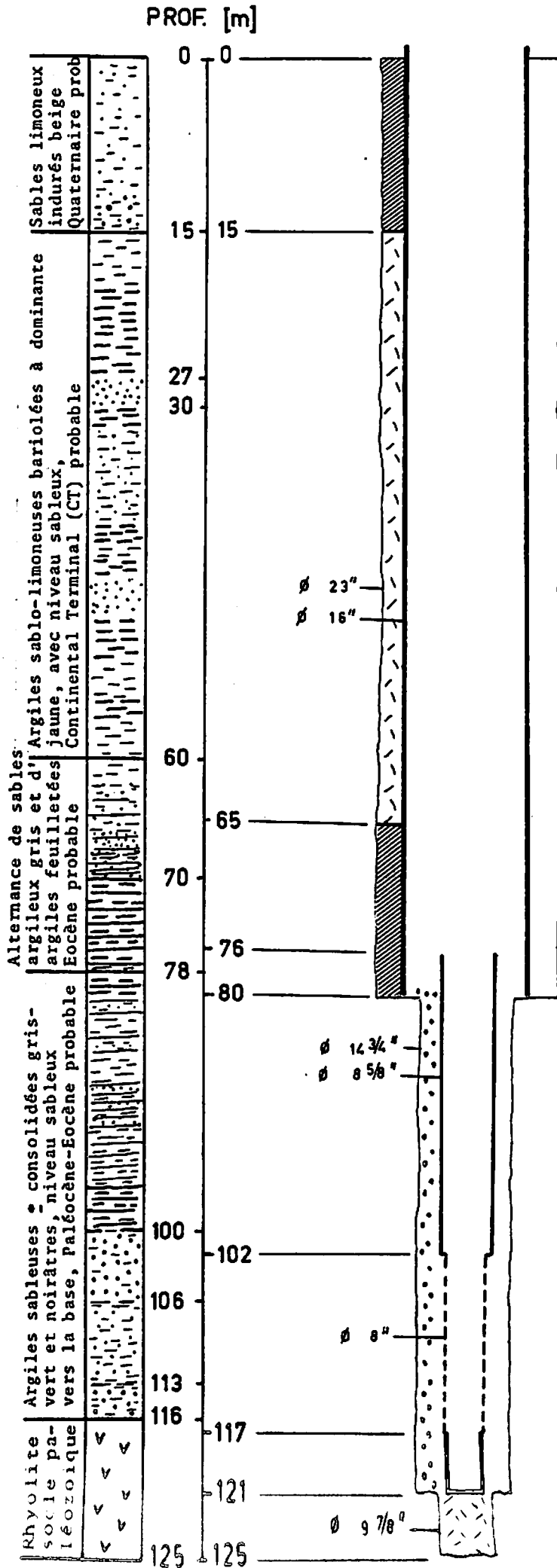
19.2. Développement à l'air lift, 2 heures de pompage

$$Q_{1h} = 3,33 \text{ m}^3/\text{h}, \quad Q_{2h} = 3,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

20.2. Remontée du tubage d'exhaure 8 5/8" et des crépines 8".

Figure 3 - 8

FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : COUPE ET EQUIPEMENT PROVISOIRE



3.2.2. Coupe géologique du forage de Velingara-Sud 1

0 - 15 m	<u>Alluvions sablo-limoneuses indurées, Quaternaire probable</u>
0 - 1 m	Sable limoneux induré beige-rose clair, avec nodules de manganèse
1 - 7 m	Sables et limons argileux rouge-ocre, avec quelques gravillons latéritiques
7 - 15 m	Sables et limons argileux jaunes, rouges et blancs avec gravillon latéritique à la base.
15 - 60 m	<u>Argiles et limons sableux bariolés à dominante jaune, avec niveau sableux, Continental Terminal probable</u>
15 - 26 m	Sables argileux et argiles bariolées, à dominante rouge
26 - 30 m	Argile verte
30 - 34 m	Sable argileux jaune ocre (phosphates ?) passant au brun, concrétions de silex
34 - 41 m	Limon argileux bariolé, à dominante jaune
41 - 42 m	Argile limoneuse rouge sang
42 - 60 m	Alternance de limons et argiles sableuses, principalement jaune, accessoirement bariolées vert/rose/brun, passées noirâtres à 58 m, argiles et sables argileux consolidés à partir de 55 m environ.
60 - 78 m	<u>Alternance de sables argileux gris et d'argiles feuilletées, Eocène probable</u>
60 - 61 m	Alternance d'argiles gris clair, verte et noire
61 - 72 m	Alternance de sables fins argileux légèrement cimentés gris et rose et d'argiles feuilletées (consolidées) jaunes, blanches, violettes, noires. Débris de lignite et nodules de limonite.

- 72 - 73 m Argile sableuse jaune
- 73 - 78 m Limon sablo-argileux brun, jaune et gris
- 78 - 116 m Argiles sableuses et consolidées à dominante gris-vert, avec niveau sableux à la base, Paléocène - Eocène probable
- 78 - 85 m Alternance d'argiles blanches et grises, gris foncé au sommet et gris clair avec de nombreux grains noirs à la base
- 85 - 96 m Argile sableuse gris-vert et argiles feuilletées vertes et noires, avec pyrite, glauconie et débris de silex
- 96 - 97 m Limon sablo-argileux rouge-sang, avec lignite et limonite
- 97 - 99 m Argile gris-bleu ciel
- 99 - 100 m Sable argileux ocre
- 100 - 106 m Sables grossiers, de quartz jaune, rose et blanc, probablement limoneux
- 106 - 113 m Sables moyens argileux, de quartz blanc et rhyolite
- 113 - 116 m Alternance probable d'argile verte et de sables grossiers limoneux, de quartz blanc et rose et de rhyolite, cristaux de pyrite
- 116 - 125 m Rhyolite gris-vert clair, Paléozoïque à l'aspect de quartzite, contenant de la pyrite, semblable à la rhyolite rencontrée au forage de Soutouré (voir 3.1.3.).

3.2.3. Analyses granulométriques

Les séquences sableuses ont fait l'objet d'analyses granulométriques incomplètes (figures 9 et 10), seule la fraction sableuse étant tamisée. On a tenu compte de la fraction limoneuse et argileuse par comparaison volumétrique entre l'échantillon total et l'échantillon lavé (fraction sableuse). Les résultats n'ont qu'une valeur relative car on ignore quel pourcentage des argiles et limons a été emporté par la boue de forage, et quel pourcentage occupe la boue de forage dans l'échantillon non lavé. Ils permettent néanmoins de comparer les niveaux sableux entre eux.

On constate que les niveaux inférieurs (échantillons 8 et 9) se distinguent par un pourcentage de sables moyens et grossiers nettement plus important que dans les niveaux supérieurs. Par leur aspect également, les niveaux inférieurs semblaient prometteurs - peu ou pas de limons et d'argile mêlés au sable (le lavage s'effectuait très facilement) - tandis que dans les niveaux supérieurs le sable était mêlé à une matrice limono-argileuse assez difficile à éliminer au lavage.

Les essais de pompage ont montré que les sables inférieurs étaient très peu perméables. Nous avons reconstitué une courbe granulométrique théorique (No 10) compatible avec la valeur de perméabilité obtenue ($k = 10^{-6}$ m/s), d'après des données d'auteurs divers (Hazen, Sharp, Custodio). D'après cette courbe, environ la moitié de la formation serait constituée de limons. L'importance de cette fraction fine a passé inaperçue à l'examen visuel des échantillons, les limons s'étant probablement dispersés dans la boue de forage.

Rapport N° Bassin de l'Anambé	Echantillon :	1	2	3	4	5
Sondage/Prélèvement N° Velingara-Sud 1	Date prélèvement : 1. 1979					
Type sondage : Rotary, circulation directe/boue	Profondeur : en m	56-67	61	66	89	94
Prélevé par :						
Chantier :						
Route :						
Lieu :						
	Remarque:	On n'a tenu compte que très approximativement de la fraction limoneuse et argileuse par comparaison volumétrique entre l'échantillon total et l'échantillon lavé (fraction sableuse)				

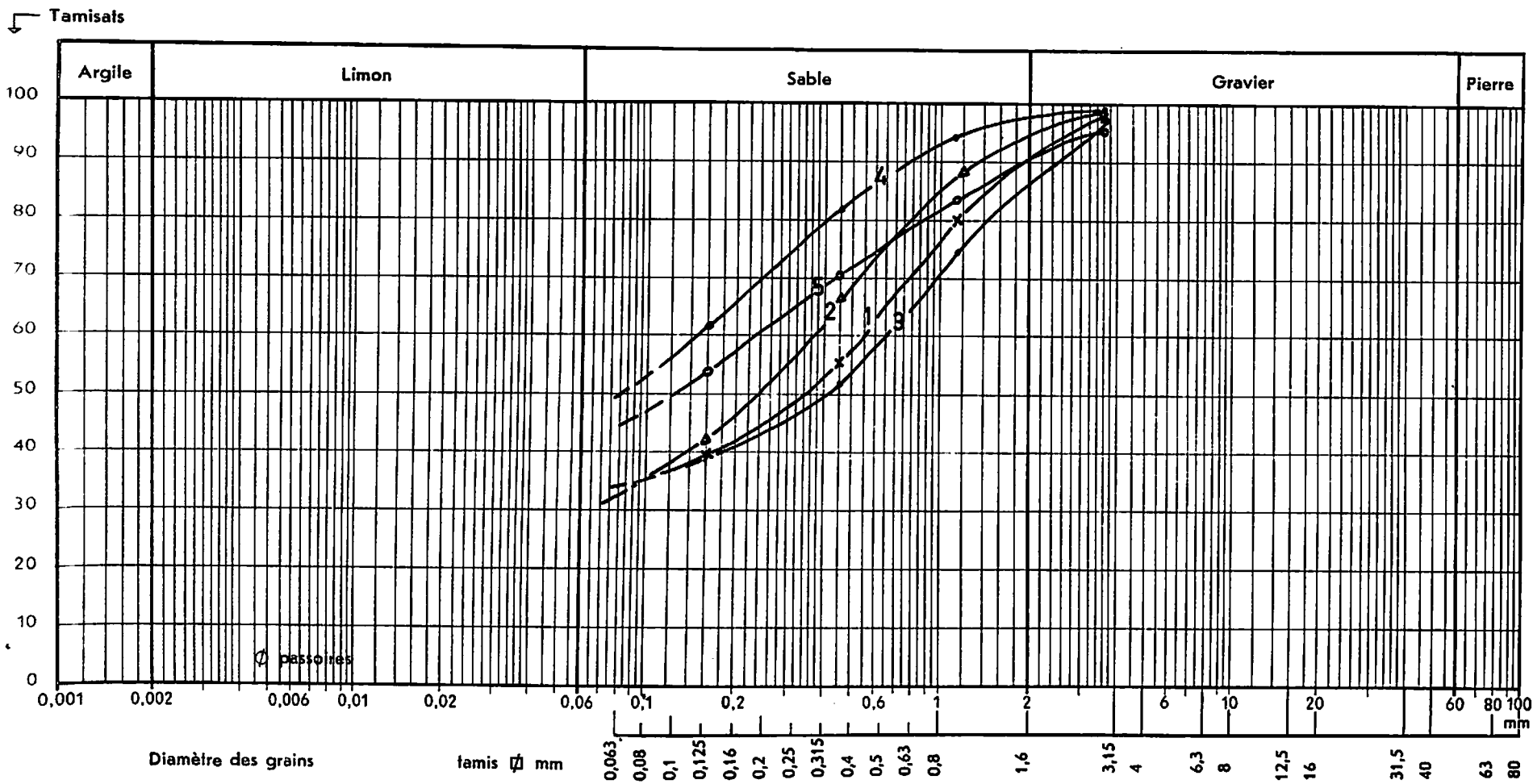


Figure 3 - 9

Diagramme de l'analyse granulométrique pour sols VELINGARA-SUD 1

Rapport No Bassin de l'Anambé
 Sondage/Prélèvement No Velingara-Sud 1
 Type sondage : Rotary, circulation directe
 Prélevé par :
 Chantier :
 Route :
 Lieu :

Echantillon :	6	7	8	9	10
Date prélèvement : 1. 1979					
Profondeur : en m	94-99	96-97	101-104	111-112	102-116 m : reconstitution théorique d'après les échantillons 8 et 9, la perméabilité moyenne de la formation (10^{-6} m/s) et des corrélations tirées de la littérature (SHARP, HAZEN)

Remarque: On n'a tenu compte que très approximativement de la fraction limoneuse et argileuse par comparaison volumétrique entre l'échantillon total et l'échantillon lavé (fraction sableuse)

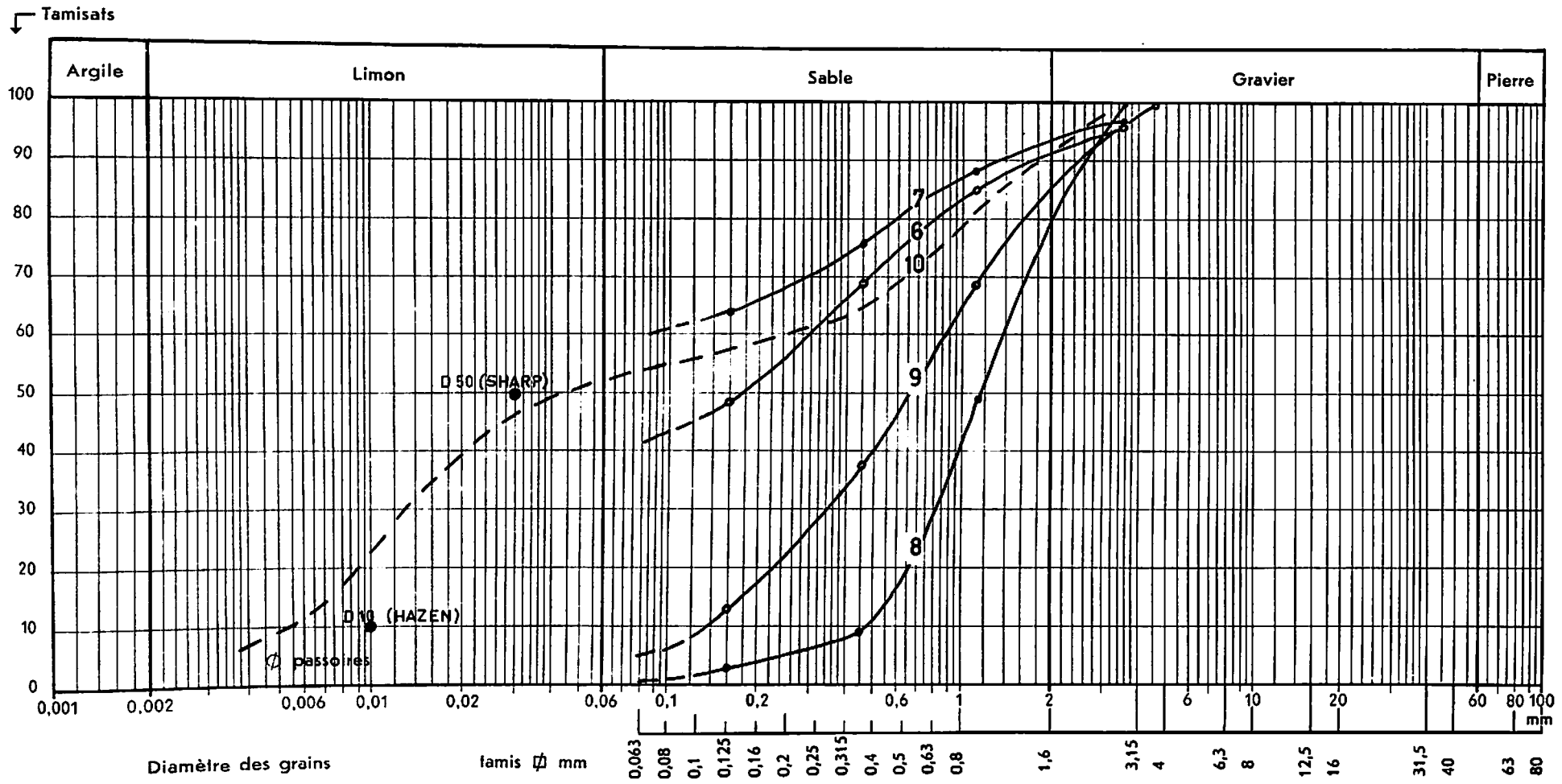


Figure 3 - 10

Diagramme de l'analyse granulométrique pour sols VELINGARA-SUD 1

3.2.4. Carottage électrique

Un carottage électrique a été effectué par la SONAFOR dans le forage, comprenant :

- la résistivité normale 16 pouces RS 16" (figure 11)
- la résistivité latérale 6 pieds RS 6' (figure 12)
- la polarisation spontanée PS (figure 13).

La résistivité moyenne se situe entre 15 et 20 Ohm . m⁽¹⁾ pour la série sédimentaire argilo-sableuse, est supérieure à 30 Ohm . m dans les alluvions sablo-limoneuses de couverture et dans le socle paléozoïque. Les valeurs extrêmes entre les niveaux argileux et sableux s'amenuisent de haut en bas, spécialement à partir de 70 m, probablement en raison de la minéralisation croissante de l'eau vers le bas, la résistivité du milieu s'assimilant de plus en plus à la résistivité de l'eau (environ 12 Ohm . m)

Les niveaux argileux se marquent par une résistivité inférieure à 15 Ohm . m et les niveaux sableux par une résistivité supérieure à 20 Ohm . m. Les différences sont donc faibles, à tel point qu'elles seront complètement estompées dans les résultats des sondages géoélectriques effectués à partir de la surface, ou même le socle paléozoïque ne se marquera que très faiblement (voir chapitre IV).

Nous n'avons donc accordé qu'un crédit relatif aux valeurs absolues de résistivité, le carottage ayant surtout servi à repérer les profondeurs exactes des niveaux sableux.

La polarisation spontanée corrobore les résultats des diagraphies de résistivité, en les précisant quelque peu. On voit en effet que les niveaux sableux inférieurs sont des niveaux assez homogènes d'épaisseur de 5 à 6 m, tandis

(1) Le calibrage du latérolog RS 6' a dû être dérégulé : le calibre 20 nominatif correspond en réalité au calibre 4 (Velingara-Sud 1) et le calibre 4 nominatif correspond en réalité au calibre 1 (Velingara-Sud 2)

que la zone entre 60 et 70 m consiste en une alternance de niveaux sableux et argileux peu épais.

NB : Le carottage gamma, qui aurait indiqué les teneurs relatives en argile des formations traversées, n'a pas été exécuté pour cause de panne.

Figure 3 - 11

FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE

Petite normale 16" cal. 4 (1 cm = 4 Ohm.m)

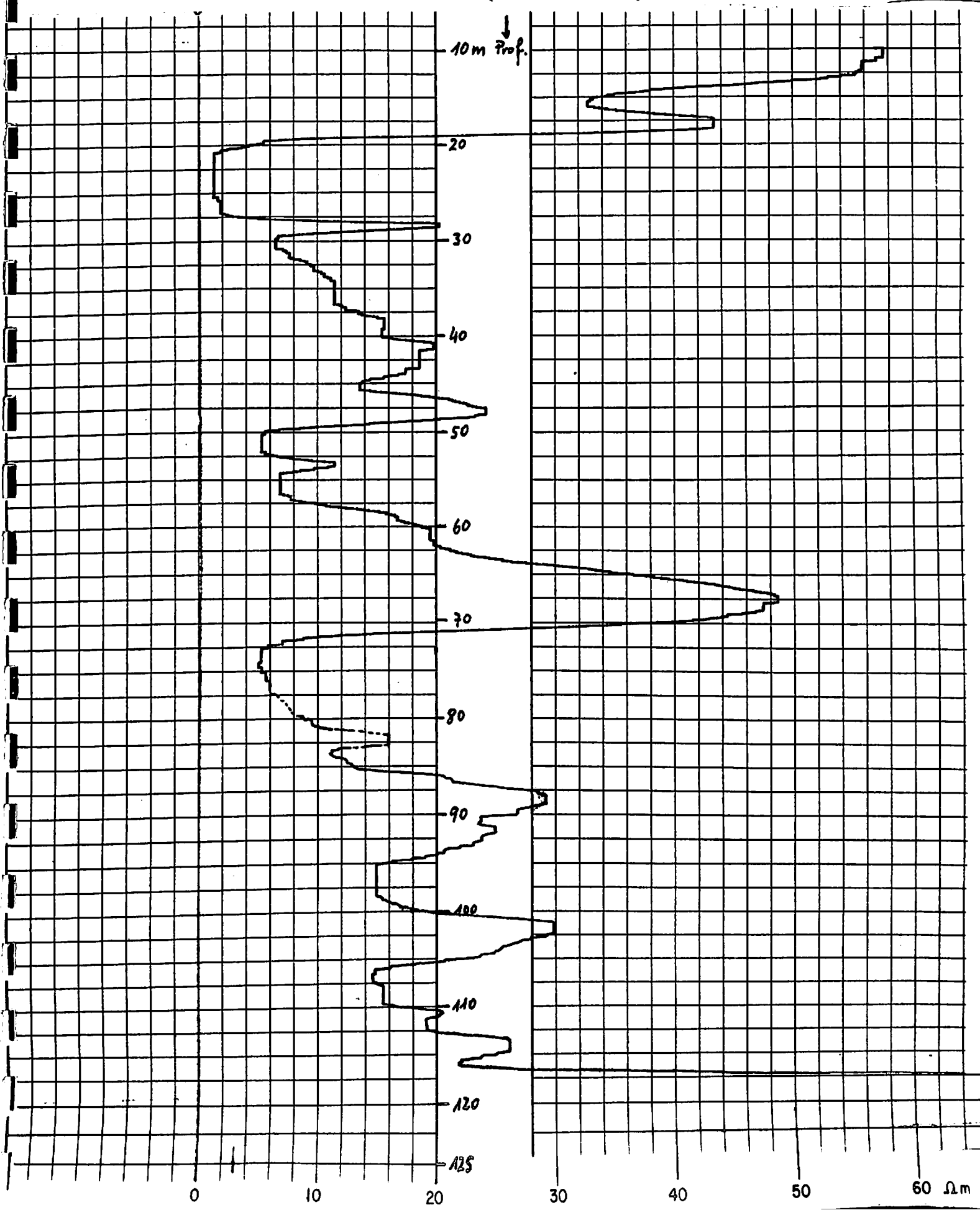
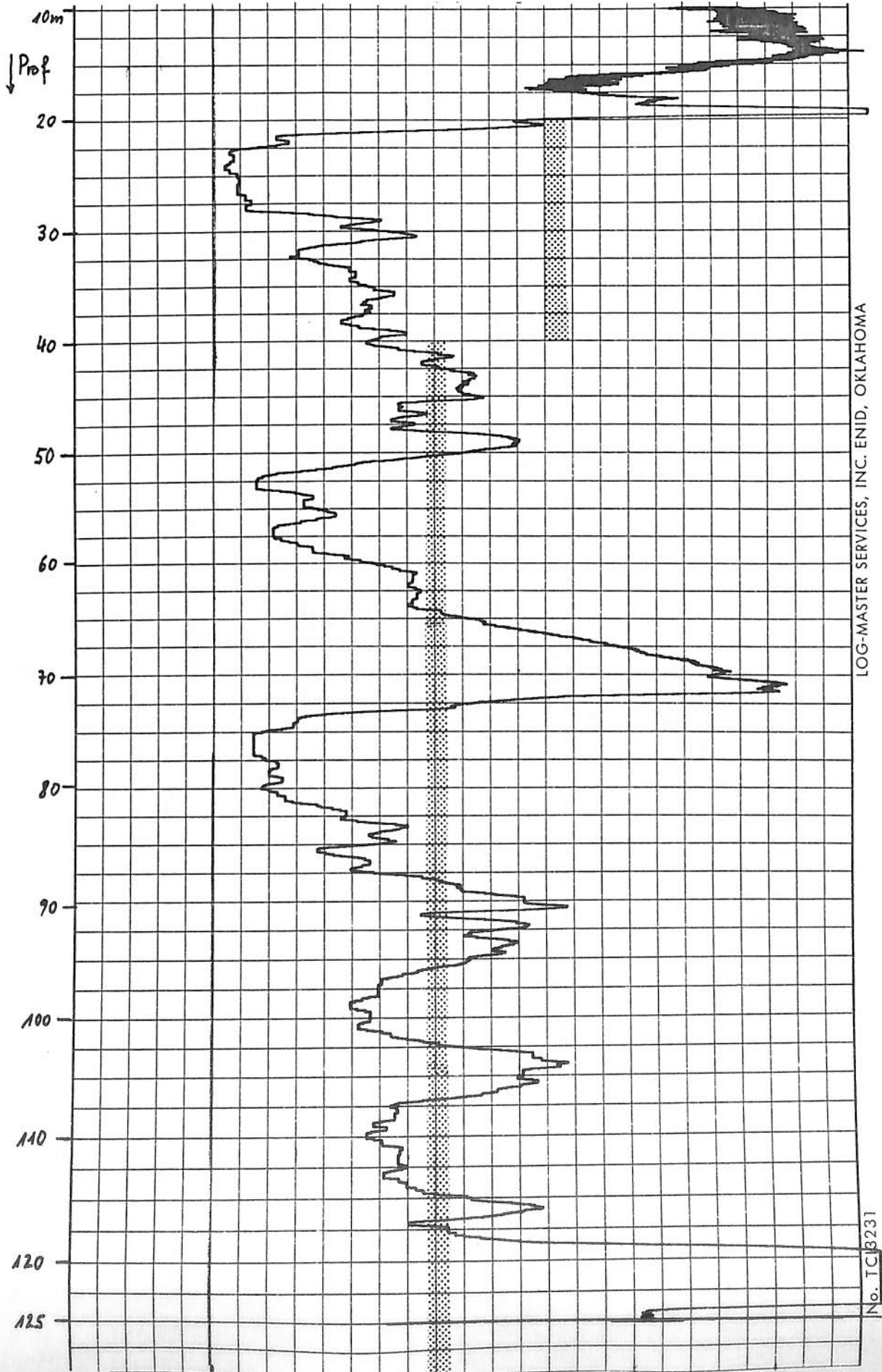


Figure 3 - 12

FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE

Latérolog 6' (1,83 m)

cal 20 nominal, correspond en réalité à cal. 4 (1 cm = 4 Ohm·m)



= valeur du sondage géoélectrique correspondant

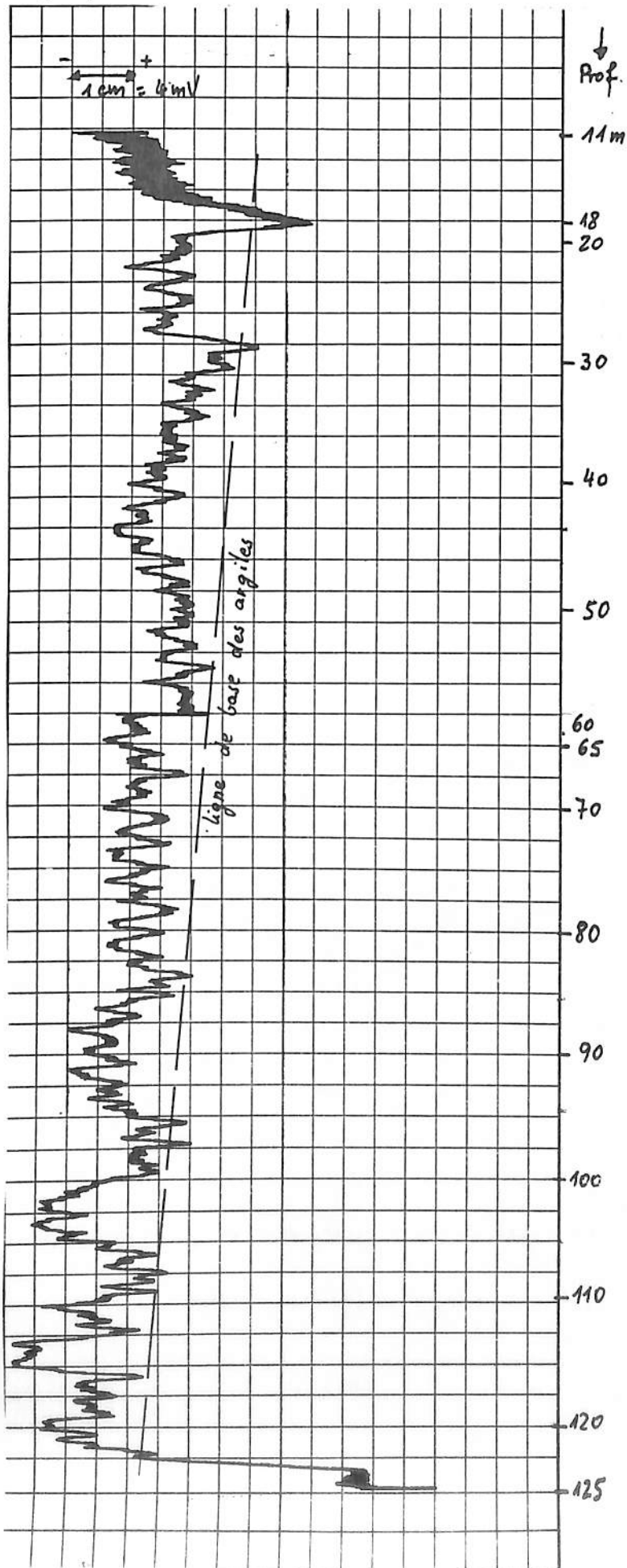
Figure 3 - 13

FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : DIAGRAPHIE DE POLARISATION SPONTANEE (PS)

cal 4 (1 cm = 4 mV)

R(boue) = 5 Ohm.m

R(eau) = env. 12 Ohm.m



3.2.5. Développement du forage et essai de pompage préliminaire

Le forage a été réalisé de manière à y installer une chambre de pompage à 80 m de profondeur et une colonne d'exhaure avec 15 m de crépines Johnson 8" entre 102 et 117 m, pour tester et capter les séquences sableuses situées entre 100 et 116 m de profondeur.

Les débits obtenus à l'air lift après 2 injections d'hexametaphosphates étant insignifiants (environ 2 m³/h), on crût à un colmatage des formations sableuses par la boue de forage. Le développement a été poursuivi, notamment par 2 injections supplémentaires de polyphosphates au jet, après lavage au jet, puis par pistonage, sans amélioration notable. Il faut donc admettre que ce sont les formations captées qui sont très peu perméables, les niveaux sableux contenant un important pourcentage de limon (voir 3.2.3) ou étant tout à fait lenticulaires (ce qu'attesterait la décroissance des débits en fonction du temps observée lors du développement, voir figure 14).

L'essai de pompage préliminaire s'est effectué à l'air lift, avec un débit variable, ce qui rend l'interprétation de la phase de pompage doublement imprécise.

La formule de Logan $T = \frac{2,3 Q \log R/rw}{2 \pi sw}$ (voir 3.1.5)

donne, pour

Q_{moyen}	= 2,3 m ³ /h	Transmissivité
sw	= 52 m	$T = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
rw	= 0,19 m	=====
R	= 50 m (supposé)	

si $h = 15 \text{ m}$ la perméabilité de la formation $k = 7,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

L'interprétation de la courbe de remontée après 7 heures de pompage, d'après Theis $T = \frac{2,3 Q}{4 \pi \Delta s_w}$ (voir 3.1.5) est effectuée sur la base de données plus précises (figure 15).

On obtient $T = 7,1 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$, si $h = 15$ m, $k = 4,7 \cdot 10^{-7}$ m/s
 =====

Ces valeurs de perméabilité extrêmement faibles peuvent théoriquement être affectées à un sable limoneux (voir 3.2.3) ou à un sable argileux.

Le niveau statique de la nappe des "sables" inférieurs se situe à 2,2 m sous la surface du sol, soit probablement en légère surpression (artésianisme) par rapport à la nappe phréatique (On ne connaît qu'approximativement le niveau de cette dernière).

Figure 3 - 14

FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : EVOLUTION DES DEBITS LORS DU DEVELOPPEMENT

- A) le 8. 2. 1979: rabattement $s_w = 43$ m
 B1) le 18. 2. 1979 : ligne d'air à 60 m
 B2) le 18. 2. 1979 : ligne d'air à 80 m, $s_w = 37$ m
 C) le 19. 2. 1979 : ligne d'air à 80 m, $s_w = ?$

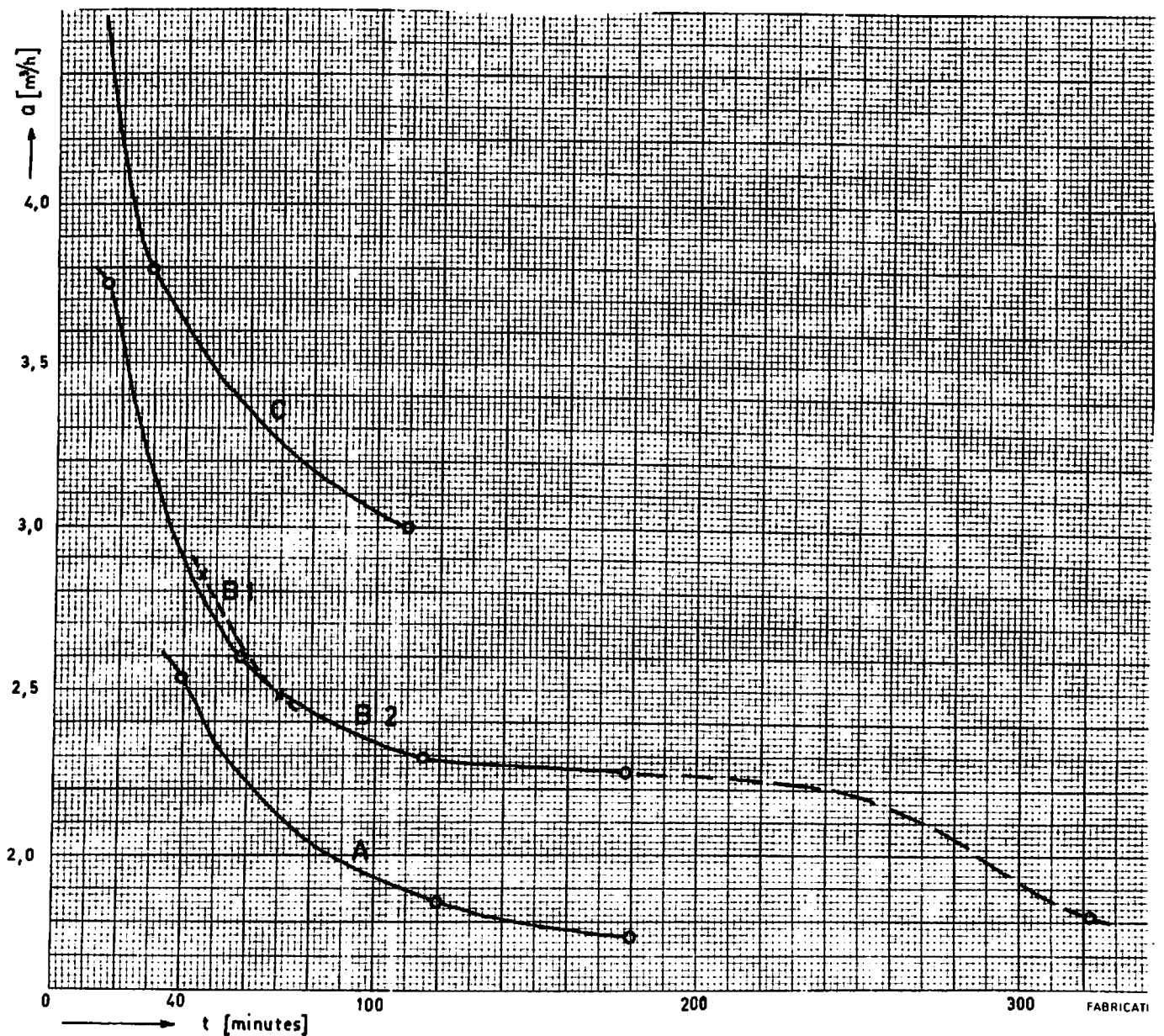


Figure 3 - 15

FORAGE DE VELINGARA-SUD 1 : INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE

Courbe de remontée: analyse d'après THEIS $T = \frac{2,3 Q}{4\pi\Delta s_w''}$

$T = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

si $h = 15 \text{ m}$, $k = 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

Données

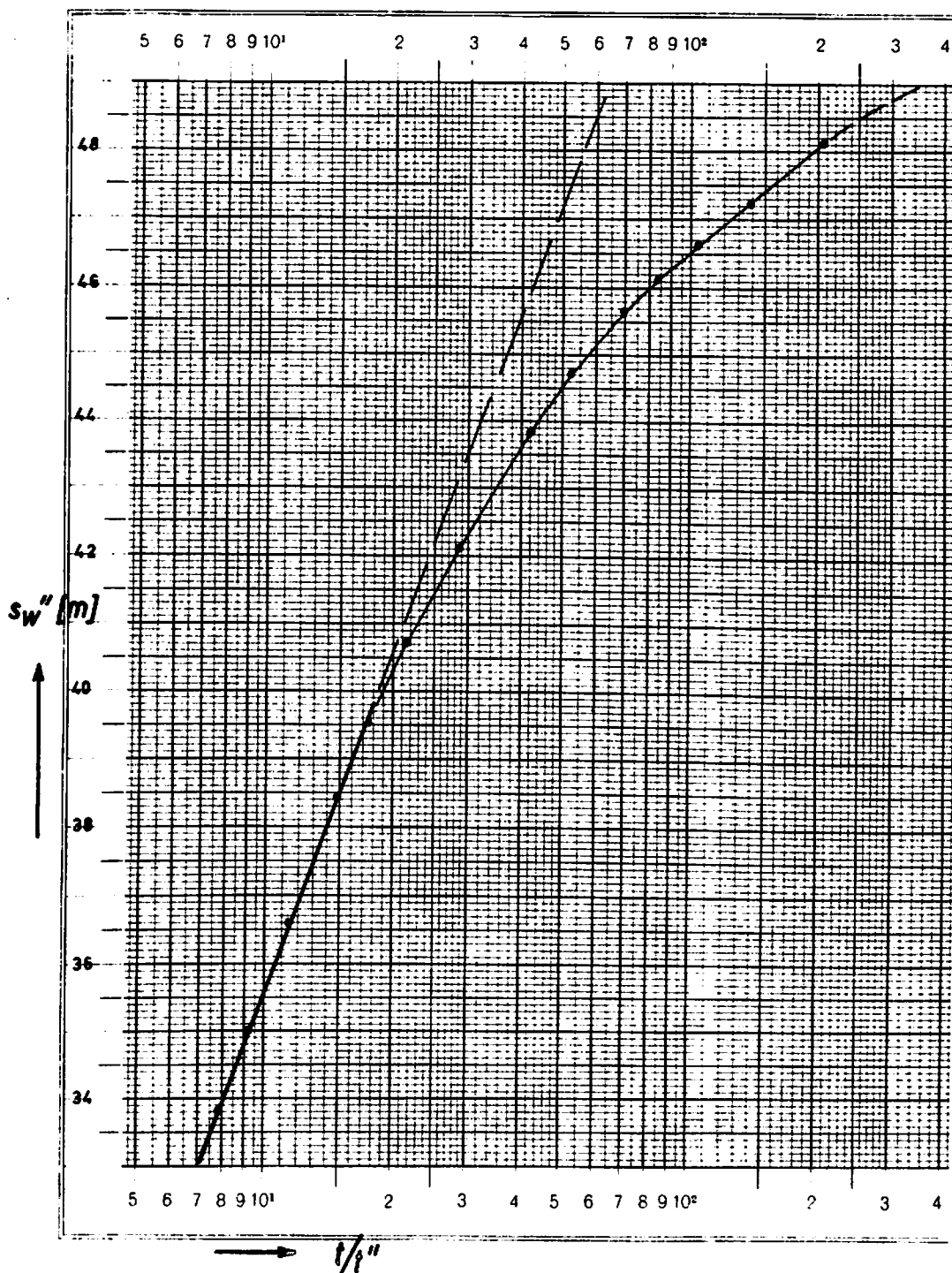
$t_0 = 441'$

$NS = -2 \text{ m}$

$Q_{\text{moy}} = 2,3 \text{ m}^3/\text{h}$

$\Delta s_w'' = 16,5 \text{ m}$

t''	0	2	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30	40	50	60	minutes
t	411	413	414	415	416	417	419	421	426	431	436	441	451	461	471	minutes
t/t''	∞	206	138	104	83,2	69,5	52,4	42,1	28,4	21,5	17,4	14,7	11,3	9,22	7,85	
s_w''	52	48,1	47,2	46,6	46,1	45,6	44,7	43,8	42,1	40,7	39,5	38,4	36,6	35,0	33,8	m



3.2.6. Analyse de l'eau

Une analyse de l'eau de pompage a été effectuée par le Laboratoire de la SODAGRI (Voir Tableau I et figure 7).

L'eau est d'excellente qualité pour la consommation (sous réserve d'analyse bactériologique non effectuée), et serait tout à fait utilisable pour l'irrigation si les débits le permettaient moyennant un bon drainage des sols et un contrôle de leur salinité. Elle se classe en effet dans les eaux peu sodiques moyennement à fortement minéralisées (classe C₂-C₃/S1).

Par sa minéralisation et son caractère chimique (teneurs en SO₄²⁻, Na⁺, pH) elle représente un intermédiaire entre le type d'eau rencontré dans le socle à Soutouré et les eaux de la nappe phréatique.

3.3. Le forage de Velingara-Sud 2

3.3.1. Les opérations effectuées

Le forage a été implanté aux coordonnées 598500/1444880 à l'altitude approximative de 27 m, près de l'ancienne route Velingara - Kounkané, du côté W, à 8,2 km au Sud de Velingara (figure 3).

Il a été foré jusqu'à 125 m en 9 7/8" par rotary circulation directe à la boue bentonitique, avec une foreuse Failing Djeda. Après un carottage électrique (PS et résistivité) il a été réalésé jusqu'à 35 m en 23" et jusqu'à 76 m en 14 3/4", comblé de 125 à 76 m et équipé d'une chambre de pompage de 16" et d'une colonne d'exhaure comprenant un tubage de 8 5/8" et deux niveaux de crépine Johnson 8" (voir fig. 16 et liste des opérations effectuées). Les terrains traversés sont schématisés sur la coupe de la figure 16 et décrits dans le paragraphe 3.3.2. Il s'agit, comme à Velingara-Sud 1, d'une série sédimentaire principalement argileuse attribuée au Tertiaire, consolidée à partir de 50 m de profondeur environ, comprenant quelques séquences sableuses, principalement entre 0 et 18 m, 38 et 43 m, 98 et 105 m et une zone faillée entre 50 et 75 m, constituée d'une alternance de sables et d'argiles consolidés. De légères pertes de boue ont été constatées dans cette zone lors du forage.

Forage de Velingara-Sud 2Opérations effectuées :

- 22.2. - 1.3.79 Déménagement du matériel et installation du chantier
- 2.3. Forage en 9 7/8" de 0 à 9 m
- 3.3. Forage en 9 7/8" de 9 à 70 m
 Densité de la boue D = 1,10
 Viscosité de la boue V = 35 Marsh
 Conditionnement de la boue et dessablage
Pertes de boue entre 64 et 65 m (870 l) et entre 69 et 70 m
- 4.3. Forage en 9 7/8" de 70 à 125 m
 D = 1,16 V = 45
 Conditionnement de la boue
- 5.3. - 6.3. Attente du Log-Master, conditionnement de boue
 Carottage électrique PS et
 Résistivité normale 16" et latérale 6'
- 7.3. - 15.3. Attente des décisions du Maître d'Oeuvre et approvisionnement du chantier
- 16.3. Réalésage en 23" de 0 à 15 m
- 17.3. Réalésage en 23" de 15 à 35 m
- 18.3. Préparation et pose de la chambre de pompage en 16" roulé-sou-dé à 35 m.
 Cimentation de 25 à 30 m et de 0 à 5 m
- 19.3. Réalésage en 14 3/4" de 35 à 76 m.
- 20.3. Contrôle et nettoyage du trou, remblai de 125 à 76 m avec du gravier concassé 3-8 mm
- 21.3. Préparation et installation de la colonne d'exhaure comprenant
 6 m de sabot laveur (de 76 à 70 m)
 15 m de crépine Johnson TS 8" (de 70 à 55 m)
 12 m de tubage acier API 8 5/8" (de 55 à 43 m)

6 m de crépine Johnson PS 8" (de 43 à 37 m)

7 m de tubage acier API 8 5/8" (de 37 à 30 m)

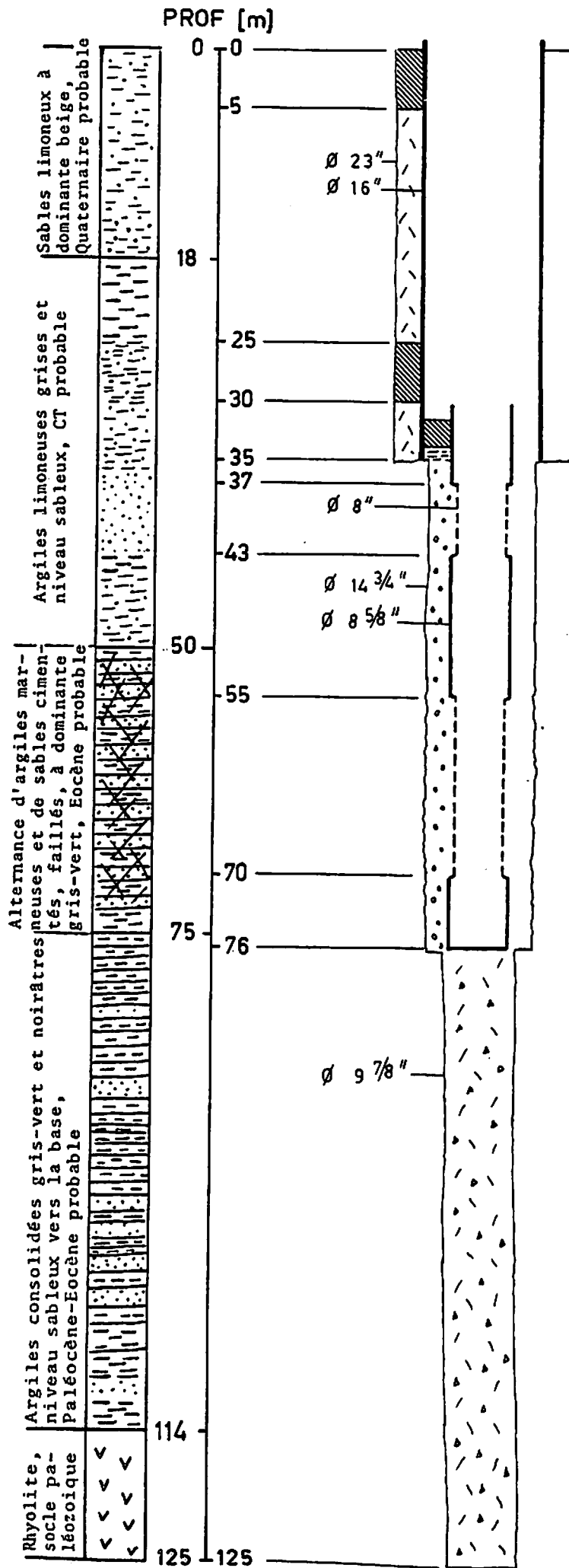
y compris un gauche

32 m de tubage d'exhaure provisoire en acier API 8 5/8"
(de -30 à + 2 m)

- 22.3. Gravillonnage de l'annulaire entre 76 à 34 m, gravier basalte
1 - 2 mm, lavage,
1ère injection d'hexamétaphosphate (3000 l à 5 %), attente
de 8 h et
Début du développement par pompage air-lift en alternance
marche / arrêt de 1 heure/15' durant 20 heures, soit 16 h de
pompage et 4 h d'arrêt (ligne d'air à 39 puis à 45 m)
Débit initial 12 m³/h puis 15 m³/h.
- 23.3.-24.3. Lavage des crépines au jet
2ème injection d'hexamétaphosphate (3500 l à 4,3 %)
attente de 8 h et
Développement à l'air lift (ligne d'air à 39 m) en alternance
marche / arrêt de 1 heure/15' pendant 27 heures, soit 22 heu-
res de pompage et 5 heures d'arrêt
Débit final environ 24 m³/h.
- 25.3.-26.3. Essai préliminaire de pompage par air lift (ligne d'air à 45 m)
pompage continu pendant 17 heures. Débit constant de 24 à
25 m³/h.
NS = 12 m
ND = 26,96 m
Mesure de la remontée après pompage pendant 1 heure 30'
ND["]_{1h.30'} = 13,28 m.
- 27.3. Mesure du niveau statique NS = 12 m
Cimentation de la colonne d'exhaure définitive

Figure 3 - 16:

FORAGE DE VELINGARA-SUD 2 : COUPE ET EQUIPEMENT



3.3.2. Coupe géologique du forage de Velingara-Sud 2

- 0 - 18 m Alluvions sablo-limoneuses indurées, Quaternaire (?)
- 0 - 1,6 m Sable induré limono-argileux gris et rouge-ocre, avec quelques gravillons latéritiques et quelques racines
- 1,6 - 4 m Limons et sables argileux gris et rouge ocre, fraction grossière de quartz à éclat vitreux, accessoirement latérite
- 4 - 13 m Sable limono-argileux beige, avec intercallations de sable fin et de limon gris clair. Fraction grossière de quartz arrondis, à éclat vitreux, accessoirement latérite
- 13 - 18 m Sable fin et limon gris clair, avec intercallations de sable limoneux beige. Gravillon latéritique arrondi entre 15 et 18 m.
- 18 - 51 m Argiles grises, à intercallations limoneuses et niveau sableux, Continental Terminal (?)
- 18 - 25 m Argile grise et limon argileux, avec par endroits gravillon latéritique
- 25 - 30 m Alternance grise et blanche d'argiles et de limons argileux par endroits sableux
- 30 - 38 m Argile et limon argileux gris foncé à noir, par endroits intercallations de limon blanc
- 38 - 40 m Sable grossier à fin, limoneux, gris et gris-beige
- 40 - 41 m Argile limoneuse gris foncé
- 41 - 43 m Sable limoneux beige, argileux vers le haut
- 43 - 51 m Argile et limon argileux gris foncé à noir.
- 51 - 75 m Argiles marneuses et sables cimentés faillés entre 57 et 75 m, Eocène (?)
- 51 - 57 m Argile et argile limoneuse, feuilletée, calcique sableuse à la base, gris-vert et parfois brun-beige

- 57 - 62 m Alternance d'argile à argile marneuse gris-verdâtre et de sables cimentés. Débris coquillers.
- 62 - 75 m Alternance d'argile à argile marneuse gris-vert, noirâtre, brun-beige, et de sables cimentés, limoneux, à graviers de rhyolite. Débris coquillers. Fissures à 64 et 70 m.
Pertes de boue entre 60 et 65 m
- 75 - 114 m Argiles sablo-limoneuses consolidées à dominante gris-vert, niveau sableux vers la base, Paléocène-Eocène (?)
- 75 - 83 m Argiles et limons argileux consolidés, gris foncé à noir, sableux avec gravier de rhyolite vers le haut.
- 83 - 98 m Argiles et limons argileux consolidés à dominante gris vert, parfois noirs, calcique entre 85 et 88 et entre 91 et 93 m. Graviers de rhyolite entre 87 et 88 et entre 96 et 97 m.
- 98 - 104 m Sable limoneux cimenté brun-beige avec intercallations argileuses noirâtres, gris foncé, blanchâtres et gris-vert. Gravillon latéritique abondant au sommet.
- 104 - 105 m Sable gris-brun, probablement cimenté, composé de quartz et de rhyolite
- 105 - 112 m Argile gris-vert et noire
- 112 - 114 m Argile bleu-vert
- 114 - 125 m Roche cristalline verte (rhyolite par analogie au forage de Soutouré), socle paléozoïque

3.3.3. Analyse granulométrique

Le niveau sableux situé entre 38 et 43 m a fait l'objet d'une analyse granulométrique sur échantillon lavé (voir figure 17). On ne connaît pas le pourcentage d'argile ou de limons lessivés par la boue de forage ou lavés. Il s'agit, pour la fraction analysée, de sables moyens et grossiers assez homogènes.

Rapport N° Bassin de l'Anambé

Echantillon :

1

Sondage/Prélèvement N° Velingara-Sud 2

Date prélèvement : 3. 1979

Type sondage : Rotary, circulation directe/boue

Profondeur : en m

38-40

Prélevé par :

Classification USCS :

Chantier :

Route :

Remarque: échantillon lavé

Lieu :

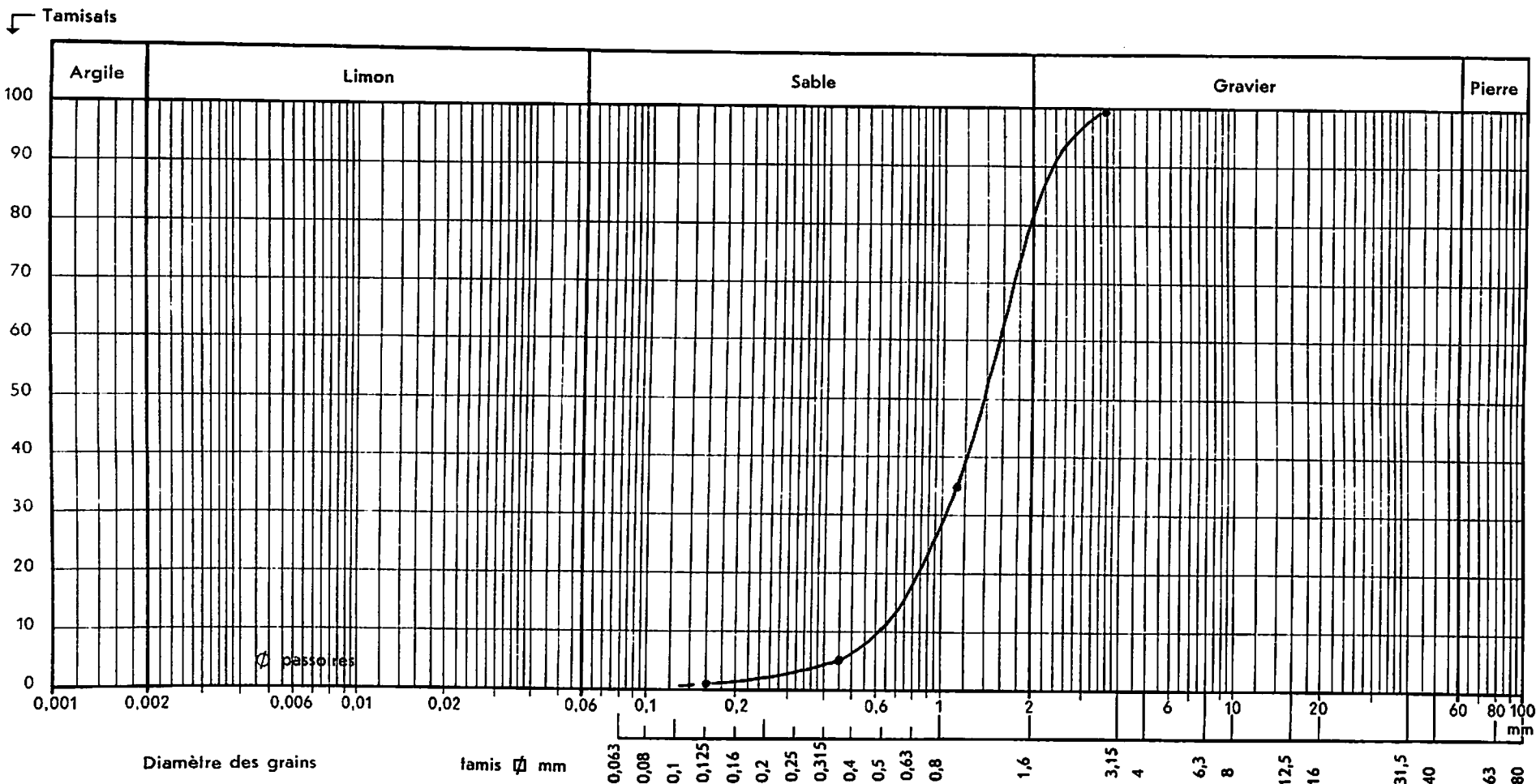


Figure 3 - 17

Diagramme de l'analyse granulométrique pour sols
VELINGARA-SUD 2

3.3.4. Le carottage électrique

Un carottage électrique a été effectué par la SONAFOR dans le forage, comprenant :

- la résistivité normale 16 pouces RS. 16" (Figure 18)
- la résistivité latérale 6 pieds RS 6' (Figure 19)
- la polarisation spontanée PS (Figure 19)

NB : L'opérateur n'était pas sûr que l'enregistrement de la PS soit fiable.
Il semble pourtant corrélable avec celui de la RS.

La résistivité moyenne se situe entre 10 et 15 Ohm.m (1) pour toute la série sédimentaire traversée.

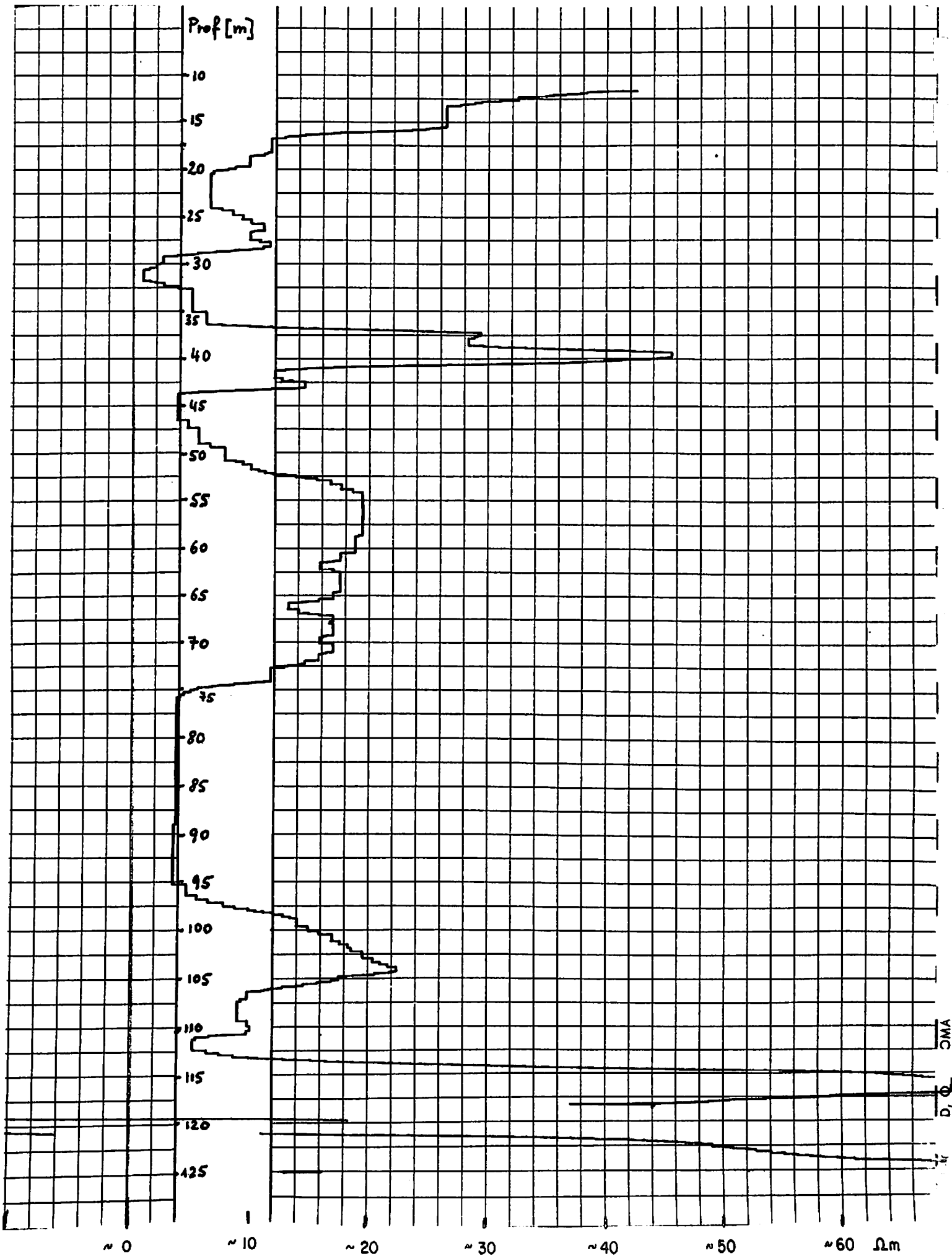
On y distingue 2 zones spécialement argileuses ($R < 7$ Ohm.m) entre 17 et 32 m et entre 75 et 95 m, une zone sableuse à eau probablement très douce entre 37 et 43 m (PS inversé par rapport à la ligne des argiles), une zone sableuse entre 98 et 105 m, spécialement vers 102-103 m et une zone relativement résistante entre 50 et 60 m (R compris entre 15 et 20 Ohm.m) correspondant à l'alternance de sables et d'argiles consolidés fissurés observés dans la coupe géologique.

La polarisation spontanée, pour autant qu'on puisse s'y fier, indique un changement de minéralisation vers 45 m environ, les niveaux inférieurs contenant de l'eau plus minéralisée. Les niveaux avec les écarts les plus marqués par rapport à la ligne des argiles sont le niveau sableux supérieur (37 - 43 m) et le niveau fissuré (49-59 m).

(1) Le calibrage du latérolog RS 6' a dû être dérégulé : le calibre 20 nominatif correspond en réalité au calibre 4 (Velingara-Sud 1) et le calibre 4 nominatif correspond en réalité au calibre 1 (Velingara-Sud 2)

FORAGE DE VELINGARA-SUD 2 : DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE

Petite normale 16" cal 4 (1 cm = 4 Ohm.m)



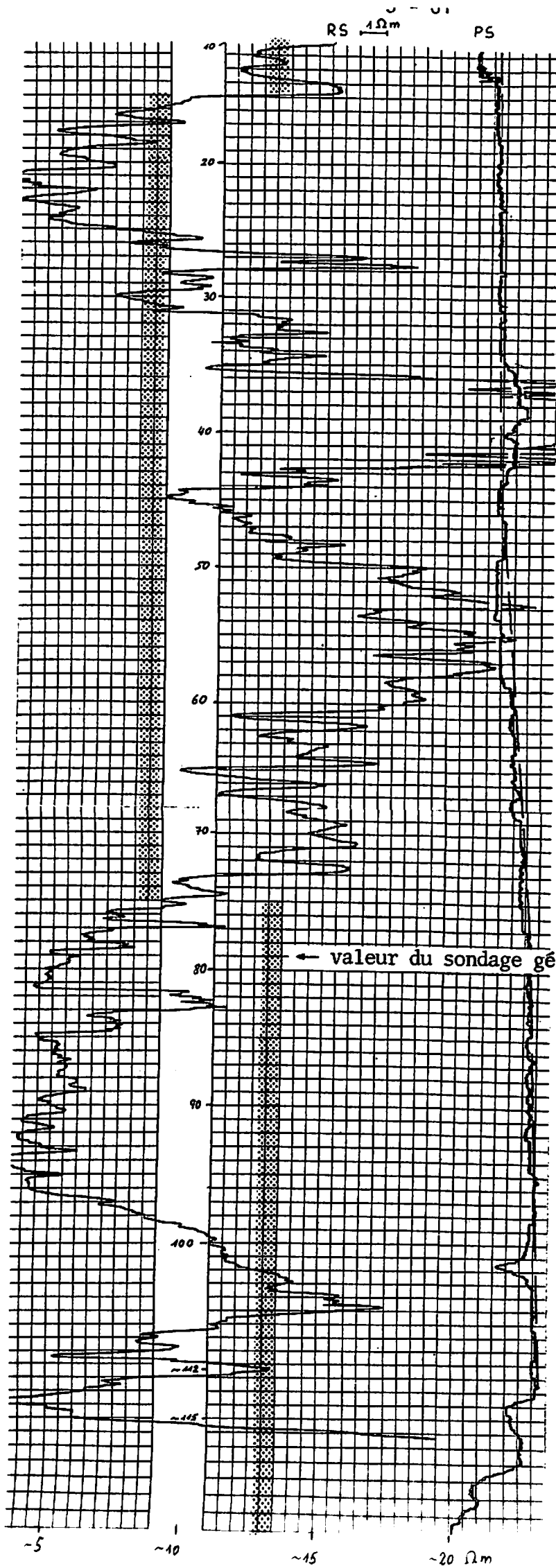


Figure 3 - 19

FORAGE DE VELINGARA-SUD 2

DIAGRAPHIE DE RESISTIVITE (RS)

Latérolog 6'

cal 4 nominal, correspond en réalité à cal 1

et

POLARISATION SPONTANEE (PS)

R(boue) = 3,3 Ohm.m

R(eau) = env. 32 Ohm.m

← valeur du sondage géoélectrique correspondant

Le socle cristallin à 115 m, se marque bien sur le carottage électrique du forage mais n'a pas été repéré dans le sondage géoélectrique de surface. Ceci indiquerait que le socle est altéré sur une grande épaisseur (plus de 100 m) à cet endroit. (voir fig. 22).

Le carottage gamma n'a pas été exécuté pour cause de panne.

3.3.5. Développement du forage et essai de pompage préliminaire

Le forage a été réalisé de manière à capter avec des crépines de 8" l'horizon sableux supérieur (crépines entre 37 et 43 m) et l'horizon fissuré (crépines entre 55 et 70 m), avec une chambre de pompage de 16" descendue à 35 m. Le développement s'est effectué sans problème, le débit significatif étant atteint le 2ème jour déjà.

Un essai de pompage préliminaire a été effectué à l'air lift, et un débit régulier de 24 à 25 m³/h a été observé pendant 17 heures, avec un rabattement de 15 m. D'après l'allure de la courbe de remontée, le régime d'équilibre au pompage a dû être atteint après 1 h 30' environ. Le niveau statique se situe à 12 m de profondeur environ, soit probablement en légère sous-pression par rapport à la nappe phréatique (On ne connaît que très approximativement le niveau de cette dernière).

La phase de pompage a été interprétée par la formule de Logan :

$$T = \frac{2,3 Q \text{ Log } R/rw}{2 \pi s_w} \quad (\text{voir 3.1.5})$$

On obtient, pour

$$Q = 24,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$s_w = 15 \text{ m}$$

$$r_w = 0,19 \text{ m}$$

$$R = 50 \text{ m (supposé)}$$

$$\text{Transmissivité } T = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

$$\text{NB si } R = 5000 \text{ m on obtient } T = 7,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$\text{si } h = 21, \text{ la perméabilité moyenne } k = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$$

La courbe de remontée a été observée pendant 1 h 30', après 17 heures de pompage. L'interprétation a été effectuée d'après Theis $T = \frac{2,3 Q}{4TT \Delta s_w''}$ (voir 3.1.5)

On obtient (voir figure 20)

$$T = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

=====

$$\text{si } h = 21 \text{ m, la perméabilité moyenne } k = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$$

Il n'est pas possible de savoir laquelle des deux formations captées est la plus perméable. La perméabilité moyenne des deux formations est 50 fois supérieure à la perméabilité de la formation captée à Velingara-Sud 1.

Figure 3 - 20

FORAGE DE VELINGARA-SUD 2 : INTERPRETATION DE L'ESSAI DE POMPAGE

Courbe de remontée : analyse d'après THEIS $T = \frac{2,3 Q}{4\pi\Delta s_w''}$

$T = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

si $h = 21 \text{ m}$, $k = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Données

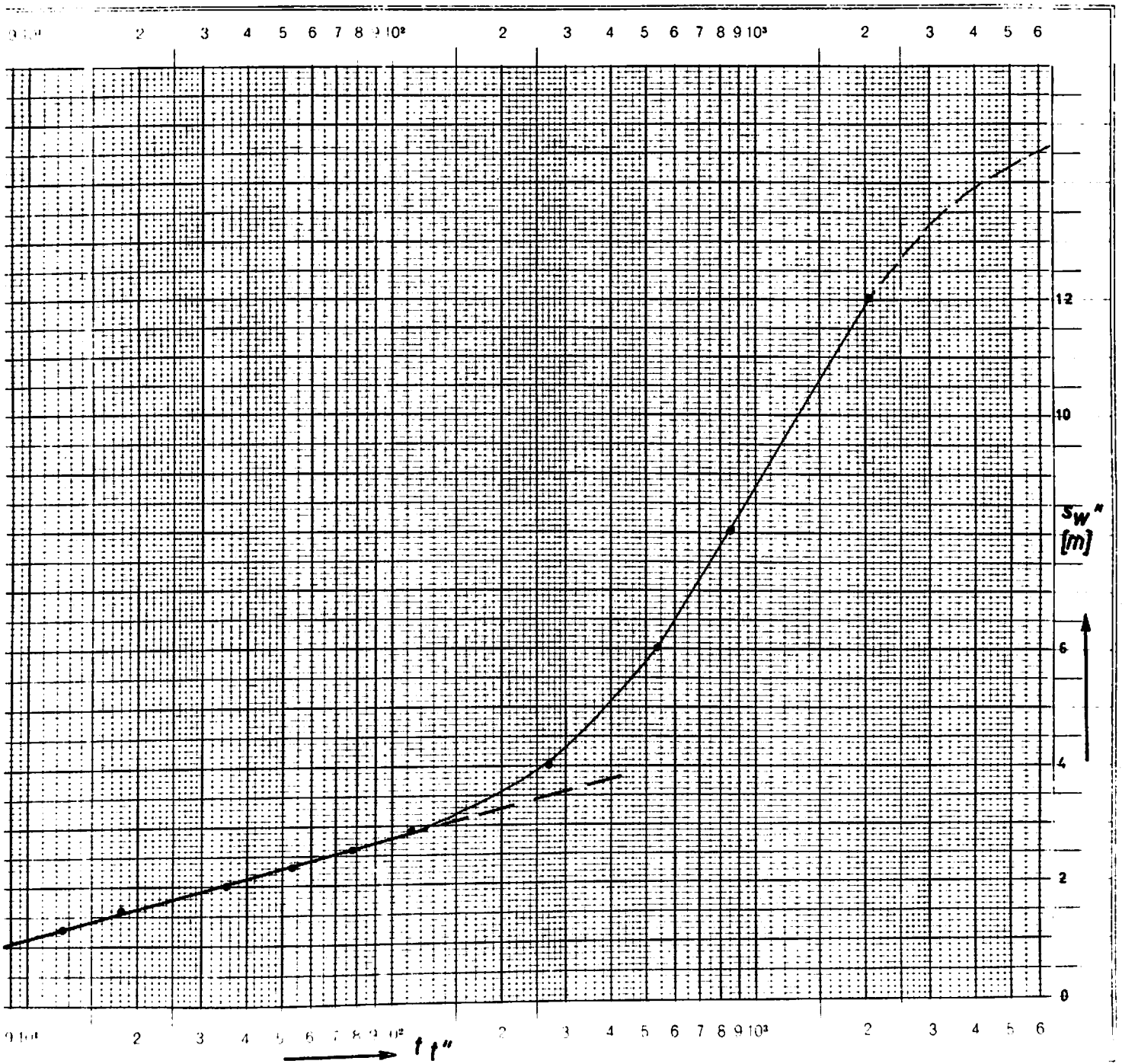
$t_0 = 17 \text{ h} = 1020'$

$NS = -12 \text{ m}$

$Q = 24,5 \text{ m}^3/\text{h}$

$\Delta s_w'' = 1,65 \text{ m}$

t''	0	0,5	1,2	1,9	3,8	9,2	13,3	19,7	30	60	90	1530 minutes
t	1020	1020,5	1021,2	1021,9	1023,8	1029,2	1033,3	1039,7	1050	1080	1110	2550 minutes
t/t''	∞	2041	851	538	269	112	77,7	52,6	35	18	12,3	
s_w''	14,96	12	8	6	4	2,9	2,6	2,3	2,0	1,6	1,3	0 m



3.3.5. Analyse de l'eau

L'eau de forage a été analysée par les soins de la SONAFOR au laboratoire du BRGM, et par le laboratoire de la SODAGRI (voir tableau I et fig. 7).

D'après sa minéralisation, l'eau est de bonne qualité pour la consommation, mais elle présente une légère odeur de sulfure d'hydrogène, ce qui peut être une gêne tant pour la potabilité que pour le rendement du forage (risque de colmatage par précipitation d'hydroxyde de fer).

L'eau est de bonne qualité pour l'irrigation. Elle se classe parmi les eaux peu sodiques faiblement à moyennement minéralisées (classe C1-C2/S) et peut être utilisée sur la plupart des sols, même avec un drainage modéré, pour la plupart des cultures.

4. LA CAMPAGNE GEOPHYSIQUE

Résumé commenté du rapport BRGM, SNG/GPH, février 1979

Une étude géophysique du bassin de l'Anambé, par sondages électriques, a été effectuée en janvier 1979 par le BRGM, dans le but de reconnaître la profondeur du substratum paléozoïque (rhyolites) et éventuellement de déceler la présence d'aquifères sableux de grande dimension.

49 sondages électriques, répartis dans tout le bassin à une distance moyenne de 2 km, ont été réalisés. L'étalonnage, effectué à partir des coupes des forages de Soutouré et Velingara-Sud 1, a mis en évidence la difficulté d'interprétation des sondages électriques :

- la résistivité exceptionnellement basse des rhyolites, dépendant de leur état d'altération, peut induire en erreur sur la profondeur du substratum, comme ce fut le cas pour le forage de Velingara-Sud 2
- les intercallations sableuses de la série sédimentaire de Velingara-Sud 1 n'ont pas été repérées par le sondage électrique, en raison soit d'une trop importante teneur en argile, soit de la minéralisation trop importante de l'eau, soit encore de leur trop faible épaisseur ou de leur éventuelle nature lenticulaire (le sondage électrique mesure les propriétés des roches dans un volume beaucoup plus grand que le carottage électrique dans un forage). Seul le sondage électrique effectué à Néto fournit des résistivités assez fortes pour correspondre à d'importants niveaux sableux.

Les résultats de l'étude ont été synthétisés sous forme de carte isobathe du substratum (Figure 21). Il s'agit d'une interprétation non univoque, puisqu'on peut attribuer à de faibles valeurs de résistivité soit des zones où le socle est profond, soit des zones où le socle est fortement altéré.

L'étude a néanmoins mis en évidence :

- 1) l'existence d'un vaste dôme du bedrock se développant largement au Nord

Figure 3 - 21

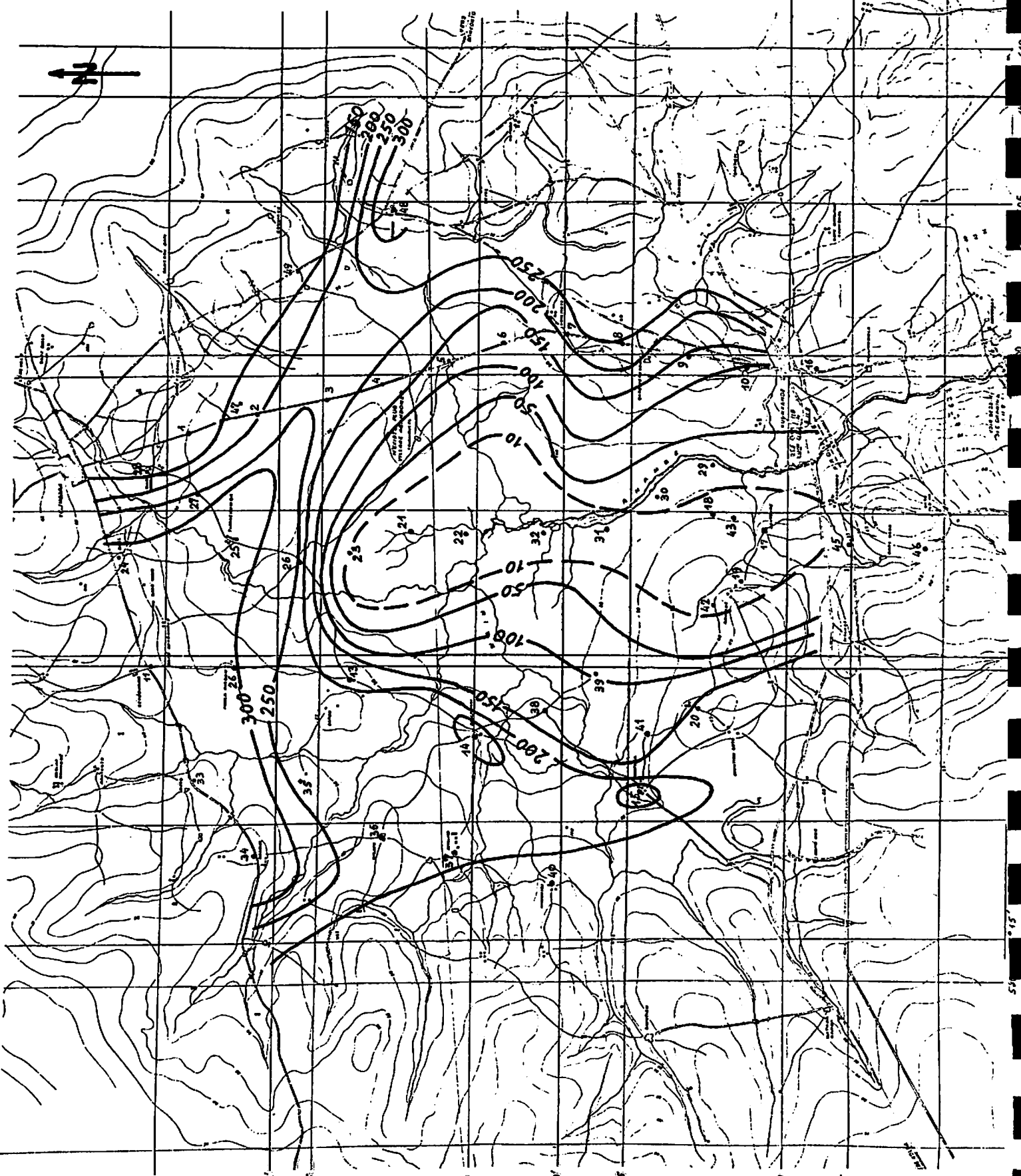
STRUCTURE DU SOCLE

Isobathes (en m) déduits des sondages
géoelectriques — 150 —

(Tiré du rapport BRGM)

1 2 3 4 5 km

Echelle



de Soutouré jusqu'aux environs de Saré Ouinor, occupant le centre du bassin.

- 2) L'existence d'une zone profonde du bedrock dans la partie NW du secteur étudié.

Certains sondages de cette zone septentrionale (Kael - Soré Djimini, et surtout Neto) accusent une résistivité de 100 à 200 Ohm . m sur une épaisseur de plus de 150 m, qui pourrait correspondre à des formations sableuses ou sablo-limoneuses. Ces résistivités sont comparables à celle de la formation de couverture sablo-limoneuse de Velingara-Sud 1 (120 Ohm . m sur les 18 premiers mètres).

- 3) La présence de deux gouttières :

- la première est orientée WNW-ESE et débouche dans la zone profonde précédente au niveau de Tambacoumba. Le forage de Velingara-Sud 1 est situé sur le flanc septentrional de cette gouttière
- la seconde est orientée Nord-Sud selon une ligne Awataba-Dialakani-Saré-Tierno.

Le forage de Velingara-Sud 2 a montré que la première gouttière correspond en réalité à une zone où le socle est profondément altéré, probablement grâce à la présence de nombreuses failles.

5. INTERPRETATION HYDROGEOLOGIQUE

Le sous-sol du bassin de l'Anambé est caractérisé par la présence d'un dôme de rhyolite appartenant au socle paléozoïque, dont la complexité structurale a été partiellement révélée par la campagne géophysique. Cependant, la faible gamme de variation des valeurs de résistivité mesurées, ainsi que la non-concordance partielle des limites de résistivité avec les limites géologiques, rendent l'interprétation très difficile. Nous proposons en figure 22 une coupe interprétative orientée N-S passant par Soutouré, le centre du bassin, et les forages de Velingara-Sud 1 et 2. Il s'agit bien entendu d'une hypothèse tenant compte au mieux possible des données disponibles.

On peut reconnaître que le massif cristallin occupe la majeure partie du sous-sol du bassin, de petites cuvettes sédimentaires se développant sur son pourtour.

Nous avons divisé le massif cristallin en zones d'altération croissantes de 1 à 5 sur la base des valeurs de résistivité, la zone 1 correspondant probablement à la roche saine (résistivité de 200 Ohm . m ou plus) et la zone 5 à la roche complètement altérée en argile graveleuse (résistivité de 6 à 10 Ohm . m). L'altération est en principe liée au degré de fracturation du massif, et les zones les plus altérées semblent s'ajuster sur de grands alignements de failles (figure 23). Les lieux de croisement de ces systèmes failles sont tous des lieux singuliers (*) où la roche saine n'a pas pu être repérée, car trop profonde, et où la nappe phréatique présente quelques anomalies (minéralisation plus prononcée, pH plus basique, fluctuations piézométriques plus faibles; l'absence de données suffisantes concernant notamment les potentiels hydrauliques nous interdit une interprétation plus poussée).

* Kounkané, Dialakani, Neto, Kael

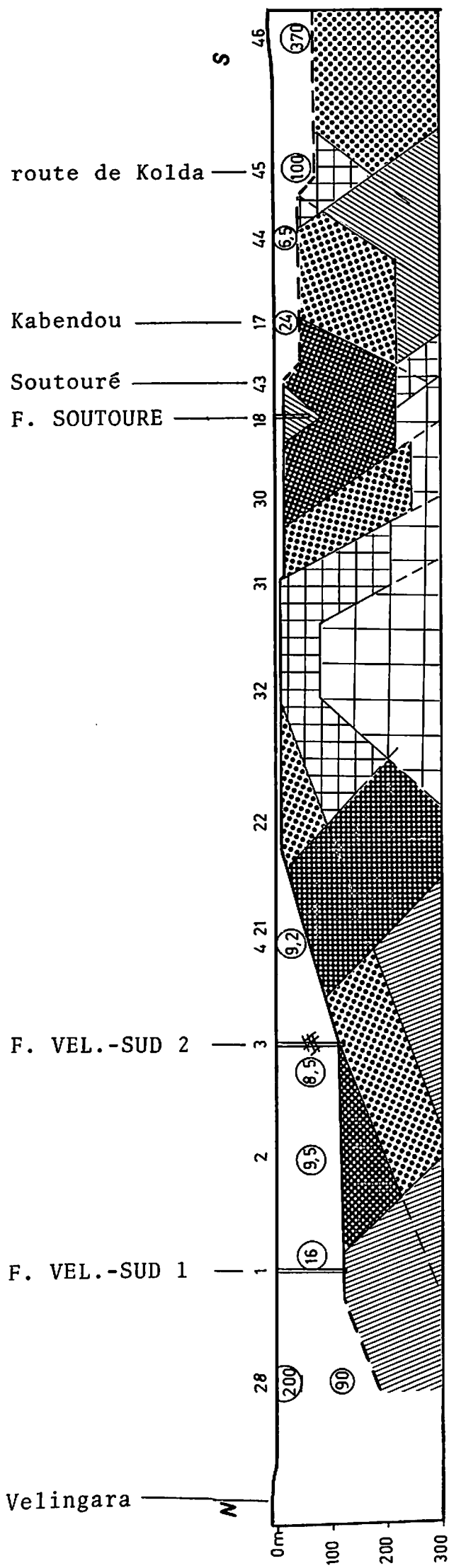


Figure 3 - 22

BASSIN DE L'ANAMBE
COUPE INTERPRETATIVE

basée sur les valeurs de
résistivité des sondages
électriques:

On a distingué dans le
socle 5 zones d'altération
croissante, soit

- | | |
|--|--------------------|
| | 1) R 200 Ohm.m |
| | 2) R env. 75 - 100 |
| | 3) R env. 35 - 50 |
| | 4) R env. 13 - 20 |
| | 5) R env. 6 - 10 |

Série sédimentaire
Paléocène-Eocène,
Continental Terminal,
Quaternaire

ZF Zone fissurée

Ⓞ valeur de résistivité

34 No du sondage

59:

590

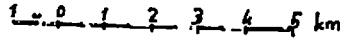
592

Figure 3 - 23

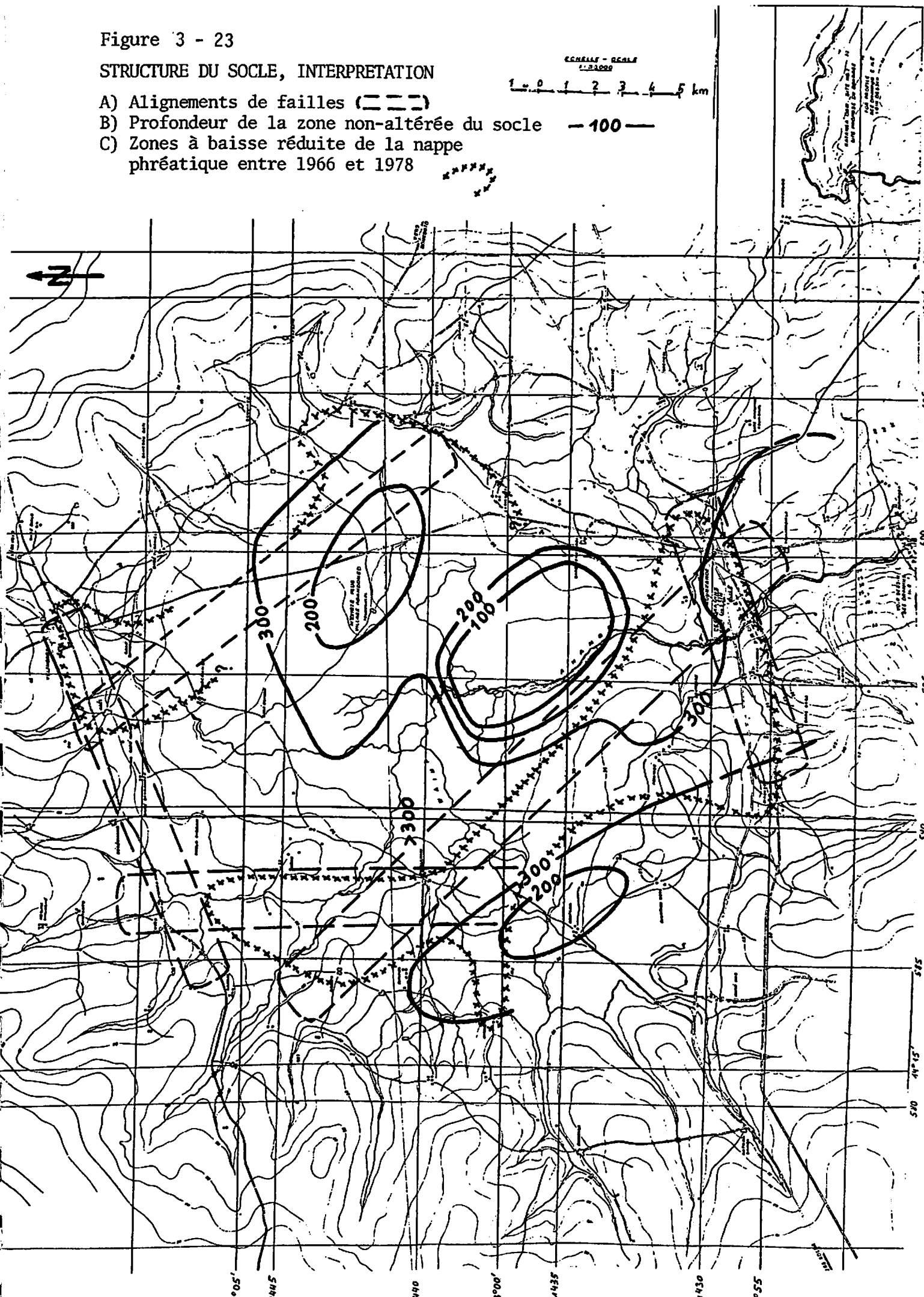
STRUCTURE DU SOCLE, INTERPRETATION

- A) Alignements de failles (---)
- B) Profondeur de la zone non-altérée du socle — 100 —
- C) Zones à baisse réduite de la nappe phréatique entre 1966 et 1978

GENERAL SCALE
1:25000



— 100 —



Ces zones faillées servent probablement de drains aux eaux souterraines, conformément à la logique. Les potentiels hydrauliques mesurés dans les 3 forages tendent à confirmer ce fait. La formation captée à Velingara-Sud 1 (zone peu ou pas fissurée) est probablement en surpression par rapport à la nappe phréatique (niveau statique à -2 m, soit à 27 m en cote absolue), tandis que la formation fissurée captée à Velingara-Sud 2 est probablement en sous pression (NS à -12 m, soit à 15 m environ en cote absolue), de même que celle du socle captée à Soutouré (NS à -26 m, soit à 3 m environ en cote absolue). La présence de soufre comme produit d'oxydo-réduction dans les sols du centre du bassin pourrait indiquer que cette zone est soumise à un apport d'eau ascendant (surpression), les eaux du socle s'étant révélées très sulfatées à Soutouré.

Les 3 forages de reconnaissance et celui de la Sodefitex à Velingara permettent de constater que la minéralisation de l'eau augmente avec la proximité du socle plutôt qu'avec la profondeur (*). La perméabilité, elle, est pratiquement inversement proportionnelle à la minéralisation (voir Tableau II).

(*) Cela signifie d'une part que l'eau a un temps de parcours très grand dans le socle, les cheminements étant très longs, ou les vitesses faibles, d'autre part, qu'il y a des échanges entre l'aquifère du socle et les aquifères sus-jacents, sous forme d'alimentation ou de soutirage suivant les endroits.

Tableau II Bassin de l'Anambé - Comparaison des différents aquifères

Forage de	Soutouré	Velingara-S 1	Velingara-S 2	Velingara-N Sodefitex
Aquifère	Socle, rhyolites, Cambrien	Sable limoneux Paléocène	Argilite fissu- rée, Paléocène- Eocène	Sable CT
Profondeur	55 m	110 m	65 m	50 m
Proximité du socle	0 m	10 m	50 m	>100 m (?)
pH	~8	~8	~7,7	~6
Minéralisation exprimée en con- ductivité à 20° C: $\mu\text{mhos} \cdot$ cm^{-1}	1150	700	300	25
Perméabilité en 10^{-6} m/s	~1	~1	~30	~135
Système d'écou- lement	régional	régional	?	probablement local

Le complexe aquifère du socle s'avère donc très peu rentable du point de vue des débits soutirables, bien que probablement stable car lié à des systèmes d'écoulement régionaux.

Les cuvettes sédimentaires qui entourent le massif cristallin ne représentent pas une alternative beaucoup plus prometteuse, car elles sont principalement constituées d'argiles sableuses, consolidées dans la partie inférieure, et dont l'exploitation est liée au degré de fissuration. De manière générale, les informations sur ces cuvettes sédimentaires sont lacunaires, car elles se trouvent en bordure de la région étudiée.

Les valeurs de résistivité obtenues dans les sondages électriques fournissent une première idée de la nature des terrains. La quasi totalité des valeurs sont très faibles (inférieures à 50 Ohm . m), indiquant des sédiments de nature argileuse.

On peut néanmoins distinguer dans certaines zones périphériques quelques indices un peu plus favorables, à savoir :

- La région de Kounkané ressemble à celle de Velingara-Sud 2 tant par le profil géoélectrique que par la nature chimique des eaux (puits CER, voir tableau I). De plus, elle est située sur une zone probablement faillée.
- A l'extérieur du bassin de l'Anambé, le sondage électrique le plus méridional (Kolda Molo, sur la nouvelle route pour Massadou) a révélé une résistivité de 370 Ohm . m jusqu'à 75 m de profondeur. Une telle valeur pourrait théoriquement coïncider avec la présence de sables.
- Le bassin sédimentaire semble s'approfondir fortement sur la limite septentrionale de la région étudiée (ancienne route de Velingara-Kolda), et les valeurs de résistivité rencontrées (90 à 340 Ohm .m) suggèrent également la présence de sables ou sables limoneux sur de fortes épaisseurs. Nous ne disposons toutefois pas de données régionales suffisantes pour établir une corrélation quantitative entre les valeurs de résistivité et celles de perméabilité.

Les aquifères des cuvettes sédimentaires, s'ils peuvent fournir ça et là des débits appréciables pour la consommation humaine et l'élevage, ne paraissent pourtant pas à même de fournir les débits requis par l'irrigation.

6. CONCLUSIONS

L'étude hydrogéologique du bassin de l'Anambé a mis en évidence, outre la complexité structurale de la région, la pauvreté des ressources en eau souterraine dans la zone interne du bassin tout au moins. Cette pauvreté est due à la proximité immédiate du socle paléozoïque sous le centre du bassin, et à l'accumulation de formations argileuses dans les dépressions ou gouttières tectoniques qui le ceignent.

Les ressources en eau souterraine sont ainsi peu liées à la perméabilité primaire de formation - comme ce serait le cas pour des aquifères sableux - mais principalement à la perméabilité secondaire de fissuration, et se trouvent par là-même réduites à des proportions modestes d'une part, et d'un accès aléatoire d'autre part. Il est en effet très difficile, dans les aquifères de fissures, d'assurer le succès d'un forage sur la base des résultats d'un ou plusieurs forages précédents.

Cela étant dit, les ressources de la zone périphérique du bassin, bien qu'insuffisantes pour des besoins d'irrigation, sont d'un intérêt certain pour les besoins en eau de consommation. Des situations analogues à celles du forage de Velingara-Sud 2 pourraient bien se rencontrer dans la région d'Awataba-Dialakani ou dans celles de Kabendou, Kounkané et Koulinto. La région qui s'étend au Nord du bassin, au droit de l'ancienne route de Velingara-Kolda, ne serait pas non plus à exclure d'emblée.

Dans l'état actuel des connaissances du bassin, caractérisé par l'absence d'aquifère profond exploitable à grand débit, l'utilisation éventuelle des ressources en eau souterraine pour des besoins moins importants que n'en requiert l'irrigation pourrait - et devrait alors - se développer à partir de forages relativement peu coûteux, c'est-à-dire effectués avec de petites machines à des profondeurs pratiquement toujours inférieures à 100 m.

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
SOCIETE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET INDUSTRIEL
SODAGRI

AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE

VOLUME II

RAPPORT 4 PEDOLOGIE



ELECTROWATT
INGENIEURS-CONSEILS S.A.
ZURICH - DAKAR 1980

TABLE DES MATIERES

	Page
1. INTRODUCTION	4 - 1
1.1 Emplacement de la zone prospectée	4 - 1
1.2 Objectifs et nature de l'étude	4 - 1
1.3 Etudes antérieures	4 - 2
2. RESUME	4 - 3
3. METHODOLOGIE	4 - 6
3.1 Systèmes utilisés pour la classification des sols et des terres	4 - 6
3.2 Phases de l'étude	4 - 6
3.3 Travaux de prospection	4 - 7
3.4 Travaux de laboratoire	4 - 9
3.5 Présentation des résultats	4 - 10
4. LE MILIEU	4 - 12
4.1 Généralités	4 - 12
4.2 Le climat	4 - 12
4.3 Le matériel parental des sols	4 - 13
4.4 Les unités physiographiques	4 - 15
4.4.1 Le relief	4 - 15
4.4.2 La plaine centrale d'inondation	4 - 16
4.4.3 Les terrasses inférieures	4 - 16
4.4.4 Les terrasses supérieures	4 - 17
4.4.5 Les pentes sableuses	4 - 18
4.4.6 Les plateaux	4 - 18
4.4.7 Les vallées périphériques	4 - 19
4.4.8 Le chenal de l'Anambé et marigots tributaires	4 - 19
4.5 Conditions de drainage	4 - 20
4.6 La végétation et l'utilisation des terres	4 - 20
4.7 Les termites	4 - 23

TABLE DES MATIERES

		Page
5.	LES SOLS	4 - 24
5.1	Classification et cartographie des sols	4 - 24
	5.1.1 La prospection pédologique du bassin de l'Anambé	4 - 24
	5.1.2 La légende de la carte mondiale des sols (FAO/UNESCO)	4 - 26
5.2	Les sols de la plaine centrale d'inondation	4 - 26
5.3	Sols des terrasses inférieures	4 - 27
	5.3.1 Aspects généraux	4 - 27
	5.3.2 Unité cartographique Tia	4 - 28
	5.3.3 Unité cartographique TIs	4 - 30
5.4	Sols des terrasses supérieures	4 - 30
	5.4.1 Caractères généraux	4 - 30
	5.4.2 Unité cartographique TSz	4 - 32
	5.4.3 Unité cartographique TSy	4 - 33
5.5	Sols des pentes sableuses	4 - 34
5.6	Sols des plateaux	4 - 36
	5.6.1 Caractères généraux	4 - 36
	5.6.2 Unité cartographique Pp	4 - 37
	5.6.3 Unité cartographique Pm	4 - 38
	5.6.4 Unité cartographique P1	4 - 38
5.7	Sols des vallées périphériques	4 - 39
	5.7.1 Caractères généraux	4 - 39
	5.7.2 Unité cartographique Df	4 - 39
	5.7.3 Unité cartographique Dc	4 - 40
6.	APTITUDE DES TERRES A LA CULTURE IRRIGUEE	4 - 41
6.1	Généralités	4 - 41
6.2	Aptitude des terres	4 - 42
	6.2.1 Généralités	4 - 42
	6.2.2 La texture	4 - 42

TABLE DES MATIERES

		Page
	6.2.3 La structure	4 - 44
	6.2.4 La profondeur physiologique	4 - 45
	6.2.5 L'infiltration et la capacité de rétention	4 - 46
	6.2.6 La fertilité	4 - 48
	6.2.7 L'acidité du sol	4 - 50
	6.2.8 La salinité	4 - 51
6.3	La topographie	4 - 51
	6.3.1 Généralités	4 - 51
	6.3.2 La pente, le microrelief et le planage des terres	4 - 52
	6.3.3 La végétation et le défrichement	4 - 53
6.3	Le drainage	4 - 54
7.	CLASSIFICATION DES TERRES EN VUE DE L'IRRIGATION	4 - 56
7.1	Le système de classification	4 - 56
7.2	Principaux facteurs considérés	4 - 56
7.3	Les classes des terres	4 - 59
7.4	Résultats de la classification des aptitudes à l'irrigation	4 - 62
	7.4.1 Terres aptes à l'irrigation	4 - 62
	7.4.2 Surfaces des terres irrigables	4 - 64
	7.4.3 Aptitudes des terres de la plaine centrale d'inondation	4 - 66
	7.4.4 Aptitudes des terres des terrasses inférieures	4 - 66
	7.4.5 Aptitudes des terres des terrasses supérieures	4 - 67
	7.4.6 Aptitudes des terres des pentes sableuses	4 - 68
	7.4.7 Aptitudes des terres des plateaux	4 - 68
	7.4.8 Aptitudes des terres des vallées périphériques	4 - 69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4 - 1	LES UNITES CARTOGRAPHIQUES DES SOLS
Tableau 4 - 2	SUPERFICIES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES DES SOLS
Tableau 4 - 3	CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS
Tableau 4 - 4	CLASSIFICATION DES SOLS DU BASSIN DE L'ANAMBE SUIVANT LA TAXONOMIE FAO/UNESCO
Tableau 4 - 5	PROPRIETES GENERALES DES SOLS
Tableau 4 - 6	SPECIFICATIONS POUR LA CLASSIFICATION DES APTITUDES DES TERRES A L'IRRIGATION
Tableau 4 - 7	CARACTERISTIQUES GENERALES DES CLASSES ET SOUS-CLASSES DE TERRES IRRIGABLES

LISTE DES ANNEXES

Annexe	4 - 1	LEXIQUE
Annexe	4 - 2	METHODES UTILISEES POUR LES TESTS D'INFILTRATION ET DE CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE SUR LE TERRAIN
Annexe	4 - 3	METHODES UTILISEES POUR LA DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS EN LABORATOIRE
Annexe	4 - 4	LISTE DES ESPECES VEGETALES
Annexe	4 - 5	ETUDE SUR LES COUTS DE DEFRICHEMENT
Annexe	4 - 6	PROFILS DE REFERENCE

L I S T E D E S F I G U R E S

- Figure 4 - 1 UNITES PHYSIOGRAPHIQUES
- Figure 4 - 2 TOPOSEQUENCE SCHEMATIQUE
- Figure 4 - 3 CARTE DES SOLS (2 PLANS)
- Figure 4 - 4 CLASSIFICATION DES TERRES EN VUE DE L'IRRIGATION (2 PLANS)

1. INTRODUCTION

1.1 Emplacement de la zone prospectée

Le bassin de l'Anambé, en Haute-Casamance, Sénégal, se situe à environ 13° 00' de latitude Nord et 14° 08' de longitude Ouest. Il constitue le bassin versant du marigot Anambé qui s'écoule vers le sud et rejoint la rivière Kayanga à quelques 10 kilomètres au sud du village de Kounkané. L'étude générale porte sur le développement agricole de quelques 54 000 hectares de la partie centrale de ce bassin. La zone prospectée est délimitée au Nord par l'ancienne route Vélingara-Kandia-Kolda, à l'Est et au Sud par la route nationale Vélingara-Téyé1-Kounkané-Kolda, et à l'Ouest, par une ligne suivant en gros la courbe de niveau 55 mètres chevauchant les villages de Sare Bourto, Kossanké et Sare Mardi (fig. 4-1).

1.2 Objectifs et nature de l'étude

Des études pédologiques antérieures entreprises dans le bassin de l'Anambé ont déjà démontré d'une manière générale l'aptitude des terres à supporter une riziculture irriguée et intensive.

Cette étude sert donc de base à la sélection des terres les plus aptes à l'irrigation dans le cadre du projet d'aménagement du bassin de l'Anambé. Elle permet en outre de recueillir les éléments pédologiques de base, essentiels aux études agronomiques et économiques et pour les études liées aux aménagements et aux constructions.

L'objectif général que vise le projet d'aménagement du bassin de l'Anambé, à savoir contribuer dans une large mesure à l'augmentation de la production nationale de céréales et de riz en particulier, a déterminé les méthodes et critères utilisés pour l'évaluation des terres.

La classification des sols et celle des terres en fonction des aptitudes à l'irrigation constituent les principales données et résultats de cette étude sur les potentialités des terres. L'étude a été réalisée à un niveau détaillé.

1.3 Etudes antérieures

Les sols du bassin de l'Anambé ont fait l'objet de nombreux travaux de reconnaissance dont en particulier ceux entrepris par la GERCA en 1962. Dès 1963, l'ORSTOM a entrepris des recherches pédologiques régionales en cartographiant les sols de la Casamance au 1 : 200 000. La SODAGRI, dans le cadre de l'étude SENERIZ, a effectué en 1977 des observations complémentaires sur la base d'échantillonnages sur les terres du bassin : à partir des résultats de ces investigations et de l'analyse en laboratoire des échantillons, la carte des sols qui avait été établie par le GERCA a été revue et corrigée.

Ces études ne renseignent que d'une manière trop peu détaillée sur l'aptitude des sols du bassin. Ceux-ci n'ont été en effet groupés et baptisés qu'en fonction de leur pédogénèse. La classification taxonomique qui en est résultée n'a que trop peu de rapport avec les caractéristiques pédologiques importantes et les contraintes liées à la production agricole ou avec les problèmes inhérents à l'exécution d'un projet. Elle ne peut servir de base à l'étude d'un aménagement hydro-agricole et son plan. En outre, cette classification ne fournit pas assez de données permettant de définir la localisation et l'étendue des terres propices à l'irrigation.

2. RESUME

Environ 54 000 hectares de terres occupant le centre du bassin de l'Anambé ont été prospectées afin d'évaluer leur aptitude à une production agricole permanente et rentable sous irrigation. En matière de politique agricole les objectifs nationaux cherchant à développer principalement la production rizicole, le système de classification des terres utilisées en a tenu particulièrement compte. Cependant d'autres cultures céréalières aussi importantes devront être exploitées sur les terres où le riz ne serait pas la culture la plus appropriée.

Dans la distinction faite entre les terres propices à la riziculture irriguée et celles aptes à la polyculture, certaines caractéristiques pédologiques sont prééminentes. Les cultures céréalières préfèrent des sols à texture moyenne, non saturés, de porosité suffisante pour assurer un drainage et une profondeur physiologique suffisante.

Les caractéristiques pédologiques des sols nécessaires à l'établissement de rizières sont déterminées par le besoin d'établir et de maintenir une submersion optimale des terres. Des horizons superficiels et des sous-sols à texture fine, souvent plus ou moins imperméables, une très forte capacité de rétention en eau et la présence de nappes perchées affleurantes pendant les saisons de culture sont autant de facteurs nécessaires à l'établissement d'une riziculture irriguée. En outre, les rizières devraient de préférence pouvoir s'établir sur des terrains plats mais permettant néanmoins un drainage de surface relativement rapide.

La présente étude a donc eu pour but de définir les potentialités des sols et terres du bassin en étudiant leurs caractéristiques pédologiques. Elle s'est divisée en 4 phases interdépendantes les unes des autres.

Tout d'abord la topographie, les caractéristiques du drainage de surface et le mode d'exploitation des terres étant étroitement liés à la géomorphologie, le paysage a été divisé en unités physiographiques regroupant des sols possédant des caractéristiques générales importantes communes.

En second lieu, une prospection pédologique semi-détaillée a permis d'observer, de décrire, d'échantillonner et d'analyser les sols de ces unités, qui furent ensuite regroupés et cartographiés suivant leurs caractéristiques pédologiques et en fonction d'un système spécialement développé dans le cadre de cette étude. A ce stade la taxonomie utilisée a été celle établie par la FAO.

Une troisième phase a permis d'étudier et d'évaluer les caractéristiques des terres les plus importantes pour le développement d'une agriculture locale irriguée.

Enfin les terres du bassin ont été classées et cartographiées en fonction de leur aptitude à l'irrigation. Les classes d'aptitude ainsi définies représentent différents niveaux de revenus qu'il sera possible d'atteindre une fois les aménagements hydro-agricoles réalisés.

Les superficies de terres selon leur aptitude à l'irrigation se répartissent comme suit :

Classe d'irrigabilité	Aptitude culturale	Superficie (ha)	Définitions
1 R	Riz irrigué	4 650	Sols très aptes à supporter une production rizicole
2 R	Riz irrigué	20 760	Sols aptes à supporter une production rizicole. Les revenus nets sont inférieurs à ceux de la classe 1 R
2	Polyculture	16 210	Sols aptes à supporter une grande variété de cultures et localement aptes à supporter une riziculture d'hivernage
6	Non-irrigable	12 050	Déficiences pédologiques de topographie ou de drainage excluant une production agricole irriguée rentable

En raison de leur position topographique ou encore de ressources en eau limitée, toutes les terres des classes d'irrigabilité 1 et 2 ne pourront être irriguées dans le cadre du présent projet. En fait seule une superficie d'environ 21 000 ha peut être prise en considération par le projet. Elle se répartit comme suit en fonction des types d'assolements prévus :

Assolements et surfaces correspondantes (ha)

Classe d'irrigabilité	riz-riz	riz-divers	divers-divers
1 R	2 920		
2 R	12 750	1 700	
2		1 000	2 600
TOTAL	15 670	2 700	2 600

3. METHODOLOGIE

3.1 Systèmes utilisés pour la classification des sols et des terres

Les critères considérés lors du groupement des sols en unités cartographiques reposent sur une appréciation de leurs caractéristiques physiques et chimiques les plus importantes pour la détermination des aptitudes à l'irrigation. La carte des sols ainsi obtenue est donc d'un grand secours lorsqu'il s'agit de préparer la carte de classification des terres et d'évaluer leur potentiel de productivité.

La classification taxonomique des sols utilisée, élaborée par la FAO dans le cadre de l'établissement de la Carte Mondiale des Sols (FAO-UNESCO, 1974), permet d'établir une corrélation avec les sols d'autres régions d'Afrique ou du globe.

Les terres ont été identifiées et classées en fonction de leur aptitude à l'irrigation sur la base du système USBR (United States Bureau of Reclamation). Les critères utilisés par cet organisme pour la classification des terres ont été adaptés aux objectifs du projet et aux caractéristiques écologiques de la région considérée. On a également tenu compte dans la classification des terres de l'expérience acquise par l'USBR dans le cadre de projets de riziculture irriguée dans des régions à peu près similaires au bassin de l'Anambé.

3.2 Phases de l'étude

Les principales phases de l'étude ont été les suivantes :

- Etude de la documentation disponible (rapports, cartes et topographies aériennes),
- Reconnaissance sur le terrain,
- Analyse physiographique du terrain par l'interprétation stéréoscopique des photographies aériennes,

- Etude sur le terrain de topo-séquences des sols, de la variabilité des sols, de la végétation, du microrelief et des fluctuations de la nappe.
- Etudes et recherches des corrélations existantes entre les résultats enregistrés sur le terrain et les caractéristiques physiographiques apparaissant sur les photos aériennes,
- Détermination des spécifications techniques nécessaires à l'étude des unités cartographiques des sols et des unités de classification des terres,
- Réalisation de la prospection semi-détaillée sur les sols de la région considérée,
- Exécution d'essais et tests "in situ" relatifs aux caractéristiques physiques des sols,
- Analyse en laboratoire des échantillons prélevés sur les profils types,
- Classification des terres en fonction de leur aptitude à l'irrigation,
- Etablissement des cartes et élaboration des rapports.

Les prospections sur le terrain ont eu lieu entre septembre 1978 et juin 1979. Les analyses en laboratoire ont pris fin en octobre 1979. Elles ont été réalisées dans le laboratoire d'analyses de sol de la Sodagri installé à cet effet.

3.3 Travaux de prospection

L'examen des sols en place s'est basé sur l'observation de profils pédologiques réalisés par l'ouverture de tranchées d'observation

atteignant 2,0 m de profondeur (130), de sondage à la tarière à 1,50 m (640) et de coupe naturelle de sols (80) dans des carrières, forages, puits ou autres dérangements. Le nombre d'examen ainsi réalisé a permis une intensité correspondante à 1 observation par 62 hectares.

La localisation exacte des sondages à la tarière ainsi que les profils types où ont été prélevés les échantillons de sols, ont été déterminés sur les photographies aériennes 1/25 000 réalisées en 1978. Ils sont indiqués sur les cartes pédologiques 4-2 A,B et C ainsi que sur les cartes de classification d'aptitude des terres à l'irrigation 4-3 A, B et C. Les limites des unités cartographiques localisées au cours des investigations sur le terrain ont également été portées sur les photographies aériennes.

Un rapport très étroit a été établi entre les observations réalisées sur le terrain et les caractéristiques apparaissant à l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes. Ce rapport a permis la détermination des limites entre certaines des unités cartographiques des sols. De plus régulières observations furent faites dans les zones complexes plutôt que dans les zones homogènes.

Les profils de sols ont été décrits selon la terminologie internationale de la FAO (1977) et des échantillons prélevés en vue d'analyses en laboratoire.

Dans les tranchées, des échantillons de terre non dérangés ont été recueillis depuis les horizons superficiels afin de déterminer la densité apparente du sol en place ainsi que le taux d'humidité au moment de la prise de l'échantillon.

La capacité de rétention en eau, la conductivité hydraulique ainsi que l'infiltration ont été analysées in situ. 32 tests d'infiltration ont été ainsi réalisés à l'infiltromètre. Des échantillons prélevés sur les profils type ont permis de déterminer une valeur approchée de la capacité au champ. La conductivité hydraulique a été elle aussi analysée sur 38 profils représentatifs. Les emplacements où ces tests in situ ont été réalisés sont indiqués et localisés sur les cartes 4-3 A, B et C.

L'annexe 2 résume les méthodes utilisées pour la détermination de ces caractéristiques.

3.4 Travaux de laboratoire

Les échantillons de sols provenant de 46 profils types dits de référence ont été analysés en laboratoire.

Ces analyses ont permis la détermination des propriétés physiques et chimiques des sols, en particulier celles qui sont les plus importantes pour un aménagement agricole irrigué.

Des échantillons de sols en provenance de profils autres que les profils de référence ont été aussi analysés mais d'une manière plus succincte en particulier le pH et le carbonate de calcium. Dans certains cas limites la densité apparente et les cations échangeables ont été également analysés y compris l'aluminium ainsi que l'exigent l'établissement d'une cartographie pédologique et la classification des terres.

Une étude minéralogique de la fraction argileuse de trois échantillons de sols a été analysée par diffraction aux rayons-X à l'université de Neuchâtel, en Suisse.

Pour les 46 profils de référence, les analyses suivantes ont été réalisées. Une grande partie a été conduite dans le laboratoire d'analyse des sols de la SODAGRI, installé à cet effet par le projet.:

- Analyse granulométrique
- Porosité
- Courbe de pH et capacité de rétention d'eau du sol à pF 2,5 et 4,2 pour la plupart des horizons situés entre 0-100 cm de profondeur et à pF 2 et 3 pour des échantillons particuliers. Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de sol de l'ORSTOM, Dakar-Hann.

- Conductivité hydraulique (laboratoire de sol de l'ORSTOM, Dakar-Hann)
- Limites d'ATTERBERG (limite de liquidité et limite de plasticité pour des échantillons de 26 profils)
- pH eau et pH au chlorure de potassium
- Conductivité électrique d'un extrait sol-eau 1 : 5
- Acidité d'échange
- Aluminium échangeable pour les sols fortement acides
- Acidité totale d'échange
- Cations échangeables
- Capacité d'échange cationique à pH 7
- Carbonate de calcium (sols neutres ou alcalins)
- Teneur en matière organique
- Phosphore assimilable

Toutes ces méthodes de laboratoire sont détaillées à l'annexe 3.

3.5 Présentation des résultats

L'annexe 6 résume les résultats des caractéristiques analytiques des profils de sol, y compris des tests sur le terrain et en laboratoire pour chacun des 46 profils de référence.

Les résultats de la plupart des analyses faites en laboratoire sont exprimés par rapport au poids de terre fine séchée au four à 105° C.

Les résultats exprimés en pourcentage le sont sur une base pondérale sauf pour la porosité effective (volumétrique) et le taux de saturation en cations exprimé en miliequivalent par 100 g de terre séchée au four à 105° C.

La répartition des sols, classés selon les spécifications indiquées au chapitre 5, figure sur les cartes 4-2 A à C. L'aptitude culturale des terres à l'irrigation, selon la méthode de classification USBR, est indiquée sur les cartes 4-3 A à C.

4. LE MILIEU

4.1 Généralités

Afin de bien saisir les caractéristiques et propriétés des sols du bassin de l'Anambé, il a été nécessaire d'examiner en premier lieu les différents facteurs écologiques, agents de la génèse des sols, en mettant en évidence leurs caractères et l'influence qui peut être attribuée à chacun d'entre eux dans la formation des sols. Il s'agit en particulier des facteurs du milieu suivants:

- le climat
- le matériel parental
- le relief
- conditions de circulation de l'eau dans le sol (drainage naturel)
- la végétation et microbiologie du sol

4.2 Le climat

Le climat de la zone de l'Anambé se caractérise par une pluviométrie annuelle moyenne de 1 100 mm, la presque totalité des précipitations tombant entre les mois de juin et octobre. La température annuelle moyenne est d'environ 28  C. Tous les détails concernant le climat sont donnés dans le rapport 2 : Hydrologie et Climatologie. Le climat de cette zone correspond à la classe Aw du système de classification de Köppen. Sous ce régime, les sols sont lessivés en saison humide et secs en saison sèche (le point de flétrissement étant souvent atteint sur plus de 1 m de profondeur), sauf aux endroits où la nappe phréatique se situe à proximité de la surface du sol.

L'évapotranspiration potentielle estimée à 1 800 mm par an dépasse en moyenne les valeurs des précipitations tout au long de l'année, sauf pendant les quatre mois de la saison des pluies, soit de la mi-juin à la mi-octobre.

4.3 Le matériel parental des sols

Les sols formés sur les parties les plus élevées du bassin de l'Anambé c'est-à-dire les plateaux, sont des sols zonaux dérivés de la formation géologique dite du Terminal Continental. Cette formation est formée de dépôts de sédiments continentaux fortement érodés qui se sont déposés à la fin du Tertiaire. Ils sont composés de différentes couches discontinues de grès hétérométrique argileux et bariolé et de graviers de quartz, de sable et d'argile s'intercalant entre les couches de grès. D'un point de vue minéralogique, la formation du Terminal Continental est dominée par les éléments quartziques et de kaolinite provenant probablement de l'érosion de sols ferralitiques reposant sur le complexe granito-gneissique et de sédiments associés du socle précambrien (Michel, 1973).

Dès la formation Terminal Continental des cuirasses ferrugineuses se sont développées. Une telle couche, pouvant atteindre jusqu'à 5 mètres d'épaisseur, se trouve d'ordinaire à une profondeur variant de 1 à 4 mètres dans les régions des plateaux. Par endroits, l'érosion finit par exposer cette cuirasse qui prend ainsi l'aspect d'un grès ferrugineux induré ou d'un conglomérat de graviers de quartz, et de fragments résiduels de forme arrondie provenant de l'érosion d'une cuirasse plus ancienne.

Les sols du bassin de l'Anambé en position topographique inférieure aux plateaux se sont constitués sur des dépôts alluviaux dont la composition varie du sable, sur les pentes douces avoisinant les plateaux, aux argiles lourdes, au centre du bassin. Ces dépôts remontant sans doute au Quaternaire ont continué de s'y accumuler jusqu'à une époque assez récente coiffant de ce fait la formation du Terminal Continental, du moins en ce qui concerne les trois puits d'exploration décrits dans le Rapport Hydrogéologique (Rapport 3).

Ni le mode de sédimentation ni le calendrier géologique concernant la formation de ces dépôts alluviaux n'ont été étudiés en détail. Ils ont dû se former principalement au dépens de matériaux érodés du Continental Terminal et de sols constitués sur cette formation. La plaine centrale d'inondation pourrait recevoir également des sédiments à texture fine lorsque la rivière Kayanga est en période de crue. Certains spécialistes estiment que les argiles gisant au centre du bassin sont d'anciens dépôts lacustres.

Néanmoins plusieurs sondages qui ont eu lieu à proximité des rives de l'Anambé à environ 4 km au nord-est de Soutouré et à une altitude de 20-21 m ont rendu manifeste la présence de restes de roches cristallines fortement altérés provenant d'une rhyolite elle-même altérée comme on en a trouvé à 13 mètres de profondeur au sondage d'exploration qui avait été foré à quelques 2 km au Nord de Soutouré. Il n'a pas été possible de déterminer avec précision dans quelle mesure cette rhyolite a contribué à la formation des sols du centre du bassin. (voir aussi rapport hydrogéologique)

L'âge relatif de ces sols est très variable : certains sont "jeunes" et peu développés, c'est le cas des sols qui se sont formés au dépens des dépôts alluviaux très récents (Fluvisols, dans la terminologie FAO). D'autres sont "vieux", comme les sols développés des plateaux. L'âge relatif des autres sols est plus difficile à déterminer car il s'agit de sols intergrades souvent aussi très remaniés. Des phénomènes d'éluviation - illuviation ont pourtant été mis en évidence ainsi que la présence d'horizons argiliques très différenciés.

Les alluvions dérivées du Terminal Continental ne contiennent pratiquement plus aucun minéral primaire altéré. Les sols se constituant au dépens d'un tel matériel sont pauvres en réserves minérales.

4.4 Unités physiographiques

4.4.1 Le relief

La répartition dans l'espace des différents types de sols est lié à la physiographie du terrain. A côté du rôle joué dans la pédogénèse, la géomorphologie et, en particulier le degré de pente, sont des facteurs très importants intervenant dans l'évaluation des possibilités d'aménagement des terres irriguées.

Le bassin versant de l'Anambé de forme circulaire, couvre une superficie d'environ 110 000 hectares. Ses bordures se situent à une altitude maximale de 80 mètres. Le lit du marigot Anambé est à 18 mètres de hauteur au niveau du pont de Kounkané. Les pentes sont en général très faibles, en particulier celles des 54 000 ha constituant le centre du bassin et évaluées en moyenne à 0,1 % à moins de 29 m d'altitude. Dans d'autres endroits, la pente excède rarement les 3 %.

L'analyse stéréoscopique des photos aériennes a permis de diviser la zone du projet en 7 unités physiographiques présentées à la figure 4-1 et dont les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Caractéristiques générales des principales unités physiographiques

Unité physiographique	Altitude (m)	Pente %	Drainage interne	Superficie (ha)
Plaine centrale d'inondation	de 20 à 21,5	0,1	Pauvre	1 040
Terrasses inférieures	de 21 à 25	de 0,05 à 0,3 moyenne = 0,1	Pauvre	9 200
Terrasses supérieures	de 24 à 29	de 0,05 à 1 moyenne = 0,1	Réduit à pauvre	16 010
Pentes sableuses	supérieure à 26	de 0,2 à 4 moyenne = 1,5	Bon	5 720
Plateaux	supérieure à 28	de 0 à 4 moyenne = 1	Bon à réduit	18 320
Vallées périphériques	supérieure à 22	de 0,2 à 0,4	Bon à pauvre	2 520

Le profil transversal type, idéalisé, est donné à la figure 4-2.

4.4.2 La plaine centrale d'inondation

La plaine centrale d'inondation se caractérise par des pentes très faibles (0,1 %). Elle s'étend des berges de l'Anambé jusqu'à une altitude de 21 mètres environ. La région se singularise par un micro-relief à gilgai consistant en monticules et dépressions plus ou moins réguliers ayant jusqu'à trois mètres de large et un mètre de haut. En saison sèche, on observe un peu partout sur cette surface à gilgai des fentes de retrait de plusieurs centimètres de large et d'au moins cinquante centimètres de profondeur. Cette région est aussi inondée pendant la seconde partie de l'hivernage dans les années à pluviométrie normale. Cette inondation est due aux écoulements de surface provenant des terres avoisinantes et à la capacité de drainage réduite du canal exutoire de l'Anambé. Pendant les années plus humides, les niveaux d'eau de la Kayanga s'élèvent suffisamment pour que l'inondation qui s'ensuit soit le fait de la seule Kayanga.

La végétation de la plaine centrale d'inondation est de type savane herbacée à vetivera, borreria et panicum SPP.

4.4.3 Les terrasses inférieures

Cette unité physiographique se décompose en une série de terrasses à pente très faible allant de la limite supérieure de la plaine centrale d'inondation (21 m) jusqu'à une altitude de 24 à 25 mètres. Les limites supérieures et inférieures de cette unité se caractérisent par des ruptures de pente très bien identifiables sur les photos aériennes, exception faite de la partie centre nord du bassin.

D'une manière générale ces pentes faibles sont continues et de l'ordre de 0,1 % ; par endroits on peut observer de très légères ondulations dont les pentes peuvent atteindre 0,3 %. Le microrelief est généralement lisse mais entrecoupé de ravelines (gullies), petites dépressions,

poches et termitières. Certaines parties des terrasses inférieures situées dans le secteur centre-nord du bassin ont une microtopographie plus irrégulière consistant en de petites dépressions de 10 à 15 cm de diamètre, de 10 à 40 cm de profondeur avec des parois quasi-verticales et distantes les unes des autres de 50 cm ou plus. On y trouve également des monticules et creux et ce relief n'est pas sans rappeler les gilgai de la plaine centrale d'inondation.

Une grande surface de ces terrasses inférieures est inondée pendant plusieurs mois de l'hivernage même lors des années à pluviométrie normale.

La végétation de cette unité est de type savane arborée ou boisée à combretum et terminalia. La strate herbacée est à andropogon SPP.

4.4.4: Les terrasses supérieures

Les terrasses supérieures s'étendent de la limite supérieure des terrasses inférieures (24 à 25 mètres) jusqu'au bas des pentes sableuses. En plusieurs endroits on observe des ruptures de pente très distinctes ayant une dénivellation de 0,5 à 1 m délimitant les terrasses supérieures des terrasses inférieures.

Les terrasses supérieures ont dans l'ensemble des pentes identiques à celles des terrasses inférieures (0,1 %) mais légèrement plus ondulées et comportant davantage de petites crêtes qui affleurent parfois jusqu'à 1 mètre au-dessus du niveau général de la terrasse. Lorsque le microrelief comporte des ondulations bien marquées, le terrain se présente comme une alternance de dépressions pauvrement drainées et de zones légèrement plus élevées et mieux drainées. La différence de niveau entre le sommet et le creux des zones ondulées se situe entre 0,3 et 1 mètre.

Les parties pauvrement drainées des terrasses supérieures sont couvertes d'une savane arborée tandis que les dépressions n'ont pour végétation que des espèces herbacées. Certaines de ces dépressions sont déjà

utilisées pour une riziculture traditionnelle. Les surfaces légèrement plus élevées et mieux drainées ont une végétation plus dense, de type savane arborée à forêt claire, surtout sur les crêtes.

4.4.5 Les pentes sableuses

Les pentes sableuses relient les terrasses supérieures et les vallées périphériques aux plateaux. Les 50 cm supérieurs du sol (ou plus) sont constitués d'un matériau relativement grossier (sable à limon sableux fin). La largeur de cette unité physiographique varie de 50 mètres à plusieurs kilomètres. En général les pentes sont concaves et de l'ordre de 0,2 à 2 % mais par endroits elles peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de 2 à 4 %, mais cela uniquement sur de très courtes distances.

De grandes termitières atteignant quelquefois 3 mètres de hauteur se dressent dans certaines zones de cette unité.

La forêt claire constitue la végétation naturelle des pentes sableuses. Par endroits, les sols sont exploités pour des cultures de plateaux et localement quelques petites surfaces ont été aménagées en rizières, en particulier aux points de résurgence.

Hormis ces zones, pendant l'hivernage, l'eau ne reste pas en surface, étant donné la rapidité des drainages internes et externes.

4.4.6 Les plateaux

Le terme plateaux a été utilisé pour désigner la physiographie des terres les plus hautes de la zone d'étude.

Les plateaux se caractérisent par des pentes faibles et convexes, généralement de l'ordre de 1 % ou moins, mais pouvant atteindre jusqu'à 4 % par endroits. Ils sont parsemés de grandes termitières. Le drainage externe rapide sur la majeure partie des plateaux, exclut l'affleurement de nappes en surface pendant l'hivernage.

Se sont sur ces plateaux que sont pratiqués les cultures traditionnelles de céréales tel mil, sorgho, maïs, ou encore coton et arachide, en rotation avec les jachères. La majeure partie de cette zone a été défrichée, mais il reste encore quelques grands arbres clairsemés - en général de l'ordre de un par hectare. D'ordinaire, les cultures pratiquées sur ces terres de plateaux s'étendent jusqu'à proximité des pentes sableuses.

4.4.7 Les vallées périphériques

Sur le pourtour de la zone d'étude s'étend un certain nombre de vallées peu profondes irriguées par des marigots. Ces vallées peuvent atteindre un kilomètre de largeur avec des pentes de l'ordre de 0,2 à 0,4 %. Elles sont formées de dépôts alluviaux généralement stratifiés, variant du sable à l'argile. Dans cette unité, de petites surfaces sont exploitées, surtout en riziculture en utilisant les crues saisonnières et une nappe phréatique élevée. La végétation naturelle est la plupart du temps du type savane parc de densité très variable.

4.4.8 Le chenal de l'Anambé et marigots tributaires

Cette unité physiographique se compose du lit et des rives du marigot Anambé ; elle peut atteindre une largeur moyenne de 200 mètres - du centre du bassin jusqu'au sud - tandis que celle des autres marigots tributaires varie entre 20 et 100 mètres. A noter encore que dans toutes les autres unités physiographiques on trouve aussi de nombreuses voies de drainage secondaires considérées comme partie intégrante de ces unités.

Le marigot Anambé est rarement complètement à sec bien que son débit ne dure que pendant 3 ou 4 mois de l'année. Lorsque le niveau de la rivière est bas, son écoulement est stoppé par le seuil en béton du pont de Kounkané. L'écoulement des marigots tributaires est intermittent pendant toute la saison d'hivernage, sur toute la longueur de leurs tronçons supérieurs, les tronçons inférieurs transportant l'eau pendant des périodes plus prolongées, selon leurs exutoires.

4.5 Conditions de drainage naturel

Dans le bassin de l'Anambé, les sols bien drainés des plateaux sont lessivés en saison humide et secs à la valeur du point de flétrissement sur plus d'un mètre de profondeur pendant la saison sèche. Ces sols sont pour la plupart de teinte brunâtre ou rougeâtre : ils doivent leur couleur à la présence de composés ferrugineux oxydés.

Dans les sols où la nappe se situe fréquemment ou même d'une manière permanente à proximité de la surface, les conditions de drainage sont un facteur important de pédogénèse. De tels sols, en général de couleur grise ou gris-bleuâtre, présentent des caractéristiques de gleyfication dues aux phénomènes de réduction traduisant les conditions d'hydromorphie (engorgement) qui les influencent.

En position topographique plus haute, certains sols ne sont influencés que très temporairement par les nappes d'eau. Ils sont en général marmorisés et les phénomènes de gleyfication (oxydo-réduction) n'influencent que les horizons inférieurs du profil.

Les sols de la plaine centrale d'inondation, ceux des terrasses inférieures, des chenaux de drainage, des terrasses supérieures et situées dans des dépressions pauvrement drainées, enfin ceux d'une partie des vallées périphériques sont affectés par une nappe d'eau se trouvant près de la surface pendant plusieurs mois de l'année. Ces sols sont de couleur gris pâle à gris foncé souvent aussi marmorisés avec des taches ou des concrétions rouges ou brunes aux endroits où le fer s'est séparé par précipitation, au stade supérieur d'oxydation.

4.6 La végétation et l'utilisation des terres

La végétation influence les propriétés d'un sol par la production de matières organiques par exemple ou encore par la détermination du cycle des substances nutritives, par l'enracinement et la stabilisation de la surface du sol. Les sols, d'un autre côté, par leurs caractéristiques physico-chimiques exercent une grande influence sur le type de végétation d'une région donnée.

L'analyse phyto-sociologique de cette végétation entreprise dans le cadre de cette étude a permis de définir une corrélation sols/végétation en particulier en fonction de la topographie et de la nature des terrains. Il a été ainsi possible de distinguer 4 types de peuplements en fonction du modelé :

- les terres des plateaux, la plupart défrichées, ne présentent qu'une végétation ligneuse réduite, de type savane parc, composées essentiellement de combretacées, de baobabs et fromagers épars. Sur les rebords des plateaux, les formations végétales peuvent devenir plus denses et supportent de beaux peuplements de type savane boisée ou forêt claire composés en particulier de *terminalia macroptera*, *parkia biglobosa* (nere), *cordyla pinnata* et *mangifera indica* (manguier).
- les terres des terrasses alluviales du pourtour du bassin portent une végétation ligneuse relativement peu dense de type savane mixte (boisée à arborée) tels *combretum glutinosum* et *terminalia macroptera*. La strate herbacée très importante est en général à *andropogon gayanus*, variétés *genuinus* ou *bisquamulatus*.
- les pentes alluvio-colluvionnaires se caractérisent par une grande variété d'espèces, de densité souvent forte et de belle venue de type savane arborée à savane boisée où dominant en particulier *bombax costatum*, *khaya senegalensis*, *ostryodoris chevalierii*, *tamarindus indica*, *stercularia setigera*, *pterocarpus erinaceus* et *dychrostachis glomerata*. La strate herbacée est composée principalement de *pennisetum* ssp.
- la plaine centrale d'inondation et les bas-fonds des vallées secondaires, reflètent bien les conditions temporaires d'engorgement. En milieu très asphyxiant, les arbres ont disparu et ont fait place à une savane exclusivement herbacée à *vetivera* ssp, *borreria paludosa*, *hydrophylla senegalensis* et *panicum* (*afzelii* ou *maximum*). En bordure de ces zones dépressionnaires et en milieu mieux drainé, quelques peuplements de *terminalia macroptera* sont disséminés.

Quelques dépressions où la nappe phréatique affleure sont, en outre, colonisées par des palmiers poussant dans le talweg même : ce sont en général des ronniers (*Borassus flabellifer*) et des palmiers à huile (*Elaeis guineensis*). Cette végétation est de type savane parc.

La densité naturelle de la végétation et les associations phytosociologiques sont disposées autour du bassin en forme relativement symétrique et concentrique (figure 4 - 1). Les espèces végétales les plus souvent rencontrées parmi les peuplements caractéristiques sont données en annexe 4.

Les cultures sont en général exploitées sur les sols bien drainés des plateaux à l'exception de la riziculture. Ces terres ont toutes été défrichées en cours de temps et seuls quelques grands arbres ont été conservés. La mise en culture de ces anciens terrains forestiers entraîne en générale une notable baisse de fertilité due en particulier à la diminution de la matière organique ou à l'ablation pure et simple des horizons superficiels. Le parcage nocturne du bétail sur ces terres contribue néanmoins à restaurer leur fertilité dans les régions avoisinant les villages.

La riziculture traditionnelle se développe pendant l'hivernage dans les dépressions naturelles des terrasses supérieures, dans certaines parties des vallées périphériques et par endroits sur les pentes sableuses, aux points de résurgence des nappes. Les rizières sont localisées en fonction de la topographie naturelle afin de disposer d'un régime hydraulique favorable. Contrairement aux méthodes d'intensification appliquées dans de nombreuses régions du monde en matière de production rizicole, la préparation des terres du bassin destinées à la riziculture se limite actuellement au sarclage de la végétation herbacée, des arbrisseaux et des arbustes, à la construction de petites digues et au labour souvent trop superficiel.

L'introduction de la mécanisation en riziculture dans le cadre de la ferme pilote SODAGRI, située sur les terres des terrasses inférieures du bassin devrait permettre la vulgarisation de nouvelles techniques culturales favorisant la conservation de la fertilité des sols tout en augmentant notablement les rendements traditionnels de cette culture.

4.7 Termites

L'action des termites est particulièrement visible sur l'ensemble des terres du bassin de l'Anambé. Elle se remarque par la formation sur la surface du sol de monticules d'aspects et de tailles divers et dans les profils sous forme de couloirs et d'alvéoles.

5. LES SOLS

5.1 Classification et cartographie des sols

5.1.1 La prospection pédologique du bassin de l'Anambé

Les sols composant chaque unité physiographique se sont formés à partir de roches-mères vraisemblablement identiques. Ils varient en fonction de leur position topographique et des conditions de drainage qui les affectent :

- La plaine centrale d'inondation et les pentes sableuses, ont des sols relativement uniformes qui ont été cartographiés comme unités simples.
- Les chenaux de l'Anambé et des vallées périphériques possèdent des sols hétérogènes ; mais cette unité étant peu étendue et ayant une valeur agricole limitée, elle n'a aussi été considérée que comme une unité cartographique simple.
- Pour les autres unités physiographiques, certains types de sols revenant souvent, ils ont été classés afin d'obtenir des unités à potentialités agricoles identiques, en particulier en culture irriguée, ceci en utilisant des critères pédologiques reconnaissables sur le terrain même. Ces critères détaillés ci-après sont les suivants :
 - . l'unité physiographique
 - . la texture des horizons supérieurs
 - . la profondeur physiologique des sols
 - . et le drainage interne (tableau 4-1)

La productivité des sols est communément liée à la texture des horizons supérieurs du fait des caractéristiques qui lui sont liées tels la capacité d'échange cationique, la capacité de rétention en eau et les réserves en éléments nutritifs. De ce fait, les sols des terrasses

inférieures et des vallées périphériques ont fait l'objet de subdivisions en fonction de la texture de leurs horizons supérieurs (0-30 cm).

De même, la plupart des sols de la zone d'étude ont une profondeur physiologique pouvant atteindre plus d'un mètre, profondeur largement suffisante pour pratiquement toutes les cultures. Cependant, certains sols des plateaux ont des horizons indurés pouvant ainsi présenter des cuirasses ferrugineuses à moins d'un mètre de profondeur, ou quelquefois affleurantes.

Ces sols ont été répartis en deux groupes : les sols superficiels ayant une très faible valeur agricole et ceux possédant une profondeur physiologique modérée limitant uniquement le choix des cultures.

Le drainage interne est un des facteurs qui influence le plus l'aptitude à la culture des sols et en particulier la riziculture. Un drainage interne très lent favorise la riziculture irriguée en maintenant dans la zone radiculaire des conditions d'anaérobie, et ceci pendant les phases principales de croissance du riz, sans impliquer des pertes excessives par percolation des eaux d'irrigation. A l'opposé, un drainage interne modéré ou rapide est requis pour les cultures nécessitant une zone radiculaire aérée. Les sols des terrasses supérieures ont donc été divisés en fonction de leur drainage interne : une classe pour un drainage interne lent et une autre pour un drainage interne plus rapide.

En tout, douze cartographiques ont donc été retenues (tableau 4-1). Leur composition et leur répartition dans la zone prospectée sont indiquées aux cartes pédologiques 4-3 A à C. Le récapitulatif des superficies de chacune des unités et complexes cartographiques figure au tableau 4-2.

Un résumé des propriétés des principaux sols est fourni au tableau 4-3.

5.1.2 La légende de la carte mondiale des sols (FAO-Unesco)

Les sols des profils de référence ont été analysés et classés d'après la légende de la carte mondiale des sols FAO-UNESCO. Les descriptions de ces profils sont indiquées à l'annexe 6. La terminologie FAO qui accompagne chaque unité complexe cartographique (tableau 4-1) est celui du type de sol dominant dans l'unité cartographique considérée.

Les sols du bassin de l'Anambé, classés selon la légende de la FAO sont énumérés au tableau 4-4. Leurs caractéristiques sont détaillées ci-dessous.

5.2 Sols de la plaine centrale d'inondation

Unité cartographique Vg :

Sols à drainage pauvre et à argiles lourdes gonflantes (1041 ha)

Les sols de la plaine centrale d'inondation ont un horizon superficiel argileux à structure granulaire ou polyédrique, de couleur brun grisâtre foncé, légèrement tachetée et à réaction modérément acide. L'horizon sous-jacent est aussi argileux, de couleur gris à brun grisâtre foncé, tacheté et à structure grossière polyédrique. Le sous-sol plus en profondeur (100-200 cm) est toujours de même couleur et à une texture identique mais de structure polyédrique grossière, faiblement à moyennement développée. Cet horizon est collant et plastique à l'état frais et très peu perméable. On note la présence dans certains profils de nodules de carbonate de calcium vers 80 cm de profondeur. L'aspect du profil ne présente que peu de variations. Le microrelief à gilgai caractéristique de cette unité et très bien reconnaissable sur les photos aériennes grâce à son aspect pointillé varie dans son acuité, et est plus prononcé sur les zones supérieures de la plaine d'inondation.

Le profil type de référence pour cette unité est le SBN 950 détaillé à l'annexe 6. Il correspond à un vertisol chromique de la classification FAO-UNESCO. Les principales caractéristiques pédologiques et les propriétés physico-chimiques de cette unité sont les suivantes :

Les sols de cette unité ont tous une forte teneur en argile (56-73 %) enregistrant peu de variations avec la profondeur. La capacité d'échange cationique (CEC) très uniforme est d'environ 25 meq/100 g d'argile dans tout le profil. Les propriétés expansives (gonflement et retrait) de ces sols et la CEC relativement élevée indiquent la présence de montmorillonite ou celle d'autres minéraux argileux à caractéristiques identiques. L'analyse de diffraction aux rayons X de la fraction argileuse d'un échantillon de sol provenant du profil SBN 950 à 150 cm de profondeur a montré que si la kaolinite constitue toujours le minéral dominant, la présence de montmorillonite et de minéraux interstratifiés (avec 10-14 Å d'espacement de base) est confirmée. Cette même analyse a démontré que l'illite, la chlorite et le quartz sont virtuellement absents. Le taux de saturation en cations basiques (SCBN) est de l'ordre de 60 à 65 % au niveau des horizons supérieurs et de 71 à 98 % dans le sous-sol. La teneur en matière organique des horizons supérieurs est d'environ 1,2 %.

En résumé, ces sols sont fertiles mais le coût élevé du drainage des eaux de surface de la plaine centrale d'inondation, réduit la possibilité de leur utilisation en riziculture. Le nivellement du microrelief à gilgai entraînerait de trop importants mouvements de terre et les propriétés expansives et de retrait de ces types de sols nécessiteraient de trop gros travaux de stabilisation et d'entretien pour les réseaux d'irrigation et drainage ainsi que pour les routes et pistes d'accès.

5.3 Sols des terrasses inférieures

5.3.1 Aspects généraux

Dans les sols des terrasses inférieures, les nappes sont en général suffisamment élevées pendant l'hivernage pour que la majeure partie des terres de cette unité soit inondée pendant et après les fortes pluies. Par conséquent, les sols de cette unité physiographique présentent des propriétés d'hydromorphie dès les horizons supérieurs (0-50 cm) et sont gleyifiés dans tout le sous-sol.

La texture des horizons supérieurs varie de l'argile à structure granulaire dans les zones basses adjacentes à la plaine d'inondation, aux limons sableux fins et compacts en position topographique plus élevée. La réaction du sol est moyennement acide (pH 5,3 - 6,2). La texture des sous-sols varie du limon argilo-sableux à l'argile et sont moyennement acide à neutre. Plus en profondeur, les textures sont identiques et ont des réactions variées d'acide (pH 5,2) à alcaline (pH 8,7). Les sols sont aussi très peu perméables dans la majeure partie de l'unité. Les couleurs prédominantes sont le gris et le brun grisâtre avec des tachetures variables, de couleur rouge, jaune et brune (marmorisation).

La texture des horizons supérieurs a permis de subdiviser cette unité en 2 sous-unités. Le critère de différenciation retenu a été une teneur d'argile supérieure ou inférieure à 25 % correspondant grosso-modo à une CEC de 10 meq/100 g de terre.

La superficie totale couverte par les terrasses inférieures étant de 9 200 hectares, 85 % des sols de cette unité se trouvent dans l'unité cartographique possédant une teneur d'argile supérieure à 25 % dans les horizons supérieurs (T1a) et les 15 % restant sont situés dans celle avec une teneur d'argile plus faible (T1s).

5.3.2 Unité cartographique T1a :

Sols gleyifiés avec horizons supérieurs limono-argileux ou argileux (7778 ha)

La texture de ces sols varie de limono-argileux à argileux dans tout le profil. On note un accroissement général de la teneur en argile en fonction de la profondeur, quelques sols présentant même un enrichissement en argile nettement marqué dans le centre du profil. Les teneurs moyennes en argile des horizons supérieurs, des sous-sols et des horizons plus profonds pour les sept profils de référence provenant de cette unité pédologique sont respectivement 35 %, 50 % et 44 %.

La densité apparente varie en fonction des horizons ; les valeurs enregistrées varient de 0,9 à 1,6 g/cm³ au niveau de l'horizon supérieur et de 1,1 à 1,7 g/cm³ dans le sous-sol. Ces valeurs de densité apparente très élevées font que les sols sont souvent extrêmement durs à l'état sec.

Dans les 100 premiers centimètres du sol, la réaction est acide (pH 5,2 - 6,3 avec une valeur moyenne d'environ 5,6). La présence d'aluminium échangeable dépassant l'ordre de 1 meq/100 g de terre à cette profondeur a été notée dans à peu près un tiers des sols qui ont fait l'objet d'analyses. La CEC dans l'horizon supérieur est modérément élevée (valeur moyenne 14 meq/100 g de terre). L'analyse de la diffraction aux rayons X d'un échantillon prélevé à une profondeur de 70 cm sur un profil proche du forage d'exploration au nord de Soutouré, a permis de déterminer que la fraction argileuse contenait 70 % de kaolinite et 30 % de chlorite et de montmorillonite.

La plupart des sols de cette unité cartographique se rattachent à la classe des Gleysols dystriques, leur taux de saturation en cations basiques étant inférieur à 50 % dans les horizons supérieurs, c'est-à-dire entre 20 et 50 cm à partir de la surface (profil KS 4610). A côté des Gleysols dystriques dominants, les inclusions suivantes ont été identifiées dans cette unité :

- les Gleysols eutriques ayant un taux de saturation en bases plus élevé
- les Acrisols gleyiques (profil S03) présentant aussi de faibles taux de saturation et un horizon d'enrichissement en argile illuvial au milieu du profil sous forme d'argilanes distincts sur les faces des éléments pédiques (horizon argilique)

Des concrétions ferrugineuses et pisolites ont été en outre notées dans les horizons supérieurs de plusieurs profils de cette unité, pouvant provoquer quelques problèmes lors des opérations de labour (profil NP 10).

Les sols de l'unité cartographique T1a sont, pour la plupart, aptes à la riziculture irriguée avec de bons rendements. Ces sols ne sont pas propices aux autres cultures céréalières du fait de leur faible drainage interne et des risques causés par la présence d'aluminium échangeable toxique dans quelques zones.

5.3.3 Unité cartographique T1s :

Sols gleyfiés à horizons supérieurs limoneux (1420 ha)

Les sols de cette unité cartographique diffèrent du groupe précédent par leurs textures plus grossières à toutes les profondeurs du profil. Ces textures varient des limons sableux fins aux limons dans les horizons supérieurs et des limons argilo-sableux aux limons argileux dans le sous-sol (30-200 cm). Les valeurs de la CEC sont inférieures à celles du groupe T1a (de l'ordre de 5 meq/100 g de terre au niveau des horizons supérieurs des deux profils NP 13 et NP 15 avec une teneur moyenne en argile de 18 %). Ces sols sont également propices à la riziculture irriguée, mais avec des rendements inférieurs que pour les sols de l'unité T1a.

5.4 Les sols des terrasses supérieures

5.4.1 Caractères généraux

Les textures des sols des terrasses supérieures sont constituées de limons dans les horizons supérieurs et de limons argileux dans le sous-sol et les horizons sous-jacents. La réaction du sous-sol est en général acide (pH 5,2 - 6,3) et la CEC est, en moyenne, d'environ 7 meq/100 g de terre.

Les sols des terrasses supérieures ont été subdivisés en deux groupes correspondant à un drainage interne modéré à pauvre (unité de cartographie de sol TSy) et à un drainage interne très pauvre (unité de cartographie de sol TSz). La conductivité hydraulique des horizons inférieurs est supérieure à 0,2 cm/h pour le premier groupe, et inférieure à 0,2 cm/h pour le second.

C'est au niveau des horizons inférieurs qu'apparaissent des différences entre les deux groupes quant à la perméabilité, le pH et le taux de saturation en cations basiques. Ces différences sont particulièrement marquées entre 100 - 200 cm. En effet, dans le groupe de sols à drainage interne modéré à pauvre, les horizons inférieurs sont très acides (pH 4,2 - 5,6). Leur taux de saturation en bases est faible. (SCBN de l'ordre de 17 à 54 %). Par contre les sols du groupe à drainage très pauvre sont plus alcalins (pH 6,5 - 8,5) et leur taux de saturation est plus élevé (SCBN variant entre 74 % et 100 %), ceci toujours pour les horizons inférieurs. Cette différence dans les valeurs du pH permet une différenciation simple et pratique pour la cartographie des zones où la détermination du drainage interne poserait quelques problèmes.

Les densités apparentes des horizons inférieurs de la classe TSz sont supérieures à celles de la classe TSy dont les valeurs moyennes sont respectivement de 1,7 g/cm³ et de 1,4 g/cm³. Les textures et les teneurs moyennes en argile sont à peu près les mêmes pour les deux groupes de sols. Les profils analysés des sols du groupe TSz ont des valeurs moyennes de capacité d'échange cationique dans les horizons inférieurs supérieures (12 meq/100 g de terre ou 36 meq/100 g d'argile) à celles des sols à drainage modéré de la classe TSy (8 meq/100 g de terre ou 27 meq/100 g d'argile), ceci s'expliquant par quelques différences dans la minéralogie des argiles.

Dans certaines parties des terrasses supérieures, particulièrement en zone à topographie ondulée, la répartition des sols entre les unités TSy et TSz est très complexe, les sols occupant parfois des surfaces de l'ordre d'un hectare ou moins. Une délimitation exacte de telles spécificités nécessiterait une prospection intensive à l'échelle du 1/5000. Par conséquent les zones cartographiées à une échelle de 1:25000 et attribuées à l'une des unités cartographiques contiennent parfois des inclusions appartenant à l'autre unité.

5.4.2 Unité cartographique TSz :

Sols des terrasses supérieures à drainage interne très pauvre (8323 ha)

Les sols de cette unité cartographique sont caractérisés par un drainage interne très pauvre associé à un drainage de surface également très lent s'expliquant par de faibles pentes et des voies de drainage naturelles peu développées. Dans les zones à topographie plus ondulée, au nord-ouest de Koulinto par exemple, ces sols se trouvent dans des dépressions locales. Cette unité cartographique est généralement inondée pendant les années à pluviométrie normale ou élevée.

Les sols de cette unité cartographique présentent pratiquement tous des caractéristiques de gleyification. La plupart d'entre eux sont tachetés dans les premiers 50 cm de profondeur. Les couleurs typiques des matrices sont le gris, le brun grisâtre et le brun. Le profil de référence NP 1 en est un exemple typique.

Les textures des horizons supérieurs varient de sablo-limoneuses à argilo-limoneuses (4 - 27 % d'argile) avec une teneur moyenne en argile de 14 %. Des horizons superficiels à texture plus grossière peuvent se rencontrer à proximité des pentes sableuses descendant des plateaux. Dans les horizons inférieurs, les textures existantes varient du limon sableux à l'argile. On trouve quelques pisolites de fer dans certains de ces sols, et plus rarement des nodules de carbonate de calcium situées dans les horizons plus profonds.

L'analyse de diffraction aux rayons X de la fraction argileuse d'un échantillon de sol à 120 cm de profondeur du profil VK 7 a indiqué que la kaolinite était le minéral argileux le plus important (environ 80 %), le reste étant principalement constitué de montmorillonite associée à des minéraux interstratifiés. La capacité d'échange cationique de la fraction argileuse est de 40 meq/100 g de terre.

Les sols de l'unité TSz ont, pour la plupart, un horizon argilique à structure polyédrique et font partie de la classe des luvisols. Certains

de ces sols ayant des taux de saturation inférieurs à 50 % dans l'horizon argilique font partie de la classe des Acrisols. Les sols de cette unité qui ne possèdent pas d'horizon argilique mais présentent des traces évidentes d'hydromorphie, sont des Gleysols.

Ces sols sont tous aptes à la riziculture mais ne peuvent supporter d'autres cultures céréalières nécessitant un sous-sol bien drainé. Environ la moitié des sols de cette unité se situant en position topographique basse et possédant des textures limoneuses ou argilo-limoneuses dans les 30 cm supérieurs seront plus rentables pour la riziculture que ceux à textures plus grossières.

5.4.3 Unité cartographique TSy :

Sols des terrasses supérieures à drainage interne modéré à lent (7688 ha)

Les sols de cette unité sont caractérisés par un drainage externe et interne plus rapide que ceux de l'unité précédente TSz et sont situés sous un couvert forestier généralement assez dense. Dans les zones à topographie ondulée, les sols de l'unité TSy se situent sur les parties les plus hautes. Ces sols sont aussi très répandus sur les terrasses bien drainées des abords des vallées périphériques proches des plateaux.

Les horizons superficiels sont, en général, de couleur brune. Les horizons inférieurs sont de couleur brun grisâtre ou grise avec des taches rouge ou rouge jaunâtre. Les profils KS 1125 et NP5 sont typiques pour cette unité. La structure de ces sols est en général massive devenant polyédrique dans le sous-sol. Les textures des horizons supérieurs sont sablo-limoneuses à argilo-sablo-limoneuses alors que celles des horizons plus profonds vont du limon aux argiles et celles du sous-sol, du limon aux limons argileux.

Ces sols sont acides dans tout le profil, (horizons supérieurs pH moyen 5,6 et sous-sol pH moyen 5,1), le faible taux de saturation en cations

basiques, toujours inférieurs à 50 %, surtout au niveau des horizons inférieurs, est la conséquence d'un lessivage très important. Des quantités d'aluminium échangeable supérieur à 1 meq/100 g de terre ont été relevées dans les 100 cm supérieurs des sols et même en surface et dans environ 70 % des sols analysés .

On a noté la présence d'un horizon argilique avec un taux de saturation en cations basiques peu élevé (SCBN en dessous de 50 %) dans la plupart des sols de cette unité, ce qui a entraîné leur classification dans la catégorie des Acrisols. Ceux ayant des caractéristiques hydromorphiques dans les 50 cm supérieurs de la surface sont des Acrisols gleyiques, les autres avec de nombreuses taches rouges et ou des nodules de fer, sont des Acrisols ferriques.

La plupart des sols de cette unité sont aptes à supporter une agriculture irriguées mais requièrent des quantités d'eau importantes pour la riziculture. Il est donc proposé que ces sols ne supportent une culture de riz que pendant l'hivernage et qu'en contre saison sèche on y cultive d'autres céréales moins exigeantes.

La présence d'aluminium échangeable en grande quantité en profondeur, restreint l'utilisation d'espèces à enracinement profond. Sur les terres en position topographique élevée, la riziculture n'y étant pas recommandée, les sols ne supportent que des céréales peu exigeantes en eau pendant les 2 saisons de culture.

5.5 Sols des pentes sableuses

Unité cartographique Q - sols lessivés, délavés, à texture grossière (5718 ha)

Les sols de cette unité sont caractérisés par une texture grossière jusqu'à une profondeur d'au moins 50 cm. La couleur typique de ce matériau grossier, en-dessous de l'horizon superficiel humifère tacheté, est le gris clair, le gris rosâtre ou le gris brunâtre clair.

Les sols d'environ la moitié de la superficie de cette unité sont profonds de plus de 100 cm, toujours à texture grossière (moins de 8 % d'argile dans les premiers 100 cm supérieurs). Le profil typique de cette unité est le NP 11. En amont, la texture devient plus fine lorsque les sols des pentes sableuses s'intègrent graduellement à ceux des plateaux. En aval, là où les sols s'intègrent à ceux des terrasses supérieures, la profondeur des couches superficielles à texture grossière décroît graduellement.

Les sols sont en général massifs. La structure devient particulière dès que la texture devient sableuse. Les taux d'infiltration et de perméabilité sont élevés. A quelques endroits, la présence d'une nappe temporaire en hivernage provoque de légères taches dans le sous-sol mais ceci très en profondeur.

Les horizons supérieurs sont modérément acides à neutres (pH 5,7 à 6,8) et ont une capacité d'échange cationique faible à modéré (2-5 meq/100 g de terre), liée très étroitement aux teneurs en matières organiques du sol (0,5 à 1,8 %). Le taux de saturation en cations basiques est élevé (SCBN 74-90 %). En-dessous des horizons supérieurs la réaction est fortement acide à neutre, la capacité d'échange cationique devient très faible (environ 1-3 meq/100 g de terre) et le taux de saturation varie entre 34 et 97 %. Les teneurs en aluminium échangeable enregistrées dans les horizons plus fortement acides restent faibles.

Ces sols sableux ainsi que ceux à texture limoneuse et sablo-limoneuse contenant plus de 65 % de sable et moins de 18 % d'argile, ont été classés comme Arénosols du fait de leur texture ; lessivés, délavés et à texture grossière, ils sont classés comme Arénosols albaques ; les autres de couleur plus sombre sont des Arénosols ferraliques.

Les sols à texture grossière ont une capacité de rétention en eau disponible relativement faible de l'ordre de 84 mm dans les 100 cm supérieurs du sol. Ces sols ne sont pas aptes à supporter une production régulière de cultures annuelles en fonction des techniques culturales proposées.

Le défrichement de la végétation forestière, ainsi que des travaux de mise en culture accentueraient les phénomènes de lessivage (CEC et matière organique ; ils seraient alors beaucoup plus sujets à l'érosion et de moins en moins fertiles.

5.6 Les sols des plateaux (18 316 ha)

5.6.1 Caractères généraux

Les sols des plateaux sont en général fortement altérés et lessivés. La texture des horizons supérieurs est composée d'un limon sableux fin alors que dans les horizons inférieurs, elle est argilo-limoneuse. Les couleurs varient du brun en surface au brun gris tacheté, rouge ou rouge brun en profondeur. La structure est soit massive dans tout le profil soit polyédrique subangulaire particulièrement dans les horizons inférieures.

Les horizons supérieurs sont légèrement acides (pH 6,1) et ont un taux de saturation modérément élevé (SCBN 53 - 97 %) ; par contre la capacité d'échange reste faible dans tout le profil (4 meq/100 g terre).

Les valeurs de l'infiltration sont modérées à rapides (3-15 cm/h après 2 heures).

La présence d'horizons indurés a souvent été notée dans les 100 premiers cm soit sous forme pétroplinthique soit sous forme de massif concrétionnaire limitant le développement racinaire s'ils sont disposés dans la partie supérieure du profil. La présence et la profondeur de tels horizons sont les facteurs limitatifs ayant le plus d'influence sur la valeur agronomique du sol, et ce sont ces contraintes qui ont présidé à la différenciation des diverses unités cartographiques :

- les sols ayant une profondeur physiologique supérieure à 100 cm ont été classés dans l'unité Pp (11 422 ha)

- les sols moyennement profonds ayant un horizon induré ou pétroplintique entre 40 et 100 cm ont été classés dans l'unité Pm (3166 ha)
- enfin les sols superficiels ayant une profondeur physiologique inférieure à 40 cm ont été classés dans l'unité P1 (2397 ha)
- les sites où les sols de l'unité Pp et ceux de l'unité Pm sont trop peu différenciables entre eux, ont été réunis dans une unité complexe Pp/m (1331 ha)

Taxonomiquement, les sols des plateaux peuvent être classés dans plusieurs unités. Les horizons inférieurs ont des capacités d'échanges supérieures à la limite admise pour des horizons oxiques (CEC moyen = 16 meq/100 g argile entre 30 et 100 cm). Quelques sols ont en outre suffisamment d'argile illuviale pour former un horizon argilique. Certains, parmi ces horizons argiliques, ont un taux de saturation (SCBN) inférieur à 50 %, d'autres supérieur. Il s'ensuit que ces sols peuvent être rattachés aux Ferralsols, ou aux Luvisols ou encore aux Acrisols, si bien que les sols des plateaux ont été classés comme intergrades.

5.6.2 Unité cartographique Pp

Sols profonds des plateaux (11 422 ha)

Les sols de cette unité sont caractérisés par un drainage interne suffisant dans la majeure partie du profil. Sur certains sites, les horizons inférieurs étant moins bien drainés, il peut se former une nappe temporaire. La conductivité hydraulique des horizons inférieurs est modérée à rapide (entre 1 et 7 cm/h); les horizons inférieurs sont acides à très acides (pH 6,1 à 4,8) avec des taux de saturation en base variant entre 19 et 90 %. Certains sols très acides ont des teneurs élevées en aluminium échangeable dans les premiers 100 cm (1,0 à 1,9 meq/100 g terre), teneurs toxiques pour certaines cultures céréalières.

Les profils types pour cette unité sont VK2, VTK4, VTK18 et NP2.

A l'exception de certaines inclusions où les horizons supérieurs ont une texture limono sableuse, tous les sols de cette unité sont généralement aptes à supporter un grand nombre de cultures sous irrigation malgré un niveau général de fertilité bas, une faible capacité de rétention et par endroit des teneurs élevées en aluminium dans le sous-sol.

5.6.3 Unité cartographique Pm

Sols des plateaux modérément profonds (3 166 ha)

Les horizons supérieurs des sols de cette unité sont identiques à ceux de l'unité précédente Pp mais la profondeur physiologique des sols est limitée entre 40 et 100 cm par un horizon induré ou concrétionné. Le profil type pour cette unité est le VTK9.

La perméabilité de l'horizon induré est variable. Lorsque cette perméabilité est modérée à élevée, ces sols sont aptes à supporter des cultures à faible enracinement mais la fertilité reste basse et les besoins en eau plus importants. La riziculture peut aussi être envisagée sur les sols à drainage interne très lent : des tests de perméabilité complémentaires devraient néanmoins être entrepris afin de déterminer la perméabilité de l'horizon induré.

5.6.4 Unité cartographique P1

Sols superficiels des plateaux (2 397 ha)

Ces sols sont caractérisés par la présence d'un horizon induré ou pétroplinthique dans les premiers 40 cm du profil. Dans cette unité les affleurements de cuirasse ferrugineuse sont fréquents. Ces terres ne sont en général pas cultivées et la végétation naturelle est celle d'une forêt à bambous (non représentée dans la zone prospection mais très fréquente sur le pourtour du bassin).

Les sols de cette unité sont inaptes à toute production agricole intensive.

5.7 Les sols des vallées périphériques

5.7.1 Caractéristiques générales

Les sols de cette unité se sont formés sur des dépôts alluviaux récents dans les vallées périphériques de la région cartographiée. Ils sont influencés par la présence d'une nappe saisonnière souvent affleurante en surface. Ils sont donc en général gleyifiés ou tout au moins ils présentent des caractéristiques de marmorisation dans les horizons inférieurs.

Les matériaux parentaux sont très variables dans le profil où ils se présentent en strates à textures très différenciées bien distinctes. Ils varient aussi sur de très courtes distances.

Ils ont néanmoins pu être différenciés en fonction de la texture de leur horizon supérieur :

- l'unité Df (468 ha) pour les sols à texture moyenne à fine
- l'unité Dc (823 ha) à horizon supérieur grossier
- l'unité Dc/f (1224 ha) à horizon supérieur indifférencié

5.7.2 Unité cartographique Df

Sols à gley avec horizons supérieurs à texture fine à moyenne (468 ha)

La plupart des sols de cette unité sont gleyifiés dans les premiers 50 cm et ont un drainage interne généralement lent. Le profil VK29 est représentatif pour cette unité, bien que sa fraction argileuse soit plus importante que pour la moyenne des sols. Les sols de cette unité ont les mêmes propriétés que ceux de l'unité TSz malgré des conditions différentes de drainage de surface.

Dans la classification FAO/UNESCO, ils appartiennent aux Gleysols eutriques, Luvisols gleyiques ou encore aux Fluvisols si les dépôts alluviaux sont très récents.

Ces sols sont tous aptes à la riziculture malgré leur isolement et leur superficie peu importante.

5.7.3 Unité cartographique Dc

Sols profonds avec horizons supérieurs à texture grossière (823 ha)

Au moins les premiers 30 cm de ces sols ont une texture grossière. La texture des horizons inférieurs est plus variable mais en général elle reste aussi grossière. Les caractéristiques générales de ces sols sont identiques à celles des sols de l'unité Q (pentes sableuses) avec lesquels ils ne se distinguent pas toujours (profil VK1 par exemple). Néanmoins le profil type de l'unité Dc est influencé pendant l'hivernage par la présence d'une nappe saisonnière fluctuante.

La fertilité des sols de cette unité reste basse. Ils ont aussi une capacité de rétention en eau et un potentiel de fertilité faible et de ce fait ne sont pas aptes à l'irrigation.

6. APTITUDE DES TERRES A LA CULTURE IRRIGUEE

6.1 Généralités

Ce chapitre étudie les caractéristiques générales et pédologiques des terres de la zone à aménager en fonction de leur aptitude à l'irrigation. Il s'intercale entre le chapitre 5, consacré à la description des sols et le chapitre 7 qui traite de la classification d'aptitudes des terres à l'irrigation.

Les caractéristiques les plus importantes des terres de la zone du projet sont : les caractéristiques pédologiques, la topographie et le drainage. Ces facteurs influencent le choix des cultures ainsi que des techniques de production ; et ce sont ces mêmes facteurs qui seront à leur tour influencés et modifiés, suite à l'aménagement des terres et la pratique de l'irrigation.

La riz est la plus importante culture envisagée sur les terres du projet tant sur le plan économique que sur celui de la politique nationale cherchant à assurer l'autosuffisance alimentaire du Sénégal. D'autres cultures céréalières, en particulier celles du maïs et du sorgho ont aussi été envisagées sur les terres moins ou peu aptes à supporter une riziculture intensive. Trois assolements ont donc été retenus en fonction de l'aptitude culturale des sols (voir rapport 6, Agronomie), à savoir :

riz	-	riz
riz	-	divers (cultures céréalières diversifiées)
divers	-	divers (cultures céréalières diversifiées)

Sous divers les cultures du maïs et du sorgho seront les plus importantes au début tandis que d'autres petites surfaces pourront produire légumes et fourrages.

6.2 Aptitude des terres

6.2.1 Généralités

L'aptitude des terres à l'irrigation se détermine en fonction des propriétés physiques et chimiques des sols de la zone du projet. Ce présent chapitre évalue ces propriétés et traite des changements probables qui surviendront suite à l'aménagement et à l'irrigation des terres.

Le tableau 4-5 résume les données relatives aux propriétés générales importantes des sols du bassin : la texture, le drainage interne, l'acidité, la capacité d'échange cationique (CEC) et l'aluminium échangeable. D'autres caractéristiques des sols sont également traitées dans cette section ; ce sont : la structure, la profondeur, l'infiltration, la capacité de rétention en eau, la matière organique, la quantité des éléments nutritifs et la salinité. Les valeurs correspondantes à ces caractéristiques sont données au tableau 4-3.

6.2.2 La texture

Les sols dont les horizons supérieurs sont de texture grossière constituent 57 % de la zone d'étude soit 30 450 hectares. Ils se situent sur les pentes sableuses, les plateaux, sur certaines parties des terrasses alluviales et des vallées périphériques (figure 4-1).

Les sols dont les horizons supérieurs sont par contre de texture fine occupent 5 200 hectares environ, soit 10 % de la zone d'étude, et se trouvent sur la totalité de la plaine centrale d'inondation et sur certaines parties des terrasses inférieures et des vallées périphériques.

Les sols dont les horizons supérieurs sont de texture balancée, couvrent quelques 14 750 ha, soit 27 % de la zone.

Les 6 % restants sont des sols superficiels ou non différenciés des plateaux et vallées périphériques. Leurs caractéristiques n'ont pas été déterminées vu la marginalité de ces sols et leur répartition n'a pas été mentionnée au tableau 4-5.

A peu près la moitié des sols des pentes sableuses et le tiers des sols des vallées périphériques ont des horizons inférieurs à texture grossière (3 700 ha). Les sols de la plaine centrale d'inondation, ceux de la majeure partie des terrasses inférieures et de certaines parties des terrasses supérieures, des vallées périphériques et des plateaux, soit 16 700 ha pour l'ensemble, ont des horizons inférieurs à texture fine. Le reste des sols, soit 30 000 ha se caractérise par des horizons inférieurs à texture balancée pour la plupart.

Des propriétés physiques et chimiques des sols telles que la CEC, la capacité de rétention en eau, l'aptitude au labour et la conductivité hydraulique servant à déterminer l'aptitude à l'irrigation des terres sont étroitement liées à la texture. La texture est de ce fait l'une des principales propriétés utilisées en cartographie des sols, d'autant plus qu'elle peut être facilement déterminée sur place. En utilisant les résultats des tests et analyses entrepris pour les profils de référence ces relations ont pu être étudiées et ont permis la classification définitive des terres.

Les sols à texture grossière sont les plus faciles à cultiver, mais, étant donné qu'ils sont relativement peu fertiles et qu'ils ont une faible capacité de rétention en eau, ils doivent être irrigués et fertilisés beaucoup plus souvent que les sols à texture plus fine, ou les rendements obtenus deviennent plus faibles, ou encore les cultures choisies devront être plus résistantes à la sécheresse tout en assurant moins de profits. Les sols argileux sont difficiles à cultiver sans avoir recours à des engins mécanisés; ils sont par contre modérément fertiles et leur capacité de rétention en eau est bonne. Les propriétés culturales et la fertilité des sols à texture balancée les placent dans une position intermédiaire par rapport aux deux autres types de sols; en outre, ces sols ont aussi généralement une bonne capacité de rétention en eau.

Les sols à texture fine sont généralement très aptes à la riziculture irriguée puisqu'ils sont relativement fertiles et qu'ils permettent une irrigation sans pertes excessives d'eau. En ce qui concerne les autres cultures céréalières, les caractéristiques les plus favorables sont habituellement associées aux sols à texture balancée.

6.2.3 La structure

Sur les terrasses inférieures, la structure des horizons supérieurs à texture fine est faiblement ou modérément développée. Elle est de type granulaire à subangulaire polyédrique. La densité apparente est de $1,2 \text{ g/cm}^3$ en moyenne. Dans les autres zones des terrasses inférieures et sur les terrasses supérieures, les horizons supérieurs sont généralement à texture balancée et à structure massive, c'est-à-dire que l'on ne distingue pas d'agrégation nette. Le profil est cohérent et ne comporte aucune ligne naturelle de faiblesse. La densité apparente de ces horizons est de $1,5 \text{ g/cm}^3$ en moyenne. Les horizons supérieurs à texture grossière des pentes sableuses et des plateaux sont également massifs dans la majorité des cas, avec une densité apparente de l'ordre de $1,5 \text{ g/cm}^3$.

Pour le riz irrigué, la préparation des terres se réalise soit dans l'eau par la mise en boue, soit en sec par le labour ou le pulvérisage provoquant l'émiettement de la structure du sol et des agrégats. La mise en boue, en provoquant la destruction des agrégats, l'élimination de la porosité non capillaire, un ralentissement des vitesses de percolation et la réduction du sol, fournit un environnement favorable à la riziculture. La mise en boue contribue également à la lutte contre les mauvaises herbes. Les sols à texture fine, en particulier ceux qui sont collants et plastiques à l'état humide, nécessitent pour les travaux de labour en sec des puissances de traction élevées, mais par contre, se prêtent bien à la mise en boue. Pour des sols possédant des

horizons inférieurs très peu perméables, un travail des terres en sec reste suffisant pour l'obtention de bons rendements ; en revanche la mise en boue s'avèrera nécessaire pour les sols plus perméables de texture balancée tels que ceux de l'unité cartographique Tsy du fait de la destruction efficace de la structure contribuant à ralentir les pertes par percolation et le lessivage des substances nutritives, (en particulier le lessivage de l'azote NH_4^+).

L'introduction de techniques culturales modernes permettra d'obtenir des rendements satisfaisants pour les cultures pratiquées sur les terres des plateaux. Toutefois, un travail du sol plus en profondeur pourrait améliorer le développement des racines et maximiser les rendements de la plupart de ces cultures. Des expériences, entreprises au Sénégal pour un certain nombre de cultures des plateaux, y compris le maïs (Charreau et Nicou, 1971) semblent pouvoir confirmer ce point de vue.

L'érosion, ne constituant pas un problème dans les zones aptes à la riziculture irriguée, représente un danger potentiel dans les zones qui doivent être aménagées en vue de l'exploitation des autres cultures céréalières. Pour lutter contre ce danger, il est nécessaire d'adapter le système d'irrigation et drainage à la configuration topographique des terrains.

6.2.4 La profondeur physiologique

Sous le terme profondeur, nous entendons la profondeur effective de certains horizons dans le sol après aménagement des terres (nivellement, planage, confection des diguettes, etc...). En outre, la notion de profondeur physiologique permet de définir les limites possibles de la colonisation radiculaire dans les différents types de sol.

Les seuls sols de faible profondeur que l'on rencontre dans la zone d'étude se trouvent sur les plateaux. La profondeur physiologique dans les unités cartographiques P1 et Pm est limitée par la présence de graviers, de concrétions ferrugineuses ou d'épaisses couches de cuirasse. L'horizon supérieur des sols P1 en contient dans les premiers

40 cm, et par endroit la cuirasse affleure. Ces terres ne sont pas aptes à l'irrigation. Dans les sols Pm, la profondeur physiologique est limitée par la présence de concrétions qui se manifestent entre 40 et 100 cm. Seules les cultures à enracinement superficiel peuvent prospérer sur ces sols.

La profondeur d'horizons relativement imperméables est un facteur important pour la détermination de l'aptitude culturale des terres et la distinction entre la riziculture et les autres cultures céréalières. Aux endroits où la nappe phréatique n'affleure pas, la présence de tels horizons diminuant les pertes par percolation et lessivage permet une irrigation par bassin que nécessite la riziculture. Ces horizons se rencontrent principalement dans les sols de la plaine centrale d'inondation, dans la plupart des sols des terrasses inférieures, dans les sols TSz des terrasses supérieures et dans certains sols des vallées périphériques.

Ils présentent en général une texture fine ou moyenne, à structure massive et compacte où la conductivité hydraulique reste très basse. Il peut s'agir d'horizons argilique, formé à partir d'argile illuviale déposée sous forme de revêtements argileux enrobant les unités structurales.

La présence de ces horizons dans les 2 premiers mètres du profil a permis de classer ces terres comme aptes à supporter une riziculture irriguée. Dans le cas contraire l'horizon imperméable se trouvant à plus de 2 mètres de profondeur, les terres ont été classées comme aptes aux cultures céréalières diversifiées.

6.2.5 L'infiltration et la capacité de rétention en eau

Les taux d'infiltration représentatifs pour les principaux sols figurent au tableau 4-3. Ces taux sont évidemment plus élevés pour les sols à texture grossière que pour les sols à texture moyenne ou fine. Mais les sols à texture fine dont la structure est bien développée, ont aussi des taux d'infiltration modérément élevés. A l'état naturel, la surface de nombreux sols est recouverte

d'une fine pellicule réduisant l'infiltration, conséquence de l'impact des gouttes de pluie et de la faiblesse de la stabilité structurale. Sur les terrasses alluviales, les sols, à force d'être piétinés par le bétail, voient leur structure se détériorer, ce qui contribue à réduire les taux d'infiltration jusqu'à un niveau relativement bas. Pour de tels sols, les travaux de préparation des terres devraient probablement tendre à augmenter les taux d'infiltration. Certains des sols très sablonneux des plateaux et des pentes sableuses ont des taux d'infiltration élevés ; de ce fait ils sont difficilement irrigables. Sur toutes les terres sélectionnées pour la riziculture irriguée, il est possible de détruire la structure du sol afin de réduire les taux d'infiltration par le processus de mise en boue.

La quantité d'eau emmagasinée dans le sol et disponible pour les végétaux constitue sa capacité de rétention en eau. Cette propriété est déterminante pour définir l'irrigabilité des terres. Les terres des plateaux ayant une faible capacité de rétention en eau ont besoin d'irrigations plus fréquentes souvent peu rentables dans les cas extrêmes.

La capacité de rétention en eau d'un sol se calcule par la différence des teneurs en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent. Les valeurs moyennes de la capacité de rétention en eau déterminées sur la base d'analyse en laboratoire figurent au tableau 4-3. En utilisant les résultats obtenus lors des test "in situ" les valeurs relatives à la capacité de rétention sont généralement 10 à 50 % supérieures à celles enregistrées en laboratoire.

En ce qui concerne les cultures des plateaux, la capacité de rétention en eau des sols devrait dépasser 25 mm dans l'horizon supérieur et 70 mm dans les premiers 100 cm. Ces valeurs de capacité de rétention en eau sont suffisantes pour les cultures céréalières diversifiées sur

l'ensemble des sols de la zone d'étude, exception faite de quelques sols très sablonneux de la zone des plateaux et des pentes sableuses.

6.2.6 La fertilité

La capacité d'échange cationique (CEC), mesurant l'aptitude des sols à retenir les ions positifs comprenant les éléments minéraux tels que le potassium (K^+) et le calcium (Ca^{2+}), est variable en fonction des différents sols : très faible pour les sols à texture grossière, elle devient élevée dans le cas des sols argileux à montmorillonite de la plaine centrale d'inondation. Plus de 57 % des horizons supérieurs des sols de la zone d'étude ont une capacité d'échange cationique (CEC) suffisamment faible (6 meq/100 g de terre) pour que l'on considère cette propriété comme limitative pour l'aménagement de ces sols.

L'obtention d'un rendement agricole convenable et durable est donc conditionné par l'utilisation fréquente d'engrais sous forme fractionnée, ce qui est moins le cas dans les sols ayant une CEC supérieure. 13 % des sols de la zone d'étude ont des horizons supérieurs dont la CEC est modérément faible (de 6 à 10 meq/100 g de sol), valeur ne devant pas apparaître comme limitative. Par contre la CEC n'est pas un facteur limitatif dans le cas des sols à texture fine des terrasses inférieures, T1a, ou des sols de la plaine centrale d'inondation pour lesquels elle est supérieure à 10 meq/100 g.

La quantité de matières organiques dans le sol est très faible : en moyenne 1,3 % dans les horizons supérieurs. Elle varie peu d'un type de sol à l'autre (tableau 4-3).

La matière organique du sol contribue à sa fertilité au même titre que la CEC. Sa présence se révèle particulièrement importante dans les sols à texture grossière qui, à cause de leur faible teneur en argile, ont une faible CEC. Il est vraisemblable que dans les conditions écologiques du Bassin de l'Anambé les teneurs en matière organique varient en fonction du degré de couverture du sol devenant pratiquement nulles en terrains cultivés. Du fait du rôle qu'elle joue dans le maintien de la fertilité des sols, la CEC déclinera aussi et ce, particulièrement dans les sols à texture grossière.

Les teneurs en azote sont très faibles, de l'ordre de 0,04 à 0,13 % dans les horizons supérieurs selon les estimations faites lors d'études précédentes. Ces teneurs sont trop faibles pour répondre aux exigences des cultures autres que les légumineuses en période de croissance et aux microorganismes. Il faudra donc utiliser des engrais à base d'azote pour compenser ce déficit. Les plantes qui seront cultivées en rotation ou en culture dérobée avec des légumineuses, nécessiteront moins d'engrais azotés.

Pour le phosphore assimilable extrait selon la méthode Bray, les valeurs moyennes dans les horizons supérieurs des principaux types de sols sont de l'ordre de 3 à 15 parties par million (ppm), les valeurs les plus élevées étant associées aux sols à texture plus fine. Néanmoins, l'interprétation de ces résultats reste aléatoire tant que la consommation en phosphore par les cultures ne sera pas déterminée avec précision par la mise en place de tests de fertilisation. Actuellement ne disposant pas de résultats statistiquement interprétables en ce qui concerne les sols de la zone d'étude, il est probable que le riz irrigué et les autres cultures diversifiées réagissent aux engrais phosphatés. En attendant la mise en place de ces tests de fertilisation, les applications d'engrais phosphatés devraient juste couvrir les exportations. Ce réapprovisionnement nécessite une plus grande quantité d'engrais phosphatés que la quantité de phosphore exportée par les cultures en fonction du taux d'efficacité des engrais phosphatés généralement faible.

Le potassium assimilable représente le potassium que la plante peut absorber immédiatement. Lorsque le potassium échangeable contenu dans les horizons supérieurs représente 2 % ou plus des cations retenus dans le complexe absorbant, le potassium disponible dans le sol est jugé adéquat pour subvenir aux besoins immédiats des cultures. Parmi les principaux sols de la zone d'étude, seuls ceux des terrasses inférieures ont des valeurs moyennes de potassium échangeable inférieures à 2 % de la CEC. Ces sols seront cependant utilisés pour le riz irrigué, culture qui ne rentabilise que très rarement les applications

de fumures potassiques. Dans le cas des cultures diversifiées sur les terres des plateaux, le potassium assimilable suffit aux besoins actuels mais pour obtenir des rendements optimums sur de longues périodes, le réapprovisionnement du sol en potassium peut s'avérer économiquement nécessaire surtout si l'on cultive des plantes qui en requièrent beaucoup.

Après quelques années de cultures intensives, il pourrait apparaître quelques carences en oligo-éléments, tel que en bore, zinc et en soufre.

6.2.7 Acidité du sol

La réaction des horizons supérieurs des sols de la majeure partie du bassin est légèrement à modérément acide (pH 6,8 à 5,6) et ce n'est que dans certaines parties de la plaine centrale d'inondation et des terrasses alluviales (10 % de la zone) que les horizons supérieurs sont très acides (pH 5,2 à 5,5). Dans le sous-sol, une plus grande proportion des sols (40 %) a une réaction plus acide que pH 5,5 et dans le sous-sol de certaines parties des terres des plateaux et des terrasses supérieures, au total 3 800 ha, des pH de l'ordre de 4,6 à 5 ont été enregistrés.

En riziculture irriguée, soumise à des inondations périodiques, l'acidité des horizons supérieurs est censée décroître. C'est pour cette raison, associée au fait qu'aucun sol extrêmement acide n'a été rencontré et que de toute façon l'acidité d'un sol ne constitue pas un danger majeur pour la riziculture, qu'au chapitre de la classification des terres, la réaction du sol ne figure pas dans les critères de classification des aptitudes culturales des sols retenus.

Les valeurs enregistrées du pH pour les terres des plateaux ne devraient pas non plus empêcher d'atteindre les rendements prévus. Toutefois, quelques unes de ces terres contiennent au niveau du sous-sol des quantités appréciables d'aluminium échangeable (plus de 1 meq/100 g de terre). Ces valeurs n'affecteraient pas la croissance du riz

mais s'avèreraient toxiques pour de nombreuses autres cultures et pourraient amoindrir leur rendement en particulier si elles possèdent un système racinaire profond. L'établissement de cultures à enracinement profond est donc à éviter dans de telles zones.

6.2.8 La salinité

La salinité n'affecte aucune zone du bassin et les très petites valeurs enregistrées pour la conductivité électrique des extraits sol-eau indiquent que le contenu en sels solubles de tous les sols est très faible.

Des analyses d'échantillons d'eau souterraine en provenance de la nappe phréatique provenant de puits localisés sur le pourtour du bassin ont montré une faible teneur en sel (voir rapport 11).

L'eau de la Kayanga, qui constituera la source principale d'alimentation pour le projet d'irrigation, est très pure (voir rapport 11) et aucune trace de salinité n'a pu être enregistrée. L'utilisation même soutenue de l'eau de la Kayanga pendant de longues périodes ne devrait poser aucun problème en ce qui concerne la salinité.

6.3 La topographie

6.3.1 Généralités

Les facteurs topographiques influencent l'aptitude des terres à l'irrigation, en fonction des coûts relatifs à l'aménagement des terres qu'ils impliquent.

Les caractéristiques topographiques couramment observées et évaluées au cours des travaux sur le terrain sont : le degré de pente, la complexité de sa forme, le microrelief, la fréquence des grandes termitières, le degré de couverture végétale et l'utilisation actuelle du sol. Ces caractéristiques sont étroitement liées aux unités physiographiques, décrites au chapitre 4.

6.3.2 La pente, le microrelief et le planage des terres

Les terres du bassin de l'Anambé descendent des plateaux vers la plaine centrale d'inondation en un schéma concentrique assez régulier interrompu au sud par le canal exutoire de l'Anambé. Par endroit, des terres plus hautes s'élèvent au-dessus du niveau des terrasses alluviales.

Les plateaux ont des pentes douces, convexes pour la plupart, et généralement de l'ordre de 1 % au moins. Les pentes sableuses descendant vers les terrasses supérieures ont des pentes généralement concaves et abruptes par endroit, atteignant 2 à 4 %.

Les zones présentant le meilleur potentiel d'irrigation, à savoir les terrasses supérieures et les terrasses inférieures, descendent en pentes très douces vers la plaine centrale d'inondation avec un gradient moyen de l'ordre de 0,1 %. Quelques ondulations apparaissent ici et là dans la majeure partie de cette zone mais elles sont plus importantes sur les terrasses supérieures où elles peuvent atteindre un mètre d'amplitude.

En fonction des méthodes d'irrigation proposées (cf rapport 11, Irrigation et Drainage) l'irrigation par bassin des rizières requière la confection de terrasses successives, tandis que pour les autres cultures céréalières irriguées à la raie, seul le planage des terres en fonction de la conformation des terrains sera nécessaire. La confection de terrasses en gradins ne pose aucun problème sur les pentes les plus douces des sols à texture fine, et ce sont dans ces régions que les fermes mécanisées ont été localisées ainsi que la majeure partie des exploitations paysannes strictement rizicoles. Dans les zones où la riziculture est associée aux autres cultures céréalières du fait de contraintes pédologiques ou de sites divers, les terrasses en gradins devront être réalisées par les petits exploitants eux-mêmes après un nivellement sommaire des terrains. Les casiers seront situés et dimensionnés de sorte que la submersion du riz puisse être la plus régulière possible.

Les opérations de planage sont nécessaires sur la moitié des terres du projet en particulier dans les zones où la microtopographie est trop accidentée. Sur l'autre moitié les opérations de planage pourront se résumer au nivellement ou à l'égalisation des terres ou encore à la création de pente appropriée à la répartition de l'eau dans les casiers. Parmi les terres qui nécessiteront un nivellement important, environ 25 % requerront des mouvements de terre de l'ordre de 200 à 250 m³ par hectare, le reste peut-être deux fois plus. Il convient de noter que si le nivellement requis est inférieur à 200 - 250 m³ de mouvement par hectare, il pourra être effectué par les petits exploitants eux-mêmes lors des travaux de préparation des terres et des opérations d'irrigation ; ces derniers se serviront d'outils manuels et en culture attelée, de traineaux en V et de planches lestées.

Afin de fournir les données de base nécessaires à l'évaluation des coûts de développement, certaines des zones accusant un microrelief très prononcé, ont été prospectées en détail et le décompte des termitières a été enregistré (cf annexe 5).

6.3.3 La végétation et le défrichement

Actuellement la majeure partie des terres des plateaux a été défrichée et mise en culture et la presque totalité des terres les plus aptes à l'irrigation est recouverte d'une végétation naturelle de densité variable où forêt claire, forêt de savane, savane boisée et savane herbeuse se côtoient. La densité de la végétation a fait l'objet d'une étude particulière qui a permis d'établir une carte des formations végétales en fonction de leur densité de couvert (cf rapport 7, partie 7C Forêts).

Parmi les facteurs considérés dans l'évaluation des coûts de développement des terres figurent les coûts du défrichement relatifs aux différentes densités de végétation enregistrées ainsi que l'impact de ces opérations sur la productivité des terres.

6.4 Le drainage

Le drainage est un facteur important pour la détermination de l'aptitude des terres à l'irrigation et le choix des assolements.

Le contrôle des pertes par percolation et de la formation d'une lame d'eau est indispensable pour l'obtention de bons rendements en riziculture à des coûts de production modérés. Ainsi les sols à drainage interne très lent sont plus indiqués pour une riziculture irriguée. Ont été retenus comme sols à drainage interne très lent ceux dont la perméabilité est inférieure à 0,2 cm/h dans certains horizons situés dans les 2 premiers mètres de profondeur où dans lesquels la nappe phréatique est près de la surface. Les sols qui répondent à ces critères se rencontrent dans la plaine centrale d'inondation, dans les terrasses inférieures, dans la moitié environ des terrasses supérieures et dans certaines parties des vallées périphériques.

Les sols à drainage modéré à rapide sont aptes à supporter des cultures céréalières diverses ; en revanche, pour ces cultures il faudra s'attendre à des rendements faibles sur des sols à drainage interne très lent. Pour qu'une terre soit apte à supporter une culture céréalière diverse, l'horizon imperméable doit se situer à plus de 2 m de profondeur. Les sols des pentes sableuses et de certaines parties des plateaux ont un drainage interne rapide avec une perméabilité supérieure à 2,5 cm/h . Ce type de sols pourrait supporter une culture irriguée de riz, si les horizons supérieurs ont été suffisamment malaxés pour réduire les pertes par percolation que l'on pourrait enregistrer dans ces sols, ou si la nappe phréatique pouvait être maintenue à proximité de la surface. Alternativement, ces sols peuvent aussi supporter des cultures céréalières diverses. Pour les zones à drainage interne modéré à lent, la riziculture irriguée pendant l'hivernage et la culture de céréales diverses pendant la contre-saison sèche, ont été proposées et recommandées.

Dans la majeure partie des terrasses alluviales, le drainage de surface est actuellement inadéquat. Au cours de la seconde moitié de l'hivernage les dépressions naturelles sont remplies d'eau et la capacité des réseaux naturels de drainage est largement dépassée. Il s'ensuit une inondation dont l'intensité dépend de la pluviométrie et, pour les terres en dessous de 24,0 m, des crues de la Kayanga.

Une fois les travaux d'aménagement achevés, cette inondation qui se produit actuellement sera contrôlée au moyen de canaux de drainage et par un ouvrage protecteur contre les crues de la Kayanga. L'intensité de ces crues sera moindre une fois le barrage de Niandouba réalisé.

Une fois l'aménagement du bassin réalisé, la nappe phréatique demeurera près de la surface pendant la contre-saison sèche, contribuant à réduire les besoins en eau des cultures. Il est important de faire en sorte que les zones choisies pour les cultures céréalières diversifiées de contre-saison bénéficient d'un drainage souterrain adéquat.

7. CLASSIFICATION DES TERRES EN VUE DE L'IRRIGATION

7.1 Le système de classification

Le but de la classification des terres est de déterminer à la fois la superficie totale des terres irrigables dans le bassin de l'Anambé, leur emplacement et leur degré d'aptitude à supporter une riziculture irriguée et à la production d'autres cultures céréalières diversifiées. La notion d'aptitude se réfère à une probabilité raisonnable d'une production rentable et soutenue sous irrigation. Les méthodes utilisées sont identiques à celles définies par le United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R. 1953). Les classes d'aptitude constituent une mesure approximative de la capacité de remboursement des coûts de développement du projet, déterminée en fonction de la capacité de production ainsi que des coûts de production et de développement.

7.2 Principaux facteurs considérés

Les principaux facteurs considérés dans l'évaluation des terres en fonction de leur aptitude à l'irrigation ont été les caractéristiques pédologiques des sols, le drainage et la topographie influençant la capacité de production et/ou les coûts de production.

Des déficiences ou contraintes relatives à un quelconque de ces facteurs peuvent être, soit remédiables - par quelques aménagements ou coûts de production supplémentaires - soit irrémédiables. Dans ce dernier cas, le choix des cultures est limité et les revenus nets sont généralement inférieurs. De sévères déficiences ou contraintes irrémédiables peuvent exclure certaines terres qui ne sont dès lors plus irrigables. Quelques exemples de déficiences remédiables et irrémédiables sont donnés ci-après :

Déficiences remédiables et irrémédiables des terres :

Déficience	Déficience remédiable	Déficience irrémédiable
Sol (s)	Réserves faibles en éléments nutritifs	Texture grossière
Topographie (t)	Termitières assez nombreuses, microtopographie légèrement accidentée	Irrégularités marquées dans la topographie
Drainage (d)	Besoins modérés en drainage additionnel	Terres en position topographique basse, sujettes à des inondations régulières

Les caractéristiques pédologiques considérées sont : la profondeur physiologique, la texture, la perméabilité à l'air et à l'eau, la capacité de rétention en eau, la capacité d'échange cationique, le pH et les taux d'aluminium échangeable.

La capacité de drainage des terres a été évaluée en observant les possibilités de drainage des eaux de surface, les caractéristiques de la nappe phréatique, la profondeur des horizons imperméables, la conductivité hydraulique des horizons inférieurs et les risques d'inondation. Dans l'évaluation des conditions naturelles de drainage, le degré de marmorisation et de gleyification a été un des critères retenus.

Les facteurs relatifs à la topographie qui ont été retenus sont les pentes, les irrégularités du relief telles que les ondulations et l'intensité des voies de drainage naturel, le microrelief constitué par des éléments tels que les termitières, les dépressions et les gilgai et enfin la végétation.

Tous ces facteurs ont été évalués sur la façon dont ils affecteraient les coûts d'aménagement et la productivité des terres une fois aménagées.

Les coûts de nivellement des terres, de planage et du défrichement indiqués à l'annexe 5 ont été utilisés dans l'évaluation des terres à aménager.

Les opérations de défrichement sont nécessaires sur la presque totalité des terres potentiellement irrigables incluses dans le projet. Le degré de remaniement du sol dû aux opérations de défrichement peut influencer la productivité des terres. Les coûts de défrichement, en revanche, ont été considérés comme faisant partie des coûts d'aménagement et n'influencent donc en rien la classe des terres.

5 classes d'aptitude des terres à l'irrigation ont été définies. Elles se répartissent en quatre classes de terres irrigables et une, non-irrigable. Les quatre classes irrigables se divisent en deux classes aptes à la riziculture et deux classes aptes à la polyculture (cultures céréalières diversifiées). Une subdivision plus poussée en un plus grand nombre de classes serait erronée si l'on considère la relative rareté de données agronomiques et l'absence de toute agriculture irriguée développée sur laquelle on pourrait fonder des prévisions économiques valables pour la région du bassin de l'Anambé.

Une fois connus les résultats des analyses faites en laboratoire et des études agro-économiques (analyses des budgets agricoles), les terres à polyculture de la classe 1 présentaient des revenus nets inférieurs de 40 % environ à ceux obtenus sur les terres rizicultivables. En conséquence les terres de la classe 1 ont été déclassées dans la classe 2 et plus aucune terre à polyculture ne fut classée et cartographiée en classe 1.

Les terres à meilleure aptitude à la riziculture irriguée doivent être à même - après une préparation appropriée des terres (mise en boue par exemple) - de maintenir une lame d'eau dans les casiers sans entraîner

des pertes excessives par percolation. Les terres à polyculture doivent être facilement drainables et la nappe phréatique doit pouvoir être maintenue en dessous de la profondeur radicaire normale.

Cependant, cette classification n'est pas totalement exclusive, et dans certaines zones et en fonction du choix des techniques culturales, on pourrait cultiver du riz sur certaines terres à polyculture ou d'autres cultures céréalières de plateau sur les terres rizicultivables. C'est le cas notamment de quelques sols à texture moyenne qui seraient aptes à la riziculture pendant l'hivernage mais qui auraient des besoins en eau excessifs pendant la contre-saison sèche, pour un riz irrigué. Etant donné l'importance accordée au riz, ces sols entrent dans la catégorie 2 R, mais l'assolement riz - cultures diversifiées a été proposé.

Les revenus des terres de la classe 2 sont de la même valeur que ceux de la classe 2 R, et ce tous frais directs ou indirects pris en considération, y compris des besoins en eau plus élevés pour une riziculture irriguée.

7.3 Les classes des terres

Les 4 classes de terres irrigables retenues dans la classification sont les suivantes :

Classe 1 R : Riziculture de submersion : 4 650 ha

Terres très aptes à supporter une riziculture irriguée à haut rendement et à des coûts de production raisonnables : le maintien du plan d'eau dans les casiers d'irrigation est assuré par des caractéristiques texturales et de drainage interne des terres favorables. Les coûts de développement sont modérés.

Classe 2 R : Riziculture de submersion : 20 760 ha

Terres aptes à supporter une riziculture irriguée mais à plus faible capacité de production que les terres de la classe 1 R et/ou à des coûts de production plus élevés. Les coûts de développement sont en général plus élevés. Un revenu net modéré reste néanmoins assuré.

Classe 1 : Non représentée

Classe 2 : Polyculture : 16 210 ha

Terres aptes à supporter un grand nombre de cultures autres que la riziculture. Les coûts de développement sont en général plus élevés que ceux de la classe 1. Dans certaines zones à drainage interne restreint, une riziculture d'hivernage reste possible.

Classe 6 : Non irrigable : 12 050 ha

Terres inaptes à supporter toute forme d'irrigation due à des contraintes pédologiques, topographiques, ou encore de drainage trop limitatives, excluant l'utilisation de ces terres pour des raisons économiques. Ces terres ne satisfont pas aux critères minimum requis pour définir les possibilités d'irrigation.

De nombreuses terres situées en dehors du projet ne sont de ce fait pas irrigables. Comme leur classement ne tient pas compte du manque de disponibilité en eau ni des coûts de distribution de cette eau, il correspond à celui de terres irrigables à un coût raisonnable.

Les spécifications techniques nécessaires au choix des classes des terres sont indiquées au tableau 4-6.

Les terres qui n'ont pas été classées dans les unités 1 R ou 1 comportent des déficiences définissant des sous-classes d'aptitudes qui sont indiquées par s (déficiency pédologique), t (déficiency dans la topographie) et d (déficiency dans le drainage). Lorsqu'il y a interaction de deux déficiences ou plus, la terre concernée n'est pas classée à priori dans une catégorie inférieure à condition que les conséquences économiques résultant de ces déficiences ne dépassent pas les limites autorisées par la classe. Ainsi, on estime par exemple que les terres de la classe 2 Rs ont le même revenu net potentiel que celui des terres de la classe 2 Rstd.

Le système définissant l'aptitude des terres à l'irrigation permet aussi d'ajouter des informations supplémentaires dans les symboles cartographiques, comprenant l'utilisation du sol et la végétation, la productivité excomptée de la zone, les coûts relatifs d'aménagement, les besoins en eau et la capacité de drainage des terres. Ces informations accompagnées de leurs symboles cartographiques sont les suivantes :

Symboles de classification des terres

Utilisation du sol et végétation

- Mof - forêt ouverte mixte
- C - terre haute cultivée
- V - ville ou grand village

Productivité potentielle

- 1 - productivité potentielle élevée
- 2 - productivité potentielle modérée

Coût d'aménagement des terres

- 1 - aménagement des terres à bas prix
- 2 - aménagement des terres à prix modérés

Besoins en eau d'irrigation

- A - faibles besoins en eau
- B - besoins en eau modérés

Drainabilité des terres

- X - bon drainage naturel souterrain (2,5 cm/h)
- Y - drainage naturel souterrain restreint (entre 0,2 et 2,5 cm/h)
- Z - drainage naturel souterrain faible (0,2 cm/h)

Autres symboles d'information

- 1 - profondeur du sol limité par un horizon induré ou
petroferrique
- U2 - Ondulations dans les pentes, nécessitant un nivellement
- f - Risque d'inondation

Un symbole typique dans la classification des terres pour une unité apte à la riziculture irriguée, figure sous la forme suivante :

$$\frac{2 \text{ Rst } U2}{\text{Mof } 22 \text{ AZ}}$$

Le numérateur indique la classe et la sous classe de terre et les déficiences qui leurs sont associées ; U2 définit une déficience en topographie due à des ondulations. Le dénominateur fournit des informations sur la végétation à prédominance forestière, une productivité escomptée modérée, des frais d'aménagement modérés, des besoins peu importants en eau d'irrigation et une faible capacité de drainage.

Un symbole typique dans la classification des terres pour une unité apte à la polyculture est le suivant :

$$\frac{2 \text{ s}}{\text{C } 21 \text{ BX}}$$

Un symbole typique dans la classification des terres pour une unité apte à supporter une riziculture d'hivernage et une culture céréalière en contre-saison sèche est défini ci-après :

$$\frac{2 \text{ Rs}}{\text{Mof } 22 \text{ By}}$$

7.4 Résultats de la classification des aptitudes à l'irrigation

7.4.1 Terres aptes à l'irrigation

La répartition des classes de terres et des sous-classes dans la zone d'aménagement du projet est indiquée sur les cartes 4- 5A, B, C, leurs superficies sont résumées dans le tableau ci-dessous. Ce tableau comprend 320 hectares de terres situés immédiatement au sud de Vélingara, cartographiés et qui n'apparaissent pas sur la carte 4-5 A.

Superficies des classes et sous-classes de terres

Sous-classe	Terres aptes à l'irrigation			Terres inaptées à l'irrigation Classe 6
	Riziculture irriguée		Polyculture Classe 2	
	Classe 1 R	Classe 2 R		
-	4 650			
s		6 980	5 270	790
t		1 890		
d		1 930		
st		2 150	10 940	4 890
sd		1 030		40
td		2 520		
std		4 260		6 070
V				260
Total	4 650	20 760	16 210	12 050

La superficie totale de terres aptes à supporter une riziculture irriguée est de 25 410 hectares et celle qui est propice à la polyculture est de 16 210 hectares, ce qui donne un total de 41 620 hectares de terres irrigables.

Les terres aptes à supporter une production rizicole se trouvent principalement sur les terrasses inférieures et supérieures. D'autres se situent aussi dans les plus larges vallées périphériques et sur quelques parties des plateaux où il existe un horizon de cuirasse ferrugineuse indurée relativement imperméable dans le sous-sol. Les terres aptes à la polyculture se trouvent surtout sur les plateaux et dans quelques parties des terrasses supérieures.

A l'intérieur des surfaces aptes à supporter une riziculture irriguée, 18 % des terres ont été classées dans la classe 1 R ne comportant pas de limitations importantes.

Les principaux facteurs limitatifs qui concourent aux déficiences des sols des rizières sont :

- une faible fertilité, en relation avec des horizons supérieurs à texture grossière
- une perméabilité du sous-sol relativement élevée entraînant des besoins en eau d'irrigation modérément élevés

Les autres facteurs limitatifs ayant provoqué le déclassement en classe 2R de certains terrains rizicultivables sont :

- les ondulations des pentes
- les caractéristiques du microrelief et en particulier la densité en termitières
- le drainage imparfait dû au manque de voies naturelles

Toutes les surfaces classées aptes à supporter la polyculture sous irrigation ont quelques déficiences liées au sol (texture grossière du sous-sol), à la topographie, particulièrement aux ondulations dans les pentes et aux grandes et fréquentes termitières.

Le tableau 4-7 donne les caractéristiques générales des classes et sous-classes d'aptitude à l'irrigation des terres avec leurs assolements recommandés.

7.4.2 Surfaces des terres irrigables

Toutes les terres figurant au tableau 4-7 pourraient être irriguées, d'un point de vue économique, si leur approvisionnement en eau pouvait être obtenu à des coûts raisonnables.

Le coût d'approvisionnement en eau augmente en fonction de l'altitude des terres, de leur distance par rapport aux réseaux de distribution et de la superficie de la zone irriguée.

Divers layout et variantes de pompage ont été étudiés dans le rapport 8, "Concept de l'aménagement". A part les terres qui se trouvent au sud et à l'ouest d'Awataba, qui seront irriguées par pompage secondaire à partir du canal principal, toutes les terres situées en-dessus des canaux principaux d'irrigation ne peuvent être irriguées.

7.4.3 Aptitudes des terres de la plaine centrale d'inondation

La plaine centrale d'inondation a un microrelief très irrégulier et son aménagement nécessite des coûts de drainage élevés. Les terres ne sont pas aptes à l'irrigation et dans le plan d'aménagement, elles seront utilisées saisonnièrement comme réserve d'eau.

7.4.4 Aptitudes des terres des terrasses inférieures

La plupart des terres des terrasses inférieures sont aptes à la riziculture mais ont quelques légères déficiences :

- les sols sont assez peu fertiles dans certaines zones, particulièrement lorsque les horizons supérieurs sont à texture grossière (unité cartographique de sol TIs)
- sur quelques parties des terrasses inférieures, les caractéristiques du microrelief et les ondulations des pentes suffisent à augmenter les coûts de l'aménagement des terres à un niveau supérieur à celui admissible pour la classe 1 R
- une protection contre les crues de la Kayanga est nécessaire pour toutes les terres situées en-dessous des 24 m d'altitude. Les risques d'inondation seront considérablement réduites avec la construction du barrage de Niandouba. Les coûts relatifs aux infrastructures de drainage augmentent avec une position topographique basse et pour cette raison les terres les plus basses situées en-dessous de 22 m ont été classées comme non-irrigables.

La classe de terre prédominante pour cette unité est le 2R du fait des diverses interactions des contraintes liées au sol, à la topographie et au drainage, ce qui explique la présence d'une grande variété de sous-classes dans cette unité.

7.4.5 Aptitudes des terres des terrasses supérieures

La majeure partie des terrasses supérieures est apte à supporter une production rizicole soutenue et quelques-uns d'entre ses sols remplissent les critères de la classe 1 R. Les déclassements enregistrés sont en général la conséquence de déficiences topographiques.

Environ la moitié des terres des terrasses supérieures ont un drainage interne très lent (unité de cartographie de sol TSz) et sont recommandés pour un assolement riz-riz.

Quelques terres de ce groupe ont des horizons supérieurs à texture grossière, particulièrement dans les zones proches des pentes sableuses ; ces terres sont très peu fertiles. Manquent aussi souvent des exutoires naturels pour le drainage des eaux de surface. Ainsi, bien que les meilleurs de ces sols appartiennent à la classe 1 R, la plupart d'entre eux ont été classifiés en 2 R comprenant les sous-classes 2 Rs, 2 Rst et 2 Rstd.

L'autre moitié des terres a un drainage interne plus rapide (unité cartographique de sol TSy) et dont les besoins en eau sont relativement élevés pour la riziculture irriguée. Il est donc proposé que ces terres soient utilisées pour la production de riz pendant l'hivernage et pour d'autres cultures céréalières en contre-saison sèche. Les principales déficiences reconnues sont :

- une basse fertilité du sol
- des ondulations dans la topographie
- de hauts niveaux d'aluminium échangeable en zone racinaire

Ces terres font, pour la plupart, partie de la classe 2 R. Ont été cartographiées dans la classe 2 Rst quelques unes des meilleures terres de cette unité, situées en position topographique haute qui pourraient

supporter une double culture céréalière intensive annuelle. Néanmoins, le schéma cultural le plus rentable consiste à combiner la culture du riz pendant l'hivernage avec la polyculture pendant la saison sèche.

7.4.6 Aptitudes des terres des pentes sableuses

En général les terres des pentes sableuses sont non irrigables du fait de leurs textures grossières, entraînant une capacité d'échange cationique très faible donc de faibles réserves en éléments nutritifs et des besoins en eau élevés. Ces déficiences s'accompagnent parfois, en plus, de coûts d'aménagement élevés du fait d'ondulations de pentes et de la présence de grandes et fréquentes termitières.

7.4.7 Aptitudes des terres des plateaux

Les 2 principaux facteurs qui définissent l'irrigabilité des terres des plateaux sont la profondeur physiologique et la texture des sols. Là où les terres sont très peu profondes ou sont de texture grossière, les terres sont non-irrigables. La présence de cuirasse ferrugineuse indurée dans le sous-sol entre 40 et 100 cm, a entraîné une classification en 2 Rs ou 2 Rst, c'est-à-dire, apte à la riziculture. Cependant, l'aménagement de ces terres ou rizières nécessiterait l'évaluation précise des pertes de percolation en conditions d'exploitation afin de s'assurer que les besoins en eau d'irrigation ne seraient pas excessifs.

Les sols profonds des plateaux sont généralement aptes à une polyculture irriguée mais la fertilité des sols reste basse, la capacité de rétention d'eau faible et les quantités d'aluminium échangeable sont par endroit élevées dans les sous-sols.

Les ondulations dans les pentes et de grandes termitières sont fréquentes dans certaines zones : de ce fait les terres des plateaux aptes à la polyculture ont été classées en 2 s et 2 st.

7.4.8 Aptitudes des terres des vallées périphériques

Les terres des vallées périphériques sont propices à la riziculture irriguée mais la plupart sont soumises aux limitations suivantes :

- texture grossière
- faible taux de fertilité
- risque d'inondation
- faible superficie irrigable et conformation
- éloignement des réseaux d'irrigation
- microrelief variable

Ces terres appartiennent à la classe 2R décomposée en divers sous-classes.

REFERENCES

- ADAMS, F. and EVANS, C.E. 1962 Proc. Soil Sci. Soc. Am., 26, 355
- BLACK, C.A. (Ed) 1965 Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, U.S.A.
- BRAY, R.H. and KURTZ, L.T. 1945 Soil Science., 59, 55
- FAUCK, R. : TURENNE, J.F. and VIZIER, J.F. 1963 Etude pédologique de la haute Casamance. 181 pp. ORSTOM.
- CHARREAU, C. and NICOU, R. 1971 L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux at argilo-sableux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques. Agron. Tropicale 26, 209-255, 903-978, 1183-1247.
- FAO/UNESCO 1974, Soil map of the wold. Vo. 1 Legend. Paris
- FAO 1977, Guidelines for soil profile description. Rome
- HESSE, P.R. 1971 A texbook of soil chemical analysis. Murray, London.
- Kessler et Oosterbaan 1974
Determining conductrivities of soils, chapitre 24 dans Drainage, principes and Applications III, Survey and Investigations, International Institute of Land Reclamation and Improvement, Wageningen , Hollande.
- LOVEDAY, J. 1974 Methods for analysis of irrigated soils. Technical communication No 54. Commonwealth Bureau of Soils. Farnham Royal, England.
- MICHEL, P. 1973 Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Mem. ORSTOM, Paris No 63.
- OLSEN, S.R. ; COLE, C.V. et al 1954. U.S. Dept. Agric. Circ. 939
- UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, 1953 Bureau of Reclamation Manual. Volume V Irrigated Land Use, Part 2 Land Classification. Denver, Colorado.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, Bureau of Reclamation, 1970, Pa Mong Stage One Feasibility Report. Appendix 1, Land Resources.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR, Bureau of Reclamation, 1967, Laboratory procedures Serie 510 Part 517.

TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4 - 1.	LES UNITES CARTOGRAPHIQUES DES SOLS
Tableau 4 - 2	SUPERFICIES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES DES SOLS
Tableau 4 - 3	CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS
Tableau 4 - 4	CLASSIFICATION DES SOLS DU BASSIN DE L'ANAMBE SUIVANT LA TAXONOMIE FAO/UNESCO
Tableau 4 - 5	PROPRIETES GENERALES DES SOLS
Tableau 4 - 6	SPECIFICATIONS POUR LA CLASSIFICATION DES APTITUDES DES TERRES A L'IRRIGATION
Tableau 4 - 7	CARACTERISTIQUES GENERALES DES CLASSES ET SOUS-CLASSES DE TERRES IRRIGABLES

Tableau 4 - 1 :

LES UNITES CARTOGRAPHIQUES DES SOLS

Unité physiographique	Caractéristiques des sols	Symbole cartographique	Taxonomie (FAO), unités pédologiques dominantes
Plaine centrale d'inondation	Mal drainé, argiles lourdes verticales et microrelief à gilgai	Vg	Vertisols chromiques
Terrasses inférieures	Limons argileux et argiles, mal drainés	Tia	Gleysols dystriques
	Sols mal drainés avec horizons supérieurs limoneux (<25 % d'argile)	TIs	
Terrasses supérieures	Sols à drainage interne très lent, pour la plupart de texture moyenne et légèrement acides	TSz	Luvisols gleyiques
	Sols à drainage interne modéré à lent, pour la plupart de texture moyenne et à sous-sols fortement acides	TSy	Acrisols gleyiques et ferriques
Pentes sableuses	Sols lessivés, de texture grossière, à drainage interne rapide	Q	Arenosols albiques
Plateaux	Sols fortement lessivés de 100 cm de profondeur, avec horizons supérieurs à texture grossière et sous-sols limono-sableux à limono-argileux	Pp	Ferralsols et Acrisols
	identique à Pp mais avec un horizon induré entre 40 et 100 cm de profondeur	Pm	Phases pétroferriques et pétriques des Ferralsols
	Sols peu profonds avec cuirasse ou horizon induré à moins de 40 cm de profondeur	Pl	
Vallées périphériques	Texture grossière jusqu'à une profondeur minimale de 30 cm	Dc	Arénosols et Fluvisols
	Sols mal drainés, textures fines et moyennes	Df	Gleysols eutriques Luvisols gleyiques et Fluvisols
Chenaux de la rivière Anambé et de ses tributaires	Non différenciés	Hu	Fluvisols

Tableau 4 - 2 : SUPERFICIES DES UNITES CARTOGRAPHIQUES DES SOLS

Unité physiographique	Sol	Symbole cartographique	Surfaces (hectares)	% de la zone prospectée
Plaine centrale d'inondation	Mal drainé, argiles lourdes gonflantes	Vg	1 041	1,9
Terrasses inférieures	Horizons supérieurs avec 25 % d'argile	TIa	7 778	14,5
	Horizons supérieurs avec 25 % d'argile	TI s	1 420	2,6
Terrasses supérieures	Drainage interne très lent	TSz	8 323	15,5
	Drainage interne modéré à lent	TSy	7 688	14,3
Pentes sableuses	Sols lessivés, à texture grossière	Q	5 718	10,7
Plateaux	Sols profonds, 100 cm	Pp	11 422	21,3
	modérément profond, 40-100 cm	Pm	3 166	5,9
	sols peu profonds 40 cm	Pl	2 397	4,5
	association de sols profonds et modérément profonds	Pp/m	1 331	2,5
Vallées périphériques	Sols à texture grossière jusqu'à 30 cm ou plus à partir de la surface	Dc	823	1,5
	Sols gleyifiés, à texture fine et moyenne	Df	468	0,9
Chenaux	Non différenciés	Hu	871	1,6
Total			53 670	100

Tableau 4 - 3 :

RESUME DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS (1)

Unité physiographique	Type de sols	Profondeur (cm)	Classe Texturale	(1) Argile (%)	Densité apparente (g/cm ³)	(2) Infiltration (cm/h)	Conductivité hydraulique (cm/h)	Cap. Rét. eau (mm)	(1) pH (H ₂ O)	(3) CEC meq/100g	(4) SCBN (%)	AL ³⁺ (meq/100g)	Matière organique (%)
Champ Central d'inondation	Vg Vertisols avec gilgai	- 30	C	57 - 66 (61)	1,2								
		- 100	C	58 - 73 (65)	1,3		<0,2	35	5,4-5,7(5,6)	21-27(24)	60-65	0,1-0,3	0,7-2,0(1,2)
		- 200	C	58 - 73 (64)				82	5,5-6,7(6,0) 6,1-7,9(6,8)	23-28(25) 19-31(25)	77-98 66-100	0 - 0,3	0,4-0,6(0,4)
Terrasses Inférieures	Tia Gleysols et sous unités gleyiques > 25% d'argile dans les horizons supérieurs	- 30	CL-C	30 - 47 (35)	1,2	1-2							
		- 100	CL-C	31 - 69 (50)	1,4		0,1-2	38	5,3-6,2(5,6)	8-26(14)	36-86	0 - 1,2	0,3-3,8(1,7)
		- 200	CL-C	36 - 49 (44)			<0,2	89	5,2-6,3(5,5) 5,2-8,0(6,6)	9-19(15) 7-33(18)	16-75 24-100	0 - 2,4	0,2-0,6(0,4)
	Tis Gleysols et sous unités gleyiques < 25% d'argile dans les horizons supérieurs	- 30	ZSL-L	14 - 22 (18)	1,5	1-2							
		- 100	SCL-CL	25 - 30 (28)	1,4		0,1-1	44	5,6-5,9(5,7)	4,5-5,2(4,9)	59-66	0 - 0,7	0,4-1,0(0,7)
		- 200	SCL-CL	31 - 32 (32)				71	5,4-5,6(5,5) 5,9-6,0(5,9)	6,2-7,3(6,7) 7,0-8,5(7,7)	20-44 19-80	0 - 0,7	0,1-0,7(0,4)
Terrasses Supérieures	Tsz sols avec drainage interne très lent, généralement Luvisols	- 30	LS-CL	4 - 27 (14)	1,5	1-6							
		- 100	SL-C	15 - 42 (29)	1,7		0,2-2	49	5,5-6,3(6,0)	2,5-11(7,0)	61-93	<0,2	0,8-1,7(1,2)
		- 200	SL-C	18 - 46 (32)			<0,2	82	5,6-6,8(6,2) 6,3-8,5(7,1)	4-12 (9,7) 6-16 (11,5)	42-96 74-100	<0,2	0,1-0,4(0,2)
	Tsy sols avec drainage interne modéré à lent, généralement Acrisols	- 30	SL-SCL	10 - 24 (15)	1,5	1-6							
		- 100	L-C	23 - 51 (32)	1,4		0,5-2	33	5,2-6,2(5,6)	4-10 (6,5)	40-95	0 - 0,5	0,6-1,9(1,1)
		- 200	L-CL	14 - 36 (30)				76	4,6-5,4(5,1) 4,2-5,6(5,2)	5-12 (8,1) 5-11 (8,0)	23-72 17-54	0,3-3,4	0,3-0,5(0,4)
Pentes Sableuses	Q Sols lessivés de texture grossière, généralement Arenosols	- 30	ZSL-LS	3 - 5 (4)	1,5	7-18							
		- 100	S-ZSL	1 - 16 (8)	1,6		> 3	30	5,7-6,8(6,1)	1,8-5(3,6)	74-90	0 - 0,1	0,5-1,8(1,1)
		- 200	LS-SL	8 - 11 (10)				54	4,8-6,6(5,9) 5,1-6,7(5,8)	0,8-3,5(2,0) 0,7-2,9(1,6)	49-79 34-97	0 - 0,2	0,1-0,3(0,2)
Plateaux	Pp Ferralsols et sols associés Profondeur > 100 cm	- 30	LS-ZSL	3 - 10 (6)	1,5	3-15							
		- 100	SL-CL	20 - 39 (30)	1,6		2 - 9	32	6,0-6,6(6,1)	1,5-5(3,8)	53-97	0 - 0,1	0,8-1,8(1,4)
		- 200	SL-CL	17 - 37 (31)			1 - 7	83	4,8-6,1(5,4) 5,0-6,0(5,3)	2,2-5,5(4,8) 3,7-6,3(5,2)	19-90 21-95	0 - 1,9	0,3-0,8(0,5)

Remarques :

- (1) Valeur moyenne entre parenthèses
(2) Valeur instantanée après 2 heures
(3) Capacité d'échange cationique à pH 7
(4) Taux de saturation en bases à pH 7 (base remarque 3).

Tableau 4 - 4 :

CLASSIFICATION DES SOLS DU BASSIN DE
L'ANAMBE SUIVANT LA TAXONOMIE FAO/UNESCO

Légende FAO	Répartition des unités cartographiques	Profils de référence
<u>Sols principaux</u>		
Gleysols entriques	TSz, Df, TIa	NP 9, VK 7, VK 8, VK 29
Gleysols dystriques	TIa, TIs	NP 3, NP 4, NP 13, SO4, SO5
Arenosols albiques	Q, Dc	NP 11, VK 1, VK 4
Vertisols chromiques	Vg	SBN 950, SBS 60 KS 4750/200 N
Ferralsols orthiques	Pp	VTK 4
Acrisols ferriques	TSy, Pp	KS 650, KS 1125, KS 2850 VK 13, VTK 18
Acrisols gleyiques	TSy, TIa	NP 7, SBS 60, SO3, VK 9, VK 11
Luvisols gleyiques	TSz	KS 1750, KS 2450, NP 6
<u>Inclusions</u>		
Arenosols ferraliques	Q, TSy	SO1, VK 20
Ferralsols rhodiques	Pp	VK 2
Acrisols orthiques	Pm	VTK 9 (phase pétroferrique)
Luvisols albiques	TSz	SO2
Luvisols orthiques	TSz, TIa	KS 340, NP 10
Luvisols ferriques	TSz, Pp	KSO, NP 2
Fluvisols	Dc, Df, Hu	-

Tableau 4 - 5 :

PROPRIETES GENERALES DES SOLS

Propriétés	Répartitions	Surface (ha) ⁽¹⁾	% de la superficie
Texture des horizons supérieurs (0 - 30 cm)	Grossière > 65% de sable < 18% d'argile	30.440	57
	Balancée < 35% d'argile	14.750	27
	Fine (> 35% d'argile)	5.150	10
Texture des horizons inférieurs (30 - 100 cm)	Grossière	3.690	7
	Moyenne	30.000	56
	Fine	16.700	31
Drainage interne (classes de drainage USBR) (2)	Très lent (Z)	18.790	35
	Modéré à lent (Y)	20.170	38
	Rapide (X)	11.420	21
pH ⁽³⁾ des horizons supérieurs	Légèrement acide à neutre (pH 6,1-6,8)	19.170	36
	Modérément acide (pH 5,6-6)	25.620	48
	Acide (pH 5,1-5,5)	5.600	10
pH ⁽³⁾ des horizons inférieurs	Neutre à modérément acide (pH 6,8 - 5,6)	28.900	54
	Acide (pH 5,1 - 5,5)	17.700	33
	Fortement acide (pH 4,5 - 5)	3.800	7
Teneur en Aluminium échangeable Méthode : 1 N-KCl	Faible (< 0,2 meq/100 g de sol)	23.860	44
	Modéré (0,2-1 meq/100 g de sol)	16.450	31
	Elevé (> 1 meq/100 g de sol)	10.130	19
Capacité d'échange cationique de la couche superficielle (méthode d'acétate d'ammonium; pH 7)	Faible (< 6 meq/100 g de sol)	30.700	57
	Modéré à faible (6-10 meq/100 g de sol)	7.000	13
	Suffisante (> 10 meq/100 g de sol)	12.750	24

(1) En excluant environ 3.700 hectares de sols peu profonds et des chenaux de drainage

(2) Définies à la section 6-4.

(3) pH eau.

Tableau 4 - 6 :

SPECIFICATION POUR LA CLASSIFICATION DES
APTITUDES DES TERRES A L'IRRIGATION

Caratéristiques retenues	Riz irrigué		Cultures diversifiées	
	Classe 1 R	Classe 2 R	Classe 1	Classe 2
<u>Texture des sols</u>				
. Horizons superficiels	limon sableux fin à limon argileux	sable limoneux à argile	limon sableux à limon argileux	sable limoneux à limon argileux
. Horizons de profondeur	sable limoneux à argileux	sable à argile	limon sableux à argile	limon sableux à argile
<u>Profondeur physiologique</u>				
. jusqu'à l'horizon pisolitique	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm
. jusqu'à l'horizon plinthique induré R	60 cm	40 cm	150 cm	100 cm
<u>Profondeur de l'horizon imperméable</u>				
	2 m	2 m	2 m	1,5 m
<u>Capacité en eau disponible</u>				
. 0 - 30 cm	(3)	(3)	30 mm	25 mm
. 0 - 100 cm			125 mm	70 mm
<u>Acidité</u>				
Ph (à l'eau)	(3)	(3)	5,5	5,0
<u>Aluminium assimilable meq/100g ⁽¹⁾</u>				
	(3)	(3)	0,2	1,0
<u>Capacité d'échange ⁽²⁾</u>				
. Horizon superficiel 0 - 30 cm	10	6	10	6
<u>Pente %</u>				
	10	3,0	0,2 - 2,0	0,2 - 4,2
<u>Irrégularités morphologiques</u>				
	faibles	faibles à modérées	faibles	faibles à modérées
<u>Déplacement des terres pour le planage m³</u>				
	0 - 250	0 - 500	0 - 250	0 - 500
<u>Drainage interne</u>				
	très pauvre	imparfait à pauvre	normal	normal à légèrement excessif
<u>Drainage de surface</u>				
	pauvre	limité	limité	non limité

1) en zone radiculaire

2) capacité d'échange cationique à Ph 7.0 en milliéquivalents par 100 g de terre

3) non enregistré

Tableau 4 - 7 : CARACTERISTIQUES GENERALES DES CLASSES ET SOUS-CLASSES DE TERRES IRRIGABLES

Classe ou sous classe (1)	Drainabilité	Variétés de texture Couche Superficielle/Sous-sol	Autres Propriétés importantes	Superficie (hectares)	Assolements recommandés
1 R	Faible	Limon à limon argileux au dessus de limon argilo-sableux à argile		4.650	riz - riz
2 Rt	Faible à restreinte	Limon à limon argileux au dessus de limon argilo-sableux à argile	Ondulations/grandes et nombreuses termitières	1.890	riz - riz
2 Rd	Faible	Limon à limon argileux au dessus de limon argilo-sableux à argile	Sujette à des inondations saisonnières	1.930	riz - riz
2 Rtd	Faible	Limon à limon argileux au dessus de limon argilo-sableux à argile	Topographie irrégulière(terres) sujettes à inondation	2.520	riz - riz
2 Rs	Faible	Limon sableux à limon au dessus de limon argilo-sableux à argile	Faible fertilité (couche superficielle)	5.580	riz - riz
2 Rsd	Faible	Limon sableux à limon au dessus de limon argilo-sableux à argile	Faible fertilité (terres) sujettes à inondation	1.030	riz - riz
2 Rst	Faible	Limon sableux à limon au dessus de limon argilo-sableux à argile	Faible fertilité et topographie irrégulière	950	riz - riz
2 Rstd	Faible	Limon sableux à limon au dessus de limon argilo-sableux	Légères limitations en fertilité et topographie; sujettes à inondation	4.260	riz - riz
2 Rs	Restreinte	Limon sableux à limon argileux au dessus de limon argileux	Faibles fertilité (couche superficielle), drainage interne restreint, ça et là niveaux élevés d'al. échangeable	1.400	riz - polyculture
2 Rst	Restreinte	Limon sableux au dessus de limon argileux	Faible fertilité (couche superficielle), légères ondulations /grandes et nombreuses termitières	1.200	riz - polyculture
2 st	Restreinte	Limon sableux à limon au dessus de limon argilo-sableux à limon argileux	Faible fertilité (couche superficielle), niveaux élevés d'al. échangeable, ça et là drainage interne restreint, légères ondulations/grandes et nombreuses termitières	4.620	riz - polyculture
2 st	Bonne	Comme 2 st	Comme 2 st mais avec une bonne drainabilité	6.300	polyculture
2 s	Bonne à restreinte	Limon sableux au dessus de limon argilo-sableux à limon argileux	Faible fertilité (couche superficielle)	5.270	polyculture

(1) Dans un ordre approximatif d'aptitude décroissante envers le riz irrigué.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

- | | | |
|--------|-------|---|
| Annexe | 4 - 1 | LEXIQUE |
| Annexe | 4 - 2 | METHODES UTILISEES POUR LES TESTS D'INFILTRATION
ET DE CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE SUR LE TERRAIN |
| Annexe | 4 - 3 | METHODES UTILISEES POUR LA DETERMINATION DES
CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS EN
LABORATOIRE |
| Annexe | 4 - 4 | LISTE DES ESPECES VEGETALES |
| Annexe | 4 - 5 | ETUDE SUR LES COUTS DE DEFRICHEMENT |
| Annexe | 4 - 6 | PROFILS DE REFERENCE |

ARGILANES

Revêtements argileux déposés sur la surface des agrégats

Taux de saturation en cations basiques

Il s'agit du degré de saturation en cations basiques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) du complexe absorbant d'un sol. Ce taux est exprimé en pourcentage de la capacité d'échange cationique (CEC) ainsi qu'elle aura été déterminée par l'acétate d'ammonium neutre 1 normal - S.C.B.N.

Capacité d'échange (CEC)

La somme totale des cations échangeables qu'un sol peut absorber sous les conditions spécifiques de l'extracteur considéré. Elle est exprimée en milliéquivalents par 100 g de terre (ou par un autre échangeur de cations tel que l'argile).

Concrétion

Une concentration locale d'un composé chimique, tel que le carbonate de calcium ou l'oxyde de fer, sous la forme de grains ou de nodules de tailles, forme, dureté et couleur variées.

Gilgai

Microrelief des terres lié aux caractéristiques verticales des sols résultant de l'expansion et du retrait d'un sol en fonction des variations des taux d'humidité. On le trouve dans des sols à montmorillonite qui gonflent et se contractent considérablement en passant de l'état humide à sec. Ce microrelief à gilgai consiste habituellement soit en une succession de microbassins et de micromonticules sur des surfaces presque planes soit en microvallées et en microcrêtes suivant le sens de la pente.

Illuviation

Processus de déposition de films argileux provenant du lessivage des argiles d'un horizon supérieur.

pH, sol

Désigne le logarithme négatif de la concentration en ions grammes d'hydrogène d'un sol. C'est le degré d'acidité (ou d'alcalinité) d'un sol déterminé à l'aide d'indicateurs colorés ou d'électrodes sur appareils appropriés sur un mélange sol-eau et exprimé en fonction de l'échelle pH.

Réaction du sol

Degré d'acidité ou d'alcalinité d'un sol, généralement exprimé en valeurs du pH. Les termes descriptifs communément associés à certaines valeurs de pH sont : extrêmement acide 4,5 ; très fortement acide 4,5 - 5 ; fortement acide 5,1 - 5,5 ; modérément acide 5,6 - 6 ; légèrement acide 5,6 - 6 ; légèrement acide 6,1 - 6,5 ; neutre 6,6 - 7,3 ; légèrement alcalin 7,4 - 7,8 ; modérément alcalin 7,9 - 8,4 ; fortement alcalin 8,5 - 9 et très fortement alcalin 9,1.

Texture du sol

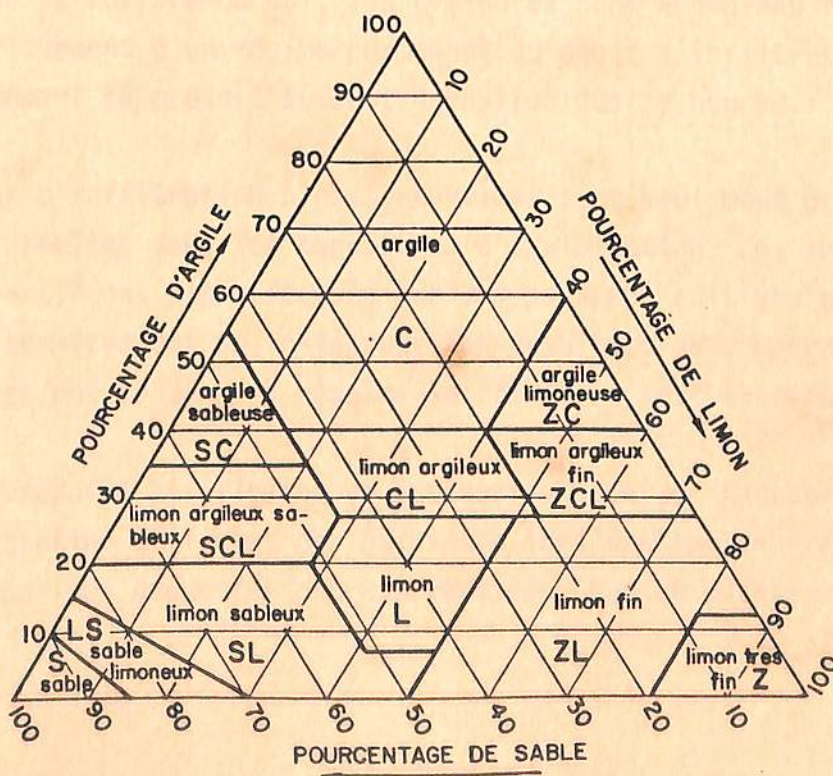
Indique les proportions relatives des différentes particules élémentaires minérales du sol inférieures à 2 mm. Elles sont classées suivant les normes internationales et détaillées dans le triangle textural ci-après dont les limites et les dimensions sont les suivantes :

Argile	:	0	-	2	
Limon fin	:	2	-	20	
Limon grossier	:	20	-	50	(sable très fin)
Sable fin	:	50	-	200	
Sable grossier	:	200	-	2 000	
Éléments grossier				2 mm	

Pour la description des textures, 3 groupes de base ont été retenus selon FAO - UNESCO, 1974, à savoir :

1. Texture grossière : sables, sables limoneux et limons sableux avec moins de 28 % d'argile, et plus de 65 % de sable.
2. Texture moyenne ou balancée : limons sableux, limons, limons argilo-sableux, limons fins, limon très fin, limons argileux fins et limons argileux avec moins de 35 % d'argile et moins de 65 % de sable, la fraction sableuse peut être aussi élevée que 82 % si un minimum de 18 % d'argile est présent.
3. Texture fine : argiles, argiles limoneuses, argiles sableuses, limons argileux et limons argileux fins avec plus de 35 % d'argile.

CLASSES TEXTURALES



Tests d'infiltration

Des tests d'infiltration ont été effectués sur 32 sites de la zone du projet pendant la contre-saison sèche 1978/79. Les emplacements où les tests ont été conduits sont déterminés sur la carte des sols (4-3A, B et C).

Les tests d'infiltration ont été réalisés à l'infiltromètre à double cylindre. Deux cylindres métalliques de diamètres différents sont enfoncés dans le sol l'un dans l'autre jusqu'à 10 cm de profondeur dans une zone exempte de végétation.

Pour les tests d'infiltration en surface, le sol est travaillé à l'aide d'outils manuels jusqu'à 15 cm avant de placer les cylindres. Les deux cylindres sont alors remplis d'eau et les lectures sont effectuées par un flotteur fixé dans le cylindre intérieur toutes les 15 minutes. L'eau dans le cylindre extérieur est maintenue à peu près au même niveau que l'eau dans le cylindre intérieur. Lorsque l'eau dans les cylindres approche la surface du sol, les cylindres sont à nouveau remplis jusqu'à l'établissement d'un régime permanent du débit d'infiltration, ce qui pratiquement se produit au bout d'environ quatre heures.

Les taux d'infiltration ainsi déterminés sont seulement proches des valeurs réelles dans les conditions d'exploitation. Les tests, pour la plupart, ont été effectués sur des sols non cultivés où les racines et les termites ont pu influencer les résultats. Les opérations culturales continues ont tendance à réduire les débits d'infiltration.

Afin de réduire l'influence de quelques uns de ces facteurs, des tests d'infiltration utilisant des bassins d'infiltration de 5 x 5 m ou 10 x 10 m fermés par des diguettes ont été réalisés. Les résultats obtenus après

humidification et pulvérisage de la terre à l'aide d'outils manuels ont permis de vérifier ceux des tests réalisés au double infiltromètre.

24 heures après la réalisation de ces tests, des échantillons de terre prélevés ont permis la détermination des valeurs approximatives de l'humidité à la capacité au champ.

Tests de conductivité hydraulique

Pour l'estimation de la conductivité hydraulique, des tests ont été effectués sur différents horizons de 38 sites soit en utilisant la méthode du trou à tarière (Porchet) soit en utilisant l'infiltromètre à double cylindre pour des horizons inférieurs selon Kessler et Oosterbaan, 1974. En-dessous de la nappe les méthodes choisies n'ont pu être utilisées.

Les résultats de la première méthode sont représentatifs du mouvement horizontal de l'eau, tandis que la seconde méthode est indicative du mouvement vertical. Les 2 tests ont été réalisés en parallèle sur quelques sites et les résultats obtenus montrent que les sols de la zone du projet ont une conductivité horizontale qui est double de la conductivité verticale.

La méthode du trou à la tarière mesure le volume de l'eau qui s'écoule horizontalement à partir d'un trou de tarière. Les tests ont été effectués dans des trous de 8 cm de diamètre creusés à la main. A l'intérieur du trou un grillage destiné à empêcher l'effondrement de ses côtés a été placé. Les mesures ont été faites avec un ruban métrique relié à un flotteur. Le trou a été rempli deux à trois fois avant le début des mesures et chaque test a été répété plusieurs fois au niveau de chaque horizon à étudier et dans la mesure du possible d'un horizon de texture uniforme.

La conductivité hydraulique estimée selon cette méthode représente un débit unitaire moyen pour toute la profondeur du trou rempli d'eau grâce à des mesures successives prises dans des intervalles de temps très courts.

La fiabilité de cette mesure a été testée en la comparant avec des résultats obtenus par une méthode modifiée de perméamètre (USBR) qui indique que les résultats obtenus par les deux méthodes sont du même ordre de grandeur.

Densité apparente et humidité du sol

Des échantillons de sol non remaniés pris au moyen de cylindres fermés de 100 cm^3 de capacité ont permis la détermination de la densité apparente et de l'humidité du sol, une fois pesés et séchés au four à 105° C selon la méthode Black, 1975.

ANNEXE 3 METHODES UTILISEES POUR LA DETERMINATION DES
CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS
EN LABORATOIRE

Préparation des échantillons

Les échantillons de sol sont séchés à l'air pendant deux ou trois jours. Dans le cas des sols argileux, les mottes ont d'abord été séparées à la main pour faciliter le broyage de la terre. Après le séchage à l'air, les sols ont été pulvérisés et passés au tamis de 2 mm (partie fine de la terre). Pour la détermination du carbone organique, les échantillons de terre fine sont réduits en poudre.

Détermination de la matière sèche

Les résultats des analyses du sol sont exprimés sur base pondérale rapporté à la fraction de terre fine (> 2 mm) séchée au four à 105° . Les analyses sont cependant faites normalement à partir d'un sol séché à l'air étant donné que le séchage au four implique de nombreuses variations dans la composition et les propriétés des sols. Un facteur de correction pour l'humidité perdue par séchage au four doit être pris en compte et a été calculé en séchant des échantillons (10 g) à 105° - 110° pendant 4 heures.

Granulométrie

L'analyse granulométrique a été réalisée suivant la méthode de la pipette de Robinson pour les fractions limon et argile et la méthode du tamisage sec pour la fraction sable. La dispersion des échantillons (100 g) a été réalisée en les plongeant pendant une nuit entière dans une solution de pyrophosphate de sodium et en les secouant pendant une demi-heure (méthode ORSTOM - DAKAR).

Densité réelle

Elle est exprimée comme le rapport entre la masse totale des particules solides et leur volume total, exclusion faite de la porosité (g. cm^{-3}).

La densité réelle est déterminée par le volume d'eau déplacé par un échantillon de sol dans un pycnomètre suivant la méthode Black 1965. L'échantillon est placé dans le pycnomètre rempli d'eau sous pompe à vide pendant 2 heures au bain-marie à 30° C. La densité réelle est ensuite mesurée par le rapport poids/volume de l'échantillon.

Limites d'Atterberg

La limite de liquidité est déterminée par l'appareil de Casagrande. La limite de plasticité est déterminée lorsque l'échantillon de sol roulé en cylindre s'effrite sur une lame de verre pour un diamètre de 3 mm. Les méthodes utilisées pour ces deux tests ont été celles publiées par l'Association Suisse de Normalisation (S.N.V. 670 345).

Mesure du pH (extrait 2 : 5)

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre au moyen d'une électrode placée dans une suspension à 20°C sol : eau de 20 g pour 50 ml. Le pH mètre a été auparavant étalonné au pH 4,0, 7,0 et 9,2 au moyen de solutions standards. Les valeurs des pH ont aussi été déterminées dans une suspension sol - solution de chlorure de potassium 1N, de la même manière.

Cations échangeables

La méthode d'extraction utilisée est celle à l'acétate d'ammonium 1N à pH 7 et par centrifugation d'un échantillon de 4 g de terre fine. La titration des principaux cations se fait par la méthode complexométrique EDTA (Ca^{2+} , Mg^{2+}) et photométrie de flamme (Na^+ , K^+).

Capacité d'échange cationique (CEE)

Dans les résidus de l'extraction des cations échangeables à l'acétate d'ammonium, les ions NH_4^+ sont déplacés par des ions Na^+ et dosés par colorimétrie à l'indophénol bleu.

Rétention en eau

La capacité de rétention en eau a été mesurée par différence des teneurs en eau d'échantillons de sols remaniés soumis à différentes forces de succions à pF 2,5 (0,9 - 1 atm) et pF 4,2 (16 atm) dans une presse à membrane et une marmite à pression. Ces déterminations ont été réalisées au laboratoire d'analyses de sols de l'ORSTOM à Dakar.

Conductivité hydraulique

La conductivité hydraulique a été mesurée sur des échantillons remaniés à l'aide du perméamètre de l'ORSTOM, Dakar. Les valeurs ont été déterminées après 1, 6 et 24 heures après que le débit d'eau soit régulier.

Conductivité électrique (extrait 1 : 5)

Après centrifugation d'une solution de terre de 10 g dans 50 ml d'eau distillée, la conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductivimètre calibré en fonction des solutions standards de chlorure de potassium à 20° C. Des facteurs de correction des standards ont été appliqués en fonction de la température et les résultats ont été exprimés en micro Siemens par cm à 25° C (micromho/cm).

Dosage des ions H échangeables (acidité totale)

Les ions H⁺ échangeables extraits au chlorure de potassium 1N ont été déterminés par titration à l'hydroxide de sodium (méthode 517.8.13 - USBR - 1967). Pour les sols ayant un pH (eau) inférieur à 5,5, l'aluminium échangeable a été déterminé colorimétriquement par la méthode à l'aluminon.

Acidité échangeable

Elle a été déterminée selon la méthode de Adans et Evans, 1962. L'acidité échangeable est déterminée dans une solution tampon à pH 8 contenant du p nitrophénol, acide borique, chlorure de potassium et hydroxyde de potassium, chaque réduction de 1 valeur de pH enregistrée correspondant à 8 meq de H⁺ par 100 g de terre.

Carbonate de calcium

Le carbonate de calcium a été mesuré au calcimètre de Passon. Les résultats sont exprimés en valeur pondérale. Pour quelques sols, seuls des tests semi-quantitatifs ont été réalisés à l'acide chloridrique et les résultats exprimés en fonction de la réaction.

Matière organique

Le carbone organique a été dosé par la méthode Black et Walkley modifiée (Hesse 1971) à froid. Le pourcentage pondéral de matière organique est équivalent à $1,73 \times$ la teneur en carbone organique.

Phosphore assimilable

La méthode utilisée est celle de Bray II (1945) pour les sols acides tandis que celle de Olsen (1954) a été retenue pour les sols neutres et alcalins. Le dosage se fait colorimétriquement.

Contrôle des résultats analytiques

Le contrôle de chaque série d'analyses a été réalisé sur un témoin provenant du profil KN 100 préparé de manière identique et joint aux autres échantillons et dont les valeurs avaient été déterminées préalablement.

Lorsque le résultat du témoins inclus dans les différentes analyses diffère des moyennes obtenues pour plus de 2 fois l'écart type, la série d'analyse a été rejetée.

ANNEXE 4 LISTE DES ESPECES VEGETALES (cf aussi rapport 7 C Forêts)

Les espèces suivantes sont rencontrées fréquemment dans les différentes unités physiographiques décrites ci-dessous :

Formation	Unité physiographique/ unité pédologique	Durée pendant laquelle les sols sont inondés en année moyenne
1 Plaine herbacée	Plaine centrale d'inondation	Environ 4 mois
2 Savane boisée	Terrasses inférieures, supérieures-TSZ	1 - 3 mois
3 Forêt claire	Terrasses supérieures, TSY ; pentes sableuses ; quelques sections de plateaux	Courtes périodes ou aucune
4 Savane parc	Plateaux	Aucune période ou très courtes périodes

Listes des espèces :

1 Espèces de la plaine centrale d'inondation à couverture herbacée

Buissons ou arbustes: *Guiera senegalensis*, *Myragina inermis*,
terminalia macroptera

Plantes ligneuses : *Hyptis spicigera*

Plantes herbacées : *Vetiveria nigritania*, *Panicum afzelii*, *maximum*,
Borreria paludosa, *Hydrophyla senegalensis*,
Echinochloa ssp.

2 Espèces de la savane boisée mal drainée

Arbres : *Terminalia macroptera*, *combretum glutinosum*

Arbustes : *Myragina inermis* ; less frequents : *Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*
veticulatum

Herbe et plantes herbacées : *Andropogon gayanus var genuinus*,
Andropogon gayanus var. bisquamulatus,
Andropogon pseudapricus ; or in lower lying areas :
Borreria paludosa, *Panicum afzelii*

3. Espèces de la forêt claire

Arbres : *Acacia sieberiana*, *Acacia macrostachia*, *Bombax costatum* ; *Khaya senegalensis*, *Ostryoderis stuhlmannii*, *Cordyla pinnata*, *Sterculia setigera*, *Pterocarpus erinaceus*, *Pichrostachys glomerata*, *Terminalia macroptea*, *Combretum glutinosum*

Arbustes : *Gardenia triacantha*, *Myragina inermis*, *Piliogstigma reticulatum*, *Holarena floribunda*, *Ziziphys mauritiana*.

Herbes : *Pennisetum subangustum*, *Andropogon pseudapricus*

4. Espèces de la savane parc et des repousses sur les plateaux

Arbres : *Terminalia macroptera*, *Parkia biglobosca*, *Andansonia digita*, *cordyla pinnata*

Arbustes : *Calotropis procera* ; recolonisation by *Terminalia macroptera* and *Combretum glutinosum*

Plantes ligneuses : *Hibiscus asper*, *Urena lobata*, *Cassia occidentalis*

Herbes : *Pennisetum subangustum*, *Andropogon Eragrostis tremula*

1. Le défrichement

1.1 Les méthodes

Les méthodes recommandées pour le défrichement de la végétation du Bassin de l'Anambé ont déjà fait leur preuves dans d'autres projets similaires en Afrique de l'Ouest. La première opération consiste à éliminer les arbres et les souches d'un diamètre supérieur à 30 cm au moyen d'une lame forestière montée sur un tracteur à chaînes. La seconde opération consiste à faire traîner une lourde chaîne d'encre par deux tracteurs progressant en parallèle en éliminant toute la végétation restante. 2 passes en sens opposé sont nécessaires, la première couvrant une largeur de 20 à 30 m en fonction de la densité de végétation, la seconde environ 15 m de plus, permettant de former des tas et andains facilement brûlables après 60 jours environ de séchage.

Une fois les opérations de chaînage terminées, le tracteur muni d'un ensemble coupe racines, coupe les racines au niveau du collet en dessous de la surface du sol et les force vers le haut. Un tracteur muni d'un rateau déblaie ensuite la végétation restante et l'empile sur les tas ou andains qu'il ajuste. Un autre tracteur muni d'une lame simple sert à effectuer les déplacements de terre nécessaires à un planage sommaire entre les tas et les andains.

Les opérations importantes de nivellement nécessaires à la confection des casiers sont à effectuer avant les opérations de pulvérisage.

Une fois les travaux importants d'andainage et de nivellement entrepris, mais avant le brûlage des andains, la superficie défrichée sera pulvérisée par un pulvérisateur offset lourd traîné par un tracteur à chaînes. Après brûlage, un deuxième passage à l'offset est prévu. Pendant cette opération un travail considérable de planage peut déjà être entrepris par un conducteur expérimenté.

La plupart des superficies ainsi défrichées sont pratiquement prêtes à être mises en culture. Un troisième discage léger sera nécessaire pour la préparation des terres.

Dans le cas où une superficie défrichée ne serait pas mise tout de suite en culture, elle devrait être pulvérisée à nouveau de façon à éliminer tous les recrues forestiers, après l'hivernage.

1.2 Densité de la végétation

L'étude de la densité de la végétation a été réalisée grâce à l'interprétation des photographies aériennes et à des corrélations rendues possibles par l'inventaire de trois bandes d'échantillonnage de Koulinto, Saré Ouinor et Saré Bouti allant jusqu'à la plaine centrale d'inondation. Cette prospection a fourni les données nécessaires à l'estimation des temps de défrichement. L'expérience acquise lors du défrichement des terres de la ferme pilote a également été utilisée dans le calcul des estimations de coûts. La prospection et l'inventaire ont permis l'élaboration d'une carte de végétation établie en fonction des densités de couvert à l'échelle du 1 : 25 000 (cf rapport 7C - Forêts).

Le tableau ci-dessous subdivise les principaux groupements forestiers en fonction de leur densité de peuplement :

Groupements forestiers	Nombre moyen de tiges par ha et par classe de diamètre (cm)				Total
	5-15	15-30	30-60	sup.60	
Forêt claire	70	62	48	5	185
Savane boisée dense	58	48	26	2	134
Savane boisée claire	42	32	20	1	95
Savane arborée	34	24	10	0	68
Savane arborée claire ou savane parc	16	8	1	0	25
Savane herbacée	0	0	0	0	0

1.3 Coûts du défrichement

Les temps et coûts pour le défrichement dépendent des densités de végétation et de la taille des arbres. Les temps unitaires retenus pour les différentes opérations de défrichement sont les suivants :

Opération	densité de végétation					
	Forêt claire	Savane boisée		Savane arborée		Savane herbeuse
	h/ha	Dense h/ha	Claire h/ha	Dense h/ha	Claire h/ha	h/ha
Abattage des arbres de plus de 30 cm de diamètre	1,50	1,20	1,00	-	-	-
Chaînage (2 passages)	1,00	0,80	0,70	0,60	0,40	
Andainage	1,30	1,00	0,70	0,10	0,10	
Déracinage et empilage	1,40	1,20	0,70	0,50	0,20	
Pulvérisage et planage grossier (2 passages)	2,60	2,40	2,20	2,00	2,00	2,00
	7,80	6,60	5,30	3,20	2,70	2,00

Le type moyen de peuplement forestier retenu se situe entre la savane boisée dense (4412 ha ou 23,4 % des surfaces aménagées et la savane boisée claire (9184 ha ou 48,8 %) comme indiqué au rapport 7 C - Forêts. Le temps moyen pour les opérations de défrichement retenu est donc de 6 h/ha.

Le taux horaire d'utilisation d'un tracteur à chaînes D8 muni de son équipement de défrichement, y compris chauffeur, carburant et autres services a été calculé à 20 000 F.CFA.

Le coût moyen unitaire pour les opérations de défrichement du bassin de l'Anambé a donc été évalué à 120 000 FCFA/ha.

2. Microrelief

Une prospection de détail en quadrillage sur 3 sites représentatifs des microrelief du bassin a permis d'estimer le volume des mouvements de terre nécessaires aux opérations de nivellement. Les résultats sont résumés au tableau ci-dessous :

Parcelle	Longueur (m)	Unité cartographique de sols	Mouvements de terre (m ³ /ha)
Sare Ouinor	2 400	TI a	100
Saré Ouinor	3 350	TI a	200
Koulinto	4 750	Vg	400

Les sites choisis représentent plusieurs types de microrelief comprenant entre autre gilgai et dépressions.

Les coûts unitaires pour le nivellement varient entre 350 FCFA/m³ pour les terrains les plus plats à 500 FCFA/m³ pour les plus accidentés. En conséquence les coûts unitaires retenus pour le nivellement varient de 35 000 FCFA/ha pour les mouvements de terre de 100 m³/ha à 200 000 FCFA/ha pour 400 m³/ha.

Les termitières sont un autre facteur important dans l'évaluation du microrelief. La prospection précédente a permis de déterminer leur taille et leur densité (Koulinto). Leurs caractéristiques sont les suivantes :

	<u>Type de termitières</u>	
	clocheton	Monticule
Diamètre moyen	2,20	4,25
Hauteur moyenne	2,50	1,70
Volume moyen	2,50	1,70

D'après ces mensurations le coût moyen du planage des termitières a été estimé à 5 000 FCFA/termitière.

ANNEXE 6

Cette annexe décrit les caractéristiques de station et pédologiques des 46 profils de référence ainsi que les résultats des analyses de laboratoire et les tests in situ. Le tableau suivant récapitule pour chaque profil de référence son symbole cartographique, sa classification taxonomique dans le système FAO/UNESCO ainsi que sa classification d'aptitudes à l'irrigation.

Dans la liste des aptitudes à l'irrigation sont indiqués entre parenthèse le symbole retenu dans la cartographie qui diffère de celui attribué au profil de référence.

Profil de référence	Unité cartographique	Classification taxonomique	Aptitude à l'irrigation
KN 100	TSz	Gleysol dystrique	2 Rstd
KS 0	TSz	Luvisol ferrique	2 Rstd
KS 340	TSz	Luvisol orthique	2 Rst (2 Rstd)
KS 650	TSy	Acrisol ferrique	2 st
KS 1 125	TSy	Acrisol ferrique	2 Rst (2 Rstd)
KS 1 750	TSz	Luvisol gleyique	2 Rtd (2 Rstd)
KS 2 450	TSz	Luvisol gleyique	1 R (2 Rstd)
KS 2 850	TSy	Acrisol ferrique	2 Rstd
KS 3 300	TIa	Luvisol gleyique	2 Rtd
KS 4 610	TIa	Gleysol dystrique	2 Rdf (6 stdf)
KS 4 750 (200 N)	Vg	Vertisol chromique	6 stdf
NP 1	TSz	Acrisol ferrique	2 Rtd
NP 2	Pp	Luvisol ferrique	2 s
NP 3	TSz	Gleysol dystrique	2 Rstd
NP 4	TIa	Gleysol dystrique	2 Rtd
NP 5	TSy	Ferrasol orthique	2 st
NP 6	TSz	Luvisol gleyique	2 Rt
NP 7	TSy	Acrisol gleyique	2 Rs (IR)
NP 9	TIa	Gleysol eutrique	2 Rd (2 Rstd)

Profil de référence	Unité carto- graphique	Classification taxonomique	Aptitude à l'irrigation
NP 10	TIa	Luvisol orthique	2 Rstd (2 Rtd)
NP 11	Q	Arénosol albique	6 s
NP 13	TIs	Gleysol dystrique	2 Rsd
NP 15	TIs	Luvisol gleyique	2 Rsd
SBN 950	Vg	Vertisol chromique	6 stdf
SBS 60	TIa	Acrisol gleyique	2 Rdf (6 stdf)
SO 1	Q	Arénosol ferralique	2 s (2 st)
SO 2	TSz	Luvisol albique	2 Rs
SO 3	TIa	Acrisol gleyique	1 R (2 Rt)
SO 4	TIa	Gleysol dystrique	6 stdf
SO 5	TIa	Gleysol dystrique	6 stdf
SO 6	Vg	Vertisol chromique/ Gleysol eutrique	6 stdf
VK 1	Dc	Arénosol albique	6 st
VK 2	Pp	Ferrasol rhodique	2 s
VK 4	Q	Arénosol albique	6 s (6 st)
VK 7	TSz	Gleysol eutrique	2 Rsd
VK 8	TSz	Gleysol eutrique	2 Rsd
VK 9	TSy	Acrisol gleyique	2 Rs
VK 11	TSy	Acrisol gleyique	2 Rstd (2 Rs)
VK 13	TSy	Acrisol ferrique	2 Rst
VK 20	TSy	Arénosol ferralique	2 st
VK 29	Df	Gleysol eutrique	2 Rd (2 Rst)
VTK 4	Pp	Ferrasol orthique	6 s
VTK 8	Df	Luvisol gleyique	2 Rsd
VTK 9	Pm	Acrisol orthique	2 Rs (2 s)
VTK 18	Pp	Acrisol ferrique	6 s (2 s)
VTK 19	Pp	Acrisol ferrique	2 s

PROFILS DE REFERENCE

PROFIL DE REFERENCE : KN 100

Unité supérieure de classification (FAO): Gleysol dystrique

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : zone-témoïn de KOULINTO

Photo : 122

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,5 %

Altitude : 26 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations; tranchée d'observation dans une dépression de 20 m de diamètre

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; inondations saisonnières; nappe phréatique le 2/12/1978 à 105 cm en dessous de la surface du sol

Résumé : la couche superficielle du sol à texture moyennement grossière, à réaction modérément acide au dessus d'un sous-sol à gley

Description du profil:

- | | |
|--------------|--|
| 0 - 10 cm | Gris très foncé (10 YR 3/1) à l'état frais, limon sableux; massif; ferme; légèrement compact; limite distincte, ondulée |
| 10 - 20 cm | Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; limon sableux; massif; ferme; limite distincte, régulière |
| 20 - 80 cm | Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais; taches assez nombreuses, de taille moyenne, vagues ou distinctes, de couleur brun intense; limite graduelle ondulée |
| 80 - 200 cm+ | Gris clair (10 YR 7/1) à l'état frais; taches assez nombreuses, fines, fortes, de couleur rouge ou nombreuses, de taille moyenne, distinctes, de couleur rouge jaunâtre, pisolites peu nombreux, irréguliers |

Propriétés physiques et chimiques : - l'eau utilisable : 43 mm (0- 30 cm)
136 mm (0-100 cm)
- faible CEC dans l'horizon supérieur

Limitations : sol (CEC) , drainage et ondulations

Aptitude culturale : riz irrigué , 2Rstd

PROFIL DE REFERENCE KN 100

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 80 cm	80 - 105 cm
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	32	37	27	27
0.2 - 0.05 mm	%	23	24	18	16
0.05 - 0.02 mm	%	16	11	8	9
0.02 - 0.002 mm	%	16	14	11	13
< 0.002 mm	%	11	11	32	32
Texture (lab.)		SL	SL	SCL	CL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,67	1,58	1,57	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,64	2,64	2,63	
Porosité totale	%	37	40	40	
Capacité au champ	%	15,9		17,7	17,7
Teneur en eau, pF 4.2	%	5,7		9,8	8,9
Capacité de rétention en eau	%	10,2		7,9	8,8
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	0,52		2,59	0,62
6 hr	cm/hr	0,34		1,98	0,59
24 hr	cm/hr	0,21		0,91	0,44
Limite de liquidité	%			21,3	
Limite de plasticité	%			12,4	
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5				
pH KCl	1 : 2.5	5,6	5,4	5,8	5,1
		4,4	4,3	4,1	4,0
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	23	14	24
					18
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	0,06	0,04	0,03	0,02
Al 3 +		0,10	0,31	0,53	1,53
Acidité totale (pH 8.0)	"	2,32	2,42	4,04	5,65
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	2,35	1,81	3,03	1,67
Mg ²⁺	"	1,35	1,25	1,23	1,36
Na +	"	0,03	0,02	0,06	0,13
K +	"	0,14	0,06	0,09	0,09
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	6,44	6,24	8,92	9,21
Saturation en cations basiques (N)	%	50	50	48	35
Saturation en cations basiques (E)	%	96	90	88	81
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,04	3,50	4,81	8,88
CaCO ₃	%	0,02	0,02	0,02	0,02
Matière organique	%	2,03	0,73	0,48	0,28
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	38,1	28,3	31,1	24,8
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	0,8(0)		0,8(90)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : KS 0

Unité supérieure de classification (FAO): Luvisol ferrique

Symbole d'unité pédologique: TSz

Localisation : zone-témoin de KOULINTO Photo : 120

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,5 %

Altitude : 27 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 2 - drainage imparfait

Résumé : la couche superficielle du sol à texture moyennement grossière, à réaction modérément acide, avec des horizons albique et argilique; le sous-sol en dessous de 110 cm est gleyifié et très peu perméable

Description du profil:

- | | |
|---------------|--|
| 0 - 15 cm | Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état sec; limon sableux; massif; peu dur à l'état sec; racines peu nombreuses; limite distincte, régulière |
| 15 - 30 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec; limon sableux; massif; peu dur à l'état sec; racines assez nombreuses; limite graduelle, régulière |
| 30 - 70 cm | Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état sec; limon sablo-argileux; massif; peu dur; limite graduelle, régulière |
| 70 - 110 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec; taches assez nombreuses, de grandes dimensions de couleur brun intense; limon; massif; peu dur; assez nombreuses pisolites |
| 110 - 200 cm+ | Gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec; taches assez nombreuses, de grandes dimensions, de couleur brun intense; limon argileux; massif; quelques pisolites |

Propriétés physiques et chimiques : la CEC et le taux de calcium échangeable de la couche superficielle du sol sont très faibles
- l'eau utilisable: 59 mm (0-30 cm); 159 mm (0-100 cm)

Limitations : fertilité du sol; drainage; ondulations

Aptitude culturale : riz irrigué, 2Rstd

PROFIL DE REFERENCE : KS 0

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)						
		0-15	15-30	30-70	70-110	110-140	140-200	
Granulométrie								
2.0 - 0.2 mm	%	23	21	24	23	15	16	
0.2 - 0.05 mm	%	31	34	29	21	20	22	
0.05 - 0.02 mm	%	23	19	12	4	12	5	
0.02 - 0.002 mm	%	15	14	8	26	13	28	
< 0.002 mm	%	5	10	22	23	32	28	
Texture (lab.)		SL	SL	SCL	L	CL	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,59			1,59	1,57		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,73			2,60	2,31		
Porosité totale	%	42			39	32		
Capacité au champ	%	14,7			18,7	19,4		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,4			9,7	9,7		
Capacité de rétention en eau	%	12,3			9,0	9,7		
Conductivité hydraulique (lab.)								
1 hr	cm/hr	2,52			0,56		0,00	
6 hr	cm/hr	1,28			0,56		0,00	
24 hr	cm/hr	0,62			0,56		0,00	
Limite de liquidité	%	19	14	18	24	28	23	
Limite de plasticité	%	11	10	10	12	12	11	
=====								
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,4	5,7	5,4	5,8	5,8	7,6	
pH KCl	1 : 2.5	5,8	4,6	4,2	4,1	4,4	5,6	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	36	18	7	7	47	96
Acidité (1 N KCl) :								
H ⁺	meq/100 g	0,02	0,04	< 0,01	< 0,01	0,02	0,01	
Al 3 ⁺		-	-	-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,61	2,41	3,22	5,63	3,26	1,63	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :								
Ca ²⁺	"	3,60	1,76	2,15	1,53	3,03	4,45	
Mg ²⁺	"	2,25	1,48	1,00	0,44	3,02	3,64	
Na ⁺	"	0,02	0,02	0,02	0,06	0,64	0,93	
K ⁺	"	0,10	0,04	0,05	0,07	0,07	0,09	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	7,43	4,23	5,60	8,11	8,98	9,27	
Saturation en cations basiques (N)	%	80	75	58	26	69	97	
" " " (E)		100	99	100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	5,99	3,21	3,27	2,11	6,70	8,99	
CaCO ₃	%	0	0	0	0	0	0	
Matière organique	%	2,22	0,77	0,45	0,28	0,10	0,18	
Phosphore assimilable :								
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-	2,44	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	35,4	15,2	12,2	10,7	11,3	-	
=====								
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)						
Infiltration	cm/hr	6,3(0)		1,6(80)		0,1(120)		
Perméabilité : Porchet, K	cm/hr		5,6(50-80)	2,4(80-120)	0,05(120-240)			

PROFIL DE REFERENCE : KS 340

Unité supérieure de classification (FAO): Luvisol orthique

Symbole d'unité pédologique: TSz

Localisation: zone-témoin de KOULINTO

Photo: 122

Position physiographique de la station: terrasse supérieure

Pente: < 1%

Altitude: 27 m

Végétation ou utilisation du sol: savane boisée claire

Microtopographie: grandes termitières (4/ha) et assez nombreuses petites termitières

Drainage: classe 2 - drainage imparfait

Résumé: couche superficielle à texture moyennement grossière, à réaction faiblement acide sur une couche (20-85 cm) à texture fine, à réaction faiblement acide; le sous-sol à texture fine, contenant du calcaire, imperméable.

Description du profil:

- | | |
|-------------|--|
| 0 - 10 cm | Brun (10 YR 5/3) à l'état frais; limon sableux; massif; peu friable |
| 10 - 20 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec; limon sableux; massif; dur |
| 20 - 70 cm | Brun très pâle (10 YR 7/4) à l'état sec; limon argileux; massif; dur |
| 70 - 85 cm | Brun très pâle (10 YR 7/4) à l'état sec; argile; massif; dur |
| 85 - 200 cm | Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état sec; taches peu nombreuses, de dimensions moyennes; de couleur jaune rougeâtre; argile; massif; dur; assez nombreuses pierres calcaires de petites et moyennes dimensions |

Propriétés physiques et chimiques:

- l'eau utilisable estimée à : 38 mm (0 - 30 cm)
117 mm (0 - 100 cm)
- faible CEC de la couche 0 - 20 cm
- le sous-sol très peu perméable

Limitations: la fertilité du sol (la CEC de la couche superficielle)

Aptitude culturale: riz irrigué, 2Rst (2Rstd)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-10	10-20	20-70	70-85	85-200
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	20	33	15	15	13
0.2 - 0.05 mm	%	34	30	19	18	19
0.05 - 0.02 mm	%	14	13	10	13	12
0.02 - 0.002 mm	%	16	9	16	14	16
< 0.002 mm	%	13	16	39	42	41
Texture (lab.)		SL	SL	CL	C	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,59	1,40			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,78	2,79	2,72	2,64	2,68
Porosité totale	%	43	50			
Capacité au champ (lab pF 2,5)	%		12,4	18,7		20,3
Teneur en eau, pF 4.2	%		3,4	10,9		11,8
Capacité de rétention en eau	%		9,0	7,8		8,5
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr		1,74	1,16		0,16
6 hr	cm/hr		1,70	1,09		0,12
24 hr	cm/hr		1,56	0,97		0,08
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,1	5,9	6,0	6,2	7,3
pH KCl	1 : 2.5	5,1	4,3	4,4	4,4	6,2
Conductivité	1 : 5	34	15	15	14	95
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01
Al ³⁺	"	-	-	-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	2,41	2,42	3,24	3,25	1,62
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	3,52	2,52	5,07	5,71	8,89
Mg ²⁺	"	0,75	0,63	1,90	2,54	3,17
Na ⁺	"	0,07	0,09	0,13	0,29	0,65
K ⁺	"	0,12	0,10	0,11	0,12	0,13
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	7,29	5,60	11,84	11,84	11,81
Saturation en cations basiques (N)	%	61	60	61	73	100
Saturation en cations basiques (E)	%	99	99	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,49	3,38	7,24	8,68	12,85
CaCO ₃	%	-	-	-	-	+
Matière organique	%	1,52	0,62	0,25	0,16	0,12
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	5,5	4,5	2,8	9,5	-
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr					
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr	0,8(20-50)		± 0 (50-110)		

PROFIL DE REFERENCE : KS 650

Unité supérieure de classification (FAO): Acrisol ferrique

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : zone-témoin de KOULINTO

Photo : 122

Position physiographique de la station : talus d'importance secondaire , terrasse supérieure

Pente : 1,4 % en moyenne, sur un
flanc convexo-concave

Altitude : 27,7 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée dense

Microtopographie : pas de microrelief

Drainage : classe 4 - drainage normal

Résumé : la couche supérieure (0-12 cm) à texture moyennement grossière à grossière, à réaction faiblement acide; la couche sous-jacente (12-115 cm) à texture fine, à réaction fortement acide

Description du profil:

- 0 - 12 cm Brun jaunâtre foncé (10 YR 3/4) à l'état frais; limon sableux fin; massif; friable; racines assez nombreuses
- 12 - 115 cm Brun foncé (7,5 YR 4/4) à l'état frais; limon argileux; massif; ferme
- 115 - 200 cm+ Brun très pâle (10 YR 8/4) à l'état frais; taches nombreuses, de grandes dimensions, fortes, de couleur rouge; limon; massif; ferme; concrétions peu nombreuses de fer et de manganèse

Propriétés physiques et chimiques : la CEC faible; l'aluminium échangeable >1 meq (12-115 cm)
- l'eau utilisable: 27 mm (0-30 cm); 90 mm (0-100 cm)

Limitations : sol (la CEC faible; le sous-sol fortement acide), ondulations

Aptitude culturale : polyculture, 2st

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 12 cm	12 - 115 cm	115 - 200 cm	
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	23	14	14	
0.2 - 0.05 mm	%	39	24	22	
0.05 - 0.02 mm	%	16	12	13	
0.02 - 0.002 mm	%	10	10	33	
< 0.002 mm	%	7	38	14	
Texture (lab.)		FSL	CL	L	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,51	1,24		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,55	2,70	2,64	
Porosité totale	%	41	54		
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	9,4	18,6		
Teneur en eau, pF 4.2	%	3,3	11,4	11,9	
Capacité de rétention en eau	%	6,1	7,2		
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr		1,65	1,60	
6 hr	cm/hr		1,48	1,39	
24 hr	cm/hr		0,99	1,05	
Limite de liquidité	%	15	26	27	
Limite de plasticité	%	12	15	11	
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,2	5,4	5,2	
pH KCl	1 : 2.5	5,2	4,0	3,9	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	29	12	17
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	0,02	< 0,01	< 0,01	
Al 3 ⁺		--	1,04	1,95	
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,62	4,15	5,61	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	2,02	2,59	2,24	
Mg ²⁺	"	1,13	1,15	0,90	
Na ⁺	"	0,03	0,02	0,02	
K ⁺	"	0,19	0,07	0,07	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	7,01	9,15	9,15	
Saturation en cations basiques (N)	%	48	42	38	
(E)	%	99	79	66	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	3,39	4,87	5,44	
CaCO ₃	%	0,02	0,02	0,02	
Matière organique	%	1,44	0,39	0,23	
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	16,8	10,4	18,2	
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr				
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : KS 1125

Unité supérieure de classification (FAO): Acrisol ferrique

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : zone-témoin de KOULINTO

Photo : 122

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : <0,5 %

Altitude : 25 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 3 - drainage modéré

Résumé : sol à texture moyennement grossière, à réaction modérément acide avec horizons albique et argilique; sous-sol à gley

Description du profil:

- | | |
|---------------|---|
| 0 - 7 cm | Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; limon sableux fin; massif; très friable à friable; limite distincte, ondulée |
| 7 - 45 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais; limon; massif; ferme; taches peu nombreuses; racines peu nombreuses; limite diffuse |
| 45 - 75 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais; limon sablo-argileux; massif; peu collant; peu plastique; limite diffuse |
| 75 - 125 cm | Jaune brunâtre (10 YR 6/6) à l'état frais; limon sablo-argileux; concrétions de fer peu nombreuses; limite graduelle |
| 125 - 180 cm+ | Gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec avec de nombreuses taches, de dimensions moyennes, de couleur rouge; limon argileux; polyédrique subangulaire avec des cutans d'argile sur quelques surfaces pédiqes, très collant et plastique à l'état humide |

Propriétés physiques et chimiques : - la CEC et le taux de bases échangeables très faibles
- forte acidité échangeable dans le sous-sol

Limitations: fertilité du sol, ondulations

Aptitude culturale : riz irrigué, 2Rst (2Rstd).

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0-7	7-45	45-75	75-125	125-180	
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	16	16	21	23	18	
0.2 - 0.05 mm	%	36	34	34	21	22	
0.05 - 0.02 mm	%	25	21	8	12	11	
0.02 - 0.002 mm	%	14	13	12	12	10	
< 0.002 mm	%	8	11	25	30	37	
Texture (lab.)		FSL-L	L	SCL	SCL	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1.63	1.49			1.38	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2.74	2.70	2.75	2.71	2.66	
Porosité totale	%	41	45			48	
Capacité au champ	%	12.9		13.7		14.9	
Teneur en eau, pF 4.2	%	4.1		8.1		10.9	
Capacité de rétention en eau	%	8.8		5.6		4.0	
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr		1.41	1.66		1.51	
6 hr	cm/hr		1.23	1.47		1.36	
24 hr	cm/hr		0.34	0.42		1.13	
Limite de liquidité	%						
Limite de plasticité	%						
=====							
pH H ₂ O	1 : 2.5	6.5	5.4	5.3	5.4	5.8	
pH KCl	1 : 2.5	5.5	4.2	3.9	3.9	3.9	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	32	13	10	14	11
Acidité (1 N KCl) :							
H ⁺	meq/100 g	0,02	0,01	0,03	< 0,01	0,20	
Al ³⁺		-	0,35	1,73	2,66	2,56	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0.97	1.61	2.04	5.37	6.41	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :							
Ca ²⁺	"	3.09	1.13	1.31	0.78	1.14	
Mg ²⁺	"	1.47	0.78	0.65	0.37	0.49	
Na ⁺	"	0.03	0.03	0.04	0.03	0.06	
K ⁺	"	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	4.23	3.66	5.71	6.11	6.45	
Saturation en cations basiques (N)	%	100	55	36	20	39	
" (E)	%	100	85	72	32	39	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,69	2,36	3,85	3,89	4,50	
CaCO ₃	%	0.02	-	-	-	-	
Matière organique	%	1.48	0.38	0.45	0.46	0.24	
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	17,2	8,4	12,4	14,8	14,6	
=====							
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr	2,9(0)		3,4(60)		1,2(130)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr	4,5(50-60)	7,5(90-130)		7,9 (200-230)		

PROFIL DE REFERENCE : KS 1750

Unité supérieure de classification (FAO): Luvisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : zone-témoin de KOULINTO

Photo : 122

Position physiographique de la station : terrasse (L)

Pente : < 0,5 %

Altitude : 25,2 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 1 - drainage pauvre

Résumé : couche superficielle à texture moyennement grossière, à réaction fortement acide sur un sous-sol peu perméable, calcaire, coutement de l'argile plastique

Description du profil:

- | | |
|---------------|---|
| 0 - 8 cm | Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais; limon; massif; nombreuses racines; limite diffuse |
| 8 - 30 cm | Brun (10 YR 4/3) à l'état frais; limon argileux; massif; limite diffuse |
| 30 - 75 cm | Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais; nombreuses taches; limon argileux; polyédrique généralement subangulaire; très collant, plastique à l'état humide; limite abrupte |
| 75 - 126 cm | Brun (10 YR 5/3) à l'état frais; argile; polyédrique subangulaire avec des pellicules d'argile sur les surfaces pédiques; plastique à l'état humide; nombreuses concrétions à base des sesquioxydes |
| 126 - 196 cm+ | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais; argile; détails cfr. 75 - 126 cm |

Propriétés physiques et chimiques : la teneur en argile augmente avec la profondeur: de 40 % (0 - 8 cm) jusqu'à un maximum de 47 % (75 - 126 cm)
- l'eau utilisable 38 mm (0-30 cm); 112 mm (0-100 cm)

Limitations : - drainage
- faible CEC de la couche superficielle
- ondulations

Aptitude culturale : riz irrigué , 2Rstd

PROFIL DE REFERENCE : KS 1750

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0-8	8-30	30-75	75-126	126-196	
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	20	13	12	10	9	
0.2 - 0.05 mm	%	27	23	15	16	18	
0.05 - 0.02 mm	%	16	10	13	12	11	
0.02 - 0.002 mm	%	19	16	18	17	19	
< 0.002 mm	%	14	33	39	47	45	
Texture (lab.)		L	CL	CL	C	C	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1.50		1.49			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2.70	2.71	2.75	2.72	2.68	
Porosité totale	%	44		46			
Capacité au champ	%	16.5		20.1			
Teneur en eau, pF 4.2	%	5.9		12.7		13.8	
Capacité de rétention en eau	%	10.6		7.4			
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr	0.54			1,03	0.32	
6 hr	cm/hr	0.39			0,77	0.26	
24 hr	cm/hr	0.19			0,39	0.21	
Limite de liquidité	%						
Limite de plasticité	%						
=====							
pH H ₂ O	1 : 2.5	5.5	5.5	6.1	8.4	8.5	
pH KCl	1 : 2.5	4.2	3.9	4.6	7.3	7.5	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	33	15	19	129	176
Acidité (1 N KCl) :		meq/100 g					
H ⁺			0,03	0,06	0,04	0,03	0,02
Al ³⁺			0,08	0,22	-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)		"	3.54	4.23	4.19	2.74	1.71
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :		"					
Ca ²⁺ *(KCl)		"	3.16	4.82	8.59	21.4	18.10 13,02*
Mg ²⁺		"	1.82	1.97	2.48	1.58	3.20 3,04*
Na ⁺		"	0.24	0.03	0.06	0.08	0.25
K ⁺		"	0.21	0.08	0.07	0.05	0.21
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)		"	8.57	12.34	12.44	12.04	11.46
Saturation en cations basiques (N)		%	64	56	90	100	100
" " " " (E)		%	98	96	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)		m eq /100g	5,62	7,18	11,23	17,09	16,54
CaCO ₃		%	-	-	0.05	0.07	0.07
Matière organique		%	2.52	0.79	0.40	0.21	0.17
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P		-	-	-	-	18,6
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P		21,5	15,2	13,0	-	-
=====							
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr	1,0(0)		0,3(40)			
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr						

PROFIL DE REFERENCE : KS 2450

Unité supérieure de classification (FAO): Luvisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : zone-témoin de KOULINTO Photo : 120

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,5 % Altitude : 25 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : pas de microrelief

Drainage : classe 2 - drainage imparfait

Résumé : sol à texture moyennement grossière, à réaction faiblement acide, la teneur en argile augmentant avec la profondeur

Description du profil :

- | | |
|---------------|--|
| 0 - 10 cm | Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état sec; limon; massif; nombreuses racines; limite distincte régulière |
| 10 - 27 cm | Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état sec; limon argileux; massif; racines assez nombreuses; limite distincte, ondulée |
| 27 - 48 cm | Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais; limon argileux; massif; racines peu nombreuses; taches assez nombreuses, de dimensions moyennes, de couleur rouge; nombreuses pisolites de dimensions moyennes |
| 48 - 90 cm | Gris clair (10 YR 7/2) à l'état frais; limon argileux; massif; nombreuses taches, de grande grande dimensions, de couleur rouge; nombreuses pisolites |
| 90 - 157 cm | Jaune brunâtre (10 YR 6/6) à l'état frais; argile; massif; taches peu nombreuses de couleur rouge; peu nombreuses pisolites |
| 157 - 200 cm+ | Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état frais; argile; massif; quelques grandes concrétions de carbonate de calcium |

Propriétés physiques et chimiques : Sous-sol peu perméable gleyifié à 48-90 cm; bonne fertilité du sol, capacité de rétention d'eau estimée à 39 mm (0-30 cm) et à 144 mm (0-100 cm)

Limitations : aucune pour le riz irrigué

Aptitude culturale : riz irrigué, IR (2Rstd)

PROFIL DE REFERENCE : KS 2450

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0-10	10-27	27-48	48-90	90-157	157-200
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	17	17	15	26	14	12
0.2 - 0.05 mm	%	28	23	15	15	16	16
0.05 - 0.02 mm	%	24	14	11	10	11	13
0.02 - 0.002 mm	%	20	14	16	13	15	14
< 0.002 mm	%	12	30	39	34	41	43
Texture (lab.)		L	CL	CL	CL	C	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,37	(1,6)	1,75	(1,7)		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,66		2,89	2,90	2,85	
Porosité totale	%	48		39			
Capacité au champ	%	17,6	18,7		19,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	9,5	(10,0)		10,7		12,6
Capacité de rétention en eau	%	8,1	8,7		8,8		
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr		2,61		1,26		0,47
6 hr	cm/hr		2,27		1,06		0,34
24 hr	cm/hr		1,03		0,55		0,30
Limite de liquidité	%						
Limite de plasticité	%						
=====							
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,3	6,4	6,5	6,4	6,6	8,5
pH KCl	1 : 2.5	5,5	5,1	5,4	5,6	5,1	7,4
Conductivité	1 : 5	44	18	24	19	17	25
Acidité (1 N KCl) :							
H ⁺	meq/100 g	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Al 3 ⁺		-	-	-	-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	3,22	4,20	4,08	2,44	3,35	2,50
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :							
Ca ²⁺ (KCl)	"	7,31	5,48	5,61	4,57	8,49	14,9
Mg ²⁺	"	1,11	1,60	1,17	1,17	0,95	1,93
Na ⁺	"	0,03	0,05	0,03	0,03	0,12	0,12
K ⁺	"	0,12	0,09	0,09	0,10	0,16	0,18
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	12,05	9,14	11,20	9,01	14,01	15,85
Saturation en cations basiques (N)	%	71	79	62	65	69	100
" " " " (E)		100	100	100	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	8,59	7,25	6,92	5,88	13,08	16,9
CaCO ₃	%	0,02	0,02	<0,02	0,02	0,02	0,05
Matière organique	%	2,5	0,6	0,34	0,17	0,09	0,08
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	2,51	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	15,0	17,0	8,8	10,8	-	-
=====							
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr	2,8(0)			0,2(40)		
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr						

PROFIL DE REFERENCE : KS 2850

Unité supérieure de classification (FAO): Acrisol ferrique

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : zone-témoin de KOULINTO

Photo : 120

Position physiographique de la station : talus , près de la limite de la terrasse supérieure

Pente : < 1 %

Altitude : 25 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée dense

Microtopographie : quelques grandes termitières

Drainage : classe 4 - drainage normal

Résumé : sol à texture moyennement grossière, à réaction acide, lessivé

Description du profil:

- 0 - 10 cm Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état sec; limon sableux fin; massif; dur; limite distincte ondulée
- 10 - 35 cm Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec; limon sablo-argileux; massif; dur; limite distincte ondulée
- 35 - 125 cm Brun très pâle (10 YR 7/3) à l'état sec; taches assez nombreuses, de grandes dimensions, de couleur rouge jaunâtre; limon sablo-argileux; massif; limite diffuse
- 125 - 200 cm+ Gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec; nombreuses taches de grandes dimensions, de couleur rouge jaunâtre; pisolites peu nombreuses

Propriétés physiques et chimiques : - la teneur en argile augmente de 6 % (0-10 cm) jusqu'à 35 % (125-200 cm)
- faible taux de saturation en bases dans tout le profil

Limitations: la CEC et la teneur en bases échangeables faibles, en particulier très faible teneur en potassium assimilable; sol modérément à fortement acide
l'eau utilisable: 33 mm (0-30 cm); 124 mm (0-100 cm)

Aptitude culturale : sol irrigable 2s, mais la crête couvre une zone relativement petite et est comprise dans l'unité cartographique 2 Rstd (la crête bien drainée peut être utilisée pour une route d'accès)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 10 cm	10 - 35 cm	35 - 125 cm	125 - 200 cm	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	29	26	22	21	
0.2 - 0.05 mm	%	36	30	25	24	
0.05 - 0.02 mm	%	14	13	12	11	
0.02 - 0.002 mm	%	13	9	11	10	
< 0.002 mm	%	6	20	30	33	
Texture (lab.)		FSL	SCL	SCL	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,59	1,49	(1,5)		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,56	2,59	2,70	2,72	
Porosité totale	%	38	42			
Capacité au champ	%	10,5	12,3	17,8		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,9	5,2	9,7		
Capacité de rétention en eau	%	7,6	7,1	8,1		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr		1,08		1,81	
6 hr	cm/hr		0,89		1,66	
24 hr	cm/hr		0,50		0,81	
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,8	5,5	5,2	5,5	
pH KCl	1 : 2.5	4,3	4,4	3,8	3,9	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	27	21	15	12
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,03	0,05	0,01	0,01	
Al 3 ⁺		-	0,38	0,88	1,08	
Acidité totale (pH 8.0)	"	3,2	3,2	4,8	4,0	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	2,12	1,97	1,97	1,88	
Mg ²⁺	"	0,72	0,80	0,99	0,91	
Na ⁺	"	0,02	0,02	0,03	0,04	
K ⁺	"	0,06	0,06	0,04	0,05	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	7,96	8,73	11,50	9,35	
Saturation en cations basiques (N)	%	42	44	29	33	
" " " (E)	%	99	87	77	73	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	2,95	3,28	3,90	3,95	
CaCO ₃	%	-	-	-	-	
Matière organique	%	1,61	0,44	0,34	0,20	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	18,6	17,6	16,0	15,1	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr					
Perméabilité : Porchet, K	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : KS 3300

Unité supérieure de classification (FAO): Luvisol gleyique

Symbol d'unité pédologique : T1a

Localisation : zone-témoin de KOULINTO Photo : 120

Position physiographique de la station : terrasse inférieure

Pente : < 0,1 % Altitude : 23,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 2 - drainage imparfait

Résumé : couche superficielle à texture moyennement grossière, à réaction faiblement acide sur un sous-sol à texture fine, à réaction faiblement acide, à gley, peu perméable

Description du profil:

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 10 cm | Brun très foncé (10 YR 2/2) à l'état frais et brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état sec; limon sableux fin; massif; compact, dur |
| 10 - 60 cm | Brun jaunâtre (10 YR 5/6) à l'état frais; taches assez nombreuses, de couleur rouge; limon argileux; massif; compact; peu collant |
| 60 - 125 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; limon; polyédrique subangulaire avec d'assez nombreuses pellicules d'argile grises sur les faces des éléments pédiques; dur à l'état sec, collant et très plastique à l'état humide; concrétions de fer et de manganèse devenant plus nombreuses avec la profondeur |
| 125 - 190 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; limon argileux; fortement polyédrique subangulaire avec de nombreuses pellicules d'argile sur les faces des éléments pédiques; dur à l'état sec, très collant et plastique à l'état humide; très peu perméable; assez nombreuses concrétions de fer et de manganèse |

Propriétés physiques et chimiques : l'eau utilisable : 44 mm (0 - 30 cm)
144 mm (0 - 100 cm)

Limitations : drainage, ondulations

Aptitude culturale : riz irrigué, 2 Rtd.

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 10	10 - 60	60 - 125	125 - 190
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	20	14	21	14
0.2 - 0.05 mm	%	42	22	23	20
0.05 - 0.02 mm	%	17	14	18	17
0.02 - 0.002 mm	%	9	15	12	16
< 0.002 mm	%	8	34	26	38
Texture (lab.)		FSL	CL	L	CL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,48	1,48	1,63	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,59	2,63	2,70	2,61
Porosité totale	%	43	44	40	
Capacité au champ	%	15,9	19,4	16,9	
Teneur en eau, pF 4.2	%	(4,2)	10,3	8,4	11,8
Capacité de rétention en eau	%	11,7	9,1	8,5	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr		1,56	0,85	0,00
6 hr	cm/hr		1,40	0,70	0,00
24 hr	cm/hr		0,95	0,55	0,00
Limite de liquidité	%	15	24	20	21
Limite de plasticité	%	13	13	10	12
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,1	6,0	6,2	6,6
pH KCl	1 : 2.5	4,9	4,4	4,7	4,7
Conductivité	1 : 5	45	31	15	31
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	0,80	3,28	3,26	2,47
Al ³⁺	"	-	-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	3,28	3,26	2,47
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	2,50	5,12	5,73	10,30
Mg ²⁺	"	0,62	1,79	1,91	1,29
Na ⁺	"	0,21	0,05	0,08	0,42
K ⁺	"	0,18	0,06	0,09	0,13
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	4,50	11,93	13,01	20,57
Saturation en cations basiques (N)	%	78	59	60	59
" " " (E)	%	100	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq / 100g	3,53	7,04	7,82	12,14
CaCO ₃	%	0	0	0	0
Matière organique	%	0,90	0,38	0,15	0,09
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	17,3	16,0	16,4	-
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	2,6(0)	0,4(40)	0,2(80)	
Perméabilité : Porchet, K	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE: KS 4610

Unité supérieure de classification (FAO): Gleysol dystrique

Symbole d'unité pédologique: T1a

Localisation: zone-témoin de KOULINTO

Photo: 120

Position physiographique de la station: terrasse légèrement en pente (N)

Pente: 0,24%

Altitude: 21,5 m

Végétation ou utilisation du sol: Savane arborée à
TERMINALIA MACROPTERA

Microtopographie: pas de microrelief

Drainage: classe 1 - drainage pauvre

Résumé: couche superficielle (0 - 34 cm) à texture moyennement grossière, à réaction modérément acide au dessus d'une couche (34 - 66 cm) à texture fine, à réaction très fortement acide; le sous-sol constitué d'argile, induré, peu perméable; propriétés hydromorphes dans tout le profil.

Description du profil:

- | | |
|-------------|---|
| 0 - 8 cm | Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état sec; limon argileux; faiblement granulaire fine et moyenne; limite distincte ondulée |
| 8 - 34 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec; taches peu nombreuses, fines, vagues, de couleur brun intense; limon argilo-sableux; faiblement granulaire; limite graduelle ondulée |
| 34 - 66 cm | Gris-rose (7,5 YR 6/3) à l'état frais; taches nombreuses, fines, vagues, de couleur rouge et gris; limon argileux; massif; pisolites irrégulières peu nombreuses |
| 66 - 200 cm | Gris clair (10 YR 7/1) à l'état frais; taches peu nombreuses, de dimension moyenne de couleur rouge intense ou de dimension fine et de couleur noire; argile; massif; très dur à l'état sec, plastique, faiblement collant à l'état humide; pisolites peu nombreux, irréguliers (66 - 120 cm) |

Propriétés physiques et chimiques: - la couche superficielle à réaction faiblement acide, perméable, avec une teneur en matière organique élevée et la CEC élevée

Limitations: drainage à l'altitude de 21,5 m; toxicité due à l'aluminium pour les cultures autres que le riz irrigué; danger potentiel d'inondation

Aptitude culturale: riz irrigué sous condition de rentabilité du drainage de surface et de la protection contre les inondations (6stdf)

PROFIL DE REFERENCE KS 4610

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 8	8 - 34	34 - 66	66 - 120
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	5	36	16	17
0.2 - 0.05 mm	%	19	20	20	13
0.05 - 0.02 mm	%	15	8	10	7
0.02 - 0.002 mm	%	27	11	18	14
< 0.002 mm	%	32	25	37	45
Texture (lab.)		CL	SCL	CL	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,22	1,1	1,2	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,56	2,67	2,55	2,45
Porosité totale	%	52	59	53	
Capacité au champ	%	26,9	36,2	25,4	
Teneur en eau, pF 4.2	%	10,5	8,6	11,8	
Capacité de rétention en eau	%	16,4	27,6	13,6	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr		1,09	1,80	2,64
6 hr	cm/hr		0,84	1,50	2,03
24 hr	cm/hr		0,32	1,20	1,08
Limite de liquidité	%	32	19	26	36
Limite de plasticité	%	15	12	14	21
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,2	5,4	5,0	5,2
pH KCl	1 : 2.5	4,8	3,8	3,80	3,80
Conductivité	1 : 5	μS. cm	32	10	17
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al 3 +		< 0,01	1,12	2,44	1,57
Acidité totale (pH 8.0)	"	6,55	4,87	8,16	12,47
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	12,15	3,17	1,91	6,49
Mg ²⁺	"	3,84	0,63	0,64	1,30
Na +	"	0,04	0,04	0,03	0,06
K +	"	0,25	0,07	0,04	0,10
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	23,54	14,41	16,50	32,72
Saturation en cations basiques (E)	%	100	78	52	84
" " " " (N)	%	69	27	16	24
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	16,31	5,03	5,06	4,52
CaCO ₃	%	-	-	-	-
Matière organique	%	3,96			
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	7,9	6,7	6,3	6,0
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	2,2 (0)	2,0 (20)	1,1 (40)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr				3,9 (70-100) 0,5 (100-180)

PROFIL DE REFERENCE : KS 4750 (200 N)

Unité supérieure de classification (FAO): Vertisol chromique

Symbole d'unité pédologique : Vg

Localisation : zone-témoin de KOULINTO

Photo : 120

Position physiographique de la station : zone centrale d'inondation

Pente : 0,1 %

Altitude : 21 m

Végétation ou utilisation du sol : savane herbeuse avec de petits arbres dispersés (-)

Microtopographie : gilgai prononcé; amplitude verticale jusqu'à 75 cm; crevasses pendant la saison sèche de > 1 cm de largeur à la profondeur de 50 cm

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; inondations intermittentes

Résumé : sol à texture fine, à réaction modérément acide, contenant de l'argile gonflante; sous-sol très peu perméable; gley dans tout le profil

Description du profil:

- | | |
|---------------|---|
| 0 - 15 cm | Brun (10 YR 5/3) à l'état frais; taches assez nombreuses, fines, de couleur brun intense argile; moyennement granulaire fine; friable; nombreuses racines; limite irrégulière |
| 15 - 55 cm | Brun grisâtre (2,5 Y 5/1) à l'état frais; taches nombreuses, de dimension moyenne, de couleur brun intense; argile; moyennement granulaire fine; friable; racines assez nombreuse; limite irrégulière |
| 55 - 115 cm | Brun grisâtre (2,5 Y 5/2) à l'état frais; taches peu nombreuses, fines, de couleur brun intense; argile; moyennement polyédrique angulaire très grossière; collant, plastique; limite diffuse |
| 115 - 200 cm+ | Brun grisâtre (2,5 Y 5/2 - 5/3) à l'état frais; argile; moyennement polyédrique angulaire grossière; induré; collant, plastique; quelques concrétions de carbonate de calcium irrégulières; parfois poches de sable |

Propriétés physiques et chimiques : - l'eau utilisable : 42 mm (0 - 30 cm)
128 mm (0 - 100 cm)

- sous-sol très peu perméable
- la CEC très élevée (environ 45 mval/100 g d'argile), idem pour la teneur en bases échangeables
- la teneur en argile très élevée (environ 60 %) dans tout le profil

Limitations : microrelief, drainage, sol (gonflement)

Aptitude culturale : non irrigable, 6stdf.

PROFIL DE REFERENCE KS 4750 (200 N)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 15	15 - 55	50 - 115	115 - 200	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	16	12	11	13	
0.2 - 0.05 mm	%	10	9	9	9	
0.05 - 0.02 mm	%	4	5	5	4	
0.02 - 0.002 mm	%	10	11	12	13	
< 0.002 mm	%	59	63	62	61	
Texture (lab.)		C	C	C	C	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,27	1,41	(1,5)		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,55	2,56	2,69	2,64	
Porosité totale	%	50	45			
Capacité au champ	%	27,4	25,9	(26,0)		
Teneur en eau, pF 4.2	%	(16,0)	16,5	18,1	17,8	
Capacité de rétention en eau	%	11,4	9,4	7,9		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr		0,89	0,12	0,27	
6 hr	cm/hr		0,78	0,09	0,21	
24 hr	cm/hr		0,27	0,04	0,09	
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,5	6,2	7,1	7,9	
pH KCl	1 : 2.5	4,4	4,9	5,8	6,9	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	15	25	48	96
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	0,03	0,02	< 0,01	0,01	
A1 3 +	"	0,13	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	5,87	4,99	3,34	2,50	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	11,80	16,25	18,28	20,19	
Mg ²⁺	"	2,62	1,95	3,26	3,26	
Na +	"	0,06	0,34	0,07	0,14	
K +	"	1,11	0,12	0,07	0,15	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	27,14	27,57	29,48	23,52	
Saturation en cations basiques (N)	%	57	68	74	100	
Saturation en cations basiques (E)	%	99	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	14,74	18,43	21,68	23,68	
CaCO ₃	%	0	0	0	+	
Matière organique	%	1,15	0,43	0,37	0,33	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	6,9	5,8	-	-	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	3,8(0)		0(55)		
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : NP 1

Unité supérieure de classification (FAO): Acrisol ferrique

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : 1,8 km à l'ouest de
POULA PISSAN

Photo : 74

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : 0,1 %

Altitude : 29 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée

Microtopographie : grandes termitières dispersées (2/ha), quelques petites et moyennes termitières

Drainage : classe 2 - drainage imparfait ; inondations saisonnières

Résumé : sol à texture moyennement grossière, à réaction modérément acide au dessus d'un sous-sol (88 - 140 cm) à texture fine, à réaction modérément alcaline (calcaire), avec de très nombreuses taches, très peu perméable

Description du profil :

- 0 - 12 cm Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais et gris brunâtre foncé (10 YR 6/2) à l'état sec; limon sableux à limon; faiblement polyédrique subangulaire moyenne et granulaire moyenne; dur; racines assez nombreuses; limite ondulée diffuse
- 12 - 50 cm Brun (10 YR 5/3) à l'état frais et gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec; taches peu nombreuses, fines, vagues, de couleur brun jaunâtre; limon argileux; massif; dur; quelques racines; rares pisolites; limite ondulée diffuse
- 55 - 88 cm Gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec; taches assez nombreuses, fines et moyennes, distinctes, de couleur brun rougeâtre; horizon brun clair (7,5 YR 6/4) à l'état frais et nettoyé; limon argileux; faiblement polyédrique très grossière ou prismatique; pellicules d'argile très distinctes sur les faces pédiques; très dur; rares racines; poreux; limite abrupte ondulée
- 88 - 140 cm+ Jaune brunâtre (10 YR 6/6) à l'état sec; taches nombreuses, de grandes dimensions, distinctes ou assez nombreuses, de dimensions moyennes, d'un noir prononcé (Mn); horizon brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais et nettoyé; limon argileux; structure comme 50-88 cm, mais les pellicules d'argile sont moins développées, extrêmement dur; compact; pisolites peu nombreux (2-4 mm de diamètre); nodules de carbonate de calcium peu nombreux, irréguliers

Propriétés physiques et chimiques : - les horizons modérément acides ont une CEC faible
- le sous-sol (88-140 cm+) est calcaire, a une CEC relativement élevée et est très peu perméable
- l'eau utilisable 49 mm (0-30 cm); 141 mm (0-100 cm).

Limitations : Drainage, microtopographie

Aptitude culturale : riz irrigué, 2 Rtd

PROFIL DE REFERENCE NP 1

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-12	12-50	50-88	88-140	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	17	17	21	19	
0.2 - 0.05 mm	%	33	25	22	20	
0.05 - 0.02 mm	%	16	13	13	12	
0.02 - 0.002 mm	%	20	13	10	13	
< 0.002 mm	%	10	33	31	35	
Texture (lab.)		SL-L	CL	CL	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,68	1,70		1,85	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,59	2,64	2,66	2,60	
Porosité totale	%	35	36		29	
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	15,9	16,8			
Teneur en eau, pF 4.2	%	3,6	9,0			
Capacité de rétention en eau	%	12,3	7,8			
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	1,01	1,48			
6 hr	cm/hr	0,80	1,41			
24 hr	cm/hr	0,43	0,78			
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,9	6,3	5,8	8,1	
pH KCl	1 : 2.5	4,9	5,7	3,7	7,5	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	45	32	12	155
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,04	< 0,01	0,06	0,04	
Al ³⁺		-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,61	3,25	4,87	1,62	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	3,14	5,40	2,54	14,90 *9,13	
Mg ²⁺	"	1,25	1,90	1,27	4,11 *0,51	
Na ⁺	"	0,04	0,08	0,08	0,15	
K ⁺	"	0,12	0,06	0,05	0,07	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	5,94	12,47	9,01	16,61	
Saturation en cations basiques (N)	%	76	60	44	100	
Saturation en cations basiques (E)	%	99	100	99	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,57	7,44	4,00	9,90	
CaCO ₃	%	-	-	-	++	
Matière organique	%	2,4	0,4	0,2	0,1	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	7,8	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	13,9	6,0	5,0	-	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	2.0 (0)	0,8 (30)		0,1 (100)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr		1,5 (40-100)		0,2 (100 -150)	
					0,1(150-200)	

PROFIL DE REFERENCE : NP 2

Unité supérieure de classification (FAO) : Luvisol ferrique (Lf)

Symbole d'unité pédologique : Pp

Localisation : 1,1 km au nord-ouest de TEYEL Photo : 124

Position physiographique de la station : plateau, voisin d'une pente colluviale

Pente : 0,25 % Altitude : 32 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée dense

Microtopographie : régulière

Drainage : Classe 3 - drainage modéré

Résumé : couche superficielle du sol (0 - 45 cm) à texture grossière, à réaction neutre à légèrement acide sur un sous-sol (45 - 120 cm) à texture moyennement grossière et à réaction légèrement acide ; très perméable dans tout le profil.

Description du profil :

0 - 15 cm	Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais et brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec ; limon sableux fin ; massif ; mais à structure grumeleuse, racines assez nombreuses jusqu'à 120 cm, avec passages à termites ; dur, limite ondulée.
15 - 45 cm	Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais et brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec ; taches et concrétions de couleur rouge jaunâtre peu nombreuses, de taille moyenne et distinctes, limon sableux fin, structure et consistance identiques à celles de 0 - 15 cm.
45 - 120 cm	Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais ; et gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec, limon sableux à limon argilo-sableux ; structure et consistance identiques à celles de 0 - 15 et de 15 - 45 cm ; (présence d') argillanes dans les pores.
120 - 200 cm	Gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec ; taches assez nombreuses, grossières, vagues, de couleur brun intense ; limon sableux ; massif ; dur ; nodules de fer et de manganèse peu nombreux (Fe/Mn < 5 mm)

Propriétés physiques et chimiques : La capacité d'échange cationique est faible (CEC) ; la teneur en argile augmente avec la profondeur jusqu'à un maximum de 20 % (45 - 120 cm), la capacité de rétention d'eau est de 35 mm (0 - 30 cm) et de 100 mm (0 - 100 cm).

Limitations : fertilité du sol (faible CEC) ; quelque dégradation du sol et nécessité d'un nivellement à prévoir à la suite du défrichage.

Aptitude culturale : polyculture 2s

PROFIL DE REFERENCE NP 2

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 15	15 - 45	45 - 120	120 - 200	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	30	30	31	42	
0.2 - 0.05 mm	%	33	37	30	25	
0.05 - 0.02 mm	%	12	14	11	9	
0.02 - 0.002 mm	%	17	9	7	6	
< 0.002 mm	%	6	10	20	17	
Texture (lab.)		FSL	FSL	SL-SCL	SL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,51	1,56	1,59		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,56	2,58	2,58	2,55	
Porosité totale	%	41	40	38		
Capacité au champ	%	10,1	11,7	11,7		
Teneur en eau, pF 4.2	%	3,3	3,5	6,4		
Capacité de rétention en eau	%	6,8	8,2	5,3		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	1,34	1,28	1,97		
6 hr	cm/hr	0,98	1,03	1,90		
24 hr	cm/hr	0,39	0,65	1,31		
Limite de liquidité	%	15	14	17	15	
Limite de plasticité	%	11	10	9	11	
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,8	6,3	6,1	6,0	
pH KCl	1 : 2.5	5,9	4,7	4,2	4,6	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	23	32	14	19
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,01	0,01	0,01	
Al 3 ⁺		-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	0,80	1,61	0,80	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	3,77	1,89	1,88	1,25	
Mg ²⁺	"	1,26	1,26	0,63	1,25	
Na ⁺	"	0,05	0,08	0,04	0,02	
K ⁺	"	0,18	0,13	0,16	0,07	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	5,48	4,58	5,03	3,65	
Saturation en cations basiques (N)	%	96	73	63	76	
" " " basiques (E)	%	100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	5,24	3,37	2,73	2,60	
CaCO ₃	%	négatif	négatif	negatif	négatif	
Matière organique	%	1,8	0,4	0,2	0,2	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	7,8	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	-	10,9	5,0	6,5	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	6,0(0)	8,0(30)	4,0(100)		
Perméabilité : Porchet, K	cm/hr			5,0(90-120)	9,0 (170-200)	

7,5
(250-280)

PROFIL DE REFERENCE : NP 3

Unité supérieure de classification (FAO) Gleysol dystrique (Gd)

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : 1,2 km à l'ouest de Dialakégni Photo : 104

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,20 % Altitude : 27 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée

Microtopographie : quelques grandes termitières (3/ha)

Drainage : classe 2 - drainage imparfait, sol inondé pendant plusieurs mois de l'année, nappe phréatique le 21.04.1979 à 2,25 m en dessous de la surface du sol.

Résumé : Couche superficielle du sol à texture moyenne et à réaction légèrement acide au dessus d'une couche (22 - 100 cm) tachetée et à texture moyenne et à réaction modérément acide ; le sous-sol est compact, très peu perméable et à texture moyenne et extrêmement dur à l'état sec.

Description du profil :

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 22 cm | Gris foncé (10 YR 4/1) à l'état frais ; gris à gris clair à l'état sec (10 YR 6/1) ; limon sableux ; massif ; dur ; poreux ; limite diffuse, ondulée. |
| 22 - 76 cm | Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais ; blanc (10 YR 8/2) à l'état sec, taches peu nombreuses, fines à moyennes, vagues et de couleur rouge jaunâtre ; quelques rares tâches noires (manganèse) ; limon argilo-sableux ; structure faiblement polyédrique, grossière, angulaire ; dur, poreux ; limite diffuse et ondulée. |
| 76 - 100 cm | Jaune (10 YR 7/6) à l'état frais, blanc (10 YR 8/2) à l'état sec, taches assez nombreuses, moyennes, distinctes, de couleur rouge jaunâtre ; limon sableux ; massif ; dur, poreux ; limite abrupte et ondulée. |
| 100 - 200 cm | Blanc (10 YR 8/2) à l'état sec ; taches assez nombreuses, fines et moyennes, distinctes et de couleur rouge jaunâtre ; horizon brun très pâle (10 YR 7/4) à l'état frais et nettoyé ; limon argilo-sableux ; massif ; extrêmement dur ; compact ; quelques concrétions noires (manganèse) (<1 cm de diamètre) |

Propriétés physiques et chimiques : - l'horizon à 76 - 100 cm de profondeur a une texture qui contraste avec celle de la couche supérieure et inférieure, probablement à cause de la chronologie des dépôts ;
- très basse CEC au niveau de la couche superficielle et taux de bases échangeable très faible. Faible infiltration de surface et très faible perméabilité du sub-stratum (200 - 300 cm), très basse teneur en matière organique de la couche superficielle - capacité de rétention d'eau estimée à 41 mm (0 - 30 cm) et à 137 mm (0 - 100 cm)

Limitations : Fertilité (passablement arable) ; microtopographie, drainage.

Aptitude culturale : riz irrigué 2 Rstd

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-22	22 - 76	76 - 100	100 - 200	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	26	22	41	28	
0.2 - 0.05 mm	%	32	27	30	27	
0.05 - 0.02 mm	%	21	12	8	11	
0.02 - 0.002 mm	%	16	14	7	8	
< 0.002 mm	%	8	25	12	22	
Texture (lab.)		SL	SCL	SL	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,63	1,53	1,75		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,54	2,63	2,66	2,54	
Porosité totale	%	36	42	34		
Capacité au champ	%	11,2	15,5	11,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,8	6,5	3,7		
Capacité de rétention en eau	%	8,4	9,0	7,8		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	0,59	1,43	1,80		
6 hr	cm/hr	0,52	1,40	1,80		
24 hr	cm/hr	0,29	1,05	1,21		
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,4	5,6	5,8	6,4	
pH KCl	1 : 2.5	5,4	3,8	4,2	3,8	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	22	21	20	40
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	0,01	0,01	0,01	0,02	
Al 3 +		-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,81	4,06	1,62	2,42	
Cations échange(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	1,88	1,90	0,75	3,11	
Mg ²⁺	"	0,63	0,62	0,50	1,87	
Na +	"	0,03	0,05	0,09	0,94	
K +	"	0,17	0,06	0,05	0,06	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	3,20	8,08	3,68	7,35	
Saturation en cations basiques(N)	%	75	33	38	81	
" " " " (E)		100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	2,72	2,63	1,49	6,00	
CaCO ₃	%	0	-	-	-	
Matière organique	%	0,8	0,3	0,1	0,1	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	5,0	4,9	7,0	11,0	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	0,7(0)	0,2(30)	1,5(90)	3,5
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr				(60-100)
		0,35(100-200)	0,03 (200-300)		

PROFIL DE REFERENCE : NP 4

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol dystrique

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : 1,4 km au sud-ouest de la vieille route de Vélingara-Koukané,
en direction de l'emplacement du village abandonné de Toungouel

Photo : 98

Position physiographique de la station : terrasse inférieure

Pente : < 0,2 %

Altitude : 24,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée

Microtopographie : légères ondulations ; grandes termitières assez nombreuses (3/ha)

Drainage : classe 2 ; drainage imparfait ; sol inondé pendant plusieurs mois de l'année

Résumé : couche superficielle à réaction fortement acide et à texture fine ; au dessus d'un sous-sol à gley, à réaction fortement acide et à texture fine ; sub-strata (170-320 cm) très peu perméables.

Description du profil :

- 0 - 18 cm Gris foncé (10 YR 4/1) à l'état frais ; brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec, quelques taches moyennes, vagues et de couleur rouge jaunâtre ; limon argileux, structure faiblement polyédrique, subangulaire moyenne ; très dur ; racines assez nombreuses ; limite graduelle régulière.
- 18 - 48 cm Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais ; gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec, taches et concrétions prononcées de fer et de manganèse assez nombreuses, fines et moyennes ; argile ; structure très faiblement polyédrique, angulaire grossière ; très dur ; racines rares, limite diffuse.
- 48 - 100 cm Comme 18 - 48 cm, mais massif, extrêmement dur et sans racines.
- 100 - 165 cm Gris clair (10 YR 7/1 - 7/2) à l'état sec, taches assez nombreuses, moyennes et prononcées, de couleur rouge ; horizon brun clair (7,5 YR 6/4) à l'état frais et nettoyé ; argile ; massif ; extrêmement dur ; concrétions de fer et de manganèse assez nombreuses.

Propriétés physiques et chimiques : haute teneur en argile mais l'argile a une faible capacité d'échange (la capacité d'échange cationique à pH 7,0 = 19 milliéquivalents/100 g d'argile) à 100-165 cm ; fortement acide - Capacité de rétention d'eau estimée à 41 mm (0 - 30 cm) et à 130 mm (0 - 100 cm)

Limitations : microrelief ; drainage (d'eau) de surface

Aptitude culturale : riz irrigué, 2 Rtd

PROFIL DE REFERENCE NP 4

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 18	18 - 48	48 - 100	100 - 165
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	13	10	21	23
0.2 - 0.05 mm	%	20	16	19	12
0.05 - 0.02 mm	%	18	8	11	18
0.02 - 0.002 mm	%	16	13	10	9
< 0.002 mm	%	33	49	36	36
Texture (lab.)		CL	C	CL	CL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,39	1,29	1,52	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,41	2,50	2,68	2,68
Porosité totale	%	42	48	43	
Capacité au champ	%	20,0	22,0	19,1	
Teneur en eau, pF 4.2	%	9,9	13,4	10,4	
Capacité de rétention en eau	%				
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	1,27	5,34	2,46	
6 hr	cm/hr	0,79	3,97	1,35	
24 hr	cm/hr	0,67	2,16	0,75	
Limite de liquidité	%				
Limite de plasticité	%				
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,4	5,2	5,0	5,4
pH KCl	1 : 2.5	4,0	3,6	3,6	3,6
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	30	10	15
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	0,02	0,01	0,01	0,01
Al 3 +		-	-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	6,45	7,30	5,67	3 ,23
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	5,58	3,64	2,49	2,49
Mg ²⁺	"	0,62	0,62	0,62	0,62
Na +	"	0,13	0,16	0,19	0,32
K +	"	0,46	0,47	0,47	0,51
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	9,48	9,97	8,65	6,91
Saturation en cations basiques (N)	%	72	49	44	57
Saturation en cations basiques (E)		100	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	6,81	4,90	3,77	3,92
CaCO ₃	%	-	-	-	-
Matière organique	%	1,4	0,7	0,4	0,1
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	11,7	-	-	8,7
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	-	3,5	3,3	-

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
Infiltration	cm/hr	1,6 (0)	1,5 (30)	1,2 (110)
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr		2,2 (70-150)	0,06 (170-320)

PROFIL DE REFERENCE : NP 5

Unité supérieure de classification (FAO) : Ferrasol orthique (Fo)

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : 1,6 km à l'est de Koulinto Photo : 122

Position physiographique de la station : Terrasse supérieure

Pente : 0,5 % Altitude : 29,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : quelques termitières de dimensions moyennes (3/ha) ;
légères ondulations.

Drainage : Classe 3, drainage modéré

Résumé : Couche superficielle à texture moyenne, à réaction légèrement acide, au-dessus
d'un sol à texture moyenne et à réaction fortement acide (15 - 40 cm); perméable
dans tout le profil.

Description du profil :

- 0 - 15 cm Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais ; brun grisâtre (10 YR 5/2)
à l'état sec ; limon sableux ; massif ; dur, racines assez nombreuses (0-80 cm) ;
passages assez nombreux et grands (0 - 80 cm) ; limite ondulée distincte.
- 15 - 40 cm Brun (10 YR 5/3) à l'état frais, brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec ; limoneux ; structure
faiblement polyédrique angulaire grossière ; dur, très poreux ; limite diffuse.
- 40 - 80 cm Brun (10 YR 5/3) à l'état frais ; brun très pâle (10 YR 7/3) à l'état sec ; limon
argileux ; autrement, comme 15 - 40 cm.
- 80 - 200 cm Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais ; gris clair (10 YR 7/2) à l'état
sec ; quelques taches fines et moyennes, et distinctes de couleur rouge jaunâtre ;
limon argileux ; massif ; dur ; quelques concrétions de fer et de manganèse ; poreux.

Propriétés physiques et chimiques : augmentation constante de la teneur en argile avec la profondeur ;
très fortement acide en dessous de 40 cm avec 0,6 meq/100 g
d'aluminium absorbé à 80 - 155 cm ; CEC faible, surtout en dessous
de l'horizon supérieur.

capacité de rétention d'eau estimée à 33 mm (0 - 30 cm) et à
115 mm (0 - 100 cm)

Limitations : Fertilité du sol (CEC faible, faible phosphate assimilable);microrelief

Aptitude culturale : polyculture, 2 st

PROFIL DE REFERENCE NP 5

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0 - 15	15 - 40	40 - 80	80 - 155	155 - 200	
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	20	19	19	15	20	
0.2 - 0.05 mm	%	33	31	23	21	22	
0.05 - 0.02 mm	%	18	17	13	10	12	
0.02 - 0.002 mm	%	17	16	12	20	10	
< 0.002 mm	%	11	15	30	32	34	
Texture (lab.)		SL	L	CL	CL	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,51	1,51	(1,4)	1,39	-	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,45	2,50	2,51	2,48	2,43	
Porosité totale	%	38	40		44		
Capacité au champ	%	12,4	15,9	18,1	19,6		
Teneur en eau, pF 4.2	%	4,1	9,6	9,6	(11,5)		
Capacité de rétention en eau	%	8,3	6,3	8,5	9,1		
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr	0,83	0,94	0,94			
6 hr	cm/hr	0,72	0,83	0,83			
24 hr	cm/hr	0,55	0,62	0,62			
Limite de liquidité	%	18	15	19	25	28	
Limite de plasticité	%	13	11	7	10	14	
=====							
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,2	5,1	4,9	4,4	4,2	
pH KCl	1 : 2.5	4,7	3,6	3,1	2,7	2,6	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	27	18	42	35	29
Acidité (1 N KCl) :							
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	
Al ³⁺	"	-	0,14	0,19	0,63	0,65	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :	"						
Ca ²⁺	"	5,01	1,88	2,51	1,25	1,25	
Mg ²⁺	"	0,64	0,63	1,25	0,63	1,26	
Na ⁺	"	0,10	0,11	0,14	0,14	0,09	
K ⁺	"	0,47	0,45	0,48	0,50	0,18	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	6,19	3,70	5,37	3,86	6,04	
Saturation en cations basiques (N)	%	100	83	82	65	46	
" " " (E)	"	100	89	96	80	81	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	6,23	3,23	4,58	3,15	3,44	
CaCO ₃	%	-	-	-	-	-	
Matière organique	%	1,9	0,4	0,4	0,2	0,2	
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	2,8	1,5	1,7	3,3	3,3	
=====							
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr	6,0(0)	5,0(30)		3,5(100)		
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr			2,2(40-80)	3,6 (100-150)		

PROFIL DE REFERENCE : NP 6

Unité supérieure de classification (FAO) : Luvisol gleyique (Lg)

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : 1,5 km à l'ouest de Saré Koli Sall Photo : 98

Position physiographique de la station : Terrasse supérieure

Pente : 0,2 % Altitude : 26,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire , au bord d'anciens casiers rizicoles

Microtopographie : Assez nombreuses termitières de grandes et moyennes dimensions (8/ha)

Drainage : Classe 2 drainage imparfait , inondé temporairement

Résumé : Couche superficielle à texture moyenne et à réaction modérément acide au-dessus d'un sol (14 - 45 cm) à texture moyenne et à réaction très fortement acide. La réaction du sol est neutre en-dessous de 45 cm.

Description du profil :

- 0 - 14 cm Gris (10 YR 5/1) à l'état sec ; limon sableux fin ; massif, dur.
- 14 - 45 cm Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais, gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec; taches de couleur brun jaunâtre, assez nombreuses, fines et vagues; limon sableux; faiblement polyédrique angulaire grossière ; dur ; rares nodules noirs de fer et de manganèse.
- 45 - 105 cm Brun pale (10 YR 6/3) à l'état frais, gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec ; limon argilo-sableux à limon ; modérément polyédrique, angulaire très grossière, avec des pellicules d'argile sur les faces des éléments pédiques ; très dur ; quelques rares nodules (< 1 cm de diamètre) de manganèse et de fer/manganèse. Quelques rares nodules de carbonate de calcium (< 2 cm de diamètre); racines peu nombreuses et qui sont proches des éléments pédiques.
- 105 - 200 cm Comme 45 - 100 cm, mais avec quelques taches fines, distinctes et de couleur jaune rougeâtre ; nodules de manganèse/fer plus nombreux (5 %) ; et pas de nodules de carbonate.

Propriétés physiques et chimiques : légère augmentation de la teneur en argile avec la profondeur (horizon argillique faiblement développé à 45 - 105 cm). Bien que l'horizon 45 - 105 cm ait un pH eau de 4,9, l'aluminium absorbé n'est que de 0,15 meq/100 g et ne constitue pas une contrainte.
- la capacité de rétention d'eau est estimée à 47 mm (0-30 cm) et à 147 mm (0 - 100 cm)

Limitations : Microrelief

Aptitude culturale : Riz irrigué, 2 Rt

PROFIL DE REFERENCE NP 6

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 14	14 - 45	45 - 105	105 - 200	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	19	30	27	26	
0.2 - 0.05 mm	%	39	25	21	22	
0.05 - 0.02 mm	%	16	12	13	10	
0.02 - 0.002 mm	%	16	15	16	16	
< 0.002 mm	%	7	19	24	23	
Texture (lab.)		FSL	SL	SCL-L	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,55	1,73	1,77		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,36	2,48	2,5	2,9	
Porosité totale	%	34	30	29		
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	14,3	13,3	16,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,9	5,2	8,2		
Capacité de rétention en eau	%	11,4	8,1	8,1		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	1,03	0,59	0,30		
6 hr	cm/hr	0,83	0,24	0,23		
24 hr	cm/hr	0,45	0,14	0,11		
Limite de liquidité	%	15	13	19	20	
Limite de plasticité	%	11	10	8	10	

pH H ₂ O	1 : 2.5	5,9	4,9	7,0	6,6	
pH KCl	1 : 2.5	4,9	2,9	6,1	4,6	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	84	54	62	44
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,03	0,02	0,01	
Al ³⁺		-	0,15	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,40	0,40	0,40	0,81	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺ *(KCl)	"	3,76	4,94	21,8*(13.10)	12,52	
Mg ²⁺	"	1,25	0,62	1,26	0,63	
Na ⁺	"	0,08	0,14	0,14	0,11	
K ⁺	"	0,54	0,18	0,48	0,49	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	6,54	6,87	8,71	9,90	
Saturation "cations basiques" (N)	%	100	86	100	100	
" " " " (E)	%	100	97	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	5,64	6,06	14,31	12,95	
CaCO ₃	%	-	-	+	-	
Matière organique	%	1,4	0,2	0,1	0,02	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	7,0	6,8	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	7,7	0,5	-	-	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	2,0(0)	0,3(30)	0,3(80)		
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : NP 7

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol gleyique (A_g)

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : 2,7 Km au Nord de Teyel

Photo : 96

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : 0,3 %

Altitude : 29,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée

Microtopographie : quelques grandes termitières (3/ha)

Drainage : classe 4 - profil bien drainé mais la nappe phréatique est parfois élevée

Résumé : sol à texture moyenne à réaction fortement acide au-dessus d'un sol (38-84 cm) à texture fine et à réaction très fortement acide ; sol à gley en-dessous de 38 cm

Description du profil :

- 0 - 20 cm gris (10 YR 5/1) à l'état sec ; limon sableux à limon ; dur, massif (0-20 cm) pour la majeure partie mais avec éléments pédiques moyens et granulaire moyen associés à des canaux et cavités de la faune locale (0-84 cm) ; quelques racines (0-84 cm) ; limite graduelle
- 20 - 38 cm brun (10 YR 5/3) à l'état frais ; gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec ; limon ; dur ; faiblement polyédrique, angulaire, grossière avec des pellicules d'argile sur les faces pédiques et dans quelques creux (20-84 cm)
- 38 - 84 cm gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais ; gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec avec quelques taches de dimensions moyennes, distinctes et de couleur rouge jaunâtre, limon argileux ; dur ; rares pisolites (<4 mm diamètre)
- 84 - 180 cm gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais ; gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec, avec des taches assez nombreuses (environ 25 %), de dimensions moyennes, grossières, et prononcées, de couleur rouge jaunâtre ; limon argilo-sableux ; dur ; massif ; pisolites assez nombreuses (<3 cm)

Propriétés physiques

- et chimiques :
- sous-sol à réaction très fortement acide, mais l'aluminium absorbé est en-dessous d'un niveau toxique pour la plupart des cultures (0,28 meq/100 g ; 20-84 cm)
 - la teneur en argile atteint son maximum à 38-84 cm avec des argillanes à 20-84 cm
 - la capacité de rétention d'eau est estimée à 41 mm (0-30 cm) et à 110 mm (0-100 cm)

Limitations : la nappe phréatique est saisonnièrement trop haute pour les polycultures ; le CEC modérément faible ; l'acidité.

Pour le riz irrigué, la texture de l'horizon supérieur est trop grossière pour qu'il y ait une imperméabilisation effective par destruction de la structure ; les besoins en eau sont modérés à élevés.

Aptitude culturale : riz irrigué 2 Rs (IR)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 20	20 - 38	38 - 84	84 - 180	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	11	18	15	32	
0.2 - 0.05 mm	%	34	24	22	19	
0.05 - 0.02 mm	%	22	13	13	8	
0.02 - 0.002 mm	%	23	16	14	9	
< 0.002 mm	%	8	26	37	31	
Texture (lab.)		SC-L	L	CL	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,56	1,48		1,40	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,9	2,6	2,5	2,7	
Porosité totale	%	45	42		48	
Capacité au champ	%	13,3	16,4	20,1	16,7	
Teneur en eau, pF 4.2	%	4,1	8,0	11,1	(10,2)	
Capacité de rétention en eau	%	9,2	8,4	9,0	6,5	
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	0,74	1,32	1,66		
6 hr	cm/hr	0,66	1,05	1,41		
24 hr	cm/hr	0,37	0,35	0,54		
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					

pH H ₂ O	1 : 2.5	5,4	4,7	4,6	4,9	
pH KCl	1 : 2.5	4,1	3,1	3,1	3,0	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	31	16	44	33
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	0,03	0,02	0,01	< 0,01	
Al 3 +		0,03	0,28	0,43	0,65	
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,60	2,42	3,25	3,26	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	4,40	3,18	3,18	1,90	
Mg ²⁺	"	1,25	0,63	1,27	0,64	
Na +	"	0,09	0,10	0,10	0,24	
K +	"	0,52	0,47	0,46	0,47	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	8,47	5,44	9,08	7,18	
Saturation en cations basiques (N)	%	74	81	55	45	
" " " " (E)	%	99	94	92	83	
C.E.C. effective (KCl)	m eq / 100g	6,32	4,69	5,45	3,9	
CaCO ₃	%	-	-	-	-	
Matière organique	%	2,1	0,5	0,4	0,1	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	13,0	6,1	7,0	6,7	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	2,8 (0)	1,4(30)		1,6(100)	
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr			3,3(50-80)	1,3	
				2,2(50-110) (140-190)		

PROFIL DE REFERENCE : NP 9

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol eutrique (Ge)

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : 1,5 km au sud-est de Mountoumba sur une piste menant au centre du bassin Photo : 102

Position physiographique de la station : terrasse inférieure

Pente : 0,1 % Altitude : 24,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée, avec d'assez nombreux Terminalia macroptera

Microtopographie : quelques termitières de grandes dimensions (1/ha); nombreuses petites termitières, mamelonnées et en forme de champignons

Drainage : classe 1 drainage pauvre; superficie inondée pendant plusieurs mois de l'année

Résumé : couche superficielle de texture moyenne, à réaction fortement acide, au-dessus d'argile peu perméable à réaction légèrement acide; sub-stratum (130-200 cm) légèrement calcaire

Description du profil :

- 0 - 48 cm Brun (10 YR 5/3) à l'état frais; gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec; limon argileux; modérément polyédrique, subangulaire moyenne; dur; pisolites assez nombreuses, quelques rares racines, limite graduelle ondulée
- 48 - 72 cm Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état sec; argile; fissures sur structure polyédrique angulaire; très dur; quelques pisolites; limite graduelle
- 72 - 130 cm Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; brun grisâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec; quelques rares et fines taches noires (manganèse); argileux, massif; très dur et compact; quelques rares pisolites
- 130 - 200 cm Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; brun grisâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec; taches assez nombreuses; fines, vagues, de couleur brun intense et quelques rares taches fines et noires; limon argileux à argile; massif; extrêmement dur

Propriétés physiques

- et chimiques :
- bonne fertilité du sol; mais la teneur en matière organique est très faible; la texture et le peu de perméabilité sont très favorables à la culture du riz irrigué
 - la capacité de rétention d'eau est estimée à 37 mm (0-30 cm) et à 134 mm (0-100 cm)

Limitations : difficultés possibles dans le drainage des eaux de surface excédentaires

Aptitude culturale : riz irrigué 2 Rd (2 Rstd)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 48	48 - 72	72 - 130	130 - 200
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	24	21	21	23
0.2 - 0.05 mm	%	15	12	16	16
0.05 - 0.02 mm	%	13	6	9	8
0.02 - 0.002 mm	%	16	11	13	13
< 0.002 mm	%	30	50	43	39
Texture (lab.)		CL	C	C	CL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,57	1,70	1,66	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,5	2,5	2,5	2,6
Porosité totale	%	36	32	32	
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	18,3	21,8	20,6	
Teneur en eau, pF 4.2	%	10,5	13,7	11,6	
Capacité de rétention en eau	%	7,8	8,1	9,0	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	0,87	0,23	0,08	
6 hr	cm/hr	0,58	0,08	0,00	
24 hr	cm/hr	0,33	0,00	0,00	
Limite de liquidité	%	22	29	26	26
Limite de plasticité	%	10	13	13	8
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,3	6,3	6,1	7,7
pH KCl	1 : 2.5	3,2	3,8	4,4	6,3
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	50	89	80
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	0,02	0,03	0,02	0,01
Al 3 +		0,20	0,21	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	3,24	3,30	1,64	0,82
Cations échange(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	6,32	9,02	11,16	13,50
Mg ²⁺	"	1,26	1,93	3,34	3,54
Na +	"	0,32	0,49	0,52	0,53
K +	"	0,45	0,18	0,18	0,18
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	9,74	15,50	15,44	12,57
Saturation en cations basiques (N)	%	86	75	100	100
" " " " (E)	%	97	98	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	8,57	11,86	15,22	14,62
CaCO ₃	%	-	-	-	+
Matière organique	%	0,3	0,2	0,2	0,1
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	7,0	4,5	6,2	
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr			0,1(100)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr		4,0(50-70)	0,1(70-110)	

PROFIL DE REFERENCE : NP 10

Unité supérieure de classification (FAO) : Luvisol orthique , phase pétrique

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : 2,3 km à l'ouest de Saré Maidou Ballo

Photo : 130

Position physiographique de la station : terrasse inférieure

Pente : 0,1 %

Altitude : 23 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée claire
quelques arbres de taille moyenne à l'est

Microtopographie : légères ondulations, termitières moyennes et grandes en forme de pyramides (6/ha); la petite dépression dans laquelle le puits est situé a aussi des irrégularités dans la surface (20 cm de hauteur) résultant probablement de la riziculture

Drainage : classe 1, drainage pauvre

Résumé : horizon supérieur à texture moyenne, à réaction modérément acide, pisolites ; au-dessus d'un sous-sol alcalin, calcaire, imperméable et à texture fine

Description du profil :

- | | |
|-------------|--|
| 0 - 25 cm | Gris très foncé (10 YR 3/1) à l'état frais ; brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec, limon ; très dur, massif ; nombreux pisolites ; cimentés dans des concentrations locales de minerais de fer d'environ 10 cm de diamètre ; limite précise ondulée |
| 25 - 60 cm | Brun (10 YR 5/3) à l'état frais et sec ; taches assez nombreuses, fines, vagues, de couleur brun jaunâtre ; limon argileux à argile ; extrêmement dur ; massif, cutanes d'argile dans les pores ; pisolites assez nombreux (environ 15 % par volume), de couleur noire et brun rougeâtre, avec généralement moins de 5 mm de diamètre ; limite diffuse |
| 60 - 110 cm | Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état frais et sec ; limon argileux ; extrêmement dur ; massif ; les rebords de la cuvette ont quelques fissures (< 5 mm de largeur) pénétrant jusqu'à 110 cm en profondeur ; quelques rares nodules de carbonate de calcium (< 3 cm de diamètre) ; quelques pisolites ; trop dur pour creuser plus en profondeur |

Propriétés physiques

- et chimiques :
- CEC modérément élevée (17-20 milliéquivalents/100 g d'acétate d'ammonium) ; sous-sol calcaire (60-110 cm) est saturé en bases et à un taux de sodium échangeable de 21 %.
 - la capacité de rétention d'eau est estimée à 49 mm (0-30 cm) et à 149 mm (0-100 cm)

Limitations : Capacité de drainage, concrétions de minerais de fer dans la couche superficielle, microrelief

Aptitude culturale : riz irrigué, 2 R std (2 Rtd)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
		0-25	25-60	60-110
Granulométrie				
2.0 - 0.2 mm	%	15	17	13
0.2 - 0.05 mm	%	21	17	13
0.05 - 0.02 mm	%	23	9	12
0.02 - 0.002 mm	%	22	14	23
< 0.002 mm	%	15	39	39
Texture (lab.)		L	CL-C	CL
Densité apparente	g. cm ³	1,71	1,62	
Densité réelle	g. cm ³	2,72	2,66	2,68
Porosité totale	%	37	39	
Capacité au champ	%	16,7	20,3	
Teneur en eau, pF 4.2	%	7,4	8,3	
Capacité de rétention en eau	%	9,3	12,0	
Conductivité hydraulique (lab.)				
1 hr	cm/hr	0,95	0,08	
6 hr	cm/hr	0,86	0,00	
24 hr	cm/hr	0,55	0,00	
Limite de liquidité	%	23	30	28
Limite de plasticité	%	15	13	10

pH H ₂ O	1 : 2.5			
pH KCl	1 : 2.5	5,8	7,2	8,7
		4,0	5,2	7,1
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	55	108
				371
Acidité (1 N KCl) :				
H ⁺	meq/100 g	0,03	0,01	0,01
Al ³⁺	"	-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	5,63	2,46	0,82
Cations échang(NH ₄ - acétate) :				
Ca ²⁺ *(KCl)	"	7,54	8,97	49,92 (8,45)*
Mg ²⁺ *(KCl)	"	1,26	3,84	6,40 (2,05)*
Na ⁺	"	0,14	1,25	3,87
K ⁺	"	0,49	0,32	0,07
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	16,98	19,97	18,39
Saturation en cations basiques (N)	%	56	72	100
Saturation en cations basiques (E)	"	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	9,46	14,39	14,4
CaCO ₃	%	0	+	+
Matière organique	%	6,1	0,5	0,1
Phosphore assimilable :				
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	7,8	6,8
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	17,1	-	-

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
Infiltration	cm/hr	0,2 (0)	± 0 (30)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr		0,05 (30-60)	± 0 (120-160)

PROFIL DE REFERENCE : NP 11

Unité supérieure de classification (FAO) : Arénosol albique (Qa)

Symbole d'unité pédologique : Q

Localisation : 300 m à l'est de Dialakégni

Photo : 104

Position physiographique de la station : pente sableuse

Pente : 0,5 %

Altitude : 26 m

Végétation utilisation du sol : forêt claire, proche des zones cultivées

Microtopographie : Termitières de taille moyenne, de forme conique, (2/ha)

Drainage : classe 5 ; quelque peu excessivement drainé

Résumé : Sols à texture grossière situés sur les bords du plateau

Description du profil :

- 0 - 15 cm Noir (10 YR 2/1) à l'état frais, et gris très foncé (10 YR 3/1) à l'état sec ; sable limoneux ; massif ; friable à l'état frais, légèrement dur à l'état sec ; racines assez nombreuses et de toutes dimensions ; limite précise, ondulée
- 15 - 124 cm gris rosâtre (7,5 YR 6/2) à l'état frais et (même couleur à l'état) sec (7,5 YR 7/2) sable limoneux ; massif ; friable à l'état frais, légèrement dur à l'état sec ; quelques rares racines ; limite diffuse, régulière
- 124 - 260 cm gris rosâtre (7,5 YR 6/2) à l'état frais et (même couleur à l'état) sec (7,5 YR 7/2) ; sable limoneux ; massif ; quelques taches, fines et moyennes, de couleur rouge jaunâtre, et prononcées ; modules légèrement cimentés ; limite diffuse
- 260 - 300 cm Jaune rougeâtre (7,5 YR 6/6) à l'état frais, et brun intense (7,5 YR 5/6) à l'état sec ; limon sableux ; taches assez nombreuses, moyennes et de couleur blanche ; quelques pisolites

Propriétés physiques

et chimiques : - Très perméable dans tout le profil ; horizon supérieur légèrement acide (0-15 cm) à fertilité adéquate mais au-dessus d'un sol à texture grossière et à réaction très fortement acide (15-124 cm), à CEC et bases échangeables très faibles

Limitations : Besoins en eau, fertilité basse

Aptitude culturale : non arable, 6 s ; apte à une forêt naturelle ou à une arboriculture sélectionnée

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-15	15-60	60-124	124-260	260-300
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	33	31	46	54	35
0.2 - 0.05 mm	%	41	44	35	25	28
0.05 - 0.02 mm	%	12	7	2	6	9
0.02 - 0.002 mm	%	8	10	3	4	15
< 0.002 mm	%	4	5	9	10	14
Texture (lab.)		LS	LS	LS	LS-SL	SL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,5	1,6		1,7	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,65	2,52	2,60	2,65	2,7
Porosité totale	%	42	36		37	
Capacité au champ	%	8,4	5,3	6,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,5	4,8	3,0		
Capacité de rétention en eau	%	5,9	3,5	3,5		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	3,10	1,55	2,11		
6 hr	cm/hr	1,21	1,43	1,39		
24 hr	cm/hr	0,84	0,93	1,03		
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					

pH H ₂ O	1 : 2.5	6,2	4,7	4,9	5,6	5,6
pH KCl	1 : 2.5	5,5	3,4	3,5	3,9	3,9
Conductivité	1 : 5	60	13	10	13	13
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al ³⁺		-	0,20	0,19	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	< 0,40	< 0,40	< 0,40	0,80	1,60
Cations échange(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	4,38	0,63	1,25	0,63	1,25
Mg ²⁺	"	1,25	0,62	0,63	0,63	0,63
Na ⁺	"	0,04	0,04	0,03	0,03	0,06
K ⁺	"	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	5,63	1,73	3,47	4,33	3,10
Saturation en cations basiques (N)	%	100	76	44	30	51
Saturation en cations basiques (E)		100	100	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	5,74	1,32	1,94	1,31	1,98
CaCO ₃	%	-	-	-	-	-
Matière organique	%	2,3	0,3	0,2	0,08	0,04
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	7,8	19,6	12,0	7,0	4,0

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	8,0 (0)	19,0 (30)		12,0 (120)	
Perméabilité : Porchet, K	cm/hr		22,0 (100-150)	3,0 (220-300)		

PROFIL DE REFERENCE : NP 13

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol dystrique

Symbole d'unité pédologique : TIs

Localisation : 1 km au sud-est de Saré Bouti

Photo : 116

Position physiographique de la station : terrasse inférieure

Pente : 0,1 %

Altitude : 24 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée claire

Microtopographie : quelques grandes termitières (3/ha) ; petites termitières assez nombreuses en forme de champignon

Drainage : classe 2 ; drainage imparfait ; inondé occasionnellement

Résumé : couche superficielle (0-15 cm) à texture grossière et à réaction modérément acide au-dessus d'un sol à texture moyenne et à réaction fortement acide

Description du profil :

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 15 cm | gris foncé (10 YR 4/1) à l'état frais, gris (10 YR 5/1) à l'état sec, limon sableux fin ; massif ; dur ; limite précise |
| 15 - 66 cm | brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais ; gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec ; quelques taches de dimensions moyennes, vagues, de couleur rouge jaunâtre ; limon argileux ; massif ; dur |
| 66 - 114 cm | gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais, gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec, taches assez nombreuses, de dimensions moyennes, prononcées et de couleur rouge jaunâtre ; limon argileux ; massif ; dur |
| 114 - 190 cm | Brun grisâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais, gris clair (10 YR 7/1) à l'état sec, nombreuses taches à texture grossière, prononcées et de couleur rouge jaunâtre, limon argilo-sableux ; massif ; très dur |

Propriétés physiques

et chimiques : - faible CEC dans l'horizon supérieur; niveaux toxiques d'aluminium (29 % de saturation) dans la zone racinaire inférieure (15-66 cm), dans les conditions actuelles

- capacité de rétention d'eau estimée à 44 mm (0-30 cm) et à 113 mm (0-100 cm)

Limitations : la fertilité du sol est très faible même pour un riz irrigué; le profil est modérément perméable; horizon supérieur à texture grossière; besoins en eau moyens à élevés pour le riz irrigué; capacité de drainage.

Aptitude culturale : riz irrigué ; 2 Rsd

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-15	15-66	66-114	114-190	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	21	17	18	21	
0.2 - 0.05 mm	%	45	18	20	29	
0.05 - 0.02 mm	%	17	18	12	8	
0.02 - 0.002 mm	%	6	15	16	8	
< 0.002 mm	%	7	28	33	31	
Texture (lab.)		FSL	CL	CL	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,52	1,37	1,21		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,68	2,71	2,62	2,90	
Porosité totale	%	43	49	54		
Capacité au champ	%	15,4	15,2	17,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,9	8,5	9,8		
Capacité de rétention en eau	%	12,5	6,7	7,7		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	0,87	2,72	2,28		
6 hr	cm/hr	0,58	2,41	1,93		
24 hr	cm/hr	0,33	1,01	0,76		
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,9	5,4	5,4	5,9	
pH KCl	1 : 2.5	4,7	3,9	3,9	3,8	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	62	49	33	42
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,01	0,01	0,01	
Al ³⁺		-	0,70	0,73	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	3,28	7,91	6,67	7,08	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	1,89	1,27	0,64	0,64	
Mg ²⁺	"	1,13	0,38	0,38	0,38	
Na ⁺	"	0,04	0,06	0,12	0,20	
K ⁺	"	0,05	0,04	0,05	0,11	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	3,28	7,91	6,67	7,08	
Saturation en cations basiques (N)	%	95	22	18	19	
Saturation en cations basiques (E)		100	71	62	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	3,12	2,46	1,93	1,34	
CaCO ₃	%	-	-	-	-	
Matière organique	%	1,1	0,8	0,6	0,3	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	4,0	3,9	5,1	1,0	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	1,0 (0)	1,0 (30)	1,2 (100)		
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : NP 15

Unité supérieure de classification (FAO) : Luvisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : T1s

Localisation : 1,4 km au nord-est de Dialakégni

Photo : 102

Position physiographique de la station : terrasse inférieure

Pente : environ 0,2 %

Altitude : 24,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire; petits arbres assez nombreux de l'espèce Terminalia macroptera

Microtopographie : quelques grandes termitières (3/ha)

Drainage : classe 2 ; drainage imparfait ; sol inondé pendant plusieurs mois la plupart des années

Résumé : sol à texture moyenne, à réaction modérément acide ; uniforme entre 12-140 cm et avec des propriétés hydromorphes en-dessous de 12 cm

Description du profil :

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 12 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais, gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec ; limon ; dur ; massif ; racines assez nombreuses ; limite graduelle, diffuse |
| 12 - 46 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais, blanc (10 YR 8/1) à l'état sec, quelques taches, de dimensions moyennes, vagues, de couleur brune et rouge vif ; limon argilo-sableux ; dur ; massif ; limite diffuse |
| 46 - 100 cm | Comme 12-46 cm mais les taches sont peu nombreuses, de dimensions moyennes, prononcées et de couleur rouge et il y a quelques pisolites dans l'horizon (< 2 mm de diamètre) |
| 100 - 140 cm | Comme 46-100 cm mais les taches sont plus nombreuses et il y a quelques taches de couleur noire de dimensions moyennes, et prononcées ; pas de pisolites |
| 140 - 190 cm | Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais, gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état sec avec des taches assez nombreuses, de dimensions moyennes, distinctes, et de couleur brun intense ; limon argileux ; extrêmement dur ; faiblement polyédrique angulaire très grossière avec des pellicules distinctes d'argile sur les faces des éléments pédiques. |

Propriétés physiques

et chimiques : - CEC faible (0-100 cm)

- capacité de rétention d'eau estimée à 44 mm (0-30 cm), et à 118 mm (0-100 cm)

Limitations : fertilité du sol (capacité d'échange cationique) ; capacité de drainage

Aptitude culturale : riz irrigué 2 Rsd

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0-12	12-40	46-100	100-140	140-190	
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	17	29	27	27	18	
0.2 - 0.05 mm	%	26	26	25	24	21	
0.05 - 0.02 mm	%	18	12	13	12	12	
0.02 - 0.002 mm	%	16	12	11	14	14	
< 0.002 mm	%	23	21	23	23	32	
Texture (lab.)		L	SCL	SCL	SCL	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,73	1,60	1,52			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,69	2,66	2,67	2,61	2,64	
Porosité totale	%	36	40	43			
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	16,1	14,2	12,6			
Teneur en eau, pF 4.2	%	6,5	5,9	6,2			
Capacité de rétention en eau	%	9,6	8,3	6,4			
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr	0,76	1,66	3,60			
6 hr	cm/hr	0,41	1,17	1,51			
24 hr	cm/hr	0,34	1,03	1,11			
Limite de liquidité	%	18	17	18	18	22	
Limite de plasticité	%	11	9	12	9	9	

pH H ₂ O	1 : 2.5	5,6	5,6	5,7	5,6	6,0	
pH KCl	1 : 2.5	3,8	3,8	3,7	3,8	3,8	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	15	10	10	37	76
Acidité (1 N KCl) :							
H ⁺	meq/100 g	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	
Al 3 ⁺		-	-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	4,05	4,05	4,08	2,43	2,50	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :							
Ca ²⁺	"	2,53	1,90	1,91	3,16	6,51	
Mg ²⁺	"	0,63	0,63	0,64	0,63	2,60	
Na ⁺	"	0,07	0,07	0,10	0,15	0,34	
K ⁺	"	0,04	0,08	0,09	0,10	0,12	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	5,23	3,90	6,22	6,14	10,67	
Saturation en cations basiques (N)	%	63	69	44	66	90	
" " " " " (E)	%	100	100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	3,33	2,68	2,74	4,04	9,50	
CaCO ₃	%	-	-	-	-	-	
Matière organique	%	0,5	0,2	0,09	0,08	0,06	
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	1,9	1,4	1,4	0,9	0,9	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr	1,9(0)	0,9(30)	0,1 (120)			
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr						

PROFIL DE REFERENCE : SBN 950

Unité supérieure de classification (FAO) : Vertisol chromique

Symbole d'unité pédologique : Vg

Localisation : zone-témoin de SARE BOUTI Photo : 118

Position physiographique de la station: plaine centrale d'inondation (G)

Pente : ~ 0,1 % Altitude : 21 m

Végétation ou utilisation du sol : prairie naturelle

Microtopographie : gilgai

Drainage : classe 1 - drainage pauvre; zone inondée pendant plusieurs mois par an

Résumé : horizon supérieur à texture fine, à réaction fortement acide sur de l'argile tachetée, fortement acide, avec un sous-sol constitué par de l'argile imperméable.

Description du profil :

- 0 - 24 cm Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; taches peu nombreuses, fines, de couleur rouge jaunâtre; argile; structure granulaire fine; nombreuses racines.
- 24 - 130 cm Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; taches assez nombreuses, de taille moyenne, de couleur rouge jaunâtre; argile; structure polyédrique subangulaire grossière ; collant, plastique à l'état humide.
- 130 - 200 cm Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; argile; massif; induré; imperméable.
- 150 cm Echantillon prélevé pour l'analyse minéralogique

Propriétés physiques

et chimiques: la teneur en argile et la CEC très élevée dans tout le profil; fortement acide (0-130 cm) mais aluminium échangeable très bas; les sites d'échange étant dominés par Ca^{2+} et Mg^{2+} .

Limitations: microrelief; drainage - inondations périodiques; sol (gonflement des argiles)

Aptitude culturale: non arable 6stdf

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
		0 - 24	24 - 130	130 - 200
Granulométrie				
2.0 - 0.2 mm	%	3	3	2
0.2 - 0.05 mm	%	5	4	4
0.05 - 0.02 mm	%	7	7	7
0.02 - 0.002 mm	%	16	16	13
< 0.002 mm	%	66	73	73
Texture (lab.)		C	C	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,08	1,19	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,69	2,60	2,60
Porosité totale	%	60	54	
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	28,9	29,8	
Teneur en eau, pF 4.2	%	18,4	18,9	21,4
Capacité de rétention en eau	%	10,5	10,9	
Conductivité hydraulique (lab.)				
1 hr	cm/hr	2,97	0,36	0,00
6 hr	cm/hr	2,12	0,26	0,00
24 hr	cm/hr	0,61	0,17	0,00
Limite de liquidité	%	32	35	46
Limite de plasticité	%	13	20	20
=====				
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,40	5,5	6,10
pH KCl	1 : 2.5	4,00	3,9	4,40
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	23	11
Acidité (1 N KCl) :				
H +	meq/100 g	0,06	0,05	0,01
Al 3 +		0,33	0,24	--
Acidité totale (pH 8.0)	"	6,86	6,04	5,20
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :				
Ca ²⁺	"	11,38	13,49	16,91
Mg ²⁺	"	3,88	3,24	3,38
Na +	"	0,08	0,19	0,37
K +	"	0,17	0,05	0,07
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	23,85	22,64	31,51
Saturation en cations basiques (N)	%	65	75	66
" " " (E)	%	98	98	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	15,89	17,26	20,73
CaCO ₃	%	--	--	--
Matière organique	%	2,00	0,61	0,48
Phosphore assimilable :				
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	--		--
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	21,8	2,1	13,5
=====				
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
Infiltration	cm/hr			
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr			

PROFIL DE REFERENCE : SBS 60

Unité supérieure de classification (FAO): Acrisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : zone-témoin de SARE BOUTI

Photo : 118

Position physiographique de la station :

terrasse (N)

Pente : < 0.25 %

Altitude : 21,5 m

Végétation ou utilisation du sol :

savane arborée; essence foestière dominante : TERMINALIA MACROPTERA

Microtopographie :

lisse au niveau de la station; quelques dépressions jusqu'à 1 m de profondeur plus loin vers l'ouest

Drainage :

classe 2 - drainage imparfait probablement sujet à des inondations occasionnelles

Résumé :

sol à texture moyennement grossière, à réaction modérément acide sur une argile à taches, à réaction modérément acide

Description du profil :

- 0 - 30 cm Brun très foncé (10 YR 2/2) à l'état frais; limon argileux; massif, friable à l'état frais; peu collant, peu plastique à l'état humide; nombreuses racines
- 30 - 125 cm Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais; nombreuses taches rouges; argile, massif; peu collant et peu plastique à l'état humide; racines peu nombreuses; polyédrique subangulaire (60-125) avec des cutans d'argile sur les faces pédiques.
- 125 - 200 cm Gris clair (10 YR 7/1) à l'état frais, nombreuses taches rouges; argile; polyédrique subangulaire grossière; cutans distincts d'argile sur les faces pédiques; peu collant, peu plastique à l'état humide

Propriétés physiques

et chimiques:

- teneur relativement élevée en matière organique dans la couche superficielle
- la CEC modérément élevée dans la couche superficielle; la CEC est en corrélation très étroite avec le pH sur toute la profondeur du profil.
- teneur en argile maximale (56 %) dans la couche 30 - 125 cm
- Capacité de rétention d'eau 35 mm (0 - 30 cm)
108 mm (0 - 100 cm)

Limitations: drainage à l'altitude de 21,5 m; danger d'inondation

Aptitude

culturelle :

riz irrigué sous condition de la rentabilité du drainage de surface et de la protection contre les inondations 2 Rdf (6 stdf)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 30	30 - 125	125 - 200	
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	12	6	18	
0.2 - 0.05 mm	%	16	11	11	
0.05 - 0.02 mm	%	8	10	11	
0.02 - 0.002 mm	%	30	14	11	
< 0.002 mm	%	33	56	49	
Texture (lab.)		CL	C	C	
Densité apparente	g.cm-3	0,84			
Densité réelle	g.cm-3	2,63	2,61	2,64	
Porosité totale	%	68			
Capacité au champ (lab. pF 2,5)	%	34,9	29,3		
Teneur en eau, pF 4.2	%	20,9	19,5	13,8	
Capacité de rétention en eau	%	14,0	9,8		
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	1,14	1,12	1,41	
6 hr	cm/hr	1,03	1,08	1,34	
24 hr	cm/hr	0,36	0,86	0,94	
Limite de liquidité	%				
Limite de plasticité	%				

pH H ₂ O	1 : 2.5	5,90	5,6	6,3	
pH KCl	1 : 2.5	4,10	3,9	3,9	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	30	10	18
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Al 3 ⁺		-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	12,11	12,08	5,07	
Cations échange(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	6,76	2,70	5,28	
Mg ²⁺	"	1,89	0,61	1,45	
Na ⁺	"	0,13	0,17	0,17	
K ⁺	"	0,24	0,06	0,04	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	26,42	18,50	13,91	
Saturation en cations basiques (N)	%	34	22	44	
" " " " (E)		100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	9,02	4,06	6,15	
CaCO ₃	%	-	-	-	
Matière organique	%	3,8	0,5	0,08	
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	18,9	14,7	13,1	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr				
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : SO 1

Unité supérieure de classification (FAO) : Arénosol ferrallique

Symbol d'unité pédologique : Q

Localisation : 100 m à l'ouest du village de SARE OUIBOR Photo : 88

Position physiographique de la station : terrasse supérieure, pente colluviale

Pente : 1 %

Altitude : 25,7 m

Végétation ou utilisation du sol : jachère herbeuse

Microtopographie : lisse

Drainage : classe 5 - drainage légèrement excessif

Résumé : horizon supérieur à texture grossière, à réaction neutre sur un sous-sol à texture grossière, à réaction légèrement acide; sol fortement perméable

Description du profil :

0 - 20 cm	Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais et brun foncé (10 YR 3/3) à l'état sec; limon sableux fin; massif; friable à l'état frais et dur à la surface à l'état sec; racines fines peu nombreuses limite graduelle
20 - 116 cm	Brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4) à l'état frais et brun jaunâtre (10 YR 5/6) à l'état sec; limon sableux fin; massif; friable; limite diffuse
116 - 146 cm	Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état frais; vagues taches dues à la présence de fer; limon sableux fin; massif; friable
146 - 196 cm+	Jaune (10 YR 7/6) à l'état frais; sable limoneux; massif; peu nombreuses pisolites

Propriétés physiques

et chimiques :

- la CEC de la couche superficielle; modérément faible
- capacité de rétention en eau: 55 mm (0 - 30 cm)
170 mm (0 - 100 cm)

Limitations: la fertilité du sol

Aptitude culturale: polyculture, 2 s (2st)

PROFIL DE REFERENCE SO 1

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 20	20 - 116	116 - 176	176 - 196	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	31	29	41	60	
0.2 - 0.05 mm	%	44	3	31	2	
0.05 - 0.02 mm	%	12	9	7	3	
0.02 - 0.002 mm	%	8	6	6	7	
< 0.002 mm	%	4	15	12	9	
Texture (lab.)		FSL	FSL	FSL	LS	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,55	1,48	-	-	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,73	2,70	2,63	2,55	
Porosité totale	%	43	45			
Capacité au champ	%	15,4	16,0			
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,9	4,9	4,7		
Capacité de rétention en eau	%	12,5	11,1			
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	2,74	0,69	1,09		
6 hr	cm/hr	1,40	0,48	0,81		
24 hr	cm/hr	0,67	0,21	0,50		
Limite de liquidité	%	13	13	14	(12)	
Limite de plasticité	%	12	9	10	(12)	
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,9	6,6	6,5	6,8	
pH KCl	1 : 2.5	6,0	5,3	5,4	5,8	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	50,5	34,1	37,0	30,0
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Al 3 +	"	-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	0,80	0,04	0,04	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	3,77	2,48	1,88	1,63	
Mg ²⁺	"	1,26	0,19	0,63	0,63	
Na +	"	0,03	0,03	0,05	0,10	
K +	"	0,27	0,24	0,26	0,22	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	6,28	3,74	2,91	2,49	
Saturation en cations basiques (N)	%	85	79	97	100	
" " " " (E)	%	100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	5,33	2,95	2,82	2,48	
CaCO ₃	%	0	0	0	0	
Matière organique	%	1,27	0,32	0,14	0,08	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	14,6	12,6	-	9,7	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	-	-	11,1	-	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	16,0 (0)	16,0 (0)	18,0	55,0	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr			(100-150)	(280-320)	

PROFIL DE REFERENCE : SO 2

Unité supérieure de classification (FAO) : Luvisol albique

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : zone-temoin de SARE OUIINOR,
à 350 m de l'origine, à environ
0,5 km au sud-ouest du village

Photo : 88

Position physiographique de la station : partie inférieure d'une pente colluviale menant à une
vallée secondaire/une dépression

Pente : 0,5 - 0,8 % Altitude : 25,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; sous-sol peu perméable (à partir de 96 cm) -
constatation faite sur la base des tests de conductibilité hydraulique faits
en laboratoire; probabilité de mouvement latéral de l'eau dans le sous-sol

Résumé : couche supérieure du sol (0-53 cm) à texture grossière, à réaction modérément
acide sur un sous-sol à texture moyennement grossière, à réaction faiblement
acide et à taches

Description du profil :

0 - 15 cm	Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais; limon sableux fin; massif; dur en surface; racines peu nombreuses
15 - 53 cm	Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état frais; limon sableux fin; massif; friable; limite ondulée
53 - 96 cm	Brun jaunâtre (10 YR 5/6) à l'état frais; taches peu nombreuses, de dimensions moyennes, de couleur jaune rougeâtre; limon sableux; massif; peu collant; limite graduelle
96 - 170 cm	Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; taches nombreuses, de différentes dimensions, de couleur grise, rouge et jaune; limon sableux; faiblement polyédrique subangulaire; concrétions de fer et de manganèse; limite abrupte
170 - 192 cm+	tacheté, de gris (7,5 YR 5/1), de jaune (10 YR 7/6), et de brun rougeâtre foncé à l'état frais; limon argilo-sableux; légèrement polyédrique; subangulaire avec pellicules d'argile; plastique; nombreuses concrétions de fer et de manganèse

Propriétés physiques

et chimiques :

- augmentation de la teneur en argile avec la profondeur jusqu'à un maximum de 22 % observé dans la couche 170 - 192 cm
- la CEC très faible
- capacité de rétention en eau : 28 mm (0-30 cm) : 100 mm (0-100 cm)

Limitations: fertilité du sol

Aptitude culturale : riz irrigué (2Rs)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0-15	15-53	53-96	96-170	170-192	
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	20	33	35	31	27	
0.2 - 0.05 mm	%	50	40	27	28	25	
0.05 - 0.02 mm	%	9	13	10	15	12	
0.02 - 0.002 mm	%	15	7	12	10	13	
< 0.002 mm	%	5	6	15	16	22	
Texture (lab.)		FSL	FSL	SL	SL	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,53	1,53				
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,70	2,74				
Porosité totale	%	43	44	2,52	2,64	2,56	
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	10,5	6,5	14,0			
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,9	1,9	6,6	6,6	7,1	
Capacité de rétention en eau	%	7,6	4,6	7,4			
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr		1,37	0,53	0,00	0,00	
6 hr	cm/hr		1,07	0,45	0,00	0,00	
24 hr	cm/hr		0,20	0,31	0,00	0,00	
Limite de liquidité	%						
Limite de plasticité	%						
=====							
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,9	6,1	6,3	6,5	6,8	
pH KCl	1 : 2.5	4,9	4,9	4,9	4,6	5,2	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	20,2	12,8	22,9	35,0	94,6
Acidité (1 N KCl) :							
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,01	0,01	0,01	< 0,01	
Al ³⁺		-	-	-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	2,01	0,80	2,42	2,42	2,03	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :							
Ca ²⁺	"	2,76	1,25	2,77	3,15	3,79	
Mg ²⁺	"	1,01	0,63	1,01	0,38	0,95	
Na ⁺	"	0,02	0,05	0,08	0,44	0,38	
K ⁺	"	0,11	0,07	0,03	0,04	0,10	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	4,34	2,74	4,58	5,50	6,89	
Saturation en cations basiques (N)	%	91	81	85	73	76	
Saturation en cations basiques (E)		100	100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	3,96	2,22	3,90	4,02	5,22	
CaCO ₃	%	-	-	-	0	0	
Matière organique	%	1,49	0,18	0,22	0,11	0,06	
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	10,9	8,8	9,0	11,0	11,6	
=====							
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr						
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr						

PROFIL DE REFERENCE : SO 3

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : zone-témoin près du village de SARE QUINOR (km 1,5 du point de départ de la zone) Photo : 88

Position physiographique de la station : terrasse inférieure (J)

Pente : 0,1 %

Altitude : 24 m

Végétation ou utilisation du sol : prairie naturelle avec petits arbres peu nombreux

Microtopographie : légèrement irrégulière

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; sol inondé pendant plusieurs mois par an; argile très peu perméable dans le sous-sol

Résumé : horizon supérieur à texture moyenne, modérément acide sur un sous-sol argileux à gleyique, fortement acide, très peu perméable. Le sous-sol plus profond (130 - 200 cm) est à réaction modérément alcaline et de texture moyenne; le sub-stratum (200-300 cm) est imperméable.

DESCRIPTION DU PROFIL:

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 17 cm | Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état sec; limon sableux; massif; peu dur; racines assez nombreuses |
| 17 - 110 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec; taches assez nombreuses, de dimensions moyennes, prononcées et de couleur rouge; argile; massif; collant, peu plastique à l'état humide, racines peu nombreuses |
| 110 - 130 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec; taches nombreuses, grossières, de couleur rouge et brun jaunâtre; argile; faiblement polyédrique subangulaire grossière; dur à l'état sec, collant et plastique à l'état humide |
| 130 - 220 cm | Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec; limon argileux tacheté de brun jaunâtre (10 YR 5/6) et de rouge (10 R 4/8); faiblement polyédrique subangulaire grossière, extrêmement dur |

Propriétés physiques

et chimiques:

Il existe un maximum certain en teneur d'argile à 17 - 110 cm mais avec une CEC effective basse (10 - 5 méq/100 g d'argile)

En dessous de cet horizon, le calcium et le sodium échangeables ainsi que le pH augmentent, et à 130 - 200 cm, la CECE (capacité d'échange cationique effective) de l'argile monte à 35 méq/100 g d'argile, ce qui reflète un changement dans la minéralogie; une réduction de la perméabilité accompagne ce changement.

Capacité de rétention en eau estimée à 41 mm (0 - 30 cm)
et à 126 mm (0 - 100 cm)

Limitations: aucune pour le riz irrigué

Aptitude culturale: riz irrigué, IR (2 Rt)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 17	17 - 110	110 - 130	130 - 200	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	29	5	25	28	
0.2 - 0.05 mm	%	28	8	13	16	
0.05 - 0.02 mm	%	11	7	6	7	
0.02 - 0.002 mm	%	14	11	10	10	
< 0.002 mm	%	16	69	44	39	
Texture (lab.)		SL	C	C	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	(1,6)	(1,7)			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,5	2,7	2,8	2,5	
Porosité totale	%					
Capacité au champ (lab. pF 2,5)	%	15,0	26,2			
Teneur en eau, pF 4.2	%	5,9	19,0	13,3	12,9	
Capacité de rétention en eau	%	9,1	7,2			
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr		1,69	0,00	0,00	
6 hr	cm/hr		1,29	0,00	0,00	
24 hr	cm/hr		0,53	0,00	0,00	
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
pH H ₂ O	1 : 2.5					
pH KCl	1 : 2.5	5,7	5,5	6,4	8,0	
		4,9	3,7	4,6	6,7	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	31	13	45	88
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	0,01	< 0,01	0,01	0,01	
Al 3 ⁺		--	--	--	--	
Acidité totale (pH 8.0)	"	2,42	8,43	3,28	1,63	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	4,41	5,27	6,78	10,98	
Mg ²⁺	"	1,26	1,71	1,15	1,28	
Na ⁺	"	0,05	0,21	0,98	1,22	
K ⁺	"	0,09	0,13	0,15	0,03	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	8,30	16,04	12,64	12,51	
Saturation en cations basiques (N)	%	85	46	72	100	
" " " (E)	%	100	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	6,00	7,30	9,10	12,51	
CaCO ₃	%	--	--	0	0	
Matière organique	%	2,01	0,51	0,08	0,04	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	--	--	--	7,8	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	7,1	1,84	3,4	--	
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr					
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr	1,4(80-110)	0,5(100-180)	0,0(200-230)		

PROFIL DE REFERENCE : SO 4

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol dystrique

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : zone-témoin de SARE OUIINOR Photo : 100
à 3,4 km du village

Position physiographique de la station : Plaine alluviale (P)

Pente : < 0,2 %

Altitude : 22,5 m

Végétation ou utilisation du sol : prairie naturelle avec de petits arbres peu nombreux

Microtopographie : assez nombreuses poches de 20 - 40 cm de profondeur et < 1 m de diamètre

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; l'argile du sous-sol est peu perméable

Résumé : couche superficielle du sol à texture moyenne et à réaction fortement acide avec un sous-sol neutre, argileux à gleyique (110 - 200 cm+), peu perméable.

Description du profil :

0 - 30 cm	Brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec; taches assez nombreuses, de taille moyenne, de couleur brun jaunâtre; limon argileux; granulaire fine; friable; assez nombreuses racines
30 - 110 cm	Gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état frais; taches nombreuses, de dimensions moyennes, de couleur brun jaunâtre; argile; massif; collant, plastique
110 - 200 cm+	Gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état frais; argile; massif; collant, plastique; nodules peu nombreux

Propriétés physiques et chimiques:

- teneur en argile augmente avec la profondeur
- léger problème de phytotoxicité due à l'aluminium dans la couche superficielle du sol
- très faible taux de potassium assimilable

Limitations: fertilité du sol; microrelief; drainage; exploitation du sol difficile, risques d'inondation

Aptitude culturale: non-arable, 6 stdf

PROFIL DE REFERENCE SO 4

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
		0 - 30	30 - 110	110 - 200
Granulométrie				
2.0 - 0.2 mm	%	23	24	17
0.2 - 0.05 mm	%	15	10	10
0.05 - 0.02 mm	%	10	9	10
0.02 - 0.002 mm	%	16	13	14
< 0.002 mm	%	33	44	48
Texture (lab.)		CL	C	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,1	1,1	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,7	2,7	2,5
Porosité totale	%	59	59	
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	23,5	21,3	
Teneur en eau, pF 4.2	%	12,1	11,8	15,1
Capacité de rétention en eau	%	11,4	9,5	
Conductivité hydraulique (lab.)				
1 hr	cm/hr	1,47	0,43	0,08
6 hr	cm/hr	0,94	0,43	0,00
24 hr	cm/hr	0,36	0,34	0,00
Limite de liquidité	%			
Limite de plasticité	%			
=====				
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,4	5,4	6,7
pH KCl	1 : 2.5	3,8	3,8	4,4
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	28,2	25,6
				24,5
Acidité (1 N KCl) :				
H +	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	0,20
Al 3 +		1,19	0,52	0,09
Acidité totale (pH 8.0)	"	8,02	4,82	4,02
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :				
Ca ²⁺	"	3,38	6,77	10,68
Mg ²⁺	"	1,63	1,38	0,63
Na +	"	0,05	0,24	0,22
K +	"	0,05	0,09	0,04
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	14,16	14,43	20,53
Saturation en cations basiques (N)	%	36	59	56
" " " (E)	%	81	94	98
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	6,3	9,0	11,9
CaCO ₃	%	-	-	0
Matière organique	%	1,88	0,34	0,30
Phosphore assimilable :				
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	7,47
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	3,82	6,09	-

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)	
Infiltration	cm/hr		
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr	1,0 (20-70)	1,1 (110-150)

PROFIL DE REFERENCE : SO 5

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol dystrique

Symbole d'unité pédologique : T1a

Localisation : zone-témoin de SARE OUIINOR, Photo : 100
à 4,2 km du village

Position physiographique de la station : plaine d'inondation (P)

Pente : ~ 0,1 %

Altitude : 22 m

Végétation ou utilisation du sol : BORRERIA PALUDOSA, Carex, quelques rares
petits arbres et arbustes

Microtopographie : assez nombreuses poches de 10 - 40 cm de
profondeur, distantes 1 - 3 m l'une de
l'autre

Drainage : classe 1 - drainage pauvre; zone inondée
pendant plusieurs mois lors de la saison
de pluies.

Résumé : sol à texture fine, à réaction modérément acide,
présence de gley dans tout le profil; le sous-
sol très imperméable, induré.

Description du profil :

- | | |
|---------------|--|
| 0 - 35 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais; argile; faiblement granulaire fine et moyenne; très friable; racines assez nombreuses; limite graduelle irrégulière. |
| 35 - 90 cm | Gris (10 YR 5/1) à l'état frais, taches peu nombreuses, fines, vagues, de couleur brune; argile; massif; peu perméable; limite graduelle régulière. |
| 90 - 120 cm | Gris foncé à gris brunâtre foncé (10 YR 4/1 à 4/2) à l'état frais; taches peu nombreuses, vagues, fines, de couleur brun intense; argile; massif; très dur; limite graduelle régulière. |
| 120 - 180 cm+ | Gris brunâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; taches peu nombreuses, de couleur noire (manganèse); argile; massif; induré; extrêmement dur; nodules calcaires peu nombreux (1 - 2 cm de diamètre). |

Propriétés physiques
et chimiques :

- l'argile du sous-sol est caractérisée par une conductibilité hydraulique très faible (test en laboratoire)
- les valeurs élevées de la CEC indiquent la présence de silicates 2:1 dans la fraction argileuse
- capacité de rétention en eau: 38 mm (0 - 30 cm),
135 mm (0 - 100 cm)

Limitations: drainage; microrelief; exploitation du sol difficile;
risque d'inondation.

Aptitude culturale: non irrigable, 6 stdf

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-20	20-35	35-90	90-120	120-180
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	15	15	13	12	11
0.2 - 0.05 mm	%	12	13	11	11	10
0.05 - 0.02 mm	%	8	10	8	13	13
0.02 - 0.002 mm	%	19	17	16	13	14
< 0.002 mm	%	47	50	51	50	49
Texture (lab.)		C	C	C	C	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1.31		(1,5)		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2.60	2.60	2.57	2.54	2.62
Porosité totale	%	50				
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	22,7		24,1		
Teneur en eau, pF 4.2	%	13,4		15,1		16,1
Capacité de rétention en eau	%	9,3		9,0		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	1.27		0.39		0.05
6 hr	cm/hr	1.04		0.21		0.05
24 hr	cm/hr	0.47		0.13		0.00
Limite de liquidité	%	30	34	34	34	35
Limite de plasticité	%	14	12	13	12	15

pH H ₂ O	1 : 2.5	5.6	5.6	5.8	6.2	7.7
pH KCl	1 : 2.5	3.9	3.8	3.8	4.2	6.4
Conductivité	1 : 5	18.1	21.6	36.7	27.2	164.2
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Al 3 +	"	0,57	0,65	0,46	0,12	--
Acidité totale (pH 8.0)	"	6.43	6.43	5.62	4.83	2.42
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	7,53	8.54	9.79	11.87	18.87
Mg ²⁺	"	1.25	1.50	1.26	1.13	1.01
Na +	"	0.09	0.17	0.17	0.21	0.26
K +	"	0.07	0.10	0.05	0.04	0.04
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	18.47	17.24	17.52	22.26	20.56
Saturation en cations basiques ^(M)	%	49	60	64	60	98
" " " " " (E)		94	94	96	99	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	9.55	10.96	11.74	13.37	20.18
CaCO ₃	%	--	--	--	0	0
Matière organique	%	0.97	0.53	0.37	0.36	0.22
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	--	--	--	--	--
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	6,10	1,13	0,2	0,2	4,06

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr					
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : SO 6

Unité supérieure de classification (FAO) : Vertisol chromique/gleysol éutrique

Symbole d'unité pédologique : Vg

Localisation : zone-témoin de SARE QUINOR, Photo : 120
à 5,5 km au sud du village

Position physiographique de la station : pleine centrale d'inondation (G)

Pente : < 0,2 %

Altitude: 21,5 m

Végétation ou utilisation du sol : prairie naturelle

Microtopographie : assez nombreuses poches, 10-40 cm de profondeur, 0,5 à 2 m de diamètre

Drainage : classe 2 - drainage imparfait

Résumé : couche superficielle à texture fine, à réaction modérément acide sur un sous-sol argileux, à réaction faiblement acide, à gley, très peu perméable

Description du profil :

- | | |
|--------------|---|
| 0 - 31 cm | Gris foncé (10 YR 4/2) à l'état frais; taches peu nombreuses, fines, vagues, de couleur brune et grise; argile; faiblement polyédrique subangulaire fine et moyenne et faiblement granulaire fine; friable; éléments pédiques grossiers; dur; nombreuses galeries, horizon apparemment remanié par activité physique et biologique; limite graduelle ondulée. |
| 31 - 85 cm | Gris à gris foncé (10 YR 4/1 à 5/1) à l'état frais; taches assez nombreuses, fines, vagues, de couleur brune; argile; faiblement polyédrique angulaire moyenne; ferme à l'état frais, collant et plastique à l'état humide; limite distincte, ondulée |
| 85 - 190 cm+ | Gris foncé (10 YR 4/1) à l'état frais; taches assez nombreuses, fines et moyennes, vagues, de couleur brune; argile; très faiblement polyédrique angulaire grossière avec les surfaces brillantes dans les fissures des éléments pédiques |

Propriétés physiques

- et chimiques :
- la teneur en argile constante
 - les caractères de la CEC indiquent que la fraction argileuse contient des silicates du type 2 : 1

Limitations : drainage; microrelief; inondations; difficultés liées à la mise en état du sol et à son nivellement.

Aptitude culturale : non arable, 6stdf

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0-15	15-31	31-85	85-190
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	8	5	5	7
0.2 - 0.05 mm	%	12	7	9	8
0.05 - 0.02 mm	%	11	16	15	15
0.02 - 0.002 mm	%	13	13	14	15
< 0.002 mm	%	56	58	58	60
Texture (lab.)		C	C	C	C
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,21		1,31	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,51	2,37	2,48	2,57
Porosité totale	%	52		47	
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	22,5	23,3	26,2	
Teneur en eau, pF 4.2	%	14,8	14,7	16,6	14,6
Capacité de rétention en eau	%	7,7	8,6	9,6	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	4,63		0,90	0,07
6 hr	cm/hr	4,16		0,71	0,05
24 hr	cm/hr	1,71		0,42	0,00
Limite de liquidité	%				
Limite de plasticité	%				
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,7	5,8	5,8	6,5
pH KCl	1 : 2.5	4,2	4,0	4,0	5,1
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	14	17	17
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	0,00	0,02	0,01	0,02
Al ³⁺		0,225	0,394	0,262	0,037
Acidité totale (pH 8.0)	"	5,64	5,64	5,64	4,03
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	9,57	10,51	11,46	15,23
Mg ²⁺	"	2,01	1,89	2,01	2,01
Na ⁺	"	0,15	0,09	0,14	0,39
K ⁺	"	0,04	0,04	0,04	0,08
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	16,06	24,99	23,24	19,35
Saturation en cations basiques (N)	%	73	50	59	92
Saturation en cations basiques (E)		98	97	98	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	12,0	12,9	13,9	17,7
CaCO ₃	%	-	-	-	-
Matière organique	%	0,81	0,45	0,40	0,32
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	12,60	4,06	2,03	2,03
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr				
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : VK 1

Unité supérieure de classification (FAO) : Arenosol albique

Symbole d'unité pédologique : Dc

Localisation : au bord de l'ancienne route vers KOUNKANE, à 600 m au sud de VELINGARA Photo : 70

Position physiographique de la station : vallée périphérique/pente sableuse

Pente : < 1 %

Altitude : 34 m

Végétation ou utilisation du sol : petites rizières, quelques grands arbres, quelques jachères

Microtopographie : faibles ondulations, quelques grandes termitières

Drainage : classe 5 - drainage légèrement excessif; nappe phréatique à 190 cm de la surface du sol (16/12/1978)

Résumé : sol blanchi, à texture grossière, de faible fertilité

Description du profil :

0 - 14 cm	Gris rosâtre (7,5 YR 6/2) à l'état frais; limon sableux fin; massif, limite diffuse
14 - 37 cm	Blanc rosâtre (7,5 YR 8/2) à l'état frais; sable limoneux fin; massif; meuble; limite diffuse
37 - 165 cm	Blanc (7,5 YR 8/1) à l'état frais; sable limoneux; élémentaire; limite diffuse
165 - 200 cm	Blanc rosâtre (7,5 YR 8/2) à l'état frais; limon sableux; massif
200 - 240 cm+ (tarière)	Panachures; limon argilo-sableux; collant, légèrement plastique

Propriétés physiques

et chimiques : - capacité de rétention d'eau : 33 mm (0 - 30 cm)
84 mm (0 - 100 cm)

CEC et taux de saturation en bases très faibles

Limitations : Sol (CEC et capacité de rétention en eau); microrelief

Aptitude culturale : non-arable (6 st). Zone apte à l'arboriculture ou la forêt

PROFIL DE REFERENCE VK 1

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
		0 - 14	14 - 34	34 - 120	120 - 165	165 - 200	
Granulométrie							
2.0 - 0.2 mm	%	17	23	42	46	32	
0.2 - 0.05 mm	%	56	59	36	31	26	
0.05 - 0.02 mm	%	2	1	10	10	9	
0.02 - 0.002 mm	%	21	14	10	10	16	
< 0.002 mm	%	3	2	1	1	16	
Texture (lab.)		FSL	LFS	LS	LS	SL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,52	1,62				
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,87	2,81				
Porosité totale	%	47	42				
Capacité au champ (lab pF 2,5)	%	10,9	6,9	5,3			
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,1	1,3	0,6			
Capacité de rétention en eau	%	8,8	5,6	4,7			
Conductivité hydraulique (lab.)							
1 hr	cm/hr	0,34	0,28	0,85			
6 hr	cm/hr	0,21	0,21	0,74			
24 hr	cm/hr	0,10	0,17	0,48			
Limite de liquidité	%						
Limite de plasticité	%						
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,2	7,9	6,4	6,7	5,1	
pH KCl	1 : 2.5	4,2	7,4	4,7	5,3	3,45	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	56	21	35	29	41
Acidité (1 N KCl) :							
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	
Al 3 ⁺		0,05	-	-	-	1,95	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	<0,40	<0,40	<0,40	0,80	
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :							
Ca ²⁺	"	1,25	1,25	0,62	0,62	1,25	
Mg ²⁺	"	0,63	0,62	0,62	0,62	0,63	
Na ⁺	"	0,03	0,19	0,05	0,05	0,04	
K ⁺	"	0,07	0,16	0,02	0,02	0,07	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	2,63	2,50	1,87	1,87	3,13	
Saturation en cations (E)	%	97	98	100	100	51	
" (N)	%	75	89	70	70	67	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	2,04	2,27	1,31	1,31	3,94	
CaCO ₃	%	-	0	-	0	-	
Matière organique	%	1,8	0,5	0,1	0,06	0,06	
Phosphore assimilable :							
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	34,1	-	7,9	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	8,4	-	4,4	-	5,7	
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)					
Infiltration	cm/hr						
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr						

PROFIL DE REFERENCE : VK 2

Unité supérieure de classification (FAO) : Ferralsol rhodique

Symbole d'unité pédologique : Pp

Localisation : Sur l'ancienne route vers KOUNKANE, Photo : 70
à 1,5 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : plateaux

Pente : < 1 %

Altitude : 39 m

Végétation ou utilisation du sol : cultures de plateaux

Microtopographie : lisse

Drainage : classe 4 - drainage normal

Résumé : couche superficielle (0-40 cm) à réaction légèrement acide, et à texture moyennement grossière au-dessus d'un sol (40 - 78 cm) à réaction modérément acide et à texture moyenne avec un sous-sol (78 cm⁺) à réaction très fortement acide et à texture fine.

Description du profil :

0 - 20 cm	Brun foncé (7,5 YR 3/2) à l'état frais et brun (7,5 YR 5/2) à l'état sec; limon sableux; massif; dur; limite ondulée
20 - 40 cm	Brun foncé (7,5 YR 3/4) à l'état frais et brun (7,5 YR 5/4) à l'état sec; limon sableux; massif; dur à l'état sec; friable à l'état frais; limite irrégulière.
40 - 78 cm	Rouge (2,5 YR 5/6) à l'état frais et brun rougeâtre (2,5 YR 5/4) à l'état sec; limon argilo-sableux; massif; peu collant à l'état humide; limite diffuse.
78 - 180 cm +	Rouge (2,5 YR 4/7) à l'état frais et rouge (2,5 YR 5/8) à l'état sec, argile sableuse; massif; limite diffuse.

Propriétés physiques

et chimiques : CEC et taux de saturation en bases faibles, sous-sol (à partir de 78 cm) très acide avec un taux de saturation de 30 % pour l'aluminium.

Limitations: sol (fertilité); altitude

Aptitude culturale: polyculture (2 s)

PROFIL DE REFERENCE VK 2

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 20	20 - 40	40 - 78	78 - 125	125 - 180
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	36	40	32	26	25
0.2 - 0.05 mm	%	27	30	22	20	20
0.05 - 0.02 mm	%	10	8	4	3	9
0.02 - 0.002 mm	%	14	10	6	7	8
< 0.002 mm	%	9	11	31	38	36
Texture (lab.)		SL	SL	SCL	SC	SC
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,62	(1,6)	1,53	1,51	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,41		2,47	2,44	
Porosité totale	%	33		38	38	
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	11,0	9,3	16,1	18,5	
Teneur en eau, pF 4.2	%	4,2	(5,0)	11,1	12,8	
Capacité de rétention en eau	%	6,8	4,3	5,0	5,7	
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	1,03	0,33	1,66	1,89	
6 hr	cm/hr	0,86	0,23	1,58	1,80	
24 hr	cm/hr	0,55	0,20	0,94	1,11	
Limite de liquidité	%	12	12	19	26	25
Limite de plasticité	%	8	9	10	12	14
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,1	5,8	5,6	4,6	5,3
pH KCl	1 : 2.5	4,6	4,1	3,9	3,8	3,9
Conductivité	1 : 5					
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al 3 +		-	0,15	0,40	0,86	0,68
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,60	1,60	2,40	2,41	2,42
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	1,88	1,25	1,50	1,25	1,89
Mg ²⁺	"	0,63	0,63	1,00	0,63	0,63
Na +	"	0,08	0,02	0,04	0,07	0,02
K +	"	0,05	0,02	0,03	0,03	0,04
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	5,56	4,66	5,82	5,02	6,30
Saturation en cations (N)	%	47	66	44	39	41
" (E)	%	100	93	87	70	79
C.E.C. effective (KCl)	m eq / 100g	2,65	2,07	2,97	2,84	3,26
CaCO ₃	%	-	-	-	-	-
Matière organique	%	1,7	1,0	0,8	0,6	0,5
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P					
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	2,9	5,7	5,7	5,7	9,2
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr	15,0 (0)	2,0(40)	1,5(80)		
Perméabilité : Porchet, K	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : VK 4

Unité supérieure de classification (FAO) : Arénosol albique

Symbole d'unité pédologique : Q

Localisation : Sur l'ancienne route vers KOUNKANE Photo : 70
à 3,3 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : pente colluvale (C)

Pente : < 1 %

Altitude : 32 m

Végétation ou utilisation du sol : jachère recolonisée par des arbustes et quelques grands arbres; champs de coton à proximité.

Microtopographie : très faibles ondulations

Drainage : classe 6 - drainage excessif

Résumé : sol à texture grossière, à réaction modérément acide.

Description du profil :

0 - 15 cm	Gris clair (10 YR 7/1) à l'état sec; taches peu nombreuses, de dimensions moyennes et de couleur brun foncé; sable limoneux fin; massif; friable
15 - 30 cm	Gris clair (10 YR 7/1) à l'état sec; peu nombreuses taches de dimensions moyennes, vagues, de couleur jaune; sable limoneux fin; massif, friable
30 - 120 cm	Blanc (10 YR 8/2) à l'état sec, taches peu nombreuses, de dimensions moyennes et de couleur jaune; sable; élémentaire; meuble
120 - 160 cm +	Jaune (10 YR 8/6) à l'état sec; taches nombreuses, grossières, de couleur jaune brunâtre; sable limoneux; massif; semi-induré; très dur. Le sondage à la tarière est difficile à partir du fond de la tranchée à 160 cm

Caractère physiques et chimiques:

Capacité de rétention en eau : 41 mm (0 - 30 cm)
108 mm (0 - 100 cm)

- Basse teneur en matières organiques et CEC très faible

Limitations: Graves déficiences liées à la fertilité

Aptitude culturale: non arable (classe 6s)
utilisation du terrain à recommander: forêt naturelle ou plantation

PROFIL DE REFERENCE : VK 4

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0-15	15-30	30-120	120-160
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	26	25	50	39
0.2 - 0.05 mm	%	50	54	41	45
0.05 - 0.02 mm	%	15	10	3	2
0.02 - 0.002 mm	%	7	7	2	6
< 0.002 mm	%	3	3	1	8
Texture (lab.)		LFS	LFS	S	LS
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,6		1,6	1,8
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,6	2,6	2,8	2,7
Porosité totale	%	38		43	33
Capacité au champ	%	10,5		7,6	6,3
Teneur en eau, pF 4.2	%	1,9		1,6	3,7
Capacité de rétention en eau	%	8,6		6,0	2,6
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	3,37		10,26	0,70
6 hr	cm/hr	3,21		7,47	0,63
24 hr	cm/hr	0,86		0,46	0,53
Limite de liquidité	%	ne donne	-	-	9
Limite de plasticité	%	pas de	-	-	9
		pâte			
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,75	5,55	6,50	5,05
pH KCl	1 : 2.5	4,55	4,25	5,70	4,0
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	18	37	34
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Al ³⁺		-	0,05	-	0,61
Acidité totale (pH 8.0)	"	1.20	0.64	< 0,4	1.44
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	0,99	0,62	0,19	0,38
Mg ²⁺	"	0,22	0,12	0,12	0,12
Na ⁺	"	0,02	0,02	0,08	0,03
K ⁺	"	0,06	0,04	0,02	0,03
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	2,46	1,11	0,84	0,64
Saturation en cations basiques (H)	%	100	46	49	50
" " " " (F)	%	100	54	100	60
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	2,51	1,47	0,37	0,93
CaCO ₃	%	-	-	0	-
Matière organique	%	0,7	0,2	0,03	0,1
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	3,8	3,3	6,3	6,1
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	6,8(0)		8,0(30)	4,0(120)
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : VK 7

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol eutrique

Symbole d'unité pédologique : Tsz

Localisation : au bord de l'ancienne route vers KOUNKANE Photo : 90
à 4,4 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,5 %

Altitude : 28 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : quelques grandes termitières (2/ha)

Drainage : classe 2 - drainage imparfait :
zone inondée pendant plusieurs mois par an

Résumé : couche superficielle du sol à texture grossière et à réaction légèrement acide sur un sous-sol induré, à texture moyennement grossière (à partir de 33 cm) et à taches, caractérisé par une très faible perméabilité.

Description du profil :

0 - 13 cm	Gris très foncé (10 YR 3/1) à l'état frais et brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état sec; limon sableux fin; massif; dur; limite distincte, ondulée
13 - 33 cm	Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais et brun très pâle (10 YR 7/3) à l'état sec; assez nombreuses grosses taches de couleur rouge très foncé; sable limoneux; massif; limite distincte, régulière
33 - 150 cm +	Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais et sec; assez nombreuses grosses taches de couleur rouge foncé et concrétions de manganèse; limon argilo-sableux; massif; induré; très dur à l'état sec, très collant à l'état humide
120 cm	Echantillon prélevé pour analyse minéralogique

Propriétés physiques

et chimiques : dans la couche superficielle les taux de saturation en bases (CECE), les teneurs en argile et en matière organique sont faibles; très faible conductibilité hydraulique du sous-sol; CEC de la couche, superficielle très basse (0-33 cm); capacité de rétention en eau: 106 mm (0 - 100 cm)

Limitations : sol (CEC); drainage

Aptitude culturale : aptitude marginale pour le riz irrigué, 2Rsd

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
		0 - 13	13 - 33	33 - 150
Granulométrie				
2.0 - 0.2 mm	%	21	32	26
0.2 - 0.05 mm	%	48	43	30
0.05 - 0.02 mm	%	11	13	12
0.02 - 0.002 mm	%	14	7	10
< 0.002 mm	%	5	3	24
Texture (lab.)		FSL	LS	SCL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,6	1,8	1,7 (40 cm)
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,8	2,6	2,7
Porosité totale	%	43	31	37
Capacité au champ	%	11,7		15,0 (40 cm)
Teneur en eau, pF 4.2	%	(3,4)		9,6
Capacité de rétention en eau	%	8,3		5,4
Conductivité hydraulique (lab.)				
1 hr	cm/hr			0,09
6 hr	cm/hr			0,02
24 hr	cm/hr			0,00
Limite de liquidité	%			
Limite de plasticité	%			
=====				
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,10	6,20	6,30
pH KCl	1 : 2.5	5,45	5,40	4,30
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	36	33
Acidité (1 N KCl) :				
H +	meq/100 g	0,01	< 0,01	0,01
Al 3 +		-	-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,69	0,64	2,04
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :				
Ca ²⁺	"	2,47	0,94	6,40
Mg ²⁺	"	0,12	0,12	2,00
Na +	"	0,02	0,03	0,11
K +	"	0,12	0,12	0,12
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	3,21	1,91	9,59
Saturation en cations (N)	%	85	64	90
" " " Basiques (F)	%	100	100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	2,73	1,22	8,66
CaCO ₃	%	0	0	0
Matière organique	%	1,4	0,1	0,1
Phosphore assimilable :				
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P			
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	7,11	6,59	4,39
=====				
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	(PROFONDEUR) (cm)		
Infiltration	cm/hr	2,7(0)	1,0(40)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr	9,5 (0-40)		0,4 (40-90) 0,1 (100-150)

PROFIL DE REFERENCE : VK 8

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol eutrique

Symbole d'unité pédologique : TSz

Localisation : Sur l'ancienne route vers KOUNKANE Photo : 90
à 5 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,5 %

Altitude : 27,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane arborée

Microtopographie : quelques grandes termitières (1/ha)

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; sol submergé pendant environ 3 - 4 mois par an

Résumé : sol à gley, à texture moyennement grossière, à réaction légèrement acide, les horizons du sous-sol très peu perméables

Description du profil :

0 - 20 cm	Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais et gris (10 YR 5/1) à l'état sec; limon sableux fin; massif, dur; peu de racines; limite distincte ondulée
20 - 60 cm	Gris (10 YR 5/1) à l'état frais et gris clair (10 YR 6/1) à l'état sec; taches assez nombreuses, de dimensions moyennes, de couleur brun jaunâtre; limon argileux; massif; très dur; limite diffuse ondulée
60 - 130 cm+	Gris très foncé (10 YR 3/1) à l'état frais et gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état sec; taches assez nombreuses, de dimensions moyennes et de couleur brun jaunâtre accompagnées de quelques taches de manganèse, fines de couleur noire; limon argileux; massif; induré; très dur; très peu perméable

Propriétés physiques

et chimiques :

La CEC et le taux de matières organiques de la couche superficielle sont faibles

La conductivité hydraulique (test en laboratoire) est nulle dans les horizons juste en dessous de la surface et ceux du sous-sol (20 - 60 cm et 60 - 130 cm);
la capacité de rétention en eau : 46 mm (0 - 30 cm) et
151 mm (0 - 160 cm)

Limitations:

Drainage; la CEC de l'horizon supérieur est faible mais peut être augmentée par une bonne exploitation de la matière organique; sol induré en dessous des 20 cm.

Aptitude culturale : riz irrigué, 2Rsd

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0-20	20-60	60-130	
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	17	14	15	
0.2 - 0.05 mm	%	49	24	24	
0.05 - 0.02 mm	%	2	10	9	
0.02 - 0.002 mm	%	22	19	18	
< 0.002 mm	%	9	29	32	
Texture (lab.)		FSL	CL	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,41	(1,7)	(1,7)	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,54	2,55	2,74	
Porosité totale	%	44			
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	15,2	19,6	20,0	
Teneur en eau, pF 4.2	%	4,0	11,0	11,1	
Capacité de rétention en eau	%	11,2	8,6	8,9	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	0,40	0,00	0,00	
6 hr	cm/hr	0,28	0,00	0,00	
24 hr	cm/hr	0,19	0,00	0,00	
Limite de liquidité	%				
Limite de plasticité	%				

pH H ₂ O	1 : 2.5	6,20	6,35	7,45	
pH KCl	1 : 2.5	5,50	4,75	6,60	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	46	34	97
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	0,01	0,01	0,01	
Al ³⁺		-	-	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,13	2,27	4,25	
Cations échange(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	2,66	6,24	9,44	
Mg ²⁺	"	1,58	1,50	1,26	
Na ⁺	"	0,20	0,25	0,46	
K ⁺	"	0,05	0,08	0,10	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	4,97	11,30	15,12	
Saturation en cations basiques (N)	%	90	71	74	
" " " (E)	%	100	100	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,49	8,08	11,26	
CaCO ₃	%	0	0	0	
Matière organique	%	1,0	0,3	0,1	
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P			4,47	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	5,61	5,14		

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr				
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : VK 9

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : Sur l'ancienne route vers KOUNKANE Photo : 90
à 5,5 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : terrasse supérieure (J)

Pente : < 0,5 %

Altitude : 26,5 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : lisse

Drainage : classe 3 - drainage modéré; nappe phréatique remontant très fortement par périodes

Résumé : horizon supérieur à texture grossière, à réaction fortement acide

Description du profil :

- 0 - 20 cm Brun grisâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais et gris clair (10 YR 7/1) à l'état sec; limon sableux fin; massif.
- 20 - 60 cm Brun grisâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais et gris clair (10 YR 7/2) à l'état sec; taches assez nombreuses de dimensions moyennes, de couleur brun intense; limon; massif; limite diffuse.
- 60 - 120 cm Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais et brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état sec; taches nombreuses, de dimensions moyennes et grandes, de couleur brun intense (7,5 YR 5/6); limon; massif; limite graduelle à diffuse.
- 120 - 185 cm Brun (10 YR 5/3) à l'état frais et brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état sec; taches nombreuses, de dimensions moyennes et grandes, de couleur brun intense; limon argilo-sableux; présence de pisolithes; massif; collant, plastique; minces cutanes d'argile dans les pores; limite graduelle à diffuse.
- 185 - 210 cm + Brun (10 YR 5/3) à l'état frais; taches nombreuses de grandes dimensions, de couleur rouge jaunâtre; limon argilo-sableux; structure faiblement polyédrique subangulaire avec des pelli-cules d'argile grise à la surface des éléments pédiques; nombreuses pisolithes.

Propriétés physiques

et chimiques : capacité de rétention d'eau : 43 mm (0 - 30 cm)
106 mm (0 - 100 cm);

- la CEC très faible;
- le taux de saturation en bases faible;
- le taux de saturation en aluminium > 50 % en dessous de 20 cm
- faible teneur en matière organique de la couche superficielle

Limitations: fertilité du sol très déficiente; drainage des eaux de surface.

Aptitude culturale : riz irrigué marginale; entre dans la catégorie 2Rs si la teneur en matière organique, la CEC, et le taux en éléments nutritifs sont améliorés grâce à une bonne exploitation et fertilisation.

PROFIL DE REFERENCE : VK 9

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0-20	20-60	60-120	120-185
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	9	11	23	27
0.2 - 0.05 mm	%	58	31	25	26
0.05 - 0.02 mm	%	3	14	13	9
0.02 - 0.002 mm	%	22	20	17	14
< 0.002 mm	%	7	21	24	26
Texture (lab.)		SL	L	L	SCL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,6	1,5	1,4	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,7	2,5	2,5	2,8
Porosité totale	%	41	40	44	
Capacité au champ	%	15,4	15,2	19,1	
Teneur en eau, pF 4.2	%	4,0	11,0	11,1	
Capacité de rétention en eau	%	11,4	4,2	8,0	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr		0,54	1,58	0,89
6 hr	cm/hr		0,46	1,39	0,77
24 hr	cm/hr		0,39	0,96	0,50
Limite de liquidité	%	15	18	24	24
Limite de plasticité	%	11	10	11	12
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,35	5,40	5,40	5,55
pH KCl	1 : 2.5	4,00	3,70	3,70	3,75
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	15	15	22
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al 3 +		0,19	1,67	2,74	2,61
Acidité totale (pH 8.0)	"	2,02	3,86	5,62	5,58
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	0,86	0,99	0,76	1,01
Mg ²⁺	"	0,37	0,62	0,38	0,25
Na +	"	0,02	0,04	0,12	0,22
K +	"	0,04	0,05	0,08	0,04
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	3,00	5,83	8,71	8,92
Saturation en cations basiques (N)	%	43	31	15	17
Saturation en cations basiques (E)		87	50	35	37
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	1,48	3,37	3,81	4,14
CaCO ₃	%	-	-	-	-
Matière organique	%	0,7	0,3	0,3	0,2
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P				
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	5,32	7,14	3,68	4,16
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	0,9(0)	1,0(40)	0,8(80)	
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : VK 11

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : Sur l'ancienne route vers KOUNKANE Photo : 98
à 7,5 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 0,5 %

Altitude : 25,3 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : grandes termitières (3/ha)

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; sol submergé pendant plusieurs mois par an

Résumé : couche superficielle à texture moyenne, à réaction moyennement acide sur un sol argileux à gley, acide, peu perméable

Description du profil :

- | | |
|----------------|---|
| 0 - 20 cm | Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais et gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec; limon à limon sableux; massif; légèrement friable; limite distincte ondulée |
| 20 - 50 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais et sec; taches peu nombreuses, de dimensions moyennes, de couleur brun intense; argile; polyédrique subangulaire; collant, légèrement plastique; limite diffuse ondulée |
| 50 - 110 cm | Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais et brun pâle (10 YR 6/3) à l'état sec; taches assez nombreuses, de grandes dimensions, de couleur brun intense; argile; polyédrique angulaire avec des pellicules d'argile sur les surfaces des éléments pédiques; collant et plastique; limite diffuse. |
| 110 - 180 cm + | Gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état sec; taches nombreuses, de grandes dimensions, de couleur brun intense; limon argileux; fortement polyédrique subangulaire; très dur à l'état sec, très collant et plastique à l'état humide. |

Propriétés physiques

et chimiques :

capacité de rétention d'eau : 40 mm (0 - 30 cm)
113 mm (0 - 100 cm)

- les horizons argileux (20 - 110 cm) sont fortement acides à cause de l'aluminium échangeable présent. Les quantités sont toxiques pour de nombreuses plantes (> 40 % de saturation en aluminium).

- faible teneur en matière organique

Limitations:

drainage; sol (acidité en dessous de 20 cm, fertilité); microrelief.

Aptitude culturale : riz irrigué, 2Rstd (2Rs)

PROFIL DE REFERENCE VK 11

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 20	20 - 50	50 - 110	110 - 180	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	20	12	20	22	
0.2 - 0.05 mm	%	32	19	16	21	
0.05 - 0.02 mm	%	17	8	14	9	
0.02 - 0.002 mm	%	19	14	10	10	
< 0.002 mm	%	12	51	42	34	
Texture (lab.)		L/SL	C	C	CL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,6	1,3			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,8	2,6	2,7	2,7	
Porosité totale	%	42	50			
Capacité au champ (lab. pF 2,5)	%	16,3		24,0	18,2	
Teneur en eau, pF 4.2	%	7,1		16,0	12,2	
Capacité de rétention en eau	%	9,2		8,0	6,0	
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	0,95		1,90	1,44	
6 hr	cm/hr	0,83		1,72	1,40	
24 hr	cm/hr	0,49		0,65	0,61	
Limite de liquidité	%	22	31	28	29	
Limite de plasticité	%	8	18	15	14	

pH H ₂ O	1 : 2.5	5,60	5,30	5,25	5,6	
pH KCl	1 : 2.5	3,95	3,65	3,60	3,65	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	18	18	7	11
Acidité (1 N KCl) :						
H +	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Al 3 +		0,52	2,94	3,92	3,11	
Acidité totale (pH 8.0)	"	4,20	7,45	7,04	6,27	
Cations échange(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	2,61	3,44	1,23	2,16	
Mg ²⁺	"	0,50	0,76	0,64	1,02	
Na +	"	0,04	0,04	0,04	0,07	
K +	"	0,08	0,08	0,06	0,06	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	8,85	12,65	11,19	11,41	
Saturation en cations (E)	%	89	60	33	52	
" (N)	%	48	34	18	29	
C.E.C. effective (KCl)	m eq / 100g	4,76	7,26	5,89	6,42	
CaCO ₃	%	—	—	—	—	
Matière organique	%	1,1	0,6	0,4	0,1	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P					
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	5,9	10,0	5,0	2,1	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr					
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr		2,7(60-90)	2,7(90-150)	0,7(210-250)	

PROFIL DE REFERENCE : VK 13

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol ferrique (Af)

Symbole d'unité pédologique: TSy

Localisation : sur la vieille route menant à KOUNKANE Photo: 98
à 10 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station: terrasse supérieure; l'emplacement se trouve sur un terrain légèrement en hauteur

Pente : < 0,5 % Altitude : 25 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : quelques grandes termitières (2/ha)

Drainage: classe 3 ; drainage modéré; sol inondé occasionnellement; nappe phréatique le 20/12/1978 à 186 cm en-dessous de la surface du sol

Résumé : couche superficielle à texture moyenne et à réaction légèrement acide au-dessus d'un sol à texture moyenne et à réaction fortement acide; sous-sol en-dessous de 92 cm est gleyifié; modérément perméable

Description du profil :

0 - 20 cm	Gris très foncé (10 YR 3/1) à l'état frais; limon argilo-sableux; massif; compact; ferme; limite ondulée
20 - 92 cm	Brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état frais, limon argilo-sableux, massif; limite diffuse
92 - 150 cm	Rouge pâle (10 R 6/2) à l'état frais; taches assez nombreuses, de dimensions moyennes et de couleur grise; limon argileux; massif; un peu collant à l'état humide; minces argillanes dans les pores; limite graduelle.
150 - 210 cm +	Tacheté de gris et de rouge à l'état humide, limon argilo-sableux; massif; collant et plastique à l'état humide; quelques concrétions de fer et de manganèse

Propriétés physiques et chimiques:

sous-sol à réaction fortement acide (20-150 cm) avec de l'aluminium échangeable (42 % de saturation à 20-90 cm) qui atteint des niveaux toxiques pour de nombreuses cultures

CEC, matière organique, phosphate assimilable et bases échangeables sont tous à de faibles niveaux; capacité de rétention d'eau estimée à 30 mm (0 - 30 cm) et à 139 mm (0 - 100 cm)

Limitations: sol peu fertile; nivellement nécessaire.

Aptitude culturale: riz irrigué, 2 Rst

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0 - 20	20 - 92	92 - 150	150 - 190	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	24	16	21	24	
0.2 - 0.05 mm	%	28	36	22	22	
0.05 - 0.02 mm	%	18	16	13	12	
0.02 - 0.002 mm	%	4	11	11	10	
< 0.002 mm	%	26	21	31	32	
Texture (lab.)		SCL	SCL	CL	SCL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,55	1,62			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,73	2,62	2,67	2,58	
Porosité totale	%	43	38			
Capacité au champ	%	13,5	16,6			
Teneur en eau, pF 4.2	%	(8,9)	7,0	10,7		
Capacité de rétention en eau -	%	4,6	9,6			
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr		2,09	1,62	0,73	
6 hr	cm/hr		1,97	1,44	0,66	
24 hr	cm/hr		1,17	0,92	0,58	
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					
=====						
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,1	5,2	5,1	5,3	
pH KCl	1 : 2.5	5,2	3,8	3,7	3,7	
Conductivité	1 : 5	μS.cm ⁻¹	40	12	29	18
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Al 3 ⁺		-	1,44	2,58	2,44	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	4,00	5,63	5,63	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	3,13	1,25	0,75	0,75	
Mg ²⁺	"	1,25	0,63	0,57	0,76	
Na ⁺	"	0,01	0,01	0,05	0,24	
K ⁺	"	0,11	0,10	0,08	0,10	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	4,46	5,21	6,46	6,46	
Saturation en cations basiques	{N} {E}	100 100	38 38	22 36	29 43	
C.E.C. effective (KCl)	m.eq /100g	5,10	3,43	4,03	4,29	
CaCO ₃	%	-	-	-	0	
Matière organique	%	1,54	0,42	0,41	0,24	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	5,4	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	0,99	0,5	0,5	-	
=====						
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	(PROFONDEUR) (cm)				
Infiltration	cm/hr	2,4(0)	0,3(90)			
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr		2,2 (50 - 90)	11,0 (120 - 150)	2,9 (270 - 300)	

PROFIL DE REFERENCE : VK 20

Unité supérieure de classification (FAO) : Arenosol ferrallique

Symbole d'unité pédologique : TSy

Localisation : Sur l'ancienne route vers KOUNKANE Photo : 122
à 15,4 km au sud de VELINGARA

Position physiographique de la station : terrasse supérieure

Pente : < 1 % Altitude : 27 m

Végétation ou utilisation du sol : savane boisée claire

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 3 - drainage modéré

Résumé : horizon supérieur à texture moyennement grossière (0-110 cm),
faiblement acide avec précipitation de fer dans un sous-sol
très fortement acide (> 110 cm), à texture moyenne

Description du profil :

0 - 15 cm	Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais et gris à gris clair (10 YR 6/1) à l'état sec; limon sableux fin; massif; racines fines peu nombreuses
15 - 110 cm	Brun jaunâtre claire (10 YR 6/4) à l'état frais et jaune (10 YR 7/6) à l'état sec; limon sableux fin; massif; compact et dur; peu nombreuses racines jusqu'à 45 cm
110 - 160 cm	Jaune brunâtre (10 YR 6/6) à l'état frais et jaune (10 YR 7/6) à l'état sec; limon; massif; dur et compact; concrétions de fer peu nombreuses; limite diffuse
160 - 200 cm +	Brun grisâtre (10 YR 5/2) à l'état frais et gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état sec; limon sableux; massif; dur à l'état sec; collant à l'état humide; assez nombreuses pisolites.

Propriétés physiques

et chimiques :

- capacité de rétention d'eau estimée à : 36 mm (0 - 30 cm)
106 mm (0 - 100 cm)
- la CEC très faible, saturation en bases dans la couche 0-110 cm, très faible acidité en dessous de 110 cm

Limitations : sol (CEC et structure), nivellement modéré requis pour l'agriculture irriguée

Aptitude culturale : polyculture, 2st

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
		0-15	15-110	110-160	160-200	
Granulométrie						
2.0 - 0.2 mm	%	23	25	24	32	
0.2 - 0.05 mm	%	36	40	21	30	
0.05 - 0.02 mm	%	23	16	31	11	
0.02 - 0.002 mm	%	12	11	7	7	
< 0.002 mm	%	6	7	13	19	
Texture (lab.)		FSL	FSL	L	SL	
Densité apparente	g.cm ⁻³	(1,6)	(1,6)			
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,68	2,70	2,78	2,63	
Porosité totale	%					
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	10,9	8,6	10,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,0	2,4	4,3		
Capacité de rétention en eau	%	8,9	6,2	6,2		
Conductivité hydraulique (lab.)						
1 hr	cm/hr	0,88	1,11	1,88		
6 hr	cm/hr	0,82	0,95	1,75		
24 hr	cm/hr	0,46	0,52	1,01		
Limite de liquidité	%					
Limite de plasticité	%					

pH H ₂ O	1 : 2.5	6,8	5,6	4,6	4,6	
pH KCl	1 : 2.5	5,8	4,4	3,8	3,8	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	65	46	48	45
Acidité (1 N KCl) :						
H ⁺	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Al ³⁺		-	0,20	1,18	1,43	
Acidité totale (pH 8.0)	"	< 0,4	< 0,4	1,60	3,20	
Cations échange(NH ₄ - acétate) :						
Ca ²⁺	"	3,75	0,75	0,63	0,63	
Mg ²⁺	"	0,63	1,12	0,63	0,63	
Na ⁺	"	0,01	0,01	0,03	0,10	
K ⁺	"	0,30	0,02	0,04	0,02	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	3,96	1,73	1,98	2,97	
Saturation en cations basiques (N)	%	100	100	67	46	
Saturation en cations basiques (E)		100	90	53	49	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,69	2,10	2,51	2,81	
CaCO ₃	%	0	-	-	-	
Matière organique	%	1,84	0,18	0,20	0,18	
Phosphore assimilable :						
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	5,4	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	-	0,5	0,5	3,30	

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)				
Infiltration	cm/hr					
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr					

PROFIL DE REFERENCE : VK 29

Unité supérieure de classification (FAO) : Gleysol eutrique

Symbole d'unité pédologique : Df

Localisation : près de KOUNKANE, à environ 500 m au nord de la ville Photo : 148

Position physiographique de la station : fond d'une vallée périphérique (D)

Pente : < 0,5 %

Altitude : 25 m

Végétation ou utilisation du sol : rizières, quelques gros arbres

Microtopographie : assez nombreuses termitières du type "Champignon"; faible ondulations

Drainage : classe 2 - drainage imparfait; vallée périodiquement inondée pendant la saison de pluie

Résumé : horizon supérieur à texture fine, à réaction modérément acide avec un sous-sol très peu perméable; présence de gley dans tout le profil

Description du profil :

0 - 17 cm	Brun foncé (7.5 YR 3/2) à l'état frais et gris (N 5/0) à l'état sec; argile; fortement polyédrique subangulaire; très dur à l'état sec, ferme à l'état frais, très collant à l'état humide; racines peu nombreuses; limite distincte, régulière
17 - 80 cm	Brun (7,5 YR 5/2) à l'état frais et gris clair (N 7/0) à l'état sec; taches nombreuses de grande dimensions, prononcées, de couleur brun intense; argile, fortement polyédrique, très dur à l'état sec, collant et plastique à l'état humide; pisolites peu nombreuses.
80 - 200 cm +	Brun (7,5 YR 5/2) à l'état frais et gris-rosâtre (7,5 YR 6/2) à l'état sec; taches d'une part nombreuses, de grandes dimensions, prononcées, de couleur brun intense et d'autre part peu nombreuses, fines, prononcées, de couleur noire; argile; les autres caractères semblables à l'horizon 17-80 cm

Propriétés physiques

et chimiques : l'horizon sous-jacent à l'horizon supérieur (17 - 80 cm) est fortement acide avec saturation en aluminium (12 %); il est caractérisé par une conductibilité hydraulique très faible (test de laboratoire corroborant les observations faites sur le terrain). Capacité de rétention d'eau : 59 mm (0 - 30 cm)
152 mm (0 - 100 cm)

Limitations : inondations; drainage; superficie limitée

Aptitude culturale : riz irrigué 2Rd (2Rst)

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 17	17 - 80	80 - 150	
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	6	14	18	
0.2 - 0.05 mm	%	11	13	13	
0.05 - 0.02 mm	%	7	5	5	
0.02 - 0.002 mm	%	26	14	12	
< 0.002 mm	%	46	49	47	
Texture (lab.)		C	C	C	
Densité apparente	g.cm ⁻³	(1,7)	(1,7)	(1,7)	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,58	2,59	2,60	
Porosité totale	%				
Capacité au champ (lab. pF 2.5)	%	26,2	21,9	23,3	
Teneur en eau, pF 4.2	%	15,9	14,3	15,4	
Capacité de rétention en eau	%	10,3	7,6	7,9	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	1,78	0,34	1,46	
6 hr	cm/hr	1,40	0,22	1,24	
24 hr	cm/hr	0,89	0,09	0,86	
Limite de liquidité	%				
Limite de plasticité	%				
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,9	5,2	6,8	
pH KCl	1 : 2.5	4,4	3,7	4,8	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	23	29	33
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
Al 3 +		-	1,22	-	
Acidité totale (pH 8.0)	"	5,60	4,80	2,40	
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	9,40	6,30	9,43	
Mg ²⁺	"	2,50	2,90	3,77	
Na +	"	0,08	0,07	0,25	
K +	"	0,20	0,02	0,02	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	21,30	14,36	17,41	
Saturation en cations basiques (N)	%	56	64	77	
" (E)	%	100	88	100	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	11,98	10,43	13,47	
CaCO ₃	%	0	0	0	
Matière organique	%	2,39	0,52	0,42	
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	5,4	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	13,2	6,6	-	
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr				
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr				

PROFIL DE REFERENCE : VTK 4

Unité supérieure de classification (FAO) : Ferrasol orthique

Symbol d'unité pédologique : Pp

Localisation : 7 km au sud de VELINGARA
sur la route principale
menant vers KOUNKANE

Photo : 92

Position physiographique de la station : plateaux (A)

Pente : 0,5 %

Altitude : 38,5 m

Végétation ou utilisation du sol : zone de transition entre zone cultivée
et jachère; quelques arbres

Microtopographie : très faibles ondulations

Drainage : classe 3 - modérément bien drainé

Résumé : horizon supérieur à texture moyenne à grossière
et à réaction modérément acide sur un sous-sol
à texture moyennement grossière et à réaction
fortement acide.

Description du profil :

0 - 22 cm	Brun foncé (10 YR 3/2) à l'état frais et sec (10 YR 4/2); limon sableux fin; massif
22 - 70 cm	Brun clair (7,5 YR 6/4) à l'état frais et jaune rougeâtre (10 YR 7/6) à l'état sec; sable limoneux; massif
70 - 110 cm	Brun (7,5 YR 5/4) à l'état frais et jaune rougeâtre (7,5 YR 7/6) à l'état sec, taches rares, de dimensions moyennes et de couleur rouge foncé; limon argilo-sableux; massif; à l'état sec très dur, à l'état humide, très collant
110 - 200 cm +	Gris-rosâtre (7,5 YR 6/2) à l'état frais et gris-rosâtre (7,5 YR 7/2) à l'état sec; taches rares, de dimensions moyennes et de couleur rouge foncé; limon argilo-sableux à limon argileux; massif; très dur et compact à l'état sec, très collant à l'état humide; pisolites peu nombreuses

Caractères physiques

et chimiques : CEC, bases échangeables, taux de matières organiques et
phosphore assimilable très bas.

La capacité de rétention d'eau : 35 mm (0 - 30 cm)
144 mm (0 - 100 cm)

Limitation : Fertilité du sol est très faible; altitude

Aptitude culturale : non arable, 6s, arboriculture, forêts

PROFIL DE REFERENCE VTK 4

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 22	22 - 70	70 - 110	110 - 200
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	17	30	27	20
0.2 - 0.05 mm	%	44	45	29	25
0.05 - 0.02 mm	%	15	12	6	11
0.02 - 0.002 mm	%	12	7	7	11
< 0.002 mm	%	3	4	26	33
Texture (lab.)		FSL	LS	SCL	SCL-CL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,5	1,6		
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,8	2,6	2,6	2,5
Porosité totale	%	46	38		
Capacité au champ	%	8,2	6,0	14,7	
Teneur en eau, pF 4.2	%	1,3	2,0	8,3	
Capacité de rétention en eau	%	6,9	4,0	6,4	
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	0,75	2,17	1,77	
6 hr	cm/hr	0,46	2,05	1,16	
24 hr	cm/hr	0,49	0,48	0,56	
Limite de liquidité	%				
Limite de plasticité	%				
pH H ₂ O	1 : 2.5	5,8	6,0	5,3	5,4
pH KCl	1 : 2.5	4,1	5,1	4,0	3,9
Conductivité	1 : 5 μS. cm ⁻¹	9	83	8	9
Acidité (1 N KCl) :					
H ⁺	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al 3 ⁺		0,03	0,03	0,44	0,57
Acidité totale (pH 8.0)	"	< 0,4	< 0,4	0,80	1,61
Cations échang(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	0,63	1,25	1,25	1,51
Mg ²⁺	"	0,38	0,63	0,63	1,00
Na ⁺	"	0,02	0,03	0,02	0,03
K ⁺	"	0,07	0,18	0,06	0,08
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	1,11	2,23	2,23	4,47
Saturation en cations basiques (N)	%	98	94	88	95
Saturation en cations basiques (E)		92	98	82	82
C.E.C. effective (KCl)	meq /100g	1,2	2,1	2,4	3,2
CaCO ₃	%				
Matière organique	%	0,82	0,27	0,27	0,21
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P				
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	0,5	5,2	2,8	0,5

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	8,0 (0)		1,8 (200)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr			3,6 (70-110)	15,0 (150-200) 1,3 (300-390)

PROFIL DE REFERENCE : VTK 8

Unité supérieure de classification (FAO) : Luvisol gleyique

Symbole d'unité pédologique : Df

Localisation : à 12 km au sud de VELINGARA
sur la principale route menant
vers KOUNKANE

Photo : 96

Position physiographique de la station : Fond de vallée périphérique (D)

Penté : < 0,5 %

Altitude : 31 m

Végétation ou utilisation du sol : savana arborée à TERMINALIA MACROPTERA.
Anciennes rizières dans les claières

Microtopographie : assez nombreux petits monticules (10 - 20 cm de
haut pour 30 - 50 cm de diamètre)

Drainage : classe 3 - modéré; inondations saisonnières

Résumé : sol à texture moyenne, à réaction légèrement
acide et avec un horizon argilique distinct

Description du profil :

0 - 20 cm	Gris brunâtre clair (10 YR 6/2) à l'état frais et gris clair (10 YR 7/1) à l'état sec; limon sableux; massif
20 - 80 cm	Brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) à l'état frais et brun (10 YR 5/3) à l'état sec; limon argilo-sableux, structures fortement polyédrique, subangulaire; cutans d'argile sur les surfaces des éléments pédiques; limites diffuses ondulées
80 - 175 cm +	Brun (10 YR 5/3) à l'état frais et brun jaunâtre (10 YR 6/4) à l'état sec, assez nombreuses taches rouge jaunâtre moyennes et grandes; limon argilo-sableux; fortement polyédrique subangulaire; cutans d'argile sur les surfaces des éléments pédiques; très dur à l'état sec; formation des fentes de retrait pendant la saison sèche

Caractères physiques

et chimiques :

Capacité de rétention d'eau : (0 - 30 cm): 43 mm
(0 - 100 cm): 159 mm

CEC: très faible dans la couche superficielle mais augmentant à partir de 20 cm avec l'augmentation de la teneur en argile

Limitations : CEC faible; pourrait cependant être augmentée au moyen d'une bonne utilisation des résidus organiques.

Aptitude culturale : riz irrigué (2 Rsd)

PROFIL DE REFERENCE : VTK 8

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
		0-20	20-80	80-175
Granulométrie				
2.0 - 0.2 mm	%	15	28	28
0.2 - 0.05 mm	%	33	24	21
0.05 - 0.02 mm	%	25	9	6
0.02 - 0.002 mm	%	26	14	13
< 0.002 mm	%	6	22	29
Texture (lab.)		SL	SCL	SCL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,53	1,67	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,71	2,50	2,57
Porosité totale	%	44	33	
Capacité au champ (Lab. pF 2,5)	%	17,6	17,5	17,1
Teneur en eau, pF 4.2	%	4,0	9,8	9,3
Capacité de rétention en eau	%	13,6	7,7	7,8
Conductivité hydraulique (lab.)				
1 hr	cm/hr	0,39	0,39	0,51
6 hr	cm/hr	0,35	0,28	0,24
24 hr	cm/hr	0,23	0,18	0,12
Limite de liquidité	%	18	15	21
Limite de plasticité	%	11	9	14
=====				
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,2	6,0	6,1
pH KCl	1 : 2.5	4,7	3,7	3,9
Conductivité	1 : 5	26	18	13
Acidité (1 N KCl) :				
H ⁺	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al ³⁺		0,03	0,60	0,45
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	2,41	3,21
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :				
Ca ²⁺	"	2,50	3,77	4,27
Mg ²⁺	"	0,63	0,63	1,38
Na ⁺	"	0,03	0,15	0,18
K ⁺	"	0,09	0,12	0,09
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	3,90	6,98	9,43
Saturation en cations basiques(N)	%	83	67	63
" " (E)	%	99	89	93
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	3,28	5,26	6,37
CaCO ₃	%	-	-	-
Matière organique	%	1,8	0,3	0,1
Phosphore assimilable :				
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P			
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	6,7	5,2	2,7
=====				
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
Infiltration	cm/hr			
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr			

PROFIL DE REFERENCE : VTK 9

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol orthique, phase pétroferrique

Symbole d'unité pédologique : Pm

Localisation : à 14,1 km au sud de VELINGARA près de la route principale vers KOUNKANE Photo: 124

Position physiographique de la station : plateau (A)

Pente : < 0,5 %

Altitude : 39 m

Végétation ou utilisation du sol : savana arborée

Microtopographie : faibles ondulations

Drainage : classe 2 - drainage imparfait

Résumé : horizon supérieur à texture grossière, à réaction légèrement acide sur un horizon argilique, compact, à réaction légèrement acide, avec de la latérite indurée en dessous de 80 cm

Description du profil :

0 - 30 cm	Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais et gris (10 YR 5/1) à l'état sec; limon sableux fin; massif; limite abrupte
30 - 80 cm	Brun à brun foncé (7,5 YR 4/4) à l'état frais et brun intense (7,5 YR 5/6) à l'état sec; limon argilo-sableux; faiblement polyédrique subangulaire avec des traces de pellicules d'argile sur les surfaces pédiques; très compact; très dur à l'état sec, plastique et très collant à l'état humide; limite abrupte.
80 cm +	Cuirasse ferrugineuse, probablement faiblement perméable.

Caractères physiques et chimiques :

Capacité de rétention d'eau : 27 mm (0 - 30 cm)
83 mm (0 - 80 cm)

Faible CEC au niveau de la couche superficielle
Faible teneur en matière organique

Limitations: Sol (profondeur, capacité de rétention d'eau, CEC); drainage interne; altitude.

Aptitude culturale: Moyennement apte à la culture du riz irrigué, 2Rs (2s)

PROFIL DE REFERENCE : VTK 9

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)	
		0-30	30-80
Granulométrie			
2.0 - 0.2 mm	%	33	22
0.2 - 0.05 mm	%	41	24
0.05 - 0.02 mm	%	10	12
0.02 - 0.002 mm	%	8	8
< 0.002 mm	%	6	32
Texture (lab.)		FSL	SCL
Densité apparente	g.cm ⁻³	1,7	1,7
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,79	2,69
Porosité totale	%	39	37
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	7,8	16,7
Teneur en eau, pF 4.2	%	2,6	10,1
Capacité de rétention en eau	%	5,2	6,6
Conductivité hydraulique (lab.)			
1 hr	cm/hr	1,86	3,56
6 hr	cm/hr	1,27	3,63
24 hr	cm/hr	0,75	3,60
Limite de liquidité	%		
Limite de plasticité	%		
=====			
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,3	6,4
pH KCl	1 : 2.5	5,3	4,9
Conductivité	1 : 5	70	25
Acidité (1 N KCl) :			
H ⁺	meq/100 g	< 0,01	< 0,01
Al ³⁺		-	-
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	1,61
Cations échang(NH ₄ - acétate) :			
Ca ²⁺	"	2,50	2,52
Mg ²⁺	"	0,63	0,63
Na ⁺	"	0,03	0,03
K ⁺	"	0,12	0,11
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	4,45	7,39
Saturation en cations basiques (N)	%	73	46
Saturation en cations basiques (E)		100	100
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	3,27	3,38
CaCO ₃	%	-	-
Matière organique	%	0,91	0,39
Phosphore assimilable :			
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P		
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	25,9	5,6
=====			
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)	
Infiltration	cm/hr	16,0 (0)	1,5 (50)
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr		2,6 (50-110)

PROFIL DE REFERENCE : VTK 18

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol ferrique

Symbole d'unité pédologique : Pp

Localisation : KOUNKANE

Photo : 148

Position physiographique de la station : plateaux

Pente : < 0,5 % Altitude : 31 m

Végétation ou utilisation du sol : zone de culture ; quelques gros arbres

Microtopographie : lisse

Drainage : classe 3 - drainage modéré

Résumé : couche superficielle à texture grossière; à réaction faiblement acide sur sous-sol à texture fine, à réaction très fortement acide, perméable

Description du profil :

- | | |
|----------------|---|
| 0 - 20 cm | Brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) à l'état frais et gris (10 YR 5/1) à l'état sec; limon sableux fin; massif; dur; limite diffuse |
| 20 - 110 cm | Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais et brun très pâle (10 YR 7/8) à l'état sec; taches assez nombreuses, de dimension moyenne, distinctes, de couleur rouge; limon argileux; polyédrique subangulaire; très collant, plastique à l'état humide; limite diffuse |
| 110 - 200 cm + | Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais et brun très pâle (10 YR 7/3) à l'état sec; argile sableuse à limon argileux; polyédrique subangulaire avec traces de pellicules d'argile sur les surfaces pédiques; très collant plastique à l'état humide |

Propriétés physiques et chimiques :

- augmentation notable de la teneur en argile avec la profondeur (probablement horizon argilique)
 - très faible teneur en matière organique dans la couche superficielle
 - la CEC et le taux de saturation en cations basiques très faibles
 - la partie inférieure de la zone racinaire accuse des niveaux toxiques d'aluminium (59 % de saturation en aluminium) ce qui nécessiterait une correction par chaulage pour la plupart des cultures.
- sérieuses déficiences au point de vue fertilité du sol

Limitations:

Aptitude culturale: non arable 6s (2s); apte à l'arboriculture ou les forêts.

ANALYSES DE SOL

DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
		0 - 20	20- 110	110-200	
Granulométrie					
2.0 - 0.2 mm	%	39	19	29	
0.2 - 0.05 mm	%	32	18	16	
0.05 - 0.02 mm	%	8	8	4	
0.02 - 0.002 mm	%	16	17	13	
< 0.002 mm	%	5	39	37	
Texture (lab.)		FSL	CL	SC-CL	
Densité apparente	g cm-3	1,6	2,0		
Densité réelle		2,6	2,7	2,5	
Porosité totale	g.cm-3	38	26		
Capacité au champ (lab pF 2.5)	%	7,4	19,5		
Teneur en eau, pF 4.2	%	7,3	12,2		
Capacité de rétention en eau	%	5,1	7,3		
Conductivité hydraulique (lab.)					
1 hr	cm/hr	1,98	2,72	1,01	
6 hr	cm/hr	0,75	2,79	0,80	
24 hr	cm/hr	0,33	2,13	0,43	
Limite de liquidité	%	12	28	32	
Limite de plasticité	%	8	12	12	
=====					
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,1	4,8	5,1	
pH KCl	1 : 2.5	5,1	3,8	3,8	
Conductivité	1 : 5	μS. cm ⁻¹	26	17	30
Acidité (1 N KCl) :					
H +	meq/100 g	0,01	< 0,01	0,01	
Al 3 +		-	1,89	1,74	
Acidité totale (pH 8.0)	"	0,80	4,84	4,81	
Cations échange(NH ₄ - acétate) :					
Ca ²⁺	"	1,25	0,63	0,63	
Mg ²⁺	"	0,62	0,63	0,63	
Na +	"	0,01	0,01	0,01	
K +	"	0,10	0,03	0,03	
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	2,97	6,72	6,27	
Saturation en cations basiques (N)	%	64	19	21	
" " " " (E)		100	41	43	
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	1,96	3,20	3,05	
CaCO ₃	%	-	-	-	
Matière organique	%	1,16	0,27	0,41	
Phosphore assimilable :					
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-	
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	3,30	3,33	8,25	
=====					
LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)			
Infiltration	cm/hr	3,0(0)	1,7(60)	9,0(150)	
Perméabilité : Porchet, K̄	cm/hr		8,9(70-110)	6,5(160-200)	

PROFIL DE REFERENCE : VTK 19

Unité supérieure de classification (FAO) : Acrisol ferrique (Af)

Symbole d'unité pédologique : Pp

Localisation : à proximité de la route Kounkané - Kolda Photo : 148
à 1 km à l'est de la rivière Anambé

Position physiographique de la station : côté d'une vallée proche de la rivière

Pente : 0,5 % Altitude : 23 m

Végétation ou utilisation du sol : jachère arborée de plateaux

Microtopographie : régulière

Drainage : classe 3 - drainage modéré ; nappe phréatique le 17/1/79 à 2,6 m en-dessous de la surface du sol

Résumé : couche superficielle à texture moyenne à grossière, et à réaction légèrement acide au-dessus d'un sol perméable, à texture fine, et à réaction fortement acide

Description du profil :

- 0 - 30 cm Brun très foncé (10 YR 2/2) à l'état frais, gris (10 YR 5/1) à l'état sec, limon sableux fin ; limite distincte, régulière
- 30 - 90 cm Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais, brun jaunâtre clair (10 YR 6/4) à l'état sec ; argile sableuse à limon argileux ; massif ; quelques creux de dimensions moyennes ; limite diffuse
- 90 - 179 cm Brun jaunâtre (10 YR 5/4) à l'état frais, brun très pâle (10 YR 7/3) à l'état sec, limon argileux à argile ; massif ; limite abrupte
- 170 - 270 cm + Très tacheté, couches d'argile par intervalles, limon argileux fin, limon sableux à l'état humide ; de nombreuses pisolites ; sondages à la tarière, sols non échantillonnés

Propriétés physiques

et chimiques : - faible CEC, faible teneur en bases

- capacité de rétention d'eau estimée à 34 mm (0-30 cm) et à 125 mm (0-100 cm)
- faible teneur en matière organique de la couche superficielle

Limitations : Basse fertilité du sol (CEC, teneur en bases, et en matières organiques faibles) mais elle pourrait être améliorée grâce à une bonne exploitation

Aptitude culturale : polyculture 2s ; terres aptes à l'arboriculture ou à l'exploitation d'autres plantes vivaces qui pourraient utiliser l'eau de la frange capillaire provenant de la nappe phréatique que l'on trouve saisonnièrement dans le sous-sol très profond

ANALYSES DE SOL

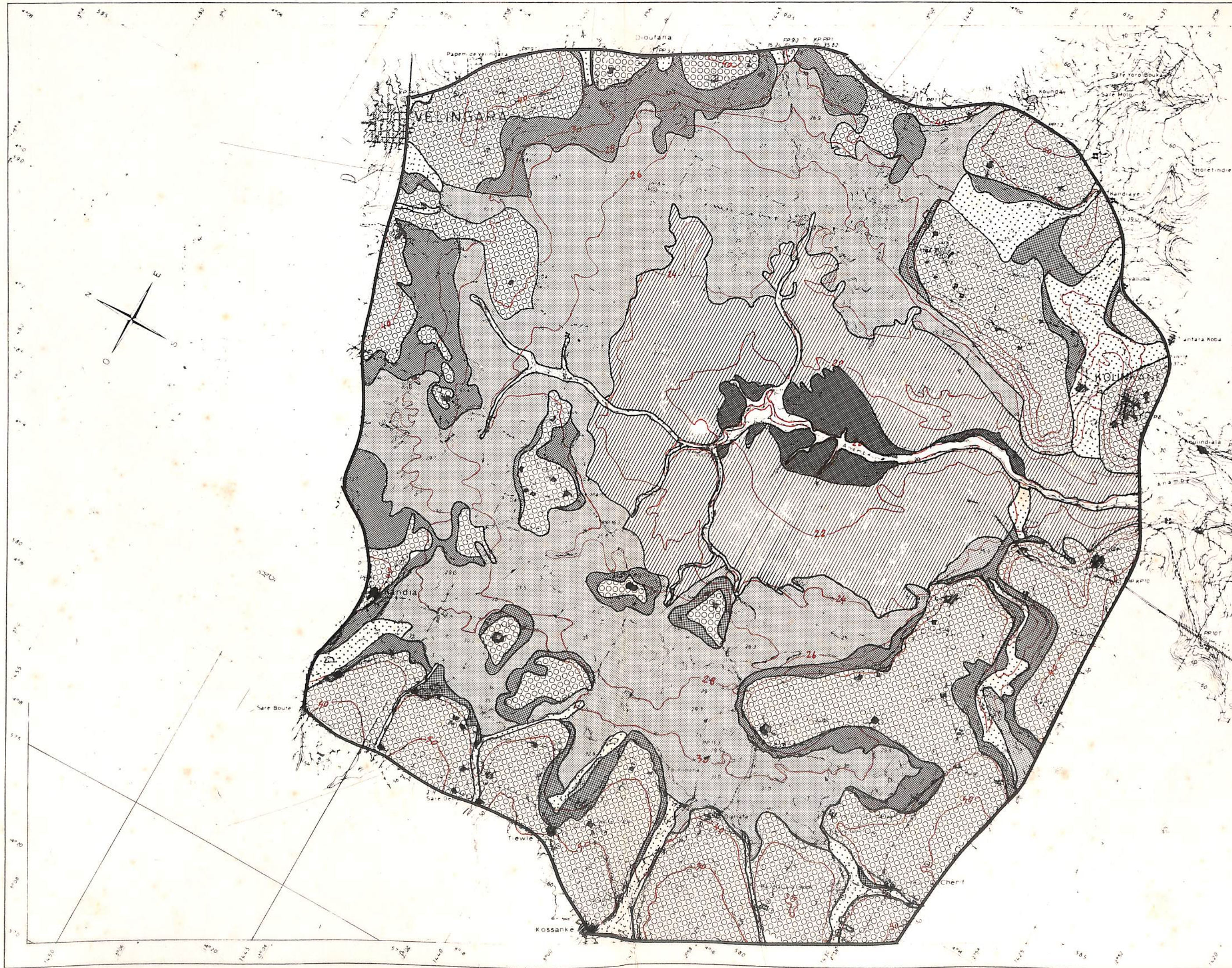
DETERMINATION	UNITE	PROFONDEUR (cm)		
		0 - 30	30 - 90	90 - 170
Granulométrie				
2.0 - 0.2 mm	%	24	19	18
0.2 - 0.05 mm	%	40	26	21
0.05 - 0.02 mm	%	9	11	11
0.02 - 0.002 mm	%	14	8	7
< 0.002 mm	%	13	36	40
Texture (lab.)		FSL	SC-CL	CL-C
Densité apparente	g.cm ⁻³	(1,6)	(1,6)	
Densité réelle	g.cm ⁻³	2,3	2,4	2,5
Porosité totale	%			
Capacité au champ	%	10,3	17,1	19,8
Teneur en eau, pF 4.2	%	3,2	10,1	12,2
Capacité de rétention en eau	%	7,1	7,0	7,6
Conductivité hydraulique (lab.)				
1 hr	cm/hr	1,90	1,55	1,61
6 hr	cm/hr	1,45	1,51	1,55
24 hr	cm/hr	0,55	0,78	0,50
Limite de liquidité	%			
Limite de plasticité	%			
=====				
pH H ₂ O	1 : 2.5	6,2	5,4	5,5
pH KCl	1 : 2.5	5,1	3,8	4,0
Conductivité	1 : 5	53	10	11
Acidité (1 N KCl) :				
H ⁺	meq/100 g	0,09	0,04	0,22
Al 3 ⁺		0,00	0,44	0,11
Acidité totale (pH 8.0)	"	1,60	4,02	3,22
Cations échang.(NH ₄ - acétate) :				
Ca ²⁺	"	2,50	1,26	2,52
Mg ²⁺	"	1,25	1,26	1,26
Na ⁺	"	0,05	0,11	0,07
K ⁺	"	0,11	0,06	0,06
C.E.C. pH 7.0 (NH ₄ - acétate)	"	5,84	6,29	7,14
Saturation en cations basiques (N)	%	67	43	55
Saturation en cations basiques (E)		98	85	92
C.E.C. effective (KCl)	m eq /100g	4,00	3,17	4,24
CaCO ₃	%	-	-	-
Matière organique	%	1,1	0,3	0,2
Phosphore assimilable :				
0.5 M Na HCO ₃ , pH 8.5	ppm P	-	-	-
0.1 N HCl - 0.03N NH ₄ F	ppm P	4,40	3,29	2,90

LES TESTS SUR LE TERRAIN	UNITE	PROFONDEUR (cm)	
Infiltration	cm/hr		
Perméabilité : Porchet, \bar{K}	cm/hr	10,0 (70-120)	3,8 (180-220)

FIGURES

L I S T E D E S F I G U R E S

- Figure 4 - 1 UNITES PHYSIOGRAPHIQUES
- Figure 4 - 2 TOPOSEQUENCE SCHEMATIQUE
- Figure 4 - 3 CARTE DES SOLS (2 PLANS)
- Figure 4 - 4 CLASSIFICATION DES TERRES EN VUE DE L'IRRIGATION (2 PLANS)



VEINDAR

Droufana

KOU

Koussanke

Sare Boure

Cherif

Moretinde

Antara Koba

Kouindiala

Anambé

PP101

PP102

PP103


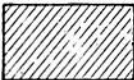


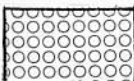
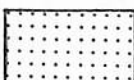
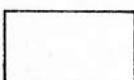

PP104


PP105

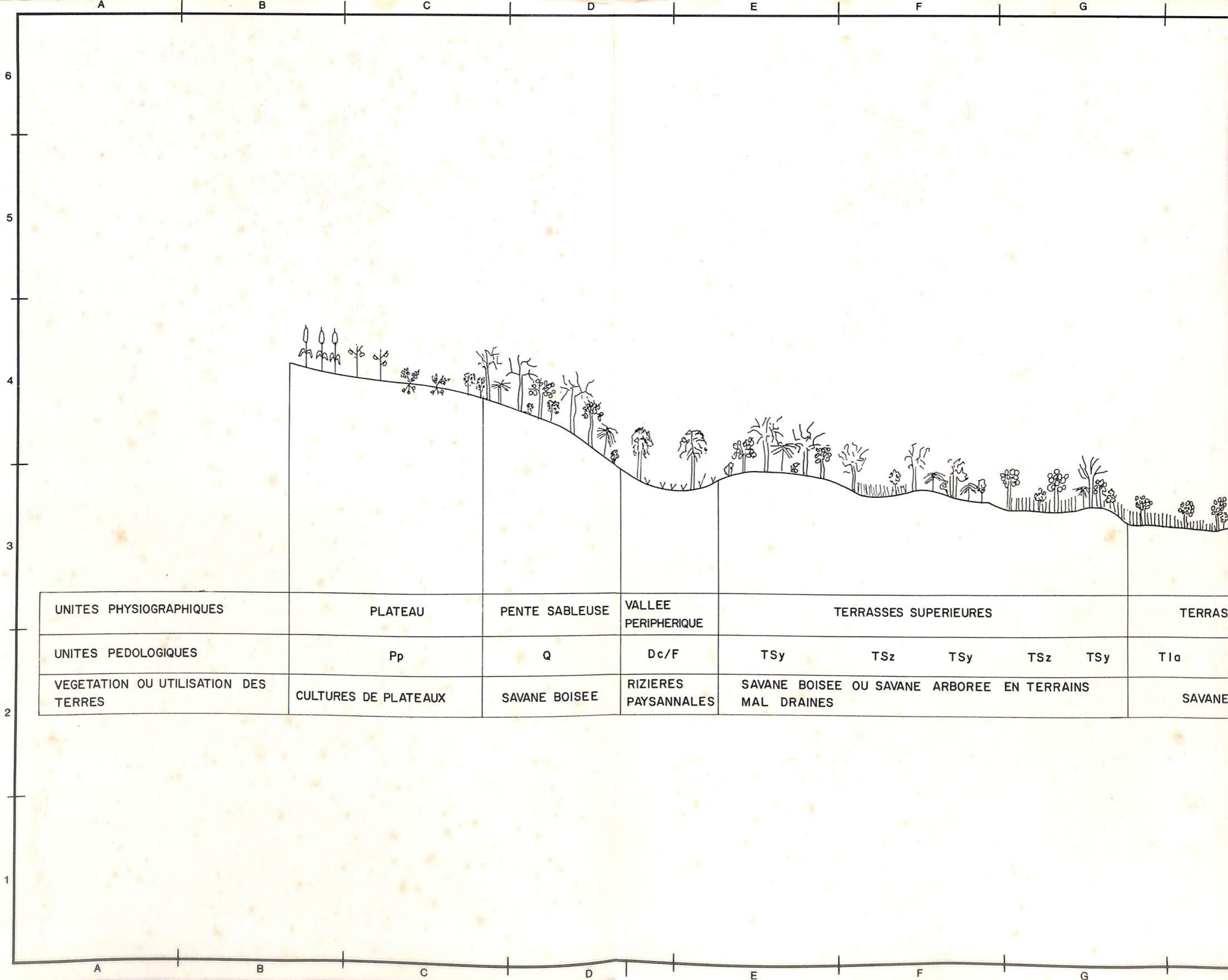
PP106

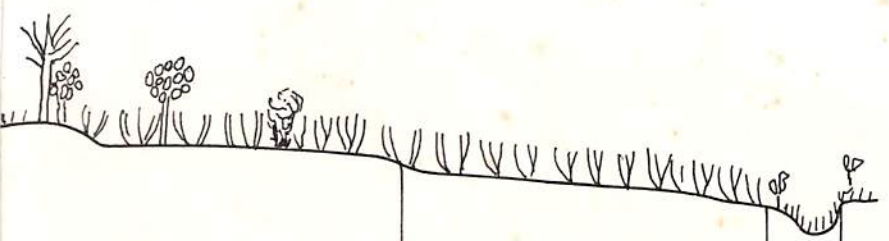
PP107

LEGENDE


	ZONE CENTRALE D'INONDATION (LAC DE WAIMA)
	TERRASSES INFERIEURES
	TERRASSES SUPERIEURES
	PENTES SABLEUSES
	PLATEAUX
	VALLES PERIPHERIQUES
	RIVIERE ANAMBE ET MARIGOTS TRIBUTAIRES
	LIMITE DE LA ZONE D'ETUDE

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
UNITES PHYSIOGRAPHIQUES			
		ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR	
		DESS.	Moussa
		CONT.	
		VISA	
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
1:100.000	MAL 80	6158-211389	4-1





SIS INFERIEURES		PLAINE CENTRALE D'INONDATION	MARIGOT ANAMBE
T1s	T1a	Vg	Hu
ARBOREE		SAVANE HERBEUSE DE BAS FONDS INONDABLES	

REPUBLIQUE DU SENEGAL MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL SODAGRI			
AMENAGEMENT DU BASSIN DE L'ANAMBE			
TOPOSEQUENCE SCHEMATIQUE PHYSIOGRAPHIE - SOLS - VEGETATION			
 ELECTROWATT INGENIEURS-CONSEILS S.A. ZURICH - DAKAR			DESS. DGMB CONT. VISA
ECHELLE	DATE	NUMERO DU PLAN	ANNEXE
	NOV.79	6158-211390	4-2