



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

18867 (1 of 2)

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU TOURISME

ET DE LA

PROTECTION DE LA NATURE

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT

ETUDE DES IMPACTS DE LA DECHARGE
DE M'BEUBEUSS SUR L'ENVIRONNEMENT

PLAN D'ASSAINISSEMENT ET DE
GESTION ECOLOGIQUE DU SITE

RAPPORT

original contains
color illustrations

établi par le
DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT DU
BUREAU VERITAS
DAKAR

JANVIER 1991

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Projet SENEGAL N°SI/SEN/89/801

BO: Ms. M. U. - 20

1

2 val.
- 2 val.
- 2 val.
- 2 val.
- 2 val.

ETUDE DES IMPACTS DE LA DECHARGE
DE M'BEUBEUSS SUR L'ENVIRONNEMENT

PLAN D'ASSAINISSEMENT ET DE
GESTION ECOLOGIQUE DU SITE

. Philippe DECO .

. Bernard HIOT.

. Michel OBERDORFF .

JANVIER 1991

S O M M A I R E

Financée par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel et la République du Sénégal, cette étude a permis d'analyser les impacts de la décharge publique de Dakar sur l'Environnement et d'en déduire les conséquences sur le plan de la gestion écologique du site.

Les travaux réalisés mettent en évidence :

- Des impacts néfastes envers la nappe phréatique et les populations
- Un risque d'extension de la pollution dans le temps par infiltration vers la nappe phréatique du fait des déchets stockés et de leur lessivage par les eaux de pluies

Pour ces raisons, nous proposons l'arrêt d'exploitation dans les meilleurs délais accompagné d'actions de réhabilitation du site et de son environnement.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1

ANALYSE DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

	Pages
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	1
1.2. TOPOGRAPHIE - OCCUPATION DU SOL	3
1.2.1. TOPOGRAPHIE	3
1.2.2. OCCUPATION DU SOL	5
1.2.2.1. Milieu Naturel	5
1.2.2.2. Activités Humaines	5
1.3. CLIMATOLOGIE	9
1.3.1. LES TEMPERATURES	9
1.3.2. LES PLUIES	9
1.3.3. L'EVAPORATION	10
1.3.4. LES VENTS	10
1.4. GEOLOGIE - HYDROGEOLOGIE	12
1.4.1. DONNEES GENERALES - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	12
1.4.1.1. Contexte Géologique	12
1.4.1.2. Contexte Hydrogéologique	16
1.4.1.2.1. Description de l'Aquifère Quaternaire	16
1.4.1.2.2. Piézométrie	16
1.4.1.2.3. Fluctuation piézométrique de la nappe	19
1.4.1.2.4. Paramètres hydrodynamiques de la nappe	19
1.4.1.2.5. Qualité de l'eau	20
1.4.2. MESURES REALISEES	21
1.4.2.1. Géologie	21
1.4.2.1.1. Forage des piézomètres	21
1.4.2.1.2. Sondages électriques	24

1.4.2.2.	Perméabilité des sols	24
1.4.2.2.1.	Description de l'appareillage	24
1.4.2.2.2.	Résultats	25
1.4.2.3.	Piézométrie	27
1.4.2.3.1.	En basses eaux	28
1.4.2.3.2.	En hautes eaux	29
1.4.2.4.	Salinité et pH de l'eau	32
1.4.2.4.1.	Données obtenues grâce aux Piézomètres	32
1.4.2.4.2.	Données provenant de la Géophysique électrique	33
1.4.3.	SYNTHESE - FONCTIONNEMENT DU SYSTEME	37
1.4.3.1.	Les apports et les pertes du système	37
1.4.3.2.	Notion de bilan hydrique	38
1.4.3.3.	Modélisation mathématique	39
1.4.4.	CONCLUSIONS	42

CHAPITRE 2

ETUDE DE L'ELIMINATION DES DECHETS A DAKAR ET DE LEUR POUVOIR POLLUANT SUR LA DECHARGE

2.1.	INTRODUCTION	43
2.2.	ORIGINE ET TYPOLOGIE GENERALE DES DECHETS	43
2.2.1.	ORDURES MENAGERES	43
2.2.2.	LES DECHETS LIQUIDES DOMESTIQUES	46
2.2.3.	LES DECHETS D'HOPITAUX	47
2.2.4.	LES DECHETS INDUSTRIELS	49
2.2.4.1.	Définition - Présentation	49
2.2.4.2.	Origine et typologie générale des Déchets industriels collectés par la SIAS	50
2.2.4.3.	Récapitulatif	56
2.2.5.	BILAN	61

2.3.	LA DECHARGE DE M'BEUBEUSS	63
2.3.1.	HISTORIQUE	63
2.3.2.	EXPLOITATION	63
2.3.3.	UTILISATION DU COMPOST	67
2.4.	ANALYSE DES DECHETS ET DE LEUR POUVOIR POLLUANT	68
2.4.1.	PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS	68
2.4.1.1.	Choix et positionnement des sondages	68
2.4.1.2.	Choix et positionnement des points de prélèvement	74
2.4.1.2.1.	Sondage E1	74
2.4.1.2.2.	Sondage E2	74
2.4.1.2.3.	Sondage E3	75
2.4.1.2.4.	Sondage E4	76
2.4.1.2.5.	Sondages complémentaires	76
2.4.2.	ANALYSE DES ECHANTILLONS	84
2.4.2.1.	Choix des analyses et techniques analytiques utilisées	84
2.4.2.1.1.	Analyse des déchets bruts	84
2.4.2.1.2.	Analyse des lixiviats	85
2.4.2.1.3.	Analyse des gaz	86
2.4.2.2.	Résultats	86
2.4.2.2.1.	Observations visuelles et organoleptiques au laboratoire	86
2.4.2.2.2.	Analyses physico-chimiques	88
2.4.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS	89
2.4.3.1.	Analyse des eaux prélevées sur le site	89
2.4.3.2.	Analyse des déchets	92
2.4.3.2.1.	Analyse des déchets bruts	92
2.4.3.2.2.	Analyse des lixiviats issus des tests de lixiviation X31 210	96
2.4.4.	CONCLUSION A L'ETUDE DU POUVOIR POLLUANT	101

CHAPITRE 3

ETUDE DES IMPACTS DE LA DECHARGE SUR L'ENVIRONNEMENT

3.1. IMPACTS DE LA DECHARGE SUR LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE	104
3.1.1. PRESENTATION	104
3.1.2. METHODE	104
3.1.2.1. Les points de prélèvement	104
3.1.2.2. L'échantillonnage	105
3.1.2.3. Les analyses	108
3.1.3. RESULTATS D'ANALYSES DE L'EAU DES PIEZOMETRES	109
3.1.3.1. Piézomètre 1	109
3.1.3.2. Piézomètre 2	111
3.1.3.3. Piézomètre 3	113
3.1.3.4. Piézomètre 3.3	115
3.1.3.5. Commentaire	117
3.1.4. RESULTATS D'ANALYSE DE L'EAU DES PUITES ET CEANES	120
3.1.5. EVOLUTION SPATIALE DE LA POLLUTION	121
3.1.6. CONCLUSION	124
3.2. IMPACTS DE LA DECHARGE SUR LA POPULATION	126
3.2.1. PRESENTATION	126
3.2.2. LA POPULATION ENVIRONNANTE	127
3.2.3. LES MARAICHERS	128
3.2.4. LES RECUPERATEURS	129
3.2.5. COMMENTAIRE	131

CHAPITRE 4

CONCLUSIONS - PROPOSITIONS - PERSPECTIVES - RECOMMANDATIONS

4.1.	SYNTHESE DES RESULTATS OBTENUS	133
4.2.	PROPOSITIONS - RECOMMANDATIONS	135
4.2.1.	AMENAGEMENT - REHABILITATION	136
4.2.1.1.	Aménagement de surface du site (hors décharge)	136
4.2.1.2.	Aménagement de la décharge	138
4.3.	PERSPECTIVES	148
4.3.1.	PRESENTATION	148
4.3.2.	CREATION D'UNE NOUVELLE DECHARGE	148
4.3.3.	CONNAISSANCE DE LA PRODUCTION DES DECHETS A DAKAR (CHOIX DES POSSIBILITES D'ELIMINATION)	149
4.4.	RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT AU SENEGAL	150

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES PLANCHES

CHAPITRE 1

- PLANCHE 1 - Plan de situation 1/50.000
- PLANCHE 2 - Coupes topographiques
- PLANCHE 3 - Photographie aérienne - carte d'occupation du sol
- PLANCHE 4 - Présentation photographique du site
- PLANCHE 5 - Climatologie
- PLANCHE 6 - Présentation photographique du site
- PLANCHE 7 - Géologie - hydrogéologie - Présentation photographique des travaux réalisés
- PLANCHE 8 - Coupe hydrogéologique schématique
- PLANCHE 9 - Localisation des points de mesures
- PLANCHE 10 - Coupes lithologiques des forages
- PLANCHE 11 - Résultats des essais d'infiltration
- PLANCHE 12 - Carte piézométrique - basses eaux
- PLANCHE 13 - Carte piézométrique - hautes eaux
- PLANCHE 14 - Carte d'isorésistivité apparente
- PLANCHE 15 - Coupes géoélectriques
- PLANCHE 16 - Modélisation mathématique - piézométrie basses eaux

CHAPITRE 2

- PLANCHE 20 - Tableau des déchets industriels collectés par la SIAS
- PLANCHE 21 - Déchets industriels collectés par la SIAS - présentation graphique des volumes et entreprises par secteur d'activité
- PLANCHE 22 - Probabilité de l'existence des déchets à Dakar selon la nomenclature française des déchets
- PLANCHE 23 - Bilan schématique journalier de l'élimination des déchets sur la presqu'île du Cap Vert
- PLANCHE 24 - Carte de localisation des différentes zones de la décharge
- PLANCHE 25 - Prélèvements de déchets - Carte de positionnement des points de sondage
- PLANCHE 26 - Présentation photographique des travaux de prélèvements de déchets
- PLANCHE 27 - Présentation photographique des travaux de prélèvements de déchets
- PLANCHE 28 - Sondage E1 - schéma d'ensemble
- PLANCHE 28bis- Sondage E1 - Coupe transversale et positionnement des points de prélèvements
- PLANCHE 29 - Sondage E2 - schéma d'ensemble - coupe transversale et positionnement des points de prélèvements
- PLANCHE 30 - Sondage E3
- PLANCHE 31 - Sondage E4 - schéma d'ensemble
- PLANCHE 31bis- Sondage E4 - Coupe transversale et positionnement des points de prélèvements
- PLANCHE 32 - Sondages dispersés
- PLANCHE 33 - Analyse des eaux prélevées sur le site
- PLANCHE 33bis- Analyse des eaux prélevées sur le site
- PLANCHE 34 - Analyse des déchets
- PLANCHE 34bis- Analyse des déchets
- PLANCHE 35 - Tests de lixiviation NF > 31.210
(bis et ter) Analyse des lixiviats

CHAPITRE 3

- PLANCHE 50 - Localisation des points de prélèvements d'eau
- PLANCHE 51 - Présentation photographique des prélèvements d'eau
- PLANCHE 52 - Qualité de l'eau au PZ1
- PLANCHE 53 - Qualité de l'eau au PZ2
- PLANCHE 54 - Qualité de l'eau au PZ3
- PLANCHE 55 - Qualité de l'eau au PZ33
- PLANCHE 56 - Présentation photographique des pollutions de la nappe phréatique
- PLANCHE 57 - Evolution de la qualité de l'eau

CHAPITRE 4

- PLANCHE 60 - Principe d'aménagement de la décharge de M'BEUBEUSS
- PLANCHE 61 - Présentation des installations de captage et élimination du biogaz de la décharge
- PLANCHE 62 - Principe de confinement partiel de la décharge
- PLANCHE 63 - Collecte des eaux de percolation - schéma de principe

LISTE DES ANNEXES

CHAPITRE 1

ANNEXES A :

- A1 - Plan topographique du site au 1/5.000
- A2 - Données météorologiques

ANNEXES B :

- B1 - Extrait de la carte géologique du Niakoul
Rap. 1974
- B2 - Coupes Lithostratigraphiques (1970)
- B3 - Extrait de la carte hydrogéologique de la
presqu'île du Cap Vert
- B4 - Carte piézométrique de la nappe
des sables IV
. juin 1971
. octobre 1971
- B5 - Carte structurale - épaisseur des sables IV
(1970)
- B6 - Carte isobathe du toit des marnes (1972)
- B7 - Pluviométrie et piézométrie des piézomètres
P1 et P3 (1972)
- B8 - Stratigraphie des sables à Malika (1965)
- B9 - Variations piézométriques des forages
à Malika (1965)
- B10 - Variation piézométrique comparée des
forages et du Lac Youi

ANNEXE C : Inventaire des points d'eau et données
piézométriques

ANNEXE D : Prospection géophysique

ANNEXES E : Forage des piézomètres PZ1, PZ2, PZ3

- E1 - Rapport d'exécution du PZ1
- E2 - Rapport d'exécution du PZ2
- E3 - Rapport d'exécution du PZ3

ANNEXE F : Modélisation mathématique

CHAPITRE 2

ANNEXES G :

- G1 - Résultats d'analyse du compost de la décharge
- G2 - Norme Française X 31.210 - septembre 1988 - déchets - essai de lixiviation
- G3 - Résultats d'analyse des points de prélèvements E1, E2, E3, E4, prélèvements complémentaires - Présentation photographique des points de sondage

CHAPITRE 3

ANNEXES H :

- H1 - Tableau comparatif des normes relatives aux eaux de boisson
- H2 - Résultats d'analyse au PZ1
- H3 - Résultats d'analyse au PZ2
- H4 - Résultats d'analyse au PZ3
- H5 - Résultats d'analyse au PZ33
- H6 - Recherche des pesticides et PCB
- H7 - Résultats d'analyses bactériologiques
- H8 - Résultats d'analyses en différents points du site
- H9 - Résultats d'analyses au Lac 1
- H10 - Résultats d'analyses des lixiviats
- H11 - Questionnaires des enquêtes socio-économiques

CHAPITRE 4

ANNEXES I :

- I1 - Circulaire française du 11 mars 1987 relative à la mise en décharge des résidus urbains
- I2 - Instruction technique du 22 janvier 1980 et circulaire du 16 octobre 1984 relatives à la mise en décharge des déchets industriels

I N T R O D U C T I O N

Le présent rapport a pour objectif de présenter un plan de gestion écologique du site de M'BEUBEUSS sachant que cette décharge, installée depuis plus de 20 ans sur un Lac asséché, a pu entraîner une pollution de la nappe phréatique.

Nous avons donc procédé à :

- l'étude géologique et hydrogéologique du site
- l'analyse des déchets et de leur pouvoir polluant
- l'analyse du degré de pollution des sols
- l'analyse de la nature et du degré de pollution des eaux souterraines.

Ces différentes analyses nous ont permis d'élaborer un schéma d'aménagement du site.

Ce document comprend deux parties :

- * Le corps du rapport dont le plan est détaillé ci-après
- * Les annexes

Détail du rapport :

1) Analyse du site et de son environnement

* Présentation du contexte géographique, topographique, socio-économique, naturel et climatique.

* Etude géologique et hydrogéologique comprenant :

- La synthèse bibliographique
- La prospection géophysique
- Le forage de 3 piézomètres
- Les mesures de perméabilité des sols
- Les mesures piézométriques
- La synthèse de fonctionnement du système hydrogéologique
- La modélisation mathématique du comportement hydrodynamique de la nappe

2) Etude de l'élimination des déchets à Dakar et de leur pouvoir polluant sur la décharge

* Recueil des données sur la composition, la production et l'élimination des :

- ordures ménagères
- déchets liquides domestiques
- déchets hospitaliers
- déchets industriels

* Présentation de la décharge de M'BEUBEUSS

* Prélèvements sur site et analyses des déchets, lixiviats et gaz

3) Etude des impacts de la décharge sur l'environnement

* Prélèvements et analyses d'eau de la nappe

* Impacts sur les populations (enquêtes socio-économiques)

4) Conclusions, Propositions, Perspectives, Recommandations

* Point sur les résultats obtenus

* Propositions d'aménagements

* Perspectives d'action en matière de gestion des déchets sur Dakar

* Recommandations pour la gestion de l'Environnement au Sénégal

NOTA :

- La Direction de l'Environnement du Ministère du Tourisme et de la Protection de la Nature du Sénégal a participé activement à la réalisation des travaux.
- La Compagnie de Prospection Géophysique Française (CPGF - Horizon) a réalisé, avec l'aide du Bureau Véritas, les études géologiques et hydrogéologiques.
- La Division Polden de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon (France) a participé à la réalisation des travaux décrits au Chapitre 2 en :
 - . contribuant à l'étude de l'origine et typologie des déchets
 - . réalisant la définition du protocole de prélèvements, les prélèvements sur le terrain, l'échantillonnage, le conditionnement, l'analyse des déchets, des gaz et des eaux de la décharge.

CHAPITRE 1

ANALYSE DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

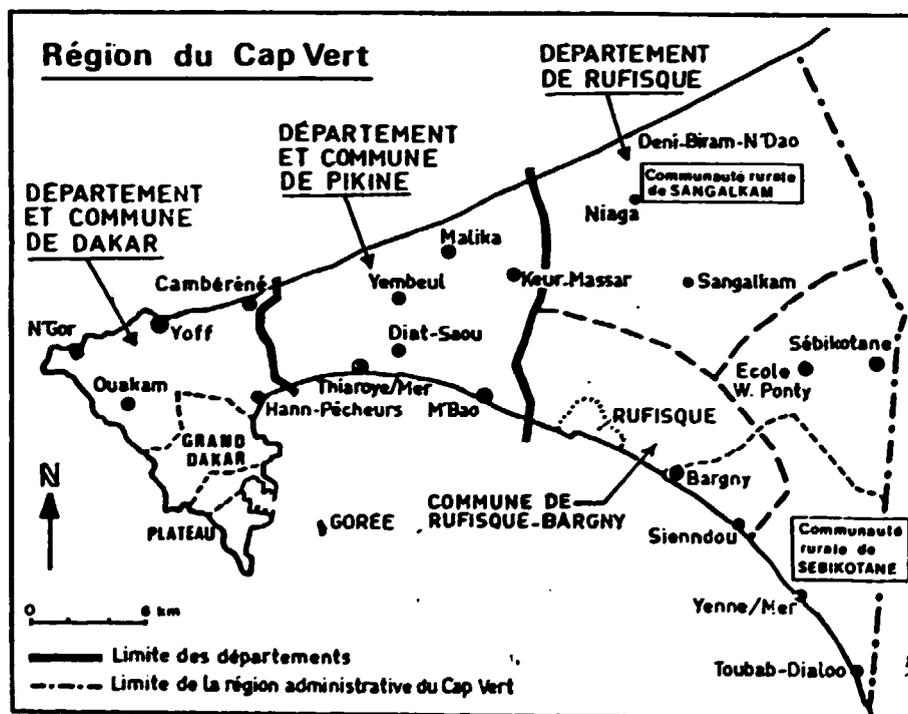
Le site étudié se trouve à 15 Km au NNE de DAKAR.

La décharge est située sur une partie du fond du Lac de M'BEUBEUSS, parallèle au littoral atlantique et séparé de la plage par un cordon dunaire de direction SW-NE en cours de reboisement.

Des villages entourent le site, ce sont :

- Malika à l'Ouest (2 Km)
- Keur Massar au Sud (2 Km)
- Niakoul Rap au Sud Est (4 Km)
- Tivaouane peul à l'Est (2Km)

La superficie du Lac de M'BEUBEUSS est d'environ 250 ha. La décharge occupe actuellement moins de 25 % de l'espace soit 55 ha.



ZONE D'E

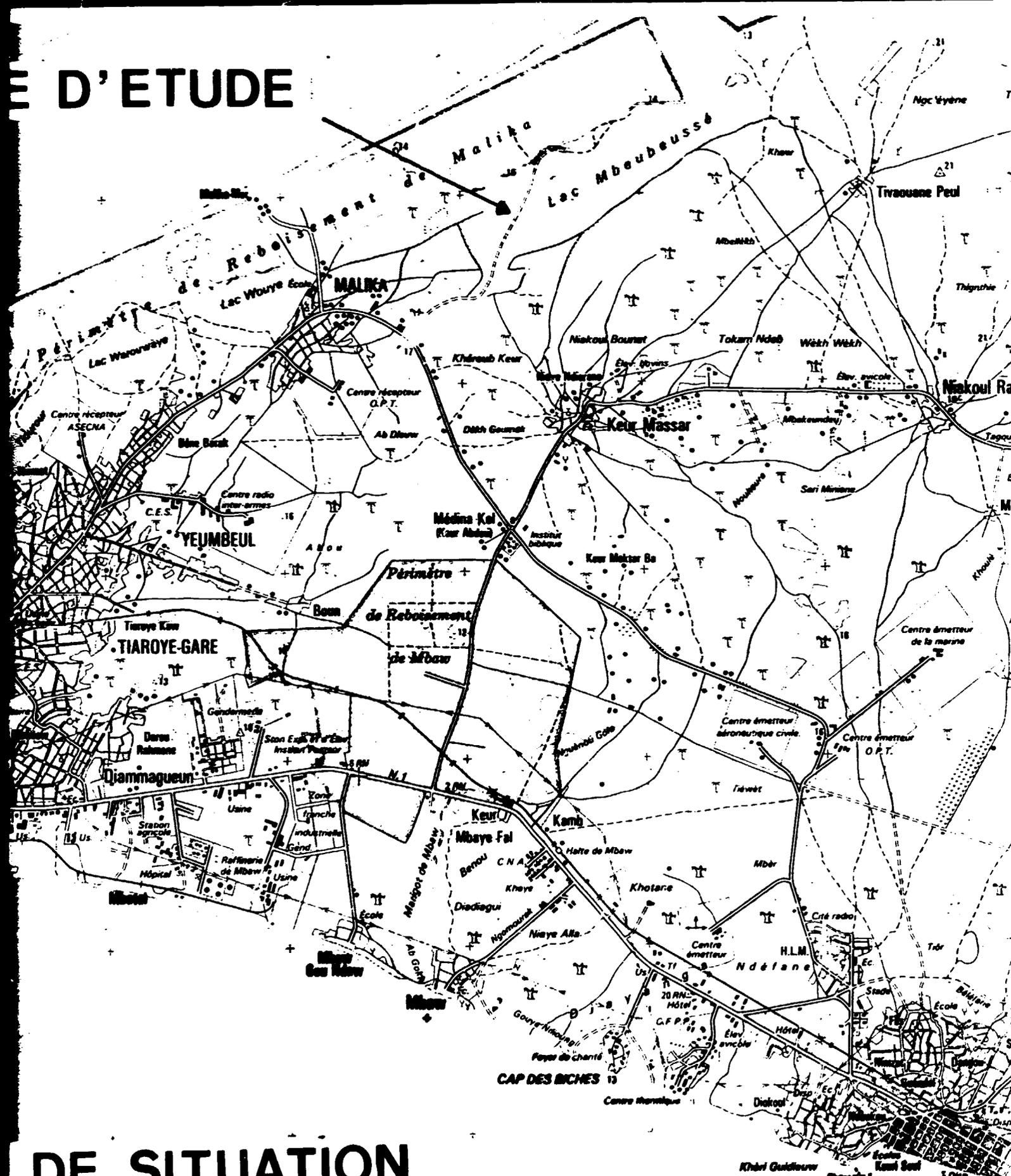


SECTION 1

PLAN DE

ECH:

E D'ETUDE



DE SITUATION

CH:1:50000

SECTION 2

RUFISQUE

1.2. TOPOGRAPHIE - OCCUPATION DU SOL

1.2.1. TOPOGRAPHIE

Pour les besoins de l'étude et étant donné qu'aucune carte pratique n'existait dans le secteur de M'BEUBEUSS, nous avons demandé à un géomètre agréé (M. BOUETTE - DAKAR) d'effectuer une carte topographique au 1/5.000ème de la décharge et ses environs (placée en annexe A).

Le site de M'BEUBEUSS se situe dans une dépression. Le Lac est coté sous le niveau de la mer (- 1 mètre environ) et sert de zone évaporatoire aux eaux marines et continentales.

Au Nord de la décharge et du Lac, on trouve la dune littorale qui culmine à plus de 10 mètres.

La coupe topographique AA (voir planche 2) montre cette dune au bas de laquelle vient buter la décharge.

La décharge repose en partie sur le Lac (55 % de la superficie totale de la décharge).

La hauteur des déchets varie de 3 mètres à 8 mètres environ.

Au Sud, la décharge s'appuie sur les dunes rouges continentales (voir coupe AA).

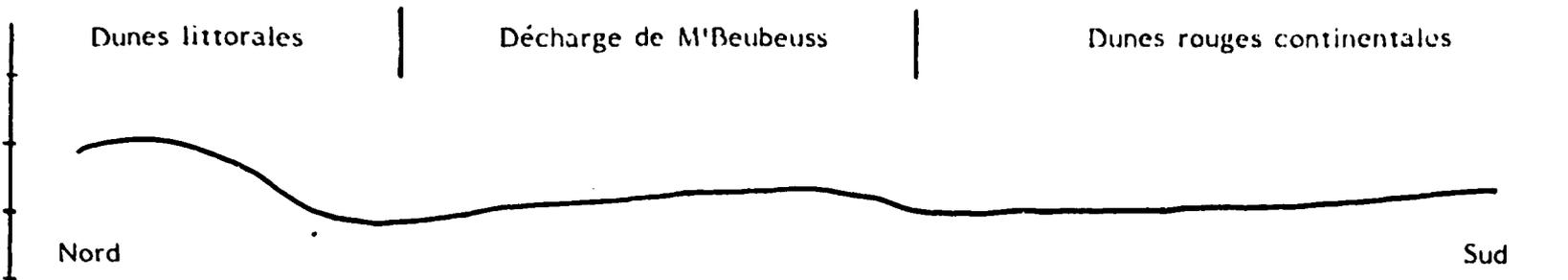
Au Sud Ouest de la décharge, on trouve une petite zone de dépression, le Lac KHEREUP KEUR, dont le fond est coté à environ + 0,5 mètre.

Le Lac de M'BEUBEUSS s'étend sur plus de 3,5 km et une longueur moyenne d'environ 700 mètres.

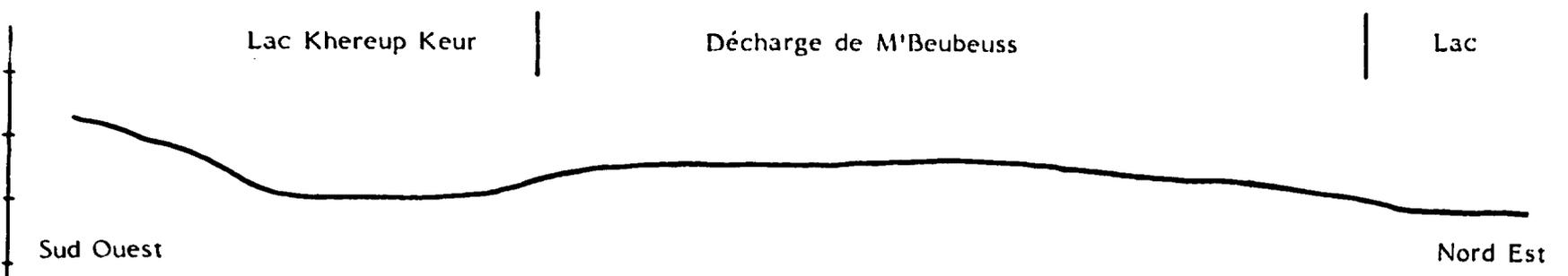
La décharge placée au travers du Lac a une longueur d'environ 2,5 km et une largeur moyenne de 500 mètres.

Altitude (en mètres)

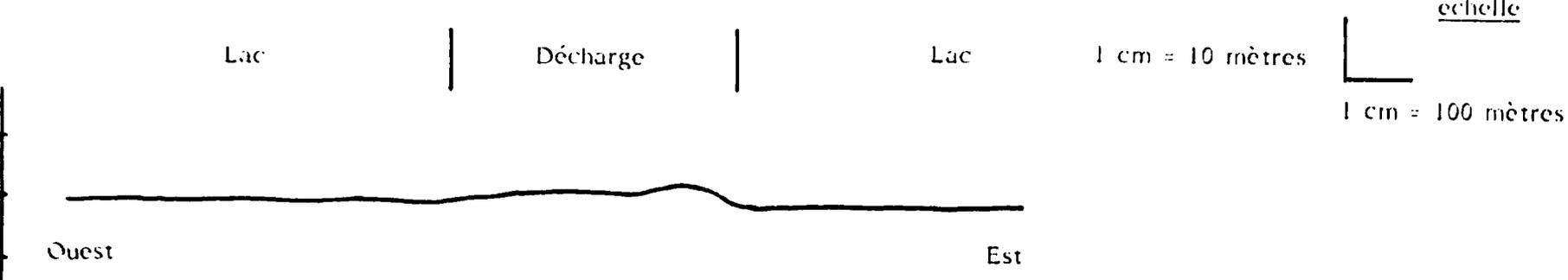
Coupe A.A



Coupe B.B



Coupe C.C



1.2.2. OCCUPATION DU SOL

Remarque : L'occupation du sol est présentée sur les planches 3 et 4.

1.2.2.1. Milieu Naturel

Le site de M'BEUBEUSS est situé dans la zone de Niayes, dépressions interdunaires (entre les dunes littorales et les dunes continentales) inondées pendant la saison des pluies et où la nappe phréatique est proche de la surface.

Au Nord de cette dépression, on trouve donc les dunes littorales fixées par des filaos suite à un programme de reboisement.

Au sud des dunes littorales, le Lac de M'BEUBEUSS constitue une immense zone évaporatoire des eaux souterraines.

Il est à noter qu'il n'existe pas de réseau hydrographique de surface alimenté directement par les pluies étant donné la faible pente des terrains et la forte perméabilité du sol (sables). Le Lac est asséché une partie de l'année (fin de saison sèche) et une faible hauteur d'eau existe à partir de la saison des pluies (remontée du niveau piézométrique).

le Lac est bordé de zones inondables (à l'Est et à l'Ouest) peuplées d'une végétation hyperhalophile.

Passé cette zone naturelle, commencent les Niayes avec leur végétation caractéristique (palmiers en particulier).

La faune sauvage est principalement représentée par :

- des reptiles (lézards, serpents)
- quelques singes patas

l'avifaune est assez intéressante puisque l'on peut voir des vanneaux, hérons, milans noirs, tourterelles, pigeons biset, tisserins, etc...

1.2.2.2. Activités Humaines

L'exploitation de la décharge est une activité importante. Elle consomme de grands espaces et dégrade franchement le paysage. Deux villages de récupérateurs sont installés au pied du dépôt.

L'entrée de la décharge est embranchée sur la route de Malika qui se dirige d'un côté vers Keur Massar - Dakar- Rufisque et de l'autre côté vers Malika- Pikine - Thiaroye - Dakar.

La circulation routière est principalement due à l'activité de la décharge et surtout à l'exploitation de sable. Effectivement, de très nombreux camions traversent la décharge pour accéder à la plage qui constitue la seule carrière de sable officielle de la presqu'île du Cap Vert.

La seconde activité est le maraîchage. De nombreux jardins se situent de part et d'autre du Lac :

- au Nord au pied de la dune littorale sur une bande d'une dizaine de mètres de large. Ceci est dû au fait que plus au Nord, la pente de la dune est trop forte pour les cultures tandis qu'au sud, la nappe d'eau devient salée à l'approche du Lac.
- à l'Est et à l'Ouest de part et d'autre du Lac où la nappe d'eau douce des sables IV est proche de la surface.

PLANCHE N°3
PHOTOGRAPHIE AERIEENNE DU SITE DE M'BEUBEUSS
CARTE D'OCCUPATION DU SOL

Echelle : 1 : 12 000

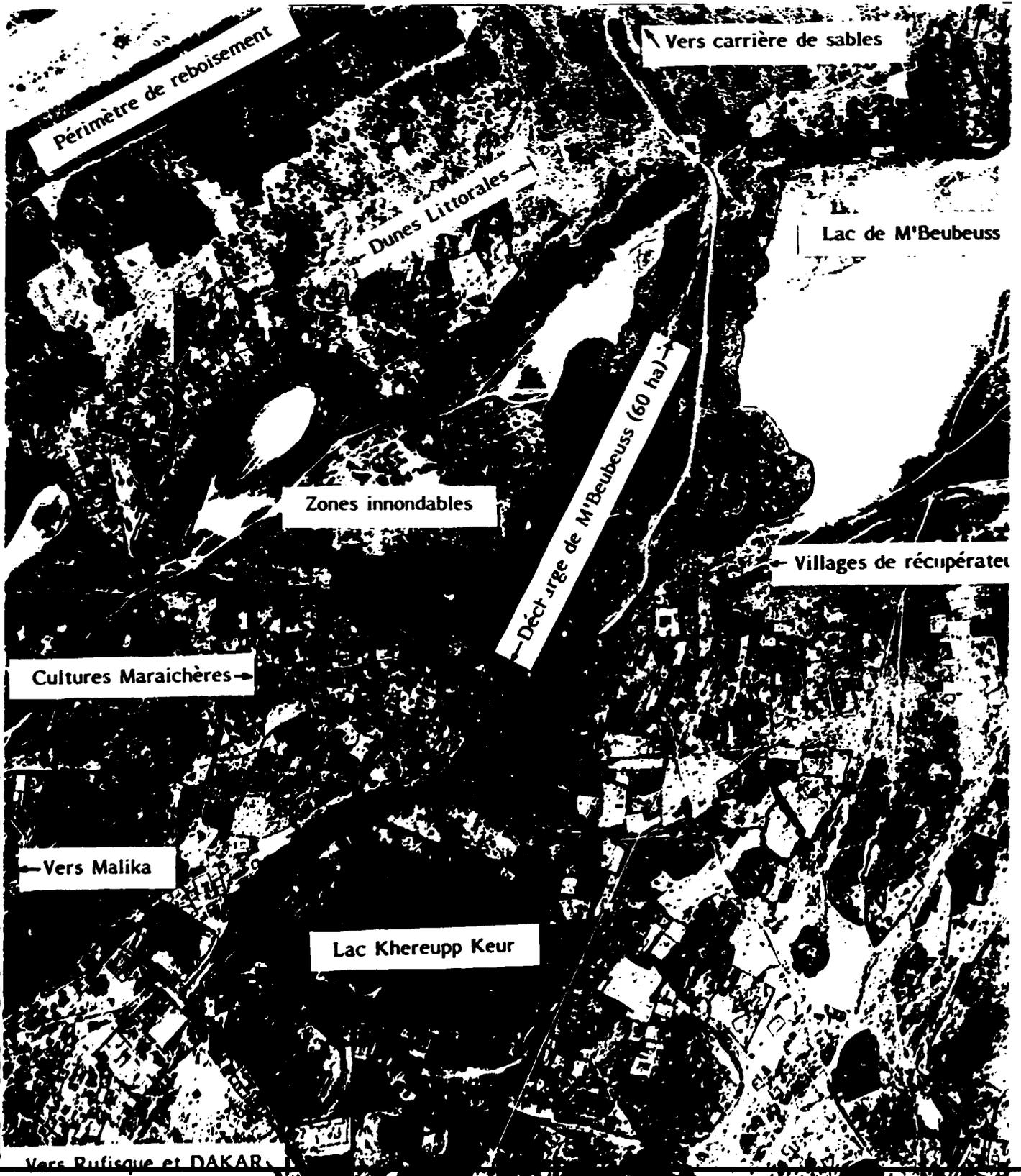


PLANCHE N° 4

Photo 1 : Vue
aérienne d'un
village de
récupérateurs.

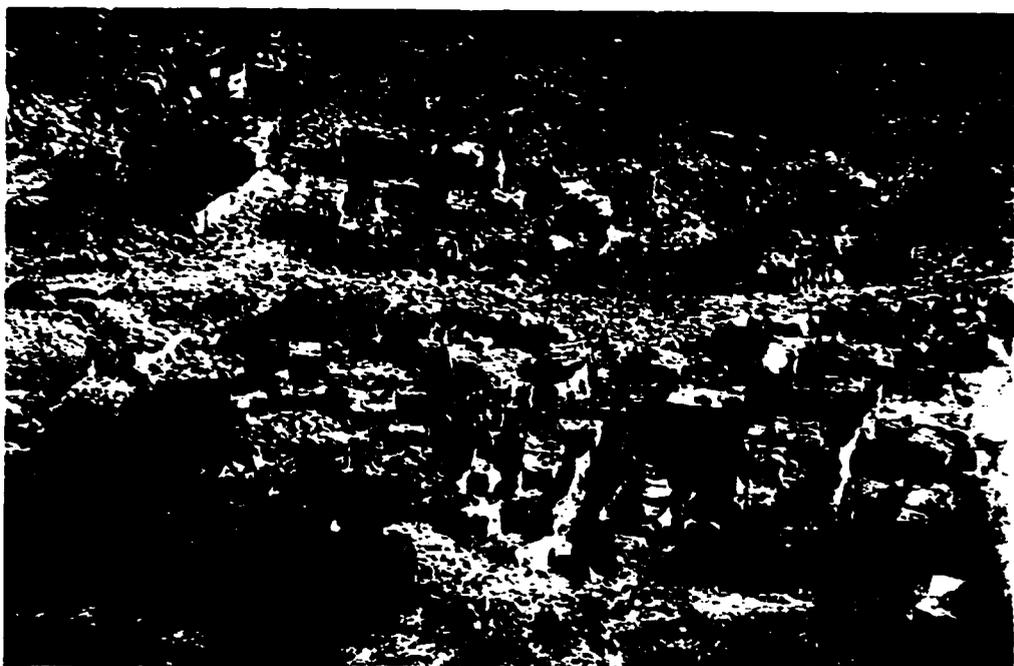


Photo 2 :
La décharge de
M'Beubeuss.



Photo 3 : Les jardins
maraîchers en premier
plan.
La décharge en
arrière plan, masquée
par un épais nuage de
fumée.



1.3. CLIMATOLOGIE

De par la position géographique de la presqu'île du Cap Vert, l'élément dominant est l'alizé maritime issu de l'anticyclone des Açores.

On distingue cependant 2 saisons bien tranchées :

- la saison des pluies du mois de juillet à octobre
- la saison sèche de novembre à juin

Remarques : . Les tableaux de valeurs cités ci-après sont placés en annexe A
. La planche n° 5 ci-après résume les principaux facteurs météorologiques de la région

1.3.1. LES TEMPERATURES

Les températures en permanence modérément élevées sont liées à la latitude tropicale du Sénégal. A Dakar, en raison de la quasi permanence de l'alizé maritime et de l'existence d'un courant océanique froid au Nord, l'amplitude diurne et l'amplitude annuelle restent faibles, la température moyenne annuelle étant de l'ordre de 24° C.

1.3.2. LES PLUIES

Nous disposons de valeurs moyennes observées à la station météorologique de Dakar Yoff au cours de la période 1951/1980. La hauteur moyenne annuelle des précipitations est de 459,9 mm.

Par ailleurs, nous disposons, pour la même station, des hauteurs pluviométriques pour les années 1980 à 1989 (voir planche 5). Nous voyons que les hauteurs de pluies sont relativement irrégulières selon les années (154 mm en 1983 et 549,9 mm en 1989).

Pour une approche plus réaliste des hauteurs d'eaux précipitées au niveau de la décharge de M'BEUBEUSS, nous avons installé un pluviomètre à l'entrée du site, dans l'enceinte de l'Ecole Coranique de Malika. Les hauteurs de précipitations étaient relevées chaque jour et pendant toute la saison des pluies par le personnel de l'école. Ces valeurs ont également pour avantage de mieux cerner les quantités de pluies journalières et le nombre de jours pluvieux.

La hauteur des pluies est de 323,68 mm. L'année 1990 semble donc être une année peu pluvieuse puisque l'on considère une moyenne annuelle de 459,9 mm.

1.3.3. L'EVAPORATION

La station météorologique de Dakar-Yoff nous a fourni les valeurs d'évapo-transpiration potentielles décadères pour la période 1968-1986.

Les valeurs moyennes d'évapo-transpiration et des précipitations figurent sur la planche 5. Nous voyons que l'infiltration ne serait possible qu'en Août/Septembre.

Pour l'étude des décharges, la notion d'évaporation est très importante afin d'estimer les quantités d'eau susceptibles de s'infiltrer dans la décharge et éventuellement, polluer le sol et la nappe phréatique.

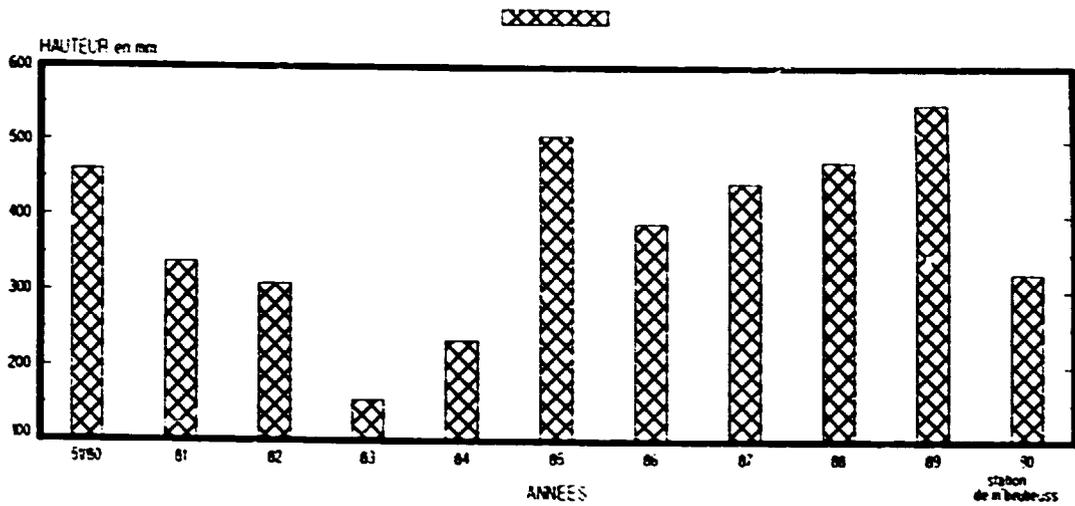
Nous reviendrons sur cet aspect lors de la synthèse du fonctionnement du système hydrogéologique du site de M'BEUBEUSS (Bilan hydrique).

1.3.4. LES VENTS

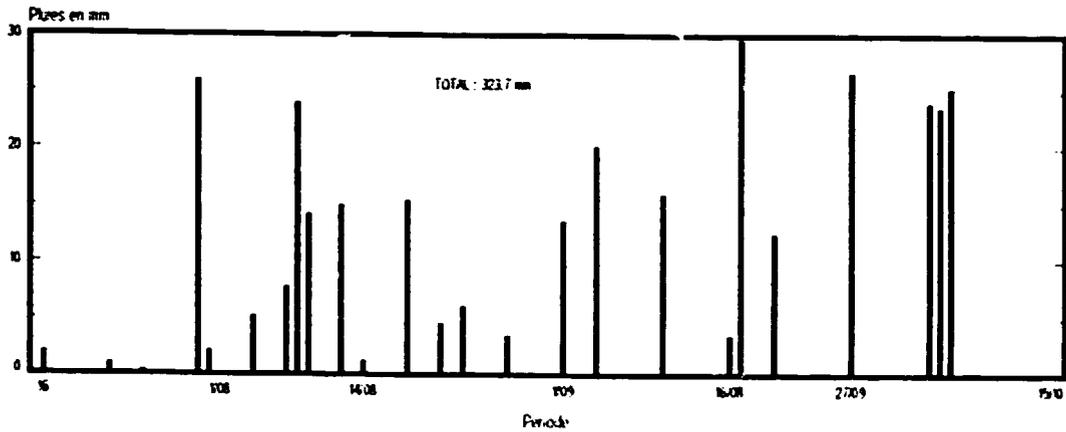
Il existe trois types de vents au Sénégal :

- les alizés qui opèrent de Novembre à Juin en direction N, NNW et NNE
- l'harmattan de Janvier à Mai (à l'intérieur du Pays et rarement sur le littoral)
- la mousson qui est un alizé de l'hémisphère Sud détourné vers le Nord en franchissant l'équateur et s'établit de Juin à Octobre chargée de pluies.

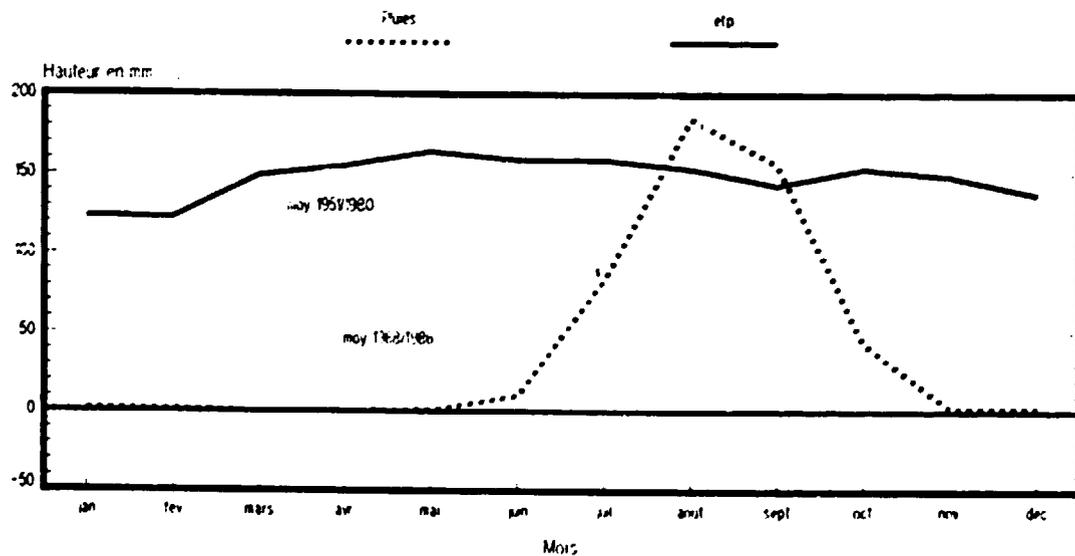
PLUVIOMETRIE ANNUELLE A DAKAR YOFF



PRECIPITATIONS JOURNALIERES POUR L'ANNEE 1990 STATION DE MBEUBEUSS



COMPARAISON MOYENNES MENSUELLES PRECIPITATIONS ET EVAPO-TRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP)



1.4. GEOLOGIE - HYDROGEOLOGIE

PRESENTATION DES TRAVAUX

Les études géologiques et hydrogéologiques ont été réalisées en collaboration avec la Compagnie de Prospection Géophysique Française (C.P.G.F. Horizon), elles sont articulées en plusieurs phases successives :

- * Phase 1 : Recueil des données bibliographiques, enquêtes de terrain, mesures de niveaux statiques.
- * Phase 2 : Reconnaissance géophysique avec sondages électriques (40 sondages répartis autour de la décharge).
- * Phase 3 : Reconnaissance de sols (sondages par tarière).
- * Phase 4 : Essais d'infiltration d'eau au perméamètre à double anneaux.
- * Phase 5 : Implantation de 3 piézomètres réalisés par une entreprise locale (SASIF) avec nivellement des points de mesures.

La description de ces différentes phases fait l'objet des paragraphes 1.4.1. et 1.4.2. Le paragraphe 1.4.3. symbolise les résultats obtenus.

1.4.1. DONNEES GENERALES - SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.4.1.1. Contexte Géologique

Le site est présenté par la carte géologique de NIAKOUL RAP établie en 1974 par le laboratoire de géologie de la Faculté des Sciences de Dakar. (voir annexe B)

La zone de NIAKOUL RAP est uniformément recouverte de formations détritiques quaternaires.

Des sondages de recherche d'eau montrent que ces formations touchent un substratum imperméable argileux, marneux, calcaire vraisemblablement Eocène inférieur (53 MA-BP)¹. Ce substratum marneux se présente en plan incliné vers le Nord. Il affleure au niveau de Rufisque Bargny et descend à -50 mètres sous le Lac de M'BEUBEUSS.

1. M.A. : Millions d'Années
BP : Before Présent

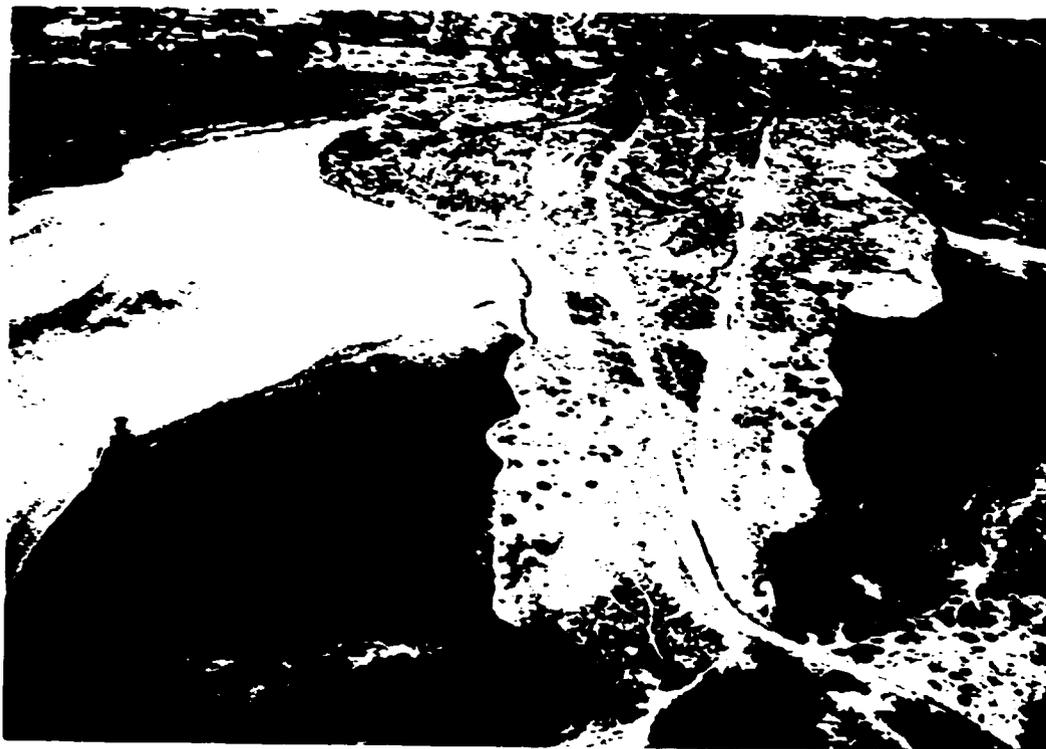


Photo 4 : Vue
aérienne du site
de M'Beubeuss.



Photo 5 : Avancée
de la décharge sur
le lac.



Photo 6 : Mise en
place d'échelles
limnimétriques de
les céanes
marafières -
Relevé Piezométri

Photo 7 : Sondages
électriques sur le
lac de M'Beubeuss

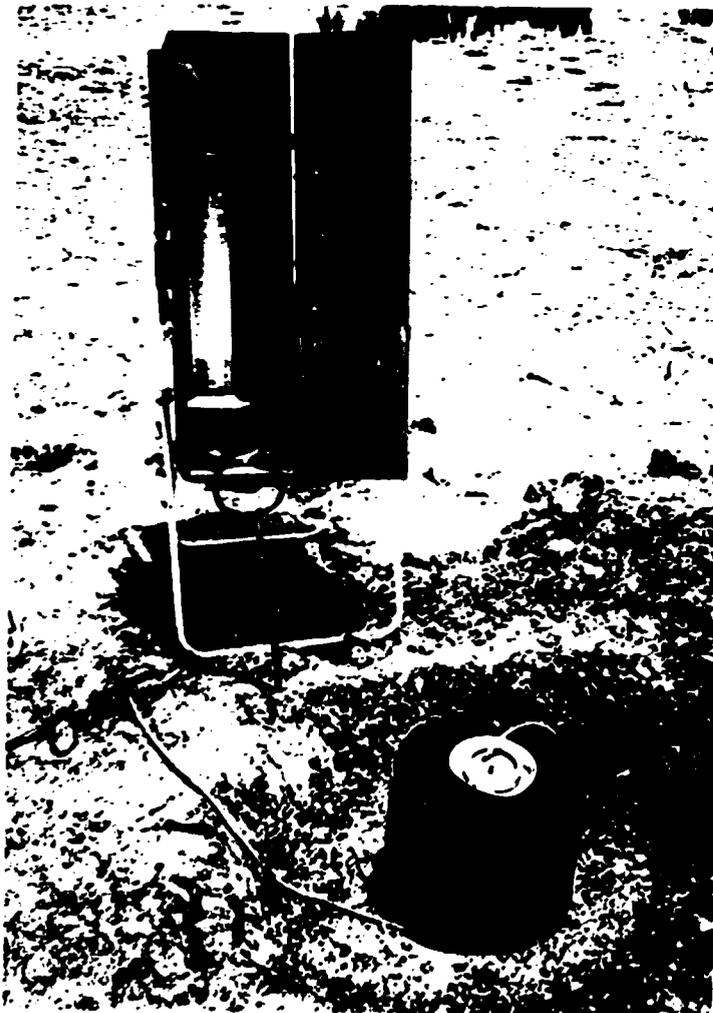


Photo 8 : Système de mesure
de la perméabilité du sol -
Infiltrmètre et cuve à
double anneau.

Photo 9 : Travaux de forage du
Piezomètre 3.



A la fin du Pliocène, de fortes variations climatiques vont permettre une régression marine atteignant probablement 200 m. Cette régression provoque une érosion continentale caractérisée par un puissant réseau hydrographique qui va entailler les formations antérieures jusqu'aux marnes du Miocène inférieur.

Le Quaternaire commence par une transgression marine (Inchirien) qui donne lieu à des dépôts de sables coquilliers. Ces sables seront fossilisés par l'activité volcanique des Mamelles, permettant ainsi leur conservation.

Le secteur de THIAROYE-M'BEUBEUSS n'a pas été touché par les coulées volcaniques et les sables de l'Inchirien ont été en grande partie érodés lors de la régression marine associée à l'Archeuleen (60.000 BP). Cette période permet des dépôts d'alluvions graveleuses (sable, graviers, galets de quartz, basalte) dans les bas-fonds. Le lac de M'BEUBEUSS est le siège d'une cuvette au niveau du substratum.

Au coeur de la glaciation du Wurm (20 000 - 18 000 BP), la régression marine est de 50 m. Sous un climat désertique s'édifie le puissant massif dunaire ogolien (direction NNE-SSW), représenté sur la carte géologique par l'erg de PIKINE (Og2). Il ne s'agit pas de cordons dunaires littoraux, mais de dunes continentales, c'est-à-dire mises en place sur le continent lors de périodes désertiques.

Vers 5 000 BP (Nouakchottien), la mer, au maximum de la transgression commencée 10 000 ans BP (Tchadien), envahit les zones déprimées et s'avance dans les estuaires des fleuves. Au niveau de M'BEUBEUSS, cette transgression marine a permis l'ouverture du golfe.

Dans la lagune ouverte du golfe, à l'abri des bancs de sable médio-littoraux discontinus, des arches auraient pu proliférer, formant ainsi les plages à ARCA ou terrasses marines à ARCA (N2 b).

Ensuite, la houle passant par-dessus ces bancs de sables aurait pu déferler au fond du golfe et construire une série de cordons coquilliers qui se raccordent tangentiellement au fond du golfe (N3 b).

Enfin, ces bancs de sable discontinus constituent un cordon littoral sableux rectiligne qui barre complètement l'entrée du golfe vers la fin du Nouakchottien.

Puis, un cordon littoral dunaire alimenté par les alizés maritimes se forme (plus récent que 3 000 ans BP) et ferme complètement le golfe de M'BEUBEUSS. C'est le cordon littoral semi-fixé de CAMBERENE qui, sur la carte géologique de NIAKOUL RAP, est presque entièrement recouvert par les dunes vives blanches actuelles.

Le sable de ces dunes vives provient de la haute plage (orientée ENE-WSW) alimentée en matériaux par la dérive littorale. Ce sable sec est balayé par le vent et alimente le cordon dunaire littoral, épais de 2 km environ, au niveau du Lac M'BEUBEUSS.

1.4.1.2. Contexte Hydrogéologique

1.4.1.2.1. Description de l'aquifère quaternaire

Les formations sableuses quaternaires, qu'elles soient marines ou continentales, se comportent du point de vue hydrogéologique comme un réservoir unique. Mais ce réservoir présente certaines particularités : sans paroi latérale, il est en contact direct avec les eaux salées de l'océan ; son épaisseur, liée essentiellement à la morphologie de son substratum imperméable tertiaire, n'est pas constante et enfin, sa perméabilité qui dépend de la nature des formations aquifères est variable.

L'aquifère, dans son ensemble, fonctionne comme s'il était monocouche avec nappe libre. Mais en détail, la différence de perméabilité des couches ou des lits superposés forme des zones semi-captives avec plusieurs couches dynamiques.

L'alimentation de l'aquifère se fait uniquement par l'infiltration de la pluie. Cette réalimentation annuelle périodique provoque une remontée verticale de toute la nappe des sables quaternaires.

1.4.1.2.2. Piézométrie

L'écoulement de la surface de la nappe peut être suivi sur l'extrait de la carte hydrogéologique établie par A. MARTIN (BRGM) dans l'ouvrage "Les nappes de la presque île du Cap-Vert - leur utilisation pour l'alimentation en eau de DAKAR; (voir annexe B)

L'écoulement de la nappe dans le secteur considéré s'effectue au profit des Lacs M'BEUBEUSS et YOUI. Les crêtes piézométriques (lignes en pointillé) définissent des bassins versants souterrains.

A l'Ouest des Lacs, l'écoulement s'effectue vers la dépression de THIAROYE, du fait des importants pompages réalisés en permanence.

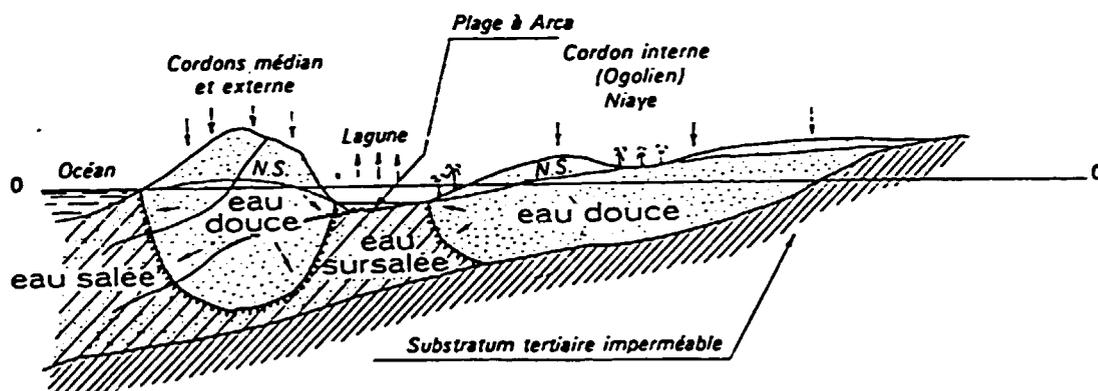
Au Sud - Sud-Ouest, les eaux s'écoulent vers la mer (côté Sud), ce qui provoque un contact eau douce - eau salée caractérisé par un biseau salé.

Au Sud et au Nord du Lac M'BEUBEUSS, les contacts sont représentés par le schéma de la planche 8.

Les cordons littoraux, bien que peu étendus (0,5 à 1 km de large), recèlent une nappe continue de CAMBERENE à KAYAR. Entre les Lacs, cette nappe se confond avec celle du massif dunaire, par contre à leurs niveaux, elle s'en dissocie et présente alors un écoulement double vers l'océan et vers les Lacs. Elle fonctionne alors comme un véritable barrage hydraulique naturel s'opposant à tout apport d'eau océanique vers les Lacs. L'alimentation de ce réservoir s'effectue entièrement par les eaux météoriques.

A l'Est du Lac M'BEUBEUSS, l'écoulement des eaux souterraines s'effectue vers la mer. On assiste à un mélange des réservoirs des dunes vives littorales et dunes ogoliènes.

Enfin au Sud-Est, les eaux souterraines empruntent la vallée fossile de NIAYE et alimentent le Lac RETBA.



NORD OUEST

SUD EST

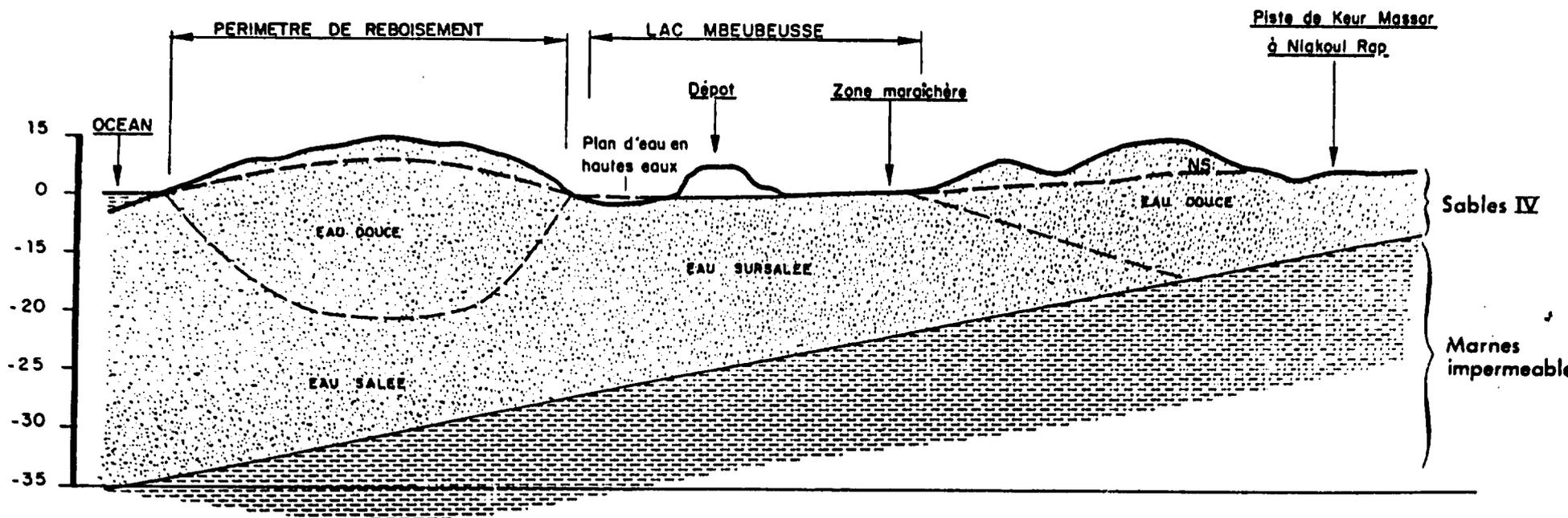


Planche N° 8

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
sur l'environnement de la ville de DAKAR
CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
DU SITE DE LA DECHARGE
COUPE HYDROGEOLOGIQUE SCHEMATIQUE
Echelles H 1 / 20000
V 1 / 1000

1.4.1.2.3. Fluctuations piézométriques de la nappe

L'alimentation de l'aquifère se fait uniquement par l'infiltration de la pluie. Cette réalimentation annuelle périodique provoque une remontée verticale de toute la nappe des sables quaternaires. La remontée commence avec un mois de retard environ après le début de la saison des pluies et atteint son maximum en novembre.

La décrue de la nappe est très régulière pendant la saison sèche. La nappe s'épuise par évaporation et soutirage aux puits et forages d'exploitation.

La plus grande partie des eaux évaporées provient des Lacs et des niayes et de leur voisinage, là où la nappe se situe à moins de 2 à 3 mètres du sol.

En principe, la nappe s'écoule vers les Lacs et cordons dunaires du bord de la mer ; mais cet écoulement est très faible. Presque toutes les fluctuations de la nappe sont influencées par les mouvements verticaux (alimentation et évapotranspiration)

A titre indicatif, l'annexe B montre les fluctuations de la nappe et la pluviométrie. Le piézomètre n° 1 est situé dans la zone des sables dunaires au pied du cordon littoral, il est placé au bord d'une niaye qui permet l'accumulation de l'eau de pluie. Le piézomètre 23 situé dans la zone plate de dunes rouges représente un type de terrain moyen du point de vue écoulement des eaux de pluie et perméabilité du sol.

Une étude a été réalisée par le BRGM en 1965 et 1966 sur le secteur de MALIKA, situé à environ 5 km du Lac de M'BEUBEUSS. Des piézomètres creusés à différentes profondeurs ont été suivis pendant plus d'un an et ont été corrélés avec le niveau du Lac YOUI. La remontée maximale des niveaux statiques est de l'ordre de 1 mètre entre mi-août et octobre, de 0,4 m pour le Lac pour une pluviométrie de 462 mm (année 1964). Ces mesures avaient permis d'évaluer la recharge de la nappe et l'observation de la ligne de partage des eaux de la nappe d'eau douce du cordon dunaire, entre la mer et le Lac YOUI. Un déplacement de 300 m en cours d'année a été observé.

1.4.1.2.4. Paramètres hydrodynamiques de la nappe

Source bibliographique 1 : Approvisionnement en eau et assainissement de DAKAR et ses environs.

Etudes des eaux souterraines. OMS 1972

Tome II. Nappes des sables quaternaires.

Le tome II de cette étude contient une réception technique d'un forage situé à KEUR NDIOL BA à 1 200 mètres à l'Est du Lac.

La reconnaissance du forage a donné les résultats géologiques suivants :

0,13 m	:	sable moyen
13,23 m	:	sable moyen à grossier
23,27 m	:	sable moyen à très grossier
27,31 m	:	sable argileux fin ocre clair
31,32 m	:	sable moyen à grossier, argileux à concrétions ferrugineuses
32,32 m	:	argiles plastiques grises

Les essais de pompages ont donné :

- Transmissivité = $T = 4,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Epaisseur = $c = 30 \text{ m}$ (estimée)
- Perméabilité = $K = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- Coefficient d'emmagasinement : $1,2 \cdot 10^{-1}$
- Gradient hydraulique (selon la carte hydrogéologique de A. MARTIN) = $i = 0,003$
- Vitesse effective : $V \text{ filtration/}ne = 3,5 - 6 \text{ m/s}$ avec $ne = 0,12 \cdot 10$ (porosité efficace)

1.4.1.2.5. Qualité de l'eau

Un extrait de la "carte hydrochimique de la presqu'île du Cap Vert" dressée par A. MARTIN au 1/100.000ème, situe notre zone d'étude. Cette carte rend compte de la zonation de la salinité des eaux de l'aquifère des sables quaternaires. Au niveau du Lac, nous avons des eaux contenant 90g/l de chlorure de sodium, valeur qui chute à 24 g/l dans le village de MALIKA, situé entre les deux Lacs évaporatoires.

Rappelons que l'altitude des Lacs (toujours légèrement inférieure au niveau de la mer) influence la salinité des Lacs. Certains ont une eau douce (M'BAOURE), saumâtre (YOUI), salée (M'BEUBEUSS - altitude $< -1 \text{ m}$) ou sursalée (RETBA - altitude $< 2,5 \text{ m}$).

La nappe de MALIKA a révélé la présence, dans la nappe d'eau douce, d'un noyau un peu plus minéralisé au niveau de la plage récente à ARCA. Du fait de sa plus forte perméabilité, cette strate est susceptible d'être une voie privilégiée de contamination saline lors du pompage des captages concernés. La zone de transition entre les eaux douces et salées est un plan incliné déformé par les hétérogénéités géologiques des différents horizons sableux.

1.4.2. MESURES REALISEES

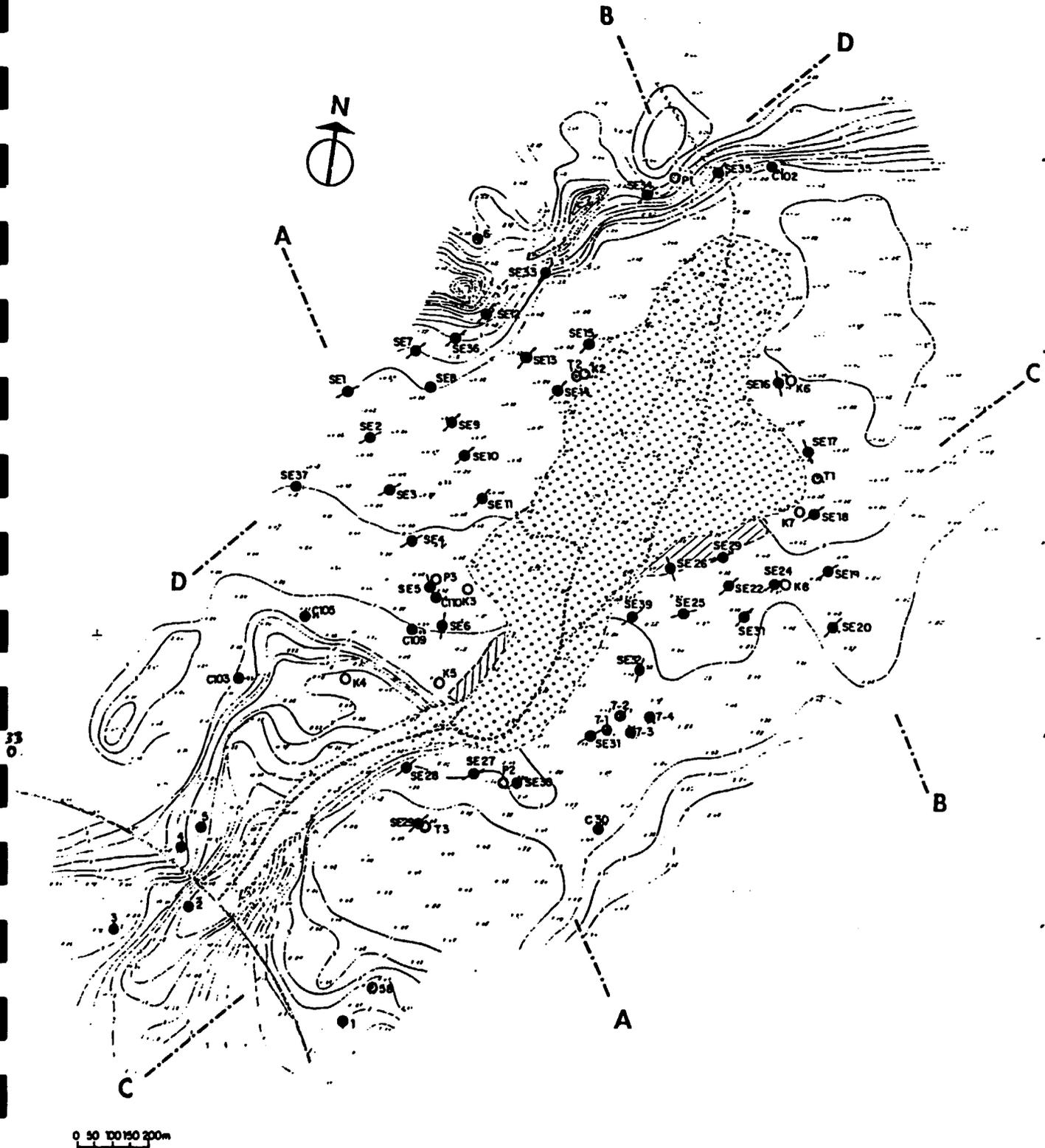
1.4.2.1. Géologie

1.4.2.1.1. Forage des piézomètres

Trois forages ont été implantés autour du dépôt de M'BEUBEUSS après avoir fait une première évaluation des données piézométriques réunies et des interprétations minutes de la prospection électrique. Les travaux ont été réalisés par l'entreprise SASIF du 26/07/90 au 10/08/90, donc avant la saison des pluies. Les forages ont été réalisés au battage. Ils ont été nettoyés et développés à l'air lift. Le suivi géologique a été réalisé conjointement avec un technicien géologue mis à disposition par le BRGM. Un rapport d'exécution pour chaque ouvrage est annexé au rapport (cf. annexe E).

Du point de vue géologique, les forages ont montré la variabilité des faciès en profondeur. La granulométrie peut être très fine (vases noires entre 4 et 10 m en P1) à grossière (sables et galets de quartz de 22 à 26 m en P1). Bien que des corrélations entre forages ne soient pas possibles du fait de l'éloignement de ceux-ci, on observe que les sables ont une tendance à être plus argileux entre 12 et 15 m de profondeur pour les forages P2 et P1. Le piézomètre P1, creusé à la cote -35 m du fait de sa situation en pied de dune montre que les sables deviennent argileux à 26 m et de façon discontinue.

Ces observations confirment le caractère hétérogène de l'aquifère des sables quaternaires. Les alternances de niveaux sableux et argileux sont à prendre en compte, comme pouvant favoriser le cheminement d'eaux salées et/ou polluées sous la décharge.



LEGENDE

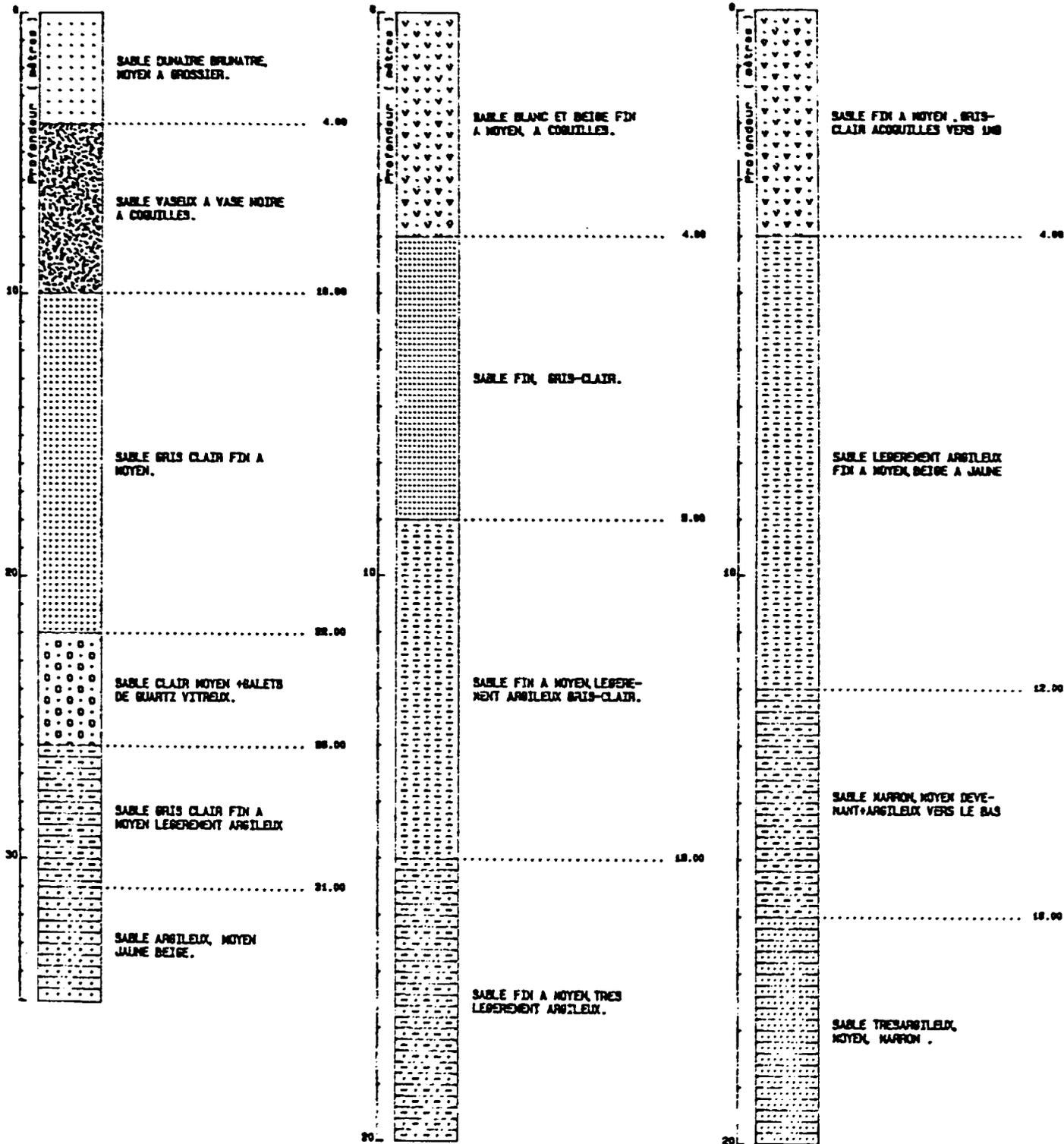
- SE1 ● Sondage électrique
- T1 ○ Sondage à la terre - prélèvement
- C103 ● Cône indépendant d'un SE
- 3 ● Puits cimenté
- P2 ○ Piezomètre
- K3 ○ Essai d'infiltration
- Village restaurateur
- Coupe géologique en planche 3430 - 08
- Zone de dépôt

REPUBLIQUE DU SENEGAL
 Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
 sur l'environnement de la ville de DAKAR
 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
 DU SITE DE LA DECHARGE
 CARTE DE SITUATION GENERALE DES MESURES

P 1

P 2

P 3



REPUBLIQUE DU SENEGAL

Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
sur l'environnement de la ville de DAKAR

CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
DU SITE DE LA DECHARGE

COUPES LITHOLOGIQUES DES FORAGES

1.4.2.1.2. Sondages électriques

Une description détaillée des profils géoélectriques confirme le schéma hydrogéologique décrit en première partie. Le toit des marnes a sans doute été atteint en SE 29, au droit du Lac KHEREUP, à la profondeur de 50-55 m. Les données géologiques ne peuvent cependant pas être dissociées des données concernant la chimie des eaux. Rappelons que les résistivités mesurées sont fonction de la nature géologique des horizons et surtout de la minéralisation de l'eau qu'ils contiennent.

Nous avons pu ajuster les premières interprétations qui nous avaient permis de choisir l'emplacement des forages avec les coupes géologiques des piézomètres. Ces étalonnages figurent aussi dans l'annexe D.

La méthode géoélectrique, ainsi que les principes de l'interprétation, sont décrits en annexe D.

1.4.2.2. Perméabilité des sols

Huit essais d'infiltration ont été répartis sur le site (planche 11), afin de rendre compte de la perméabilité des différents types de sols en surface.

1.4.2.2.1. Description de l'appareillage

Le perméamètre employé utilise la méthode des doubles anneaux. Le principe est de mesurer le débit d'infiltration traversant une surface définie. Le volume d'eau peut être mesuré sur deux réservoirs de diamètres différents. Un réservoir pour les débits importants relatifs aux perméabilités élevées et un réservoir en verre gradué en dixièmes de centimètres cubes, permettent la lecture des faibles débits. La cellule de mesure est constituée d'un double anneau. La mesure s'effectue dans l'anneau central de diamètre égal à 119,6 mm. Un niveau d'eau est maintenu constant et égal à celui de l'anneau central dans une cellule de garde d'un diamètre de 350 mm. La fonction de la cellule de garde est de redresser les lignes de courant de l'anneau central, offrant ainsi une plus grande précision de la mesure de la perméabilité verticale.

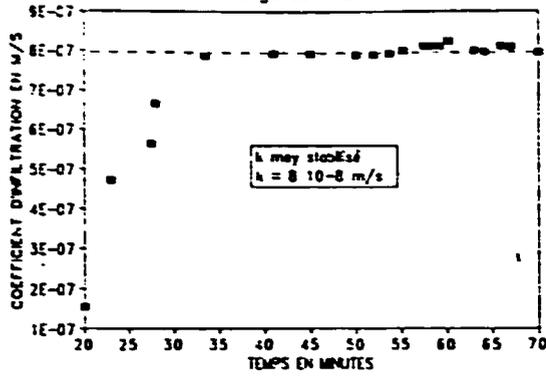
Un capot d'étanchéité vient obturer l'anneau central, afin de limiter les phénomènes d'évaporation (l'étanchéité de ce capot a été volontairement réalisée imparfaite, afin de permettre la décompression de la cellule de mesure).

1.4.2.2.2. Résultats

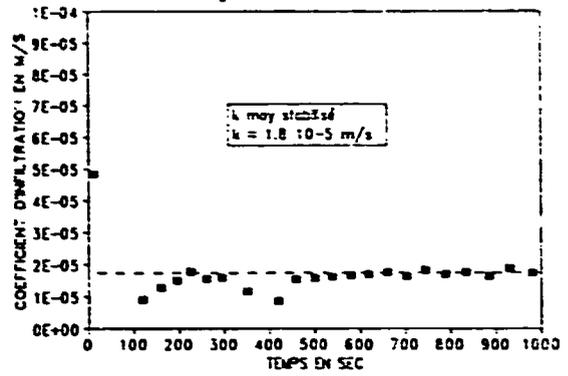
Les 8 essais sont présentés ci-après (planche 11) sous la forme de tableau, pour chaque essai, les valeurs de perméabilité calculées en fonction des débits d'infiltration. Les valeurs retenues de la perméabilité présentées ci-dessous correspondent à la partie stabilisée ou linéaire de la courbe débit/temps.

N° de l'essai	Type de matériau	Perméabilité en m/s	Prof. de l'essai en cm	Remarques
K1	Vase fond lac	$9,5 \cdot 10^{-8}$	10	Prox. T2
K2	Sable à arca	$1,7 \cdot 10^{-5}$	430	Idem K1
K3	Sable gris-beige	$1,8 \cdot 10^{-4}$	10	
K4	Sable jaune	$1,6 \cdot 10^{-4}$	10	
K5	Sable gris-beige	$1,0 \cdot 10^{-4}$	10	
K6	Vase fond lac	$1,0 \cdot 10^{-6}$	10	Prox. B
K7	Sable jaune	$1,0 \cdot 10^{-5}$	10	Prox. pré. D
K8	Sable gris-beige	$6 \cdot 10^{-5}$	10	Prox. SE 24

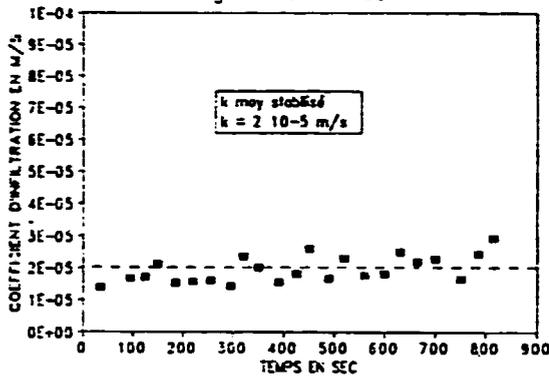
ESSAI D'INFILTRATION N°1
Décharge de MBEUBEUSSE



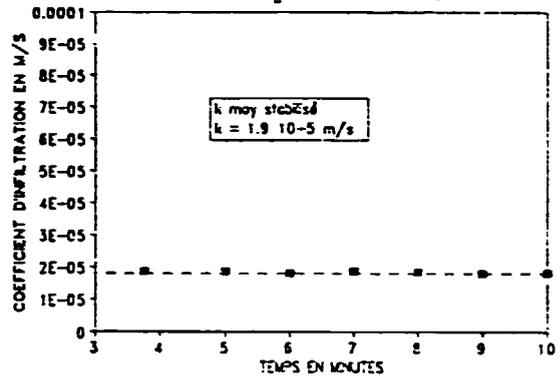
ESSAI D'INFILTRATION N°2
Décharge de MBEUBEUSSE



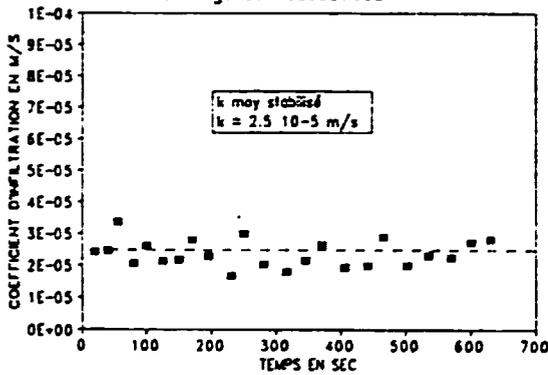
ESSAI D'INFILTRATION N°3
Décharge de MBEUBEUSSE



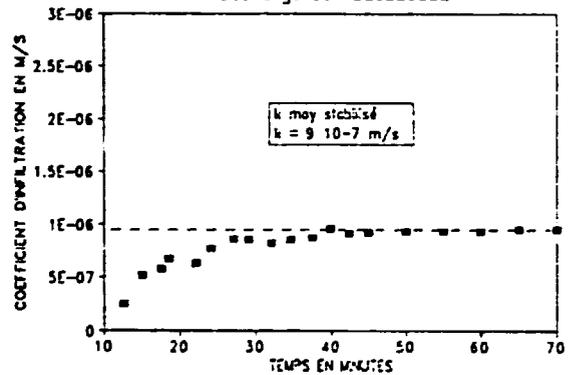
ESSAI D'INFILTRATION N°6
Décharge de MBEUBEUSSE



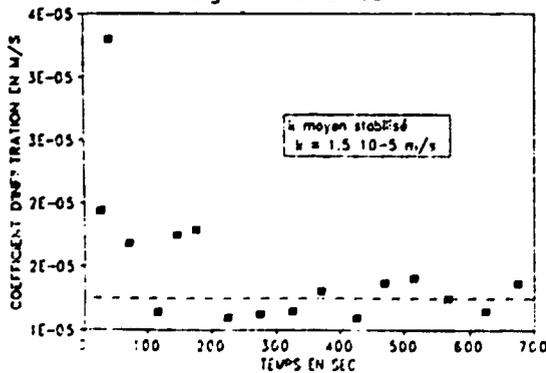
ESSAI D'INFILTRATION N°4
Décharge de MBEUBEUSSE



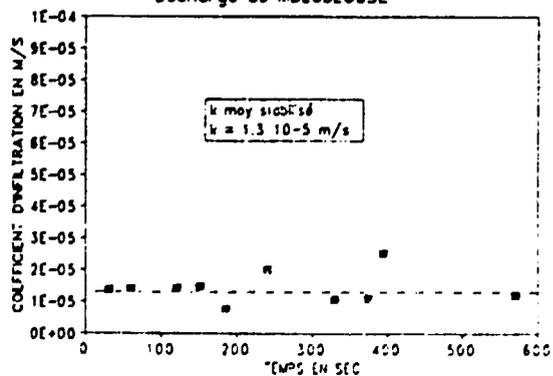
ESSAI D'INFILTRATION N°7
Décharge de MBEUBEUSSE



ESSAI D'INFILTRATION N°5
Décharge de MBEUBEUSSE



ESSAI D'INFILTRATION N°8
Décharge de MBEUBEUSSE



Ces valeurs montrent que nous sommes en présence de 2 types de sol :

- des sables dont les sables jaunes qui sont les plus perméables (sables dunaires ogoliens) et les sables gris-beige légèrement moins perméables, du fait de leur mélange avec des particules fines. Les valeurs de perméabilité des sables sont comprises entre 1.10^{-5} et $1,8.10^{-4}$ m/s.
- des "vases" en fond du Lac asséché. Ces vases ont une très faible compacité et sont relativement moins perméables. Nous obtenons des valeurs proches de 1.10^{-7} (K1) et de 1.10^{-6} (K6) pour ce matériau.

Ces valeurs montrent qu'il est difficile de prendre en compte une valeur moyenne de la perméabilité pour tout le massif sableux.

La valeur de perméabilité calculée pour le champ captant de THIAROYE, de $1,4.10^{-4}$ m/s (Voir en 4.1.2.1.) se situe dans la limite des valeurs les plus perméables mesurées sur le site.

Ces valeurs de perméabilité sont très élevées pour le substratum d'une décharge. L'excès d'eau s'infiltré donc de façon rapide.

1.4.2.3. Piézométrie

Nous avons déterminé des points d'eau destinés au suivi piézométrique de la nappe et à la prise éventuelle d'échantillons d'eau. Ces points du réseau de base sont consignés dans un tableau en annexe C. Ils ont été reportés sur la carte topographique au 1/5.000ème du site et ont été nivelés, les cotes topographiques étant raccordées au système IGN. Les résultats des campagnes piézométriques réalisées de juillet à novembre 1990 sont placés en annexe C.

1.4.2.3.1. Carte piézométrique de la nappe en basses eaux

Cette carte présentée en planche 12 est fondée sur la mesure de la cote du plan d'eau des points d'eau suivants :

- 10 puits cimentés
- 2 forages existants (P3-3 et P58)
- 3 piézomètres réalisés pour l'étude (P1, P2 et P3)
- 5 sondages peu profonds réalisés à la tarière à main
- 21 céanes, en s'efforçant de choisir des points entretenus, mais sans être trop fréquentés (les mesures étant fortement influencées par les prélèvements journaliers des cultivateurs). Plusieurs tournées ont été effectuées, le matin de préférence.

La carte des basses eaux (planche 12) montre que les cotes piézométriques de la nappe sont comprises entre + 0,7 m (SW de la zone d'étude) et -1,5 m (à l'Est au centre de la dépression lacustre). Les directions d'écoulement ont été indiquées sur la carte. L'écoulement convergent vers le Lac est confirmé. Au Nord, un puits cimenté au sommet de la dune littorale permet d'estimer le gradient de la nappe d'eau douce qui s'écoule vers le Lac. Nous avons un gradient de l'ordre de 0,3 ‰.

Au Sud-Ouest, la nappe est très influencée par la topographie dunaire des sables. On observe toutefois un axe drainant marqué en pointillé sur la carte, orienté N.S. dans le voisinage du piézomètre P2. Cet axe peut résulter d'un approfondissement du substratum ou de l'augmentation locale de la perméabilité des sables. Ce "replat" piézométrique peut également être lié à la présence de la zone basse du Lac KHEREUP, sec à la date des mesures qui draine partiellement les eaux de la nappe.

Au Sud-Est du dépôt, on observe une ondulation des courbes piézométriques.

A l'emplacement des coupes géoélectriques A et B, le gradient de la nappe est différent. Cette observation confirme notre hypothèse émise lors de la description des profils géoélectriques (cf. annexe D). En effet la pente du biseau salé le long du profil A était moins redressée que le long du profil B. Nous en avons conclu que la quantité d'eau douce arrivant latéralement dans le système était plus grande en B qu'en C. Cette hypothèse peut également être traduite en terme de différences de perméabilité plutôt qu'en terme de quantité.

Du point de vue de la piézométrie, ce phénomène peut être imagé par le fait que la surface de la nappe se "bombe" lorsqu'il existe un apport latéral d'eau douce important, augmentant de ce fait son gradient hydraulique.

Nous pouvons donc vérifier en tout point autour de la dépression du Lac de M'BEUBEUSS que les écoulements sont convergents à l'exception du secteur N.W. La carte topographique au 1/50.000ème montre qu'une partie du Lac continue vers MALIKA entre les SE 37 et SE 7. Le manque de données dans ce secteur laisse une incertitude sur le sens de l'écoulement de la nappe. L'étude de la nappe de MALIKA montre un écoulement de la nappe dunaire vers le Lac YOUI. La seule incertitude concerne le secteur compris entre YOUI et M'BEUBEUSS. Un forage pourra éventuellement être créé dans ce secteur, afin de lever cette indétermination. Pour le contrôle de la qualité de l'eau, le piézomètre 33 pourra être utilisé.

1.4.2.3.2. Carte piézométrique de la nappe en hautes eaux

Les valeurs obtenues montrent que, dans les forages et les puits, la nappe est remontée de 21,5 cm en moyenne, à l'exception du puits P6 sur lequel s'observe une remontée de 1,39 m. Ce puits utilisé pour l'irrigation des maraîchers est situé sur le cordon dunaire bordant l'océan, et sollicite la nappe d'eau douce lenticulaire perchée. Une des questions était de savoir si cette nappe était en continuité avec la nappe d'eau salée drainée par le Lac M'BEUBEUSS. La différence d'amplitude du battement de la nappe peut avoir deux raisons :

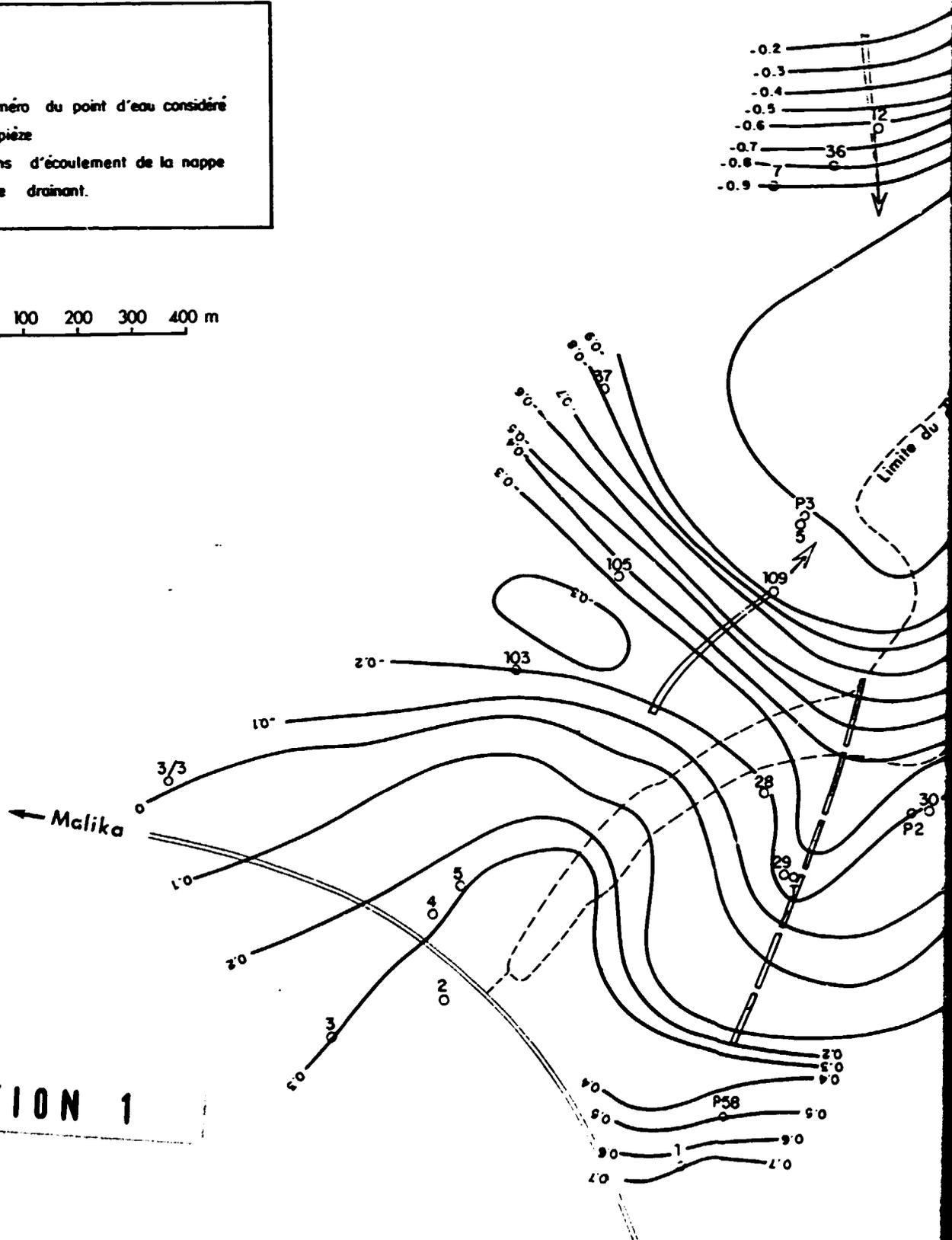
- les mesures qui ont été faites en juillet étaient perturbées par un pompage dans le puits par les agriculteurs,
- la nappe d'eau douce du cordon dunaire est déconnectée de la nappe principale ; ces deux nappes ne présentent pas le même temps de recharge.

La planche 13 présente les isopièzes de la nappe en saison de hautes eaux. Cette carte a été dressée avec moins de points que la nappe de hautes eaux, donc elle est moins précise. Cependant, la forme générale des isopièzes se retrouve avec par endroits une augmentation du gradient hydraulique de la nappe autour du fond du Lac.

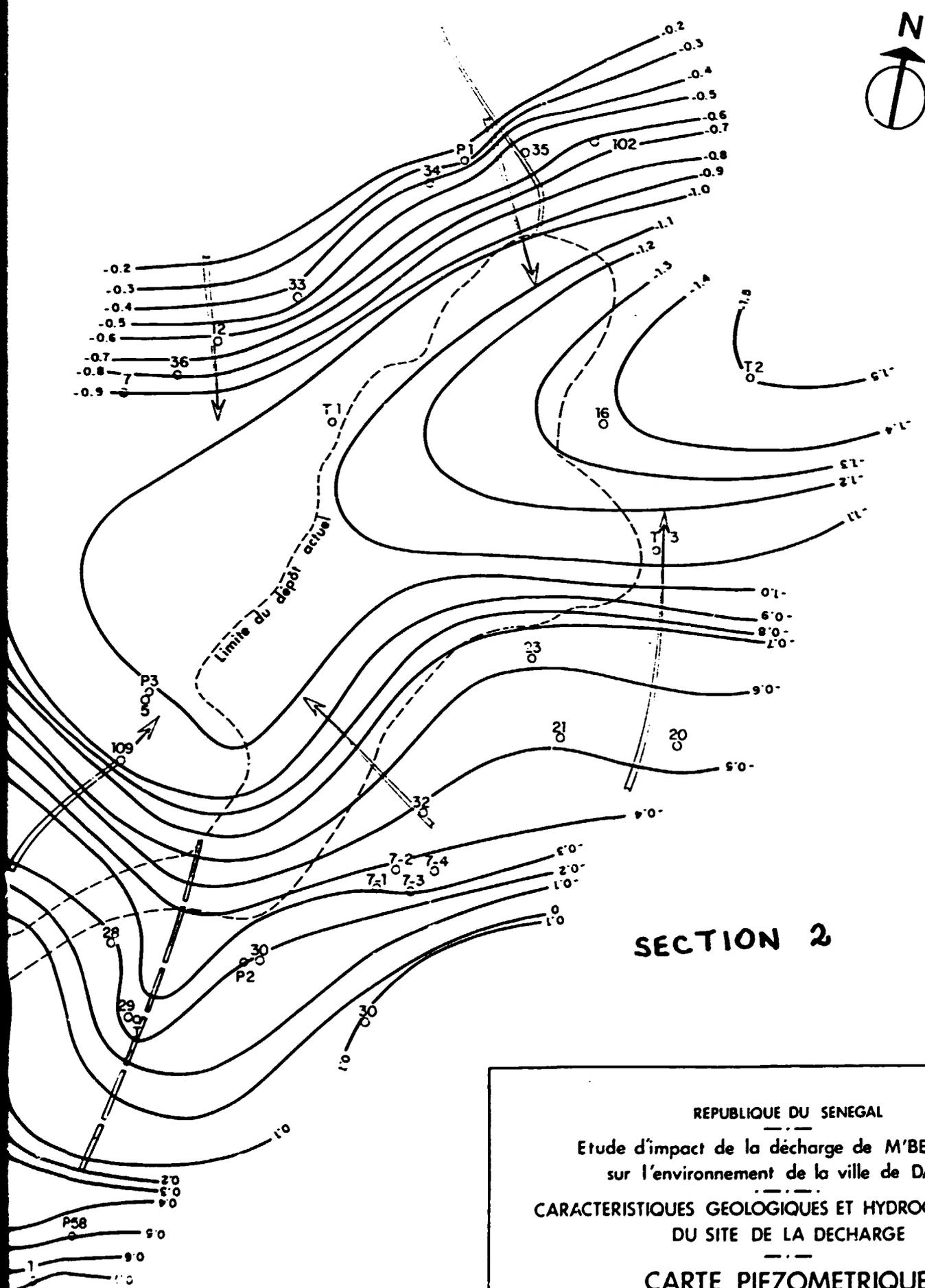
LEGENDE

- 2 0 Numéro du point d'eau considéré
- 0.5 ——— Isopièze
- Sens d'écoulement de la nappe
- ==== Axe drainant.

ECHELLE 0 100 200 300 400 m

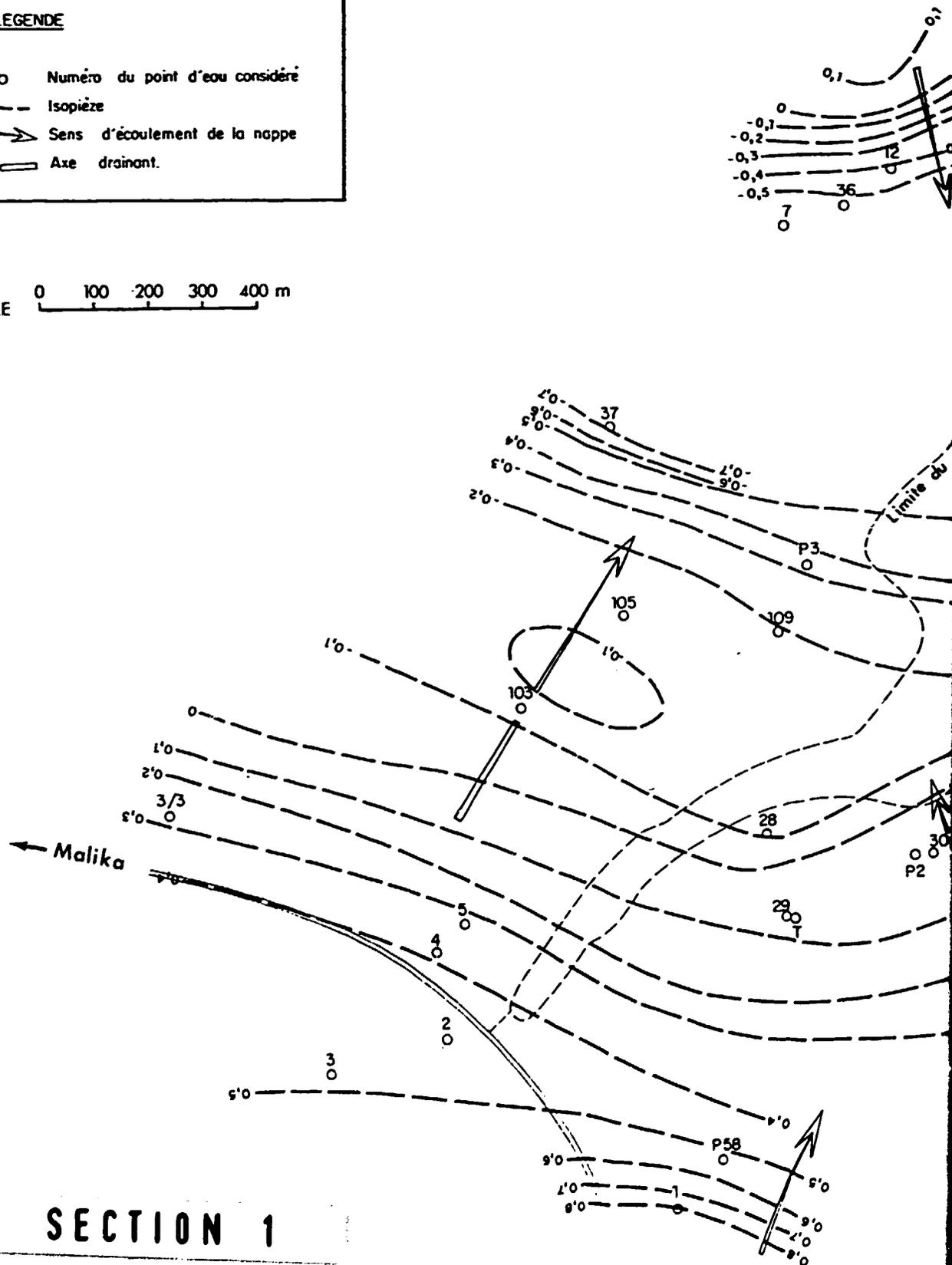
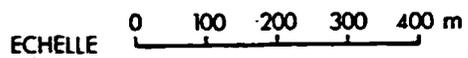
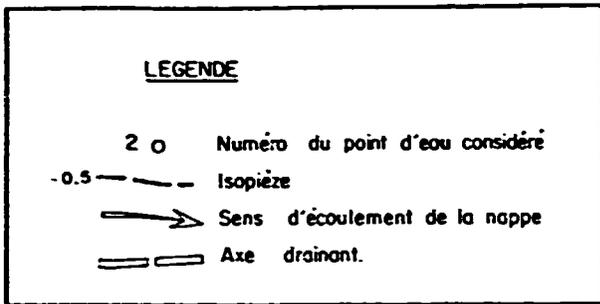


SECTION 1

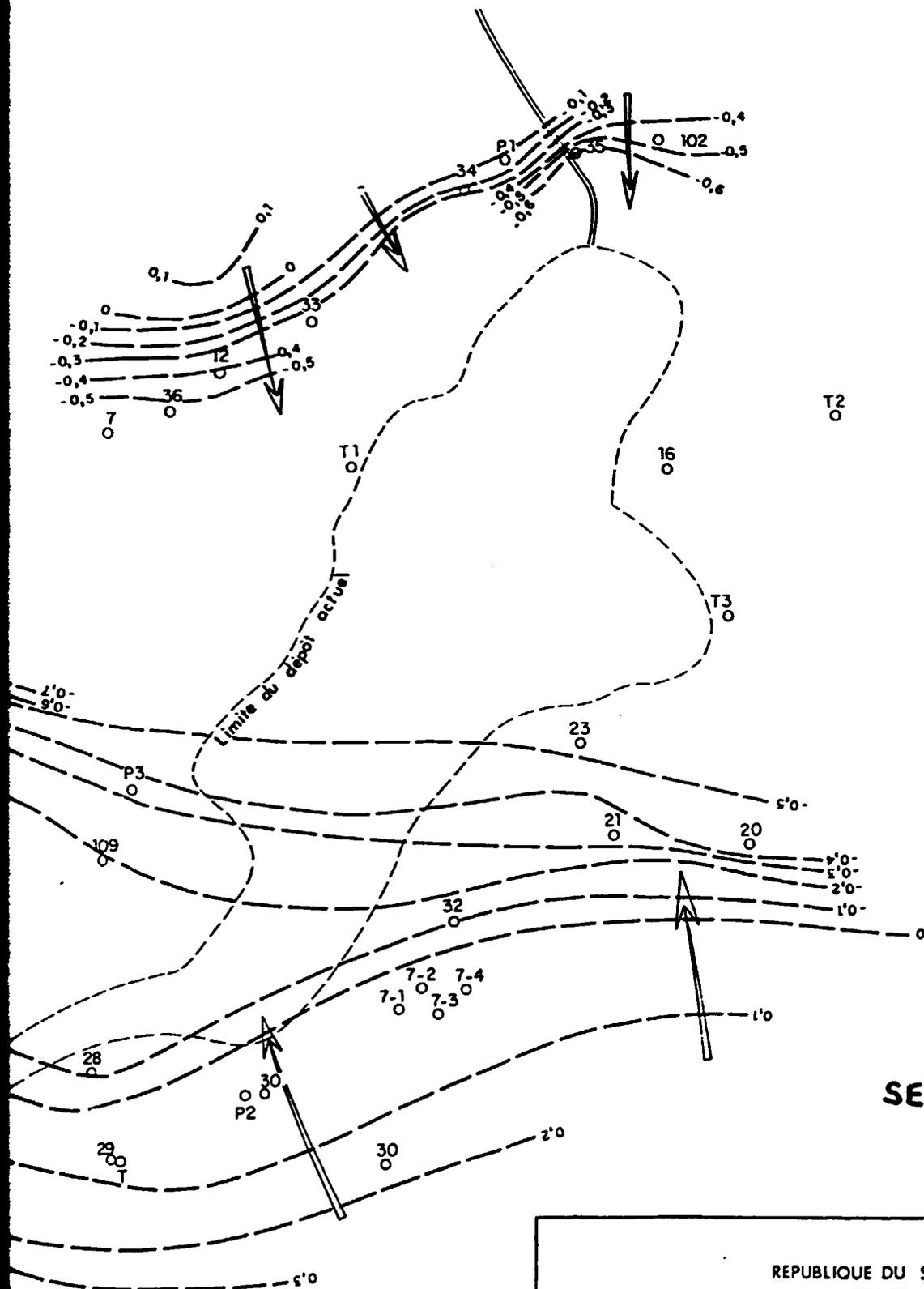


SECTION 2

REPUBLIQUE DU SENEGAL
 Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
 sur l'environnement de la ville de DAKAR
 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
 DU SITE DE LA DECHARGE
 CARTE PIEZOMETRIQUE
 SITUATION EN BASSES EAUX (Juillet 1990)



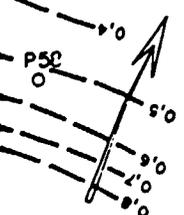
SECTION 1



SECTION 2

REPUBLIQUE DU SENEGAL
Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
sur l'environnement de la ville de DAKAR
CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
DU SITE DE LA DECHARGE
CARTE PIEZOMETRIQUE
SITUATION EN HAUTES EAUX

Planche N° 13



1.4.2.4. Salinité et pH de l'eau

1.4.2.4.1. Données obtenues grâce aux piézomètres

Les piézomètres ont été forés en utilisant la méthode du battage à l'eau claire, sans emploi de mousse, afin de pouvoir réaliser des mesures de conductivité et pH de l'eau au cours de l'avancement du forage.

La prise de mesure a pu être effectuée tous les mètres en P1 et P2 et tous les 1 à 5 m en P3.

Rappelons que la conductivité de l'eau est directement liée à la minéralisation de l'eau, donc à sa salinité, mais aussi à sa concentration en éléments autres que NaCl. Dans le texte, lorsque nous employons le terme eau salée ou sursalée, nous n'excluons pas la possibilité que la minéralisation soit également due à d'autres constituants liés à une pollution chimique provenant de la décharge. Les deux phénomènes (sel et pollution chimique) ne peuvent pas être distingués par la mesure de la conductivité de l'eau dans la gamme de valeurs des Lacs évaporatoires.

* Piézomètre P1

Ce Piézomètre est le seul ayant traversé de l'eau vraiment douce en 8 et 26 m. Il s'agit de la nappe du cordon dunaire. Les conductivités de l'eau sont inférieures à 800 uS/cm. Cette faible minéralisation des eaux est associée à des valeurs élevées du pH.

Entre 26 et 27 m, le passage entre eau douce et eau sursalée se fait de façon brutale, puisque nous passons de 746 à 17 500 uS/cm. Les eaux sursalées ou fortement minéralisées ont une conductivité comprise en 10.000 et 37.000 uS/cm et un pH légèrement plus faible (entre 7,5 et 8).

* Piézomètre P2

Réalisé au Sud de la décharge, le schéma hydrogéologique du secteur permet de penser que nous avons un horizon d'eau douce (apport d'eau de l'intérieur de la presqu'île) sur un horizon salé.

Les mesures de conductivité montrent qu'à cet emplacement, nous n'avons pas véritablement d'eau douce, mais de l'eau peu salée (ou de l'eau douce très minéralisée) entre 2,50 et 9 m, avec des conductivités variables de l'ordre de 1 400 uS/cm. On note un pic entre 4 et 5 m avec des conductivités atteignant 8.200 uS/cm.

L'eau devient progressivement plus salée en profondeur, avec des conductivités moyennes de 2 700 uS/cm de 10 à 13 m, puis de 5 000 uS/cm jusqu'à 10 m.

On remarque que la dernière valeur décroît à 20 m de profondeur. Il pourrait s'agir d'une erreur due à l'arrêt du forage, mais la prospection électrique indique un phénomène équivalent sur tous les sondages électriques. Le piézomètre P2 ne présente pas d'eau sursalée. Le pH est plutôt acide sur les 5 premiers mètres, puis constant jusqu'à 15 m ; il croît au-delà.

* Piézomètre P3

Ce piézomètre a été réalisé à faible distance du pied du dépôt du côté Ouest de celui-ci. L'échantillonnage n'a pas été aussi fréquent sur ce forage. Cependant, nous avons de l'eau peu salée jusqu'à une profondeur comprise en 2 et 5 m (2 400 uS/cm), un horizon salé entre 5 et 12 m (conductivité moyenne de 6 300 uS/cm), puis nous passons à 16 m à une eau sursalée (entre 10 000 et 37 000 uS/cm). Ces conductivités sont comparables à celles mesurées en P1 sous la nappe d'eau douce dunaire.

Dans le forage P3, des très fortes conductivités correspondent à l'horizon géologiquement très argileux. Par contre, à l'inverse de P1, l'augmentation des conductivités correspond à une hausse du pH de l'eau.

Soulignons que dans la zone côtière allant de DAKAR à SAINT-LOUIS, on peut rencontrer des eaux à faible pH, liées à des dépôts de tourbe sous nappe.

1.4.2.4.2. Données provenant de la géophysique électrique

Par le biais des résistivités, les sondages électriques nous renseignent sur la nature géologique du sous-sol, mais surtout sur la qualité de l'eau contenue par les sols. Qualité de l'eau (minéralisation) et lithologie sont deux facteurs qui ne sont pas toujours faciles à distinguer entre eux. Nous avons considéré dans ce qui suit que la masse sableuse est homogène dans son ensemble et donc, que les variations de résistivité mesurées correspondent uniquement à des variations de la minéralisation de l'eau.

Sur les coupes apparaît une zonation des résistivités dans le sens de la profondeur et latéralement (Voir planche 14).

- **Variations latérales :**

Les résistivités très faibles (<1 m) augmentent progressivement du centre du Lac vers les rives et au-delà. Ceci est directement lié à la salinité de l'eau qui augmente au fur et à mesure que l'eau s'évapore du Lac. Les coupes géoélectriques A et B montrent également des différences dans l'apport d'eau douce du versant, entraînant une dilution différente des solutés présents dans l'eau, et donc une modification de la pente du biseau salé. Lorsque l'apport d'eau douce provenant du versant est élevé (coupe A), le biseau salé présente une pente peu inclinée. Au contraire, lorsque l'apport d'eau douce est plus faible (coupe B), la pente du biseau salé est très redressée, l'eau douce étant maintenue à distance du Lac.

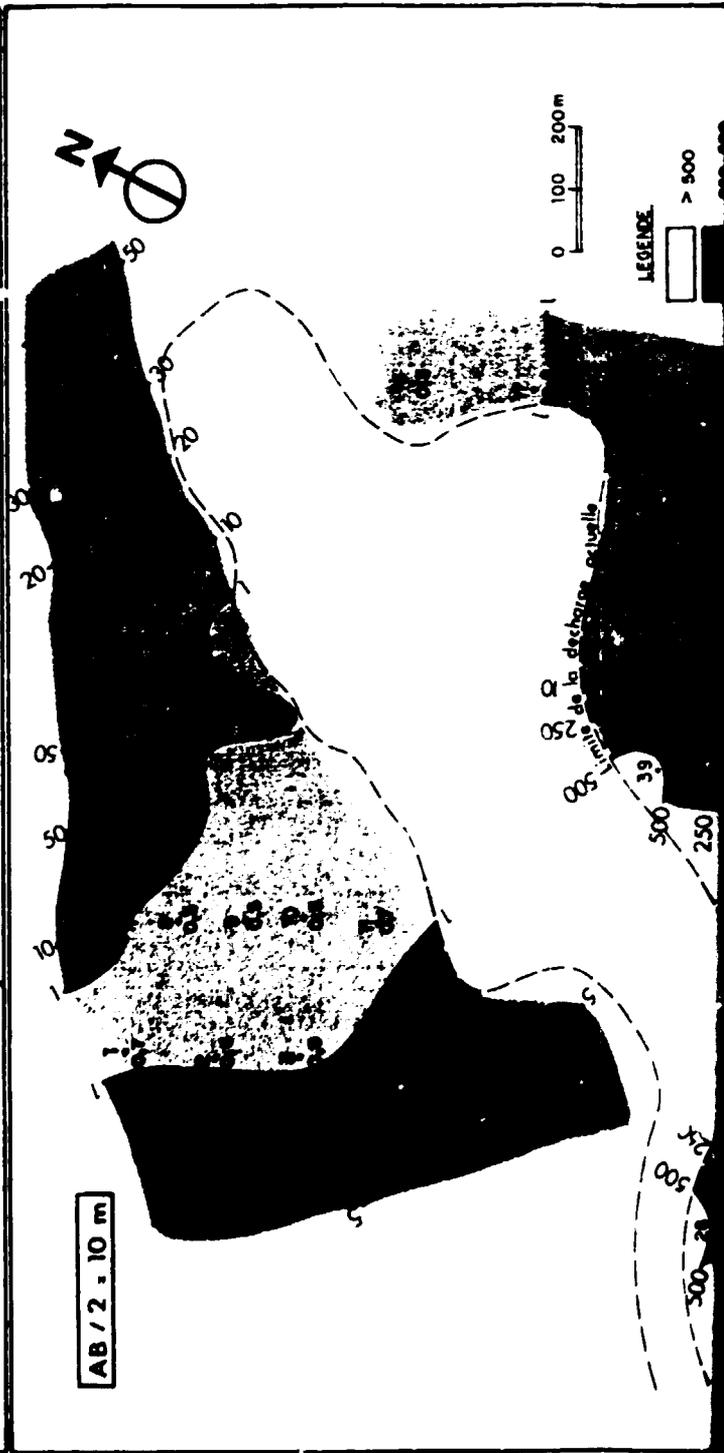
- **Variations en profondeur :**

Les résistivités sont fortes sur les premiers mètres (1 à 3 m) de terrain en liaison avec la zone de sol sec. Ensuite les résistivités sont extrêmement faibles (<1 m) sur une épaisseur de 10 à 20 m, en raison de la forte salinité et minéralisation des sables superficiels. On observe alors des résistivités légèrement plus élevées (entre 1 et 5 m) en fond.

Cet horizon superficiel extrêmement conducteur (<1 m) est anormalement épais dans le secteur Sud-Est de la zone étudiée. Le profil géoélectrique B montre qu'il peut atteindre 25-30 m d'épaisseur (SE 17, 18 et 19). Cette configuration est confirmée par les mesures de conductivité de l'eau du forage P2 ; en effet, les résistivités ont chuté à 19 m de profondeur de 5 000 à 2 000 uS/cm. Nous n'avons pu observer cette tendance à plus grande profondeur en raison de l'arrêt du forage. Des analyses d'eau dans les forages à différentes profondeurs permettraient d'expliquer ce phénomène.

Sur les profils B et D, l'interprétation des sondages électriques montre le biseau salé séparant les eaux douces de la dune et les eaux salées de la mer et/ou du Lac. Une observation importante est que l'eau, sous la nappe de la dune, est sursalée (résistivités de 0,9 ohms. mètre en SE 34). Cette résistivité évolue vers l'Ouest où elle croît progressivement (jusqu'à 1,7-2 ohms. mètre en SE 8 et SE 36). Cette observation nous conduit à choisir l'emplacement du piézomètre P1. La mesure de la conductivité de l'eau lors de la foration de cet ouvrage a montré que l'eau douce de la dune présente une conductivité inférieure à 1 000 uS/cm, alors que l'eau salée sous-jacente est à plus de 17 500 uS/cm. Cette eau est donc sursalée au pied de la dune (P1). Nous n'avons pas d'élément nous permettant de savoir si cette minéralisation se retrouve jusqu'à la mer.

SECTION 1



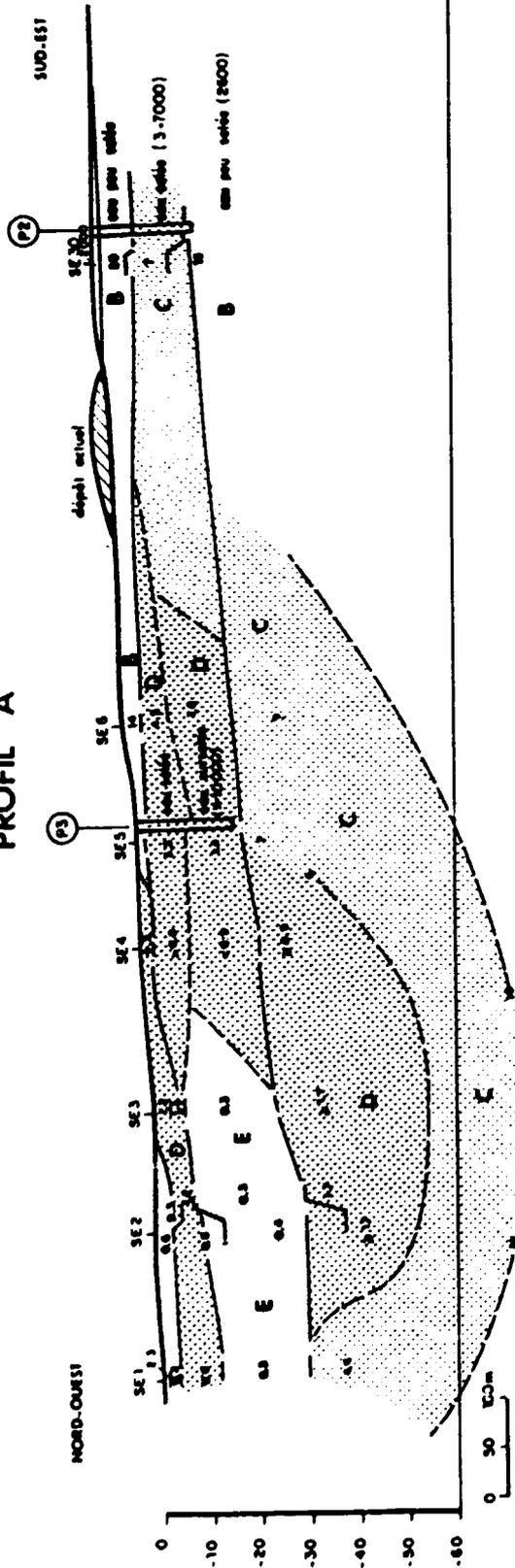
REPUBLIQUE DU SENEGAL
 Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
 sur l'environnement de la ville de DAKAR
CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
 DU SITE DE LA DECHARGE
CARTES D'ISORESISTIVITE APPARENTE

SECTION 2

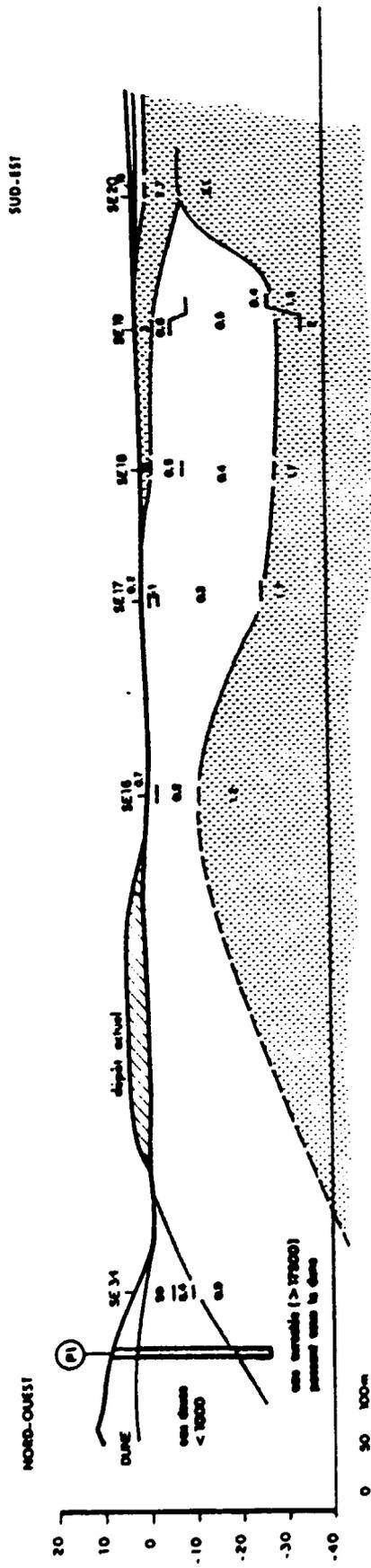


SECTION 1

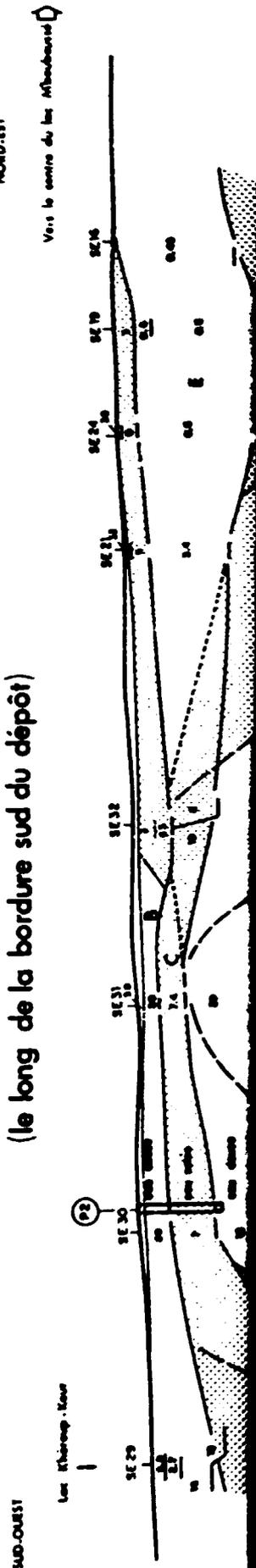
PROFIL A



PROFIL B



PROFIL C
(le long de la bordure sud du dépôt)

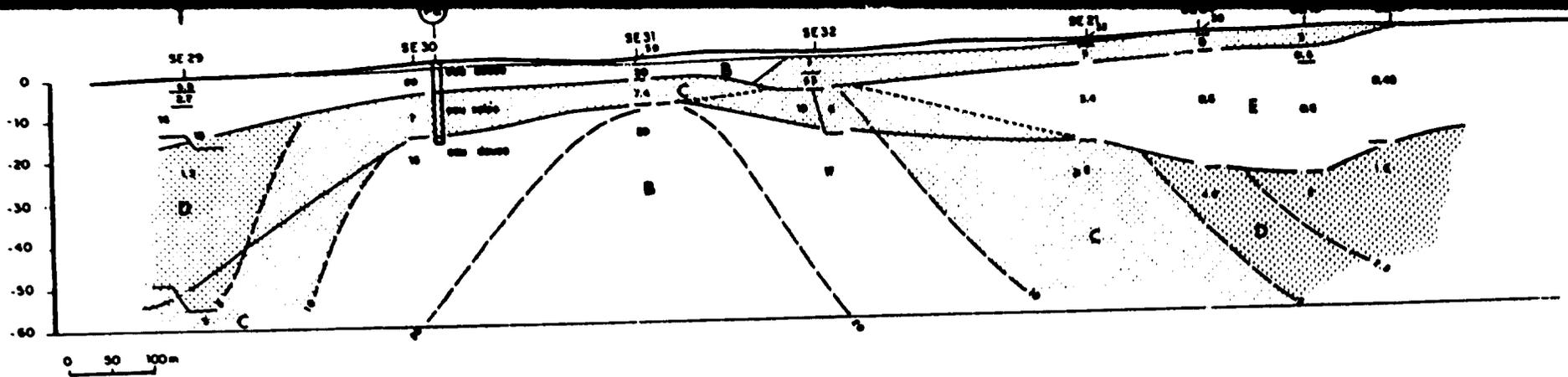


NORD-EST

Vers le centre du lac d'Albion

NORD-OUEST

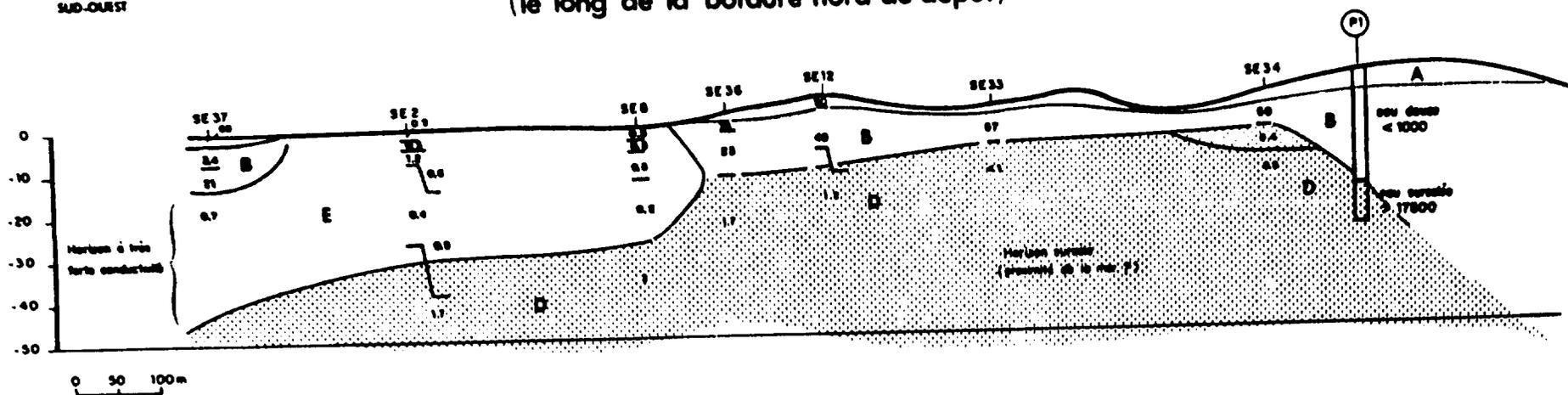
Lac d'Albion - Nord



PROFIL D
(le long de la bordure nord du dépôt)

SUD-OUEST

NORD-EST



SECTION 2

LEGENDE

Valeurs de résistivité en ohm.m

A	Sec
B	> 10
C	5 - 10
D	1 - 5
E	< 1 Ω m

REPUBLIQUE DU SENEGAL
 Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
 sur l'environnement de la ville de DAKAR
 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
 DU SITE DE LA DECHARGE
 COUPES GEOELECTRIQUES

1.4.3. SYNTHÈSE - FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME

1.4.3.1. Les apports et les pertes du système

L'alimentation de la nappe des sables de M'BEUBEUSS s'effectue exclusivement par la pluviométrie ; les pertes sont liées à l'évaporation et à l'évapotranspiration. Nous possédons des données enregistrées dans les stations de YOFF, PIKINE et RUFISQUE. Nous avons pris en compte celles de la station de YOFF (altitude 26 m), car les données sont plus complètes et moyennées sur un nombre d'années plus grand, en ce qui concerne les hauteurs moyennes mensuelles des précipitations et les valeurs d'évaporation (Voir annexe A).

Nous avons donc considéré une pluviométrie moyenne annuelle de 459 mm (période 1951-1980). Cette pluviométrie est répartie sur les mois de juillet à octobre.

Des valeurs d'évapotranspiration décadères ont été calculées pour les années 1968-1986 à la station de YOFF. Nous avons une évapotranspiration moyenne mensuelle de 1 778 mm. Si nous considérons uniquement ces valeurs, nous n'aurions une infiltration possible qu'uniquement pendant les mois d'août et septembre.

Le rapport OMS (1972) avait considéré :

■ Pour le bilan global de la nappe des sables :

- une pluviométrie moyenne de 560 mm/an
- une pluviométrie déficitaire moyenne sur 9 ans de 475 mm/an

■ Pour le Lac RETBA : une perte de la pluie qui englobe l'évaporation et l'écoulement de surface :

- de juin 69 à juin 70 : 362 mm/an
- de juin 70 à juin 71 : 292 mm/an

■ Pour THIAROYE : une évaporation moyenne :

- sur les années 1960-1963 : 314 mm/an
- sur les années 1969-1972 : 328 mm/an

Pour mémoire, la pluviométrie moyenne annuelle (1976-1989) à la station de PIKINE est de 362 mm/an. Ces valeurs montrent la variabilité des facteurs "pluviométrie" et "évaporation", en fonction de la zone et de la période de temps considérée.

Rappelons que les valeurs d'ETP sont certainement surestimées, compte tenu des températures et des vents notamment, qui sont certainement différents par rapport à ceux du Lac de M'BEUBEUSS.

Les hauteurs pluviométriques observées sur le site de M'BEUBEUSS pour la saison des pluies 1990 sont de 328,68 mm. Cette valeur est inférieure à la moyenne établie par la station de Yoff. Faute de données sur les températures et l'ETP, nous ne pouvons utiliser cette valeur. Les résultats obtenus sont donc surestimés.

1.4.3.2. Notion de bilan hydrique

Le bilan des apports et des pertes du système permet d'évaluer à l'échelle d'une région, d'un bassin versant ou d'une décharge, les volumes d'eau qui vont s'infiltrer dans le sol et dans le cas d'une décharge, les volumes de lixiviats susceptibles d'être recueillis.

Une simulation de ce bilan peut être faite en prenant en compte à la fois des paramètres climatiques (pluviométrie, température, insolation) au pas de temps mensuel, des paramètres relatifs à l'exploitation (surface de l'air de dépôt, tonnage et nature des déchets, durée d'ouverture de la décharge, couverture de la décharge) et des paramètres reliés au site (coefficient de perméabilité, Réserve Facilement Utilisable (R.F.U.)).

Le logiciel CPGF-BILORD simule alors sur plusieurs années (20 ans) le bilan hydrique du site pendant la période d'exploitation de la décharge et après fermeture (couverture des alvéoles). Ce logiciel a été conçu pour le cas le plus courant d'une décharge située en zone désaturée, c'est-à-dire que la nappe phréatique n'intervient pas directement dans les apports du système. Dans le cas de M'BEUBEUSS, la remontée de la nappe après la saison humide, intervient de façon primordiale.

Le logiciel de bilan hydrique pour une décharge ne peut donc pas être utilisé car, par le jeu des moyennes (précipitations - évaporations), un bilan mensuel serait pratiquement toujours négatif, c'est-à-dire qu'aucune infiltration d'eau dans le sous-sol ne serait possible.

Or, on constate sur le terrain que des infiltrations existent. Prenons par exemple les hauteurs des précipitations pour un mois pluvieux mesurées à proximité de l'entrée de la décharge : le mois de septembre 1990 ; la hauteur totale des précipitations pour ce mois est de 122,28 mm. Nous ne possédons pas les valeurs de température pour le même secteur nécessaires pour évaluer l'ETP.

Si l'on considère les valeurs d'ETP moyennes de Yoff sur la période 1975-1986, nous obtenons pour les mois d'août et septembre une différence, entre les précipitations et l'ETP, de 135,28 mm qui peuvent s'infiltrer et recharger la nappe.

1.4.3.3. Modélisation mathématique

Le bilan hydrique de la décharge avait pour but de quantifier le volume des lixiviats susceptibles d'être recueilli. Nous avons réalisé un autre type de bilan hydrique, à plus grande échelle, afin d'étudier l'influence possible de la décharge de M'BEUBEUSS sur le champ captant de THIAROYE situé à environ 8 km de la décharge.

La modélisation, qui est très sommaire puisqu'elle prend en compte une très grande zone (17 x 8 km) sur laquelle nous possédons un nombre limité de données, est présentée et commentée en annexe F.

La démarche que nous avons adoptée est la suivante :

- a) Calage du modèle en régime permanent "non influencé", c'est-à-dire sans considérer de pompages à THIAROYE, afin d'ajuster les paramètres du modèle.

Il apparaît que, avec les valeurs de pluviométrie efficace considérées, l'eau qui s'évapore dans les Lacs provient à 98 % de la nappe et à 2 % du front marin.

- b) Calage du modèle en régime permanent en tenant compte des pompages

Cette étape fait apparaître que l'essentiel des débits prélevés provient des précipitations efficaces. La nappe est rabattue entre 3 et 4 m sur les 5 km où sont situés les puits de captage. Une cote minimale -1,5 m apparaît au Sud du champ captant où les transmissivités sont les plus médiocres.

Le calage a donc permis de reconstituer la piézométrie observée (carte hydrogéologique de Martin en annexe A). Il faut cependant signaler qu'il s'agit d'un régime permanent obtenu à partir d'hypothèses moyennes d'infiltration et d'évaporation.

- c) Simulation en régime permanent

Afin de simuler les conditions d'influence maximum des Lacs sur la zone de captage de DAKAR, on a simulé une situation en "nappe haute" en éliminant l'évaporation sur les Lacs. La carte piézométrique obtenue montre que dans cette situation la zone des Lacs n'alimente pas celle des captages.

d) Simulation en régime transitoire

Afin de disposer d'une vision plus réaliste, des hypothèses différentes d'infiltration et d'évaporation ont été prises en compte pour la zone des Lacs et l'ensemble du modèle. Nous présentons alors pour différentes saisons correspondant à des cotes différentes de la nappe, la situation du système (fin octobre, fin juin, fin août). Les simulations confirment la présence d'une crête piézométrique entre la zone des puits et le Lac M'BEUBEUSS. Cette crête s'oppose donc à un transport de l'eau des Lacs vers les captages.

e) Simulation en régime dispersif

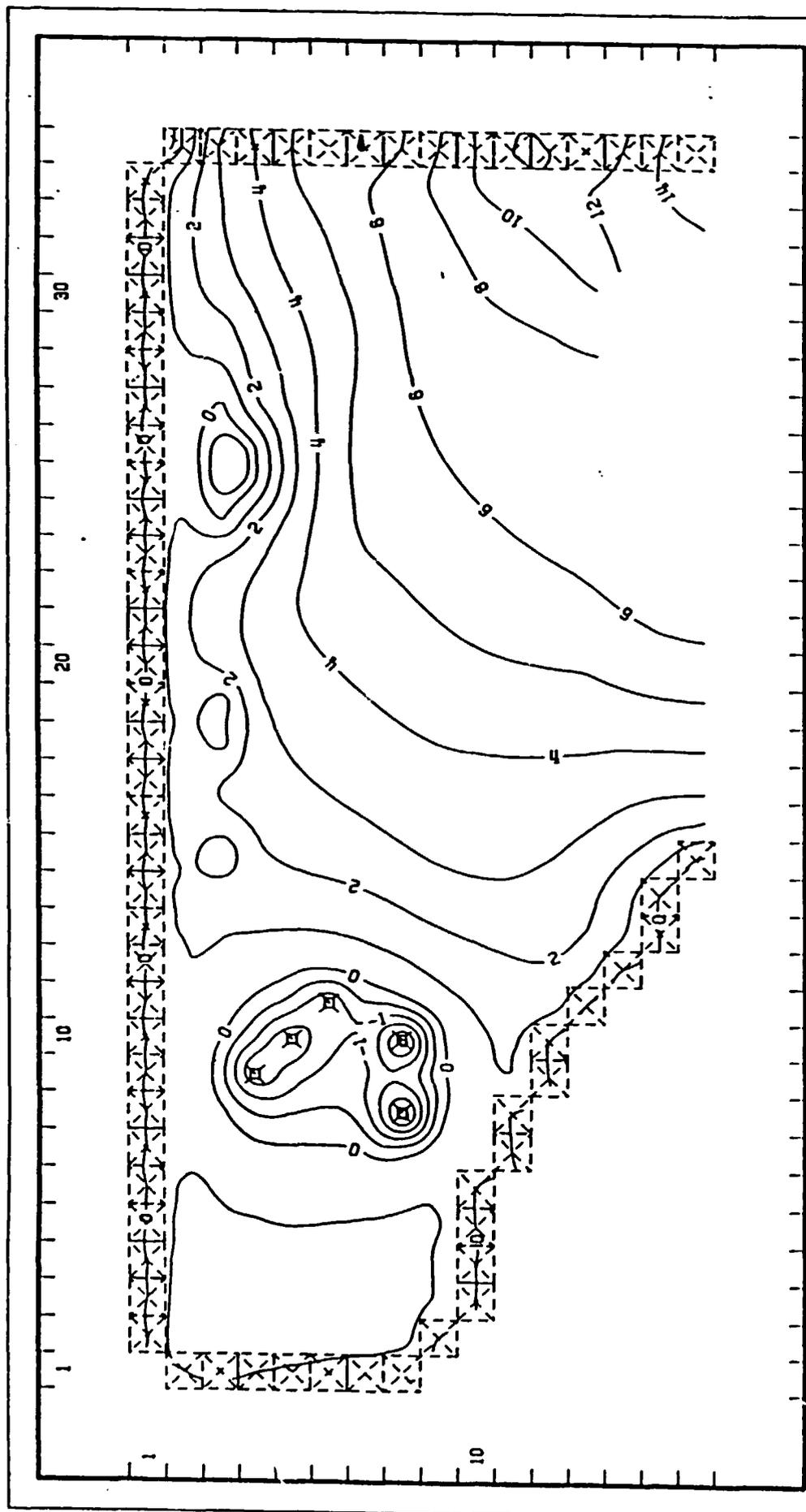
A titre exploratoire (nous ne possédons aucune donnée sur les paramètres de dispersion et de porosité cinématique de l'aquifère), nous avons réalisé 2 simulations considérant une contamination ponctuelle à l'extrémité Ouest du Lac M'BEUBEUSS.

L'évolution de la zone contaminée a été suivie pendant 3 ans, en considérant deux situations extrêmes (nappe haute, nappe basse). On ne constate aucun transfert en direction de la zone de captage. Les cartes obtenues montrent cependant que le cas de la nappe "basse" la contamination se dirige vers le Lac, alors que dans le cas de la nappe haute, celle-ci se propage vers la mer.

Conclusion partielle :

La notion de bilan hydrique à l'échelle de la décharge est difficilement applicable au cas de la décharge de M'BEUBEUSS, car il nécessite la connaissance des données pluviométriques et d'évaporation très locales, journalières, ainsi que la connaissance de la nature des déchets dans leur ensemble (appréciation du pouvoir de rétention des déchets). Cependant, un calcul sur les mois pluvieux d'août et septembre montre qu'une infiltration non négligeable existe.

Le bilan hydrique à l'échelle de l'aquifère permet de visualiser l'influence d'une contamination à partir de la décharge sur le champ captant de la ville de DAKAR. Les simulations réalisées prennent en compte des données moyennes concernant parfois des zones éloignées. Nous réussissons cependant à obtenir un assez bon calage du modèle. Ces simulations pourraient être affinées dans le futur grâce à l'acquisition de nouvelles données climatiques et concernant le battement de la nappe et les transmissivités, afin d'obtenir des situations les plus proches de la réalité et prévenir tout risque de pollution grave des puits de captage de THIAROYE.



coco.dat

MBEUBEUSSE Piézometrie en basses eaux

1/82500

Situation fin Juin

1.4.4. CONCLUSIONS

Les études géologiques et hydrogéologiques menées, permettent de replacer le site de la décharge de M'BEUBEUSS dans son contexte hydrogéologique. Celui-ci, qui avait été esquissé par Martin (les nappes de la presqu'île du Cap Vert, leur utilisation pour l'alimentation en eau de Dakar - BRGM 1970) est pour partie confirmé, voire quantifié. Ainsi, nous avons localisé et visualisé le système du Lac évaporatoire de la dune et des biseaux salés qui séparent les différents pôles du système.

Les études soulèvent également certaines incertitudes. Concernant le cordon dunaire, nous avons considéré dans notre essai de modélisation que la nappe d'eau douce est en continuité avec l'ensemble de la nappe des sables quaternaires. Il semble que cela soit le cas à MALIKA. Cette nappe pourrait également être déconnectée par l'existence de niveaux intermédiaires imperméables (argile). D'autre part, le biseau salé semble se faire entre l'eau douce et de l'eau extrêmement minéralisée, tout au moins au pied de la dune (piézomètre P1) ; ceci tendrait à montrer qu'il existe un flux d'eau sursalée du Lac vers la mer, donc qu'une éventuelle pollution au niveau de la décharge pourrait s'écouler sur le rivage.

Du point de vue des perméabilités, les mesures réalisées montrent l'hétérogénéité des sols superficiels. Au droit du Lac, une vase sur environ 0,20 m d'épaisseur présente des perméabilités faibles de l'ordre de 10^{-8} m/s. Cependant le reste du site est constitué de sable plus ou moins propre, dont les perméabilités sont comprises entre 10^{-4} m/s et 10^{-6} m/s. Ces perméabilités sont élevées et autorisent des infiltrations directes dans le sol. Des matériaux présentant de telles valeurs de perméabilité ne pourraient pas être admises pour constituer le fond d'une décharge. La législation fixe cette valeur limite à 10^{-6} m/s (sur 5 m d'épaisseur) pour l'enfouissement de déchets ménagers ; la perméabilité minimum admise pour des déchets industriels toxiques étant de 10^{-9} m/s.

Un des résultats importants de cette étude est, grâce à une étude de la piézométrie de la nappe des sables et à un essai de modélisation du système hydrogéologique dans son ensemble, de montrer que tous les écoulements de la nappe sont convergents vers le Lac. Donc la pollution induite par la décharge se concentre au droit du Lac, mais ne peut en aucun cas atteindre la zone de captage de THIAROYE.

Une incertitude persiste, du fait du manque de données concernant les apports (pluviométrie efficace) et les pertes d'eau (évaporation) du système, sur la possibilité d'avoir un écoulement d'eau du Lac vers la mer sous la nappe d'eau douce dunaire.

CHAPITRE 2

ETUDE DE L'ELIMINATION DES DECHETS A DAKAR
ET DE LEUR POUVOIR POLLUANT SUR LA DECHARGE

2.1. INTRODUCTION

Ce chapitre s'intéresse, dans un premier temps, à l'évaluation des quantités et qualités des déchets amenés sur la décharge de M'BEUBEUSS. Pour cela, nous nous sommes basés sur les données existantes et sur des observations de terrain. Chaque type de déchet est abordé (définition, composition) et une description sommaire de son élimination est réalisée (production-élimination). Il est important de signaler que l'objectif de cette partie est d'évaluer les risques de pollution sur la décharge. Il ne s'agit pas de réaliser une étude de gisement détaillée des déchets qui demande de nombreux moyens matériels et financiers. Ceci concerne en particulier les déchets industriels, hospitaliers et les déchets liquides domestiques où les données pertinentes existantes à ce jour sont peu nombreuses.

Dans un deuxième temps, une description de la décharge de M'BEUBEUSS (historique, mode d'exploitation, aménagements) est donnée.

Enfin, la troisième partie de ce chapitre est consacrée à l'analyse des déchets et de leur pouvoir polluant. Plusieurs points représentatifs de la décharge sont sélectionnés et font l'objet de prélèvement de déchets, gaz et lixiviats. Les résultats d'analyses permettent d'apprécier la nature et l'importance des risques.

2.2. ORIGINE ET TYPOLOGIE GENERALE DES DECHETS

2.2.1. ORDURES MENAGERES

a) Définition

Référence :

République du Sénégal - décret n° 74-338 du 10 avril 1974 réglementant l'évacuation et le dépôt des ordures ménagères.

Sont compris sous la dénomination d'ordures ménagères :

- 1) Les détritiques de toute nature comprenant notamment : les déchets domestiques, cendres, débris de verre ou de vaisselle, papiers, balayures et résidus de toutes sortes, déposés dans des récipients individuels ou collectifs ;

- 2) Les déchets provenant des établissements industriels et commerciaux, bureaux, administrations, cours et jardins privés ou publics déposés dans des récipients individuels et collectifs ;
- 3) Les crottins, fumiers, feuilles mortes, boues et d'une façon générale tous les produits provenant du nettoyage des voies et places publiques, voies privées, jardins publics, parcs, cimetières et de leurs dépendances, rassemblés en vue de leur évacuation ;
- 4) Les produits du nettoyage et détritrus des halles, foires, marchés, lieux de fêtes publiques, lieux d'attache des bêtes de somme ou de trait, rassemblées en vue de leur évacuation ;
- 5) Les résidus en provenance des écoles, casernes, hôpitaux, prisons ou tous bâtiments publics groupés sur des emplacements déterminés dans des récipients réglementaires (à l'exclusion des produits souillés et des issues d'abattoirs ;
- 6) Le cas échéant, tous les objets abandonnés sur la voie publique ainsi que les cadavres de petits animaux. Par contre, ne sont pas compris dans la dénomination d'ordures ménagères :
 - * les déblais, gravats, décombres et débris provenant des travaux publics et particuliers ;
 - * les cendres et machefers d'usines et en général tous les résidus provenant d'un commerce ou d'une industrie quelconque ainsi que des cours et jardins privés, les déchets anatomiques ou infectieux provenant des hôpitaux ou cliniques ainsi que les déchets issus d'abattoirs.

b) Composition

Une étude menée par le BCEOM ayant pour titre "Etude des systèmes de gestion des déchets et de récupération des ressources dans la zone Métropolitaine de Dakar" donne les résultats des mesures de composition pondérale concernant des échantillons en provenance de neuf quartiers représentatifs des divers aspects du tissu urbain de la Communauté Urbaine de Dakar :

CATEGORIES	DAKAR					PDKINE			RUFISQUE
	PL. cas	Sicap liberté II	Sicap Diamnioul	Méroune	Grand Dakar	Dagoudine	Tieroye-Care	Diamoguelin	
Déchets organiques	58,9	58,4	58,9	43,6	47,5	34,5	42,8	34,5	35,2
Textiles	2,4	4,2	3,5	8,6	3,7	3,9	4,1	2,3	6,1
Papier carton	23,1	6,8	6,0	10,2	7,1	5,4	6,2	4,2	6,1
Métaux ferreux	3,9	4,1	4,3	4,9	3,3	2,7	1,6	1,5	3,1
Métaux non ferreux	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plastiques	5,2	3,9	2,6	6,6	3,5	3,5	3,5	2,4	4,4
Verre	0,9	1,1	1,1	0,7	2,4	1,4	1,3	0,5	0,9
Carrière-céramique	0,5	5,6	2,2	1,8	3,3	3,8	1,8	3,3	2,0
Reste	0,6	4,1	3,0	4,4	1,8	6,5	6,6	8,8	9,9
Fines et Pertes	4,5	11,8	22,4	19,2	27,4	38,3	32,1	42,5	32,4
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

On remarquera :

- de fortes teneurs en matières organiques
- l'absence de métaux non ferreux (recupération systématique)
- la variation importante des teneurs en "fines" et "pertes" due surtout à la présence de sable dans les déchets en provenance de secteurs à terrain sableux.

c) Production et élimination

Avec une population d'environ 1.650.000 habitants, la région de Dakar produit chaque jour 3.400 m³ d'ordures ménagères et assimilables.

Seule 75 % de cette production est collectée soit environ 2.500 m³. Les 25 % restant, ne sont pas collectés quotidiennement en raison des contraintes techniques d'urbanisation et d'équipement urbain, à savoir :

- habitats taudifiés
- quartiers spontanés
- zones marécageuses

Pour obtenir un volume global journalier, il faut également ajouter 90 m³ en provenance des hôtels, restaurants etc...

En conséquence, la production globale journalière d'ordures ménagères et assimilable serait, selon la SIAS, de l'ordre de 2.600 m³.

Les possibilités actuelles de traitement consistent à déposer ces déchets sur la décharge de M'BEUBEUSS.

Un centre de transit des déchets urbains existe à Pikine à mi-chemin entre Dakar et la décharge de M'BEUBEUSS. Créé, à l'origine, pour recevoir 500 m³/jour, il traite aujourd'hui un volume 3 à 4 fois supérieur. Il reçoit les déchets en provenance de Dakar et Pikine qui sont ensuite chargés sur des camions Roll-on de 20 m³ puis évacués vers la décharge.

Les déchets collectés dans le secteur de Rufisque et Thiaroye sont directement évacués vers la décharge.

2.2.2. LES DECHETS LIQUIDES DOMESTIQUES

a) Présentation succincte de la gestion des déchets liquides

La presqu'île du Cap Vert est pourvue de deux types d'assainissement :

- l'assainissement collectif dessert 34 % de la population et s'appuie sur deux techniques :

- le rejet direct en mer
- évacuation vers une station d'épuration

La première technique est de loin la plus courante. Seule une station d'épuration semble fonctionner correctement (station de Camberenne). L'évacuation des eaux usées vers les stations d'épuration pose d'énormes problèmes liés à :

- un mauvais réseau
- une mauvaise utilisation des ouvrages par la population
- coût élevé des investissements
(ex. : la taxe de raccordement au réseau est trop chère pour une grande partie de la population vivant sur des zones assainies)

- l'assainissement individuel touche 66 % de la population. Il repose en majorité sur l'utilisation des fosses septiques étanches à vidange périodique. A ce sujet, une frange de la population utilise les services de sociétés spécialisées, tandis qu'une autre partie utilise d'autres moyens d'évacuation en raison du coût élevé des vidanges. (ex : branchements clandestins sur le réseau pluvial)

b) Production élimination

En interprétant certains renseignements tels que le nombre d'entreprises spécialisées, le nombre de camions et leur volume et enfin, le nombre de rotations journalières, la SIAS a estimé à environ 690 m³ la production journalière de déchets issus de fosses septiques et du curage des canaux.

Un comptage ponctuel effectué à l'entrée de la décharge de M'BEUBEUSS montre que seuls 10 à 20 % de ces déchets liquides collectés y sont déposés, alors que la décharge de M'BEUBEUSS est le seul point de vidange autorisé sur la presqu'île du Cap Vert.

Nous voyons donc que de nombreuses sociétés utilisent des points de vidanges clandestins. Ce sont, dans un premier temps, les terrains vagues proches de Dakar qui permettent à la société de :

- diminuer les coûts de transport
- gagner du temps lors du déversement et ainsi augmenter le nombre de rotations journalières

D'autre part, de nombreuses sociétés déversent les déchets liquides sur des surfaces cultivées à la demande des paysans qui espèrent ainsi amender leur sol.

2.2.3. LES DECHETS D'HOPITAUX

a) Présentation

Une analyse rapide de ce secteur permet d'identifier trois types de producteurs : les hôpitaux ou formations sanitaires, les cliniques et les dispensaires.

En 1988, on recensait sur la presqu'île du Cap Vert :

- 8 hôpitaux et formations sanitaires et assimilés plus 1 centre de traumatologie
- 23 centres de santé et dispensaires
- 15 cliniques

b) Composition

On distingue 3 types de déchets engendrés par l'activité hospitalière :

- déchets à risques
- déchets domestiques
- déchets spécifiques hospitaliers

Les déchets à risques proviennent de :

- Chirurgie, Obstétrique, gynécologie, Laboratoire d'anatomopathologie (ex : petits déchets anatomiques, petits membres amputés, placentas, etc...)
- Laboratoire de biologie (bactériologie, virologie, parasitologie) (ex : tissus et cultures)
- Maladies infectieuses, hépatologie, unité d'isolement. Ce sont les déchets tels que pansements, aiguilles, seringues, excréta issus de patients septiques justifiant leur isolement etc...

Les déchets spécifiques hospitaliers sont issus des différents services autres que ceux ci-avant exposés (cardiologie, maternité, ophtalmologie, etc...)

Ces déchets peuvent comprendre les plâtres, les produits périmés, les objets à usage unique, etc...

Les déchets domestiques sont les déchets hôteliers, de restauration, d'administration, de jardins, etc... Ils constituent en fait des déchets assimilables aux ordures ménagères.

c) Production - élimination

Confronté à un manque de contraintes juridiques et techniques en matière d'élimination des déchets d'hôpitaux, il n'existe pas de données précises quant à la production.

Néanmoins, en considérant des structures hospitalières représentatives où la production est connue, la SIAS estime à 126 m³ la production totale journalière répartie pour 90 m³ en provenance des hôpitaux, 23 m³ pour les centres de santé et dispensaires et 15 m³ pour les cliniques. Un tiers de ces volumes sont collectés par la SIAS par contrat hors convention.

Au niveau de l'élimination, rares sont les hôpitaux qui possèdent des installations techniques correctes pour la destruction des déchets à risques. Aussi, la collecte

intra-hospitalière ne semble pas faire l'objet d'un tri sélectif qui permettrait de séparer les déchets "à risques" des déchets domestiques. Par conséquent, on assiste généralement à un mélange de déchets. Ceux-ci sont la plupart du temps envoyés à la décharge de M'BEUBEUSS. Ils sont dans certains cas évacués vers des dépôts sauvages.

Il est à signaler que les déchets d'amputations et de chirurgie post opératoire sont parfois enterrés dans un cimetière.

2.2.4. LES DECHETS INDUSTRIELS

2.2.4.1. Définition - Présentation

Est considéré comme déchet industriel tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériaux, produits ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur estime à l'abandon.

Parmi ces déchets, on distingue :

- les déchets banals assimilables aux ordures ménagères
- les déchets spéciaux, caractéristiques de l'activité industrielle et contenant des éléments nocifs en concentration plus ou moins forte. Ils présentent de ce fait certains risques pour l'environnement

Parmi ces déchets spéciaux, il faut distinguer les déchets toxiques ou dangereux en raison de leur concentration en éléments nocifs.

Les industries de la presqu'île du Cap Vert représentent plus de 80 % de l'industrie sénégalaise. On distingue les principaux secteurs d'activités suivants :

- Parachimie
- Metallurgie
- Textile
- Chimie pétrochimie
- Agro-alimentaire
- Papier - carton - imprimeries
- Gestion et entretien de véhicules
- Energie

Pour déterminer la nature et la production des déchets, la difficulté provient essentiellement du fait que les industriels ne sont pas encore soumis au Sénégal à un contrat obligatoire avec la société spécialisée d'élimination des déchets.

Le but de cette étude n'étant pas de faire une analyse détaillée du gisement des déchets industriels produits sur Dakar, nous nous sommes basés sur les industries ayant un contrat avec la SIAS (Société Industrielle d'Aménagement du Sénégal) chargée de l'élimination des déchets à Dakar. Aussi, à partir des renseignements fournis par la SIAS, nous avons regroupé les entreprises par secteur d'activité et cela nous a permis de préciser le nombre d'entreprises et les volumes collectés par secteur.

Une sélection permet de dégager les industries et entreprises représentatives qui ont fait l'objet d'une enquête téléphonique destinée à mieux connaître la production des déchets.

Ces recherches purement indicatives, permettent en outre d'estimer la nature des déchets envoyés à la décharge de M'BEUBEUSS. Les orientations à prendre pour évaluer le pouvoir polluant de la décharge sont ainsi mieux définies.

2.2.4.2. Origine et typologie générale des déchets industriels collectés par la SIAS

Dans un premier temps, il convient de signaler que dans 98 % des cas, les déchets liquides industriels sont directement envoyés à l'égout ou à la mer. Il semblerait donc que la décharge n'accueille que les déchets solides ou pâteux industriels.

La planche n° 20 montre qu'environ 70 entreprises ont un contrat avec la SIAS qui élimine un volume d'environ 5.000 m³/mois.

On distingue les secteurs suivants :

a) Parachimie :

Ce secteur est représenté par les savonneries, la formulation de peinture-vernis, produits phytosanitaires, parfums et produits de beauté, etc...

Mises à part les savonneries qui utilisent des matières premières locales (huiles brutes végétales et animales), la plupart des industries importent des produits préparés (pigments, concentrés de parfums) et effectuent

généralement une formulation ou un mélange pour obtenir un produit final qui sera alors conditionné pour la vente.

L'absence de fabrication des produits de base limite la production des déchets industriels dangereux.

On peut s'attendre cependant à des déchets banals souillés, rebuts, loupés, corps gras, etc...

Il semble que la récupération soit importante dans ce secteur d'activité. Par exemple, les solvants sales ayant servi à récurer les cuves pour la formulation de peinture sont vendus et réutilisés par les "menuisiers métalliques" et autres artisans de Dakar.

De même, les savonneries valorisent une grande partie des déchets tels que tourteaux, coques, téguments, etc... Ils trouvent généralement une valorisation dans l'alimentation pour bétail.

b) Métallurgie :

Cette activité est représentée par la réparation navale, la mécanique générale, la fabrication de boîtes métalliques, etc... Ces entreprises sont collectées par la SIAS pour un volume de 364 m³/mois.

Il n'y a pas de fabrication de matières premières au Sénégal, celles-ci sont importées puis travaillées. Là aussi la récupération est importante puisque les métaux sont rares et chers, en particulier pour les petits artisans.

La nature des déchets susceptibles d'être amenés à la décharge (voir planche n° 20) entraînerait cependant un risque de pollution par les hydrocarbures, huiles, phénols, etc...

SECTEUR D'ACTIVITE	SOUS SECTEUR	Volume MOIS	entre-prises collectées	Nature des déchets susceptibles d'arriver à la décharge	TYPE DE POLLUTION A RECHERCHER
1 Parachimie	a Pharmacie			-loupés, rebuts	DCO Phénols Métaux lourds: Pesticides Graisses Solvants
	b Parfumerie cosmétique	190	3	-emballages souillés	
	c Peinture-verniss	42	1	-huiles, corps gras	
	d Matière plastique dérivés	391	6	-solvants, colorants	
	e Pesticides			-matériels -papiers souillés, chutes -banals, industriels	
	sous-total	623	10		
2 Metallurgie		364	4	-hydrocarbures, huiles -solvants, copeaux, PCB, sels -métalliques, peintures chiffons souillés, banals	Hydrocarbures, solvants Chlores, phénols Métaux lourds PH., cyanures
3 Textiles		91	2	-boues de lavage des machines -papiers, cartons -chiffons souillés, chiffons -encres, colorants, banals,...	DCO, solvants Phénols
4 Chimie Pétrochimie	a Engrais	n collecté		-loupés, rebuts, emballages	PH. Pollution azotée, phosphorée Hydrocarbures, sulfates Métaux lourds, phénols
	b Hydrocarbures et Dérivés	159	4	-boues, goudrons sulfuriques -terres souillées, hydrocarbures -huiles (régénérables ou non) -banals,...	
5 Agro-alimentaire	a Huiles	70	1	-corps gras, boues, loupés,	Graisses DCO, DBO5, NH4, NO3, NO2, PO4, PT, NTK
	b Farine	36	2	-filtres, boues de curage,	
	c Boissons	252	2	-bouteilles, débris de poissons	
	d Poissons et conserveries	996	12	-poissons, banals (souillés ou non), emballages souillés,	
	e Biscuiteries et confiseries	124	2	-viscères, rognures, sabots.	
	f Abattoir	120	1		
	g Divers	101	2		
	h Produits laitiers	160	2		
	i Tabacs				
	sous-total	1859	24		
6 Cuirs et peaux	Tannerie arrêtée				
	Ventes à l'exportation des peaux brutes traitées				
7 Papiers Imprimerie		430	9	-chutes, encres, loupés, -emballages souillés, boues de lavage matériel, banals.	DCO, DBO5, Métaux lourds, PH, Cu, Cl, Br, Solvants.
8 Gestion et entretien véhicules		596	5	-huiles, graisses, solvants, -peintures, papiers, chiffons souillés, pneus, batteries, goudrons, banals.	Hydrocarbures, Ph, Métaux lourds, Solvants.
9 Energie	a Production de gaz	204	3	-huiles, poussières, boues des	Métaux lourds: SO4, S, As, Hg PCB
	b Centrale thermique	480	1	-machines, pyralène, chiffons,	
	c Transport et inst.	313	4	-copeaux bois, banals.	
	d Eau	40	1		
	sous-total	1037	9		
10 Minéraux non métal	a Verre	25	1		
	b Démolition-béton	64	1		
	c Amiante				
	d Minéraux naturels				
	sous-total	89	2		
Total général		5248	69		

c) Textiles :

L'activité textile est essentiellement représentée par la SOTIBA-SIMPAFRIC (76 m³/mois contre 92 m³ pour l'ensemble de l'activité).

Cette usine effectue le blanchiment, teinture et impression à partir de fil. Ce procédé industriel entraîne des déchets liquides qui sont rejetés à l'égout.

Au niveau des déchets solides, ils se composent principalement d'emballages souillés, chiffons souillés, papier, carton etc... Les fûts issus de l'impression teinture sont récupérés par les ferrailleurs.

d) Chimie-pétrochimie :

Principalement représentée par les grandes sociétés pétrolières, ce secteur concerne les hydrocarbures et dérivés (stockage, entretien des stations, etc...). Il existe également une usine de régénération des huiles usagées (S.R.H.) qui traite les huiles minérales à l'acide sulfurique concentré.

Il semble que le réseau de collecte des huiles soit bien organisé et suivi par les entreprises et usines de Dakar. La S.R.H. produit cependant des goudrons acides et des terres de filtration souillées par des hydrocarbures qui sont envoyés à la décharge de M'BEUBEUSS.

Il convient de noter que les Industries Chimiques du Sénégal (I.C.S.), et la Société Africaine de Raffinage (S.A.R.) ne sont pas collectées par la SIAS.

e) Agro-Alimentaire :

Il s'agit d'un des secteurs le plus développé au Sénégal. Il est principalement composé :

- **entreprises de transformation** des produits de la pêche/armement (996 m³/mois pour 17 entreprises sont collectés). La plupart des déchets de poissons sont revendus aux entreprises qui fabriquent des aliments pour bétail. Certains déchets cependant sont envoyés à la décharge (ex : le poulpe qui n'est pas valorisé et les surplus de production de déchets). Les entreprises d'armement produisent des déchets divers issus de l'armement ou du nettoyage des navires (emballages souillés, câbles, chiffons souillés d'huile, sciures souillées, fûts de peinture, goudrons, etc...).

- **boissons** : il s'agit de fabriques de bière, boissons gazeuses, jus de fruits, etc...
Les déchets de céréales des brasseries sont généralement vendus pour l'alimentation du bétail.
Les déchets non valorisés sont principalement du verre cassé, papier carton, emballages, etc... matériaux souillés par l'entretien des machines, fines, etc...
- **biscuiterie - confiserie**
Mis à part les déchets banals, les déchets sont essentiellement des produits trop cuits, brûlés qui se transforment en une fine poudre.
- **abattoirs**
120 m³/mois en provenance de la SERAS (Société d'Exploitation des Ressources Animales du Sénégal) sont évacués vers la décharge. Il s'agit des viscères, rognures, sabots, petites peaux, banals, etc...
- **huiles**
La SONACOS (Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux du Sénégal) fabrique de l'huile d'arachide. Les principaux déchets sont :

déchets de préparation

- terres issues du tamisage à l'arrivée des arachides
- ficelles

déchets de trituration

- son
- poussières (coques, écorces, téguments)

déchets de conditionnement

- verre cassé
- PVC - bouteilles
- déchets papier
- banals
- balayures

La valorisation des déchets est importante :

- les tourteaux servent à l'alimentation du bétail
- les coques saines servent de combustible pour les chaudières de l'usine
- les terres huileuses sont revendues aux maraîchers
- les savons de chaux sont généralement revendus aux savonneries
- les huiles minérales sont vendues à la S.R.H. (régénération)

f) Cuirs et Peaux :

Depuis l'arrêt de l'usine "BATA" à Dakar, l'exploitation de la tannerie de la SERAS est arrêtée. Les peaux sont traitées à l'arséniate de soude puis vendues à l'exportation.

g) Papier - Carton - Imprimerie :

Au Sénégal, le papier carton est importé sous forme de balles puis transformé. Les papeteries produisent par conséquent des déchets issus de cette transformation (cuttes, etc...) et toutes sortes de déchets, souillés ou non, issus du nettoyage du matériel et des usines. Les imprimeries rejettent des déchets souillés par les encres, loupés, rebuts papier carton, bidons.

h) Gestion et entretien des véhicules :

Il s'agit soit des grandes structures (port, aéroport, gare) soit des unités moyennes et petites d'entretien des véhicules routiers.

Les déchets sont divers et l'on ne retiendra ici que les déchets spécifiques à l'activité, à savoir :

- hydrocarbures
- graisses, huiles, peintures
- pneus, batteries
- déchets banals souillés
- produits périmés (Port Autonome de Dakar)

i) Energie :

La presqu'île du Cap Vert est alimentée en électricité par des Centrales Thermiques fonctionnant au fuel ou au diesel.

Les déchets huileux et boues de lavage des machines sont brûlés dans les usines. Certaines huiles sont régénérées (soit par la S.R.H. soit dans l'usine même).

Les principaux déchets solides évacués à M'BEUBEUSS sont les matériaux souillés par le lavage des machines (chiffons), les sciures souillées (fuites d'huiles), papier carton et autres banals issus soit de l'activité industrielle soit des habitations du personnel des usines.

Les transformateurs fonctionnant au pyralène ne subissent aucun entretien et sont généralement revendus à des ferrailleurs lorsqu'ils sont hors d'usage !

2.2.4.3. Récapitulatif

Bien qu'il n'existe que très peu de données sur la production des déchets industriels sur la presqu'île du Cap Vert, cette étude permet d'avoir une idée précieuse sur la nature de la pollution que les déchets industriels risquent d'engendrer sur la décharge de M'BEUBEUSS.

C'est avec beaucoup de réserves cependant, qu'il faut considérer les données obtenues. En effet, de nombreux points restent très obscurs notamment :

- sur les volumes de déchets industriels produits. Nous ne connaissons que les volumes collectés par la SIAS. Or, une comparaison des entreprises collectées avec l'inventaire des industries de la presqu'île du Cap Vert montre que de nombreuses entreprises recensées ne possèdent pas de contrat d'élimination des déchets à la SIAS.

Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile de savoir si ces entreprises font appel à une Société parallèle d'élimination des déchets ou si les déchets, peu nombreux, sont éliminés au même titre que les Ordures Ménagères (O.M) ou si l'entrepreneur élimine lui-même ses déchets (dans ce cas, les déchets vont-ils clandestinement à M'BEUBEUSS ou sur un dépôt sauvage ?).

Il convient de signaler également que l'inventaire des industries date de quelques années et il ne considère pas les entreprises disparues ou nouvellement créées.

- sur les activités et procédés industriels, il existe peu de données qui puissent renseigner sur la nature et quantité de déchets produits. De même, la récupération des déchets industriels qui paraît être bien organisée est de nature tout-à-fait informelle et il serait hasardeux d'évaluer des quantités précises, faute d'une description détaillée du réseau.

a) Récapitulatif sur les volumes collectés :

En considérant les chiffres fournis par la SIAS, on estime à 5.000 m³/mois le volume des déchets industriels collectés.

Parmi ces déchets, certains sont évacués directement à la décharge, soit par l'industriel après accord de la SIAS (1.500 m³/mois) soit par la SIAS. 2.000 m³/mois sont mis en transfert à la station de Pikine.

* la SIAS enlève 1.500 m³/mois chez l'industriel. Certaines bennes vont directement à la décharge, d'autres passent par la station de transfert de Pikine.

La station de transfert constitue un lieu de déchargement très important. Il y aurait d'ailleurs une récupération à ce niveau en particulier pour les déchets ayant une bonne valeur commerciale (métaux, plastiques, cartons, etc...) ou utilitaire (bois, etc...). Il s'agit d'une récupération informelle et les quantités de déchets qui réintègrent le marché sont inconnues.

En résumé, les répartitions des déchets collectés en fonction du secteur d'activité et du nombre d'entreprises sont représentées sur la planche n° 21.

Nous voyons que plus d'un tiers des entreprises et des déchets collectés proviennent du secteur Agro-Alimentaire.

Le secteur de l'énergie représente 20 % des volumes, en partie dû à la SENELEC (producteur et distributeur de l'électricité au Sénégal).

Enfin, les industries du secteur parachimie (en particulier les plastiques) et papier carton montrent une importance relative quant à la production de déchets et du nombre d'entreprises collectées.

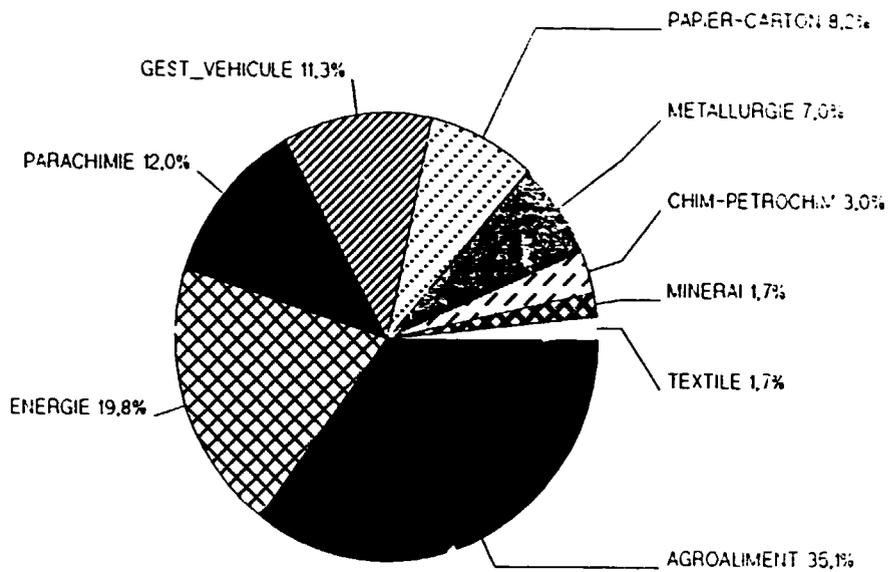
b) Récapitulatif sur la nature des déchets :

L'analyse qualitative des déchets évacués vers la décharge de M'BEUBEUSS est synthétisée sur la planche n° 22. Nous avons utilisé la nomenclature française des déchets qui, pour une meilleure définition des déchets, les classe selon leur origine (secteurs d'activité) et leur catégorie. Nous ne nous intéressons qu'à ce dernier aspect pour l'analyse qualitative.

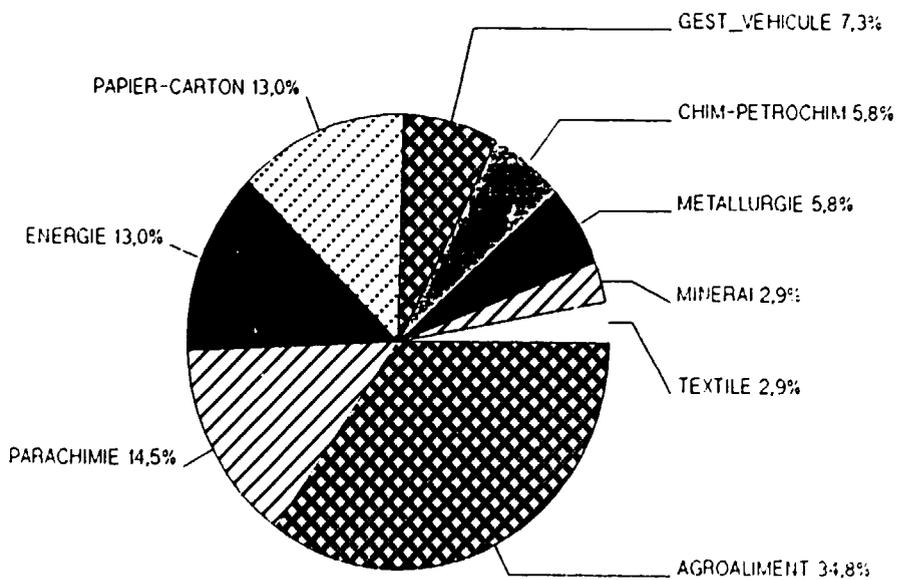
En fonction de nos connaissances sur le tissu industriel de la presqu'île du Cap Vert nous avons déterminé trois possibilités :

- présence très probable
- présence probable
- présence peu probable

Planche n°21 : DECHETS INDUSTRIELS COLLECTES PAR LA SIAS



1. REPARTITION DES VOLUMES PAR SECTEUR D'ACTIVITE



2. REPARTITION DES ENTREPRISES PAR SECTEUR D'ACTIVITE

2.2.5. BILAN

La planche n° 23 ci-après fait état du bilan schématique journalier de l'élimination des déchets sur la presqu'île du Cap Vert.

La décharge de M'BEUBEUSS accueille environ 2.800 m³/jour de déchets solides répartis pour :

- 92,8 % d'ordures ménagères et assimilables
- 6 % de déchets industriels
- 1,2 % de déchets d'hôpitaux

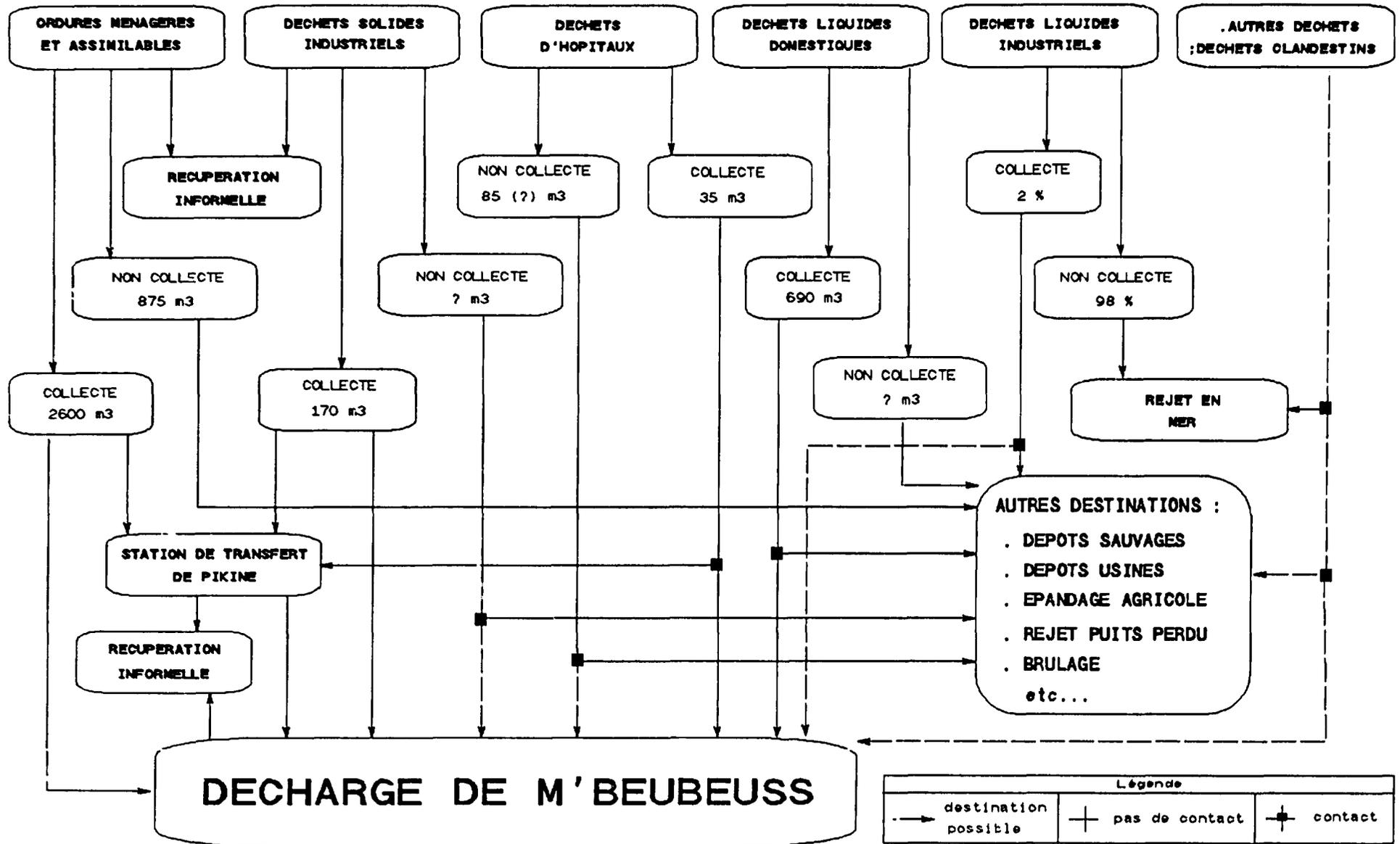
A cela, il convient d'ajouter :

- les déchets liquides domestiques dont la quantité semble varier entre 70 et 150 m³/jour.
- les déchets clandestins (origine inconnue) dont la présence n'est pas à exclure puisque le site n'est pas ceinturé donc facilement accessible sans contrôle.

La décharge de M'BEUBEUSS accueille essentiellement des ordures ménagères. La pollution du site devrait donc être comparable aux pollutions connues des grandes décharges d'ordures ménagères (classe II).

Il faut également tenir compte des déchets industriels, hospitaliers et liquides car, même si leur présence est moindre que celle des OM, leur pouvoir polluant est extrêmement plus important et peut entraîner des pollutions diffuses graves.

**PLANCHE N°23 : BILAN SCHEMATIQUE JOURNALIER DE L'ELIMINATION DES
DECHETS SUR LA PRESQU'ILE DU CAP-VERT**



2.3. LA DECHARGE DE M'BEUBEUSS

2.3.1. HISTORIQUE

Créée en 1968 pour éliminer les refus du process et le compost non valorisé de l'usine de compostage de Bel Air installée la même année, la décharge de M'BEUBEUSS n'était au départ qu'un dépôt destiné à surélever le terrain pour créer la route de Malika.

Avec la fermeture de la décharge de Dakar située à Hann (en 1970), M'BEUBEUSS est naturellement devenue la décharge publique de la presqu'île du Cap Vert. Aucune étude d'implantation destinée à apprécier l'aptitude du site à l'exploitation d'une décharge n'a été réalisée.

Recevant la quasi-totalité des déchets collectés à Dakar, la décharge n'a cessé d'avancer vers le Lac de M'BEUBEUSS jusqu'à le recouvrir partiellement. La décharge, reliée au cordon dunaire littoral, permet l'accès des camions à la plage où le sable est exploité.

L'exploitation de la décharge confiée à la SOADIP, n'a apparemment pas fait l'objet d'un schéma très rigoureux et l'on assiste à une exploitation dite "à l'avancement", sans aucune protection contre les nuisances (pollution de l'eau, odeurs, envols d'objets légers, etc...).

De 1970 à 1980, la décharge a envahi le Lac sur une surface de 45 ha.

De 1980 à 1989, 10 ha supplémentaires augmentent la superficie de la décharge.

Celle-ci s'est étendue vers l'Est (Lac) et l'Ouest (zones maraîchères).

En fait, la décharge surtout évolué en hauteur et l'on observe des zones 2 à 3 étages d'âges différents. L'épaisseur des déchets varie actuellement de 3 à 8 mètres. On estime à 3,5 milliards de m³ le volume actuel du dépôt.

2.3.2. EXPLOITATION

Depuis 1985, la gestion de la décharge est confiée à la Société Industrielle d'Aménagement du Sénégal (SIAS).

■ les engins d'exploitation sont :

- 1 compacteur de 155 CV
- 1 boteur à chenilles de 110 CV

■ les équipements d'exploitation sont :

- une cabane à l'entrée du site qui fait office de poste de contrôle. Les camions sont simplement comptés de 8h à 18h. Il n'existe ni pont-basculé, ni barrière, ni portail.

Exempte de dispositif de fermeture, la décharge est potentiellement utilisable 24 heures sur 24. Nous avons observé une activité nocturne jusqu'à 3h 30. Il s'agissait essentiellement de camions d'OM en provenance de la station de transfert de Pikine.

■ les aménagements :

- il n'existe qu'une seule voie d'accès au site pour les camions. Celle-ci se raccorde sur la route de Malika, traverse la décharge jusqu'à la plage. Cette voie de circulation est très fréquentée à la fois par les camions de déchets (environ 180 camions par jour) et les camions de sable (comptage non effectué mais le débit est d'environ 5 à 6 fois supérieur à celui des camions de déchets).

La route est régulièrement entretenue pendant la saison des pluies. Elle est plus ou moins stabilisée avec du sable à coquillages compactés.

Sur la décharge, on observe de nombreuses voies de circulation provisoires qui se greffent sur la voie principale et permettent l'accès aux différentes zones en exploitation. Ces voies ne sont pas entretenues et sont abandonnées lorsque la zone d'exploitation est déplacée.

- aucun autre aménagement pérenne n'existe sur la décharge.

On signale cependant une petite plate-forme de déchargement à proximité du premier village de récupérateurs. Celle-ci est exclusivement réservée aux déchets industriels valorisables. Il s'agit des déchets de papier, carton, ferraille, plastique, verre, etc... Les récupérateurs semblent assez bien organisés et cette zone constitue leur lieu de travail.

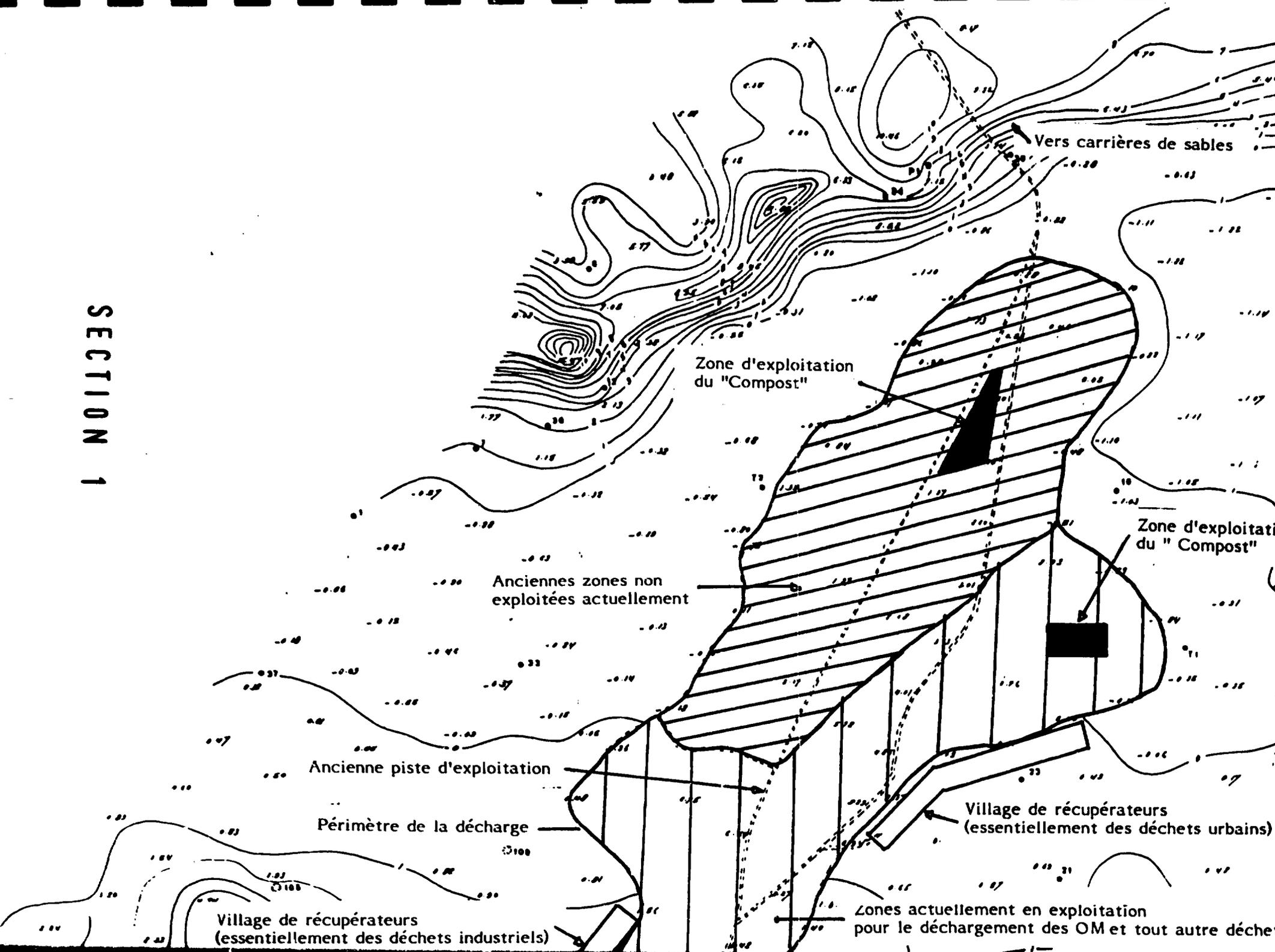
- méthode d'exploitation :

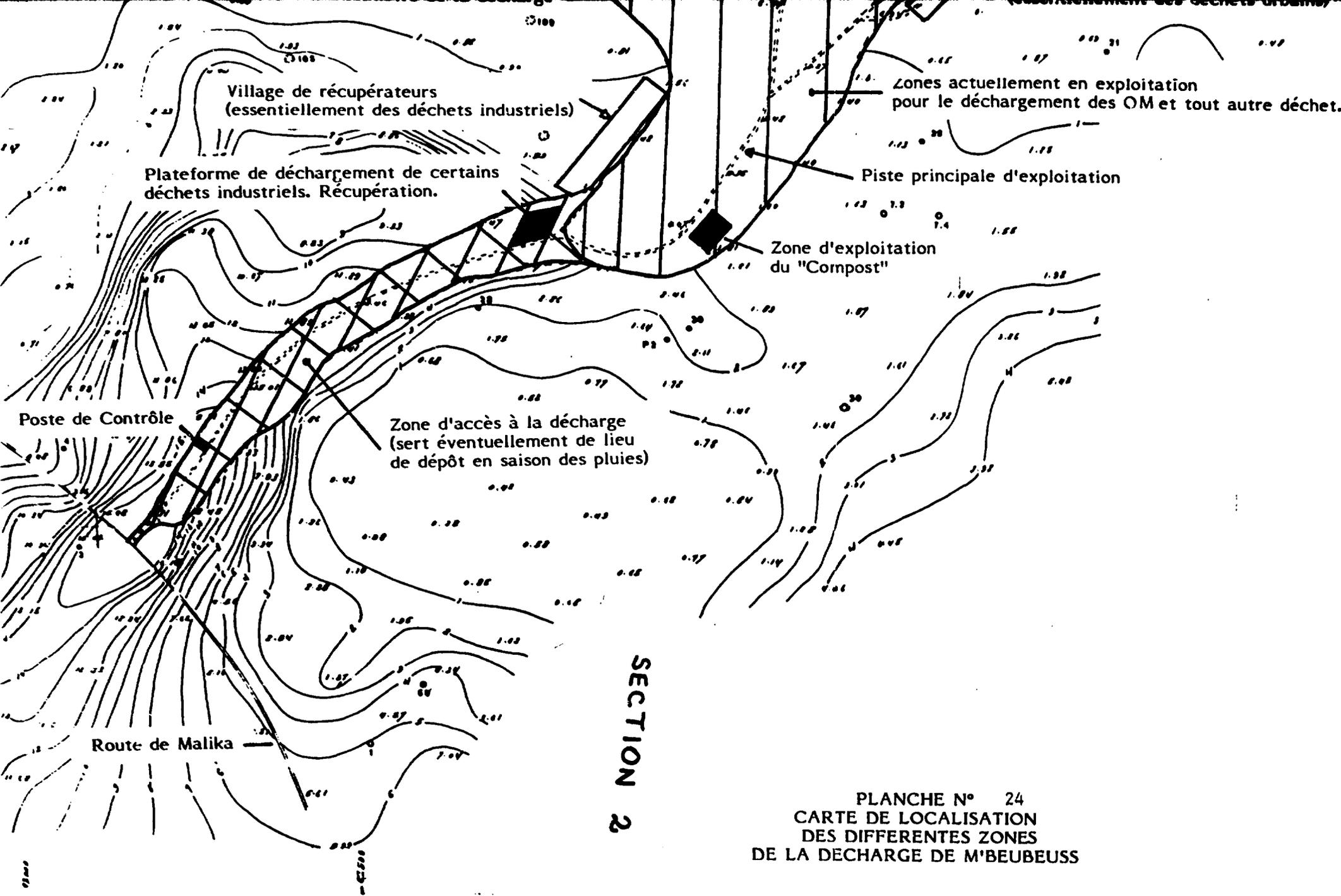
Il n'existe aucun schéma d'exploitation précis de la décharge et les zones en exploitation (surfaces d'environ 2 à 3 ha) changent tous les 1 à 3 mois, parfois au détriment des surfaces vierges cultivées par les maraîchers.

Les camions d'OM sont pris d'assaut par les récupérateurs dès qu'ils commencent à décharger. En général, le personnel de la SIAS laisse les récupérateurs opérer un moment avant de régaler les déchets avec le compacteur ou le buteur à chenilles.

Aucune autre opération n'est réalisée (pas de couverture de terre, etc...) sauf parfois la mise en feu de la zone. Il est difficile de savoir pourquoi et qui met le feu aux déchets (la SIAS affirme qu'elle interdit tout brûlage sur la décharge). Il est en tout cas certain que cela est à prohiber étant donné les conséquences que cela entraîne (poussières, fumées, odeurs, pollution, etc...)

SECTION 1





SECTION 2

PLANCHE N° 24
CARTE DE LOCALISATION
DES DIFFERENTES ZONES
DE LA DECHARGE DE M'BEUBEUSS

2.3.3. UTILISATION DU COMPOST

- Il convient de signaler que la SIAS exploite les zones anciennes d'OM de la décharge (voir planche n° 24). Elle extrait les matières dégradées (que l'on appellera "compost"), les passe au travers d'un tamis 2 cm x 2 cm. Ces matériaux sont vendus comme amendement au prix indicatif d'environ 4.500 FCFA la tonne.

Une analyse de ce compost a été effectuée par le Laboratoire des sols de l'ORSTOM-Dakar (Résultats en annexe G). Bien qu'un prélèvement ponctuel ne puisse être considéré comme représentatif du compost de M'BEUBEUSS, on constate cependant que :

- l'échantillon est essentiellement composé de matières minérales (90 % de sable) ce qui corrobore la composition des OM donnée en 2.1. Cette texture n'est d'aucune utilité à Dakar puisque la presque île du Cap Vert est composée de sols sableux.
- le rapport C/N (8,5) indique une dégradation complètement terminée. A titre indicatif, les maraîchers recherchent un compost avec un rapport C/N voisin de 15.
- le pourcentage de matières organiques (Mo = 6,03 %) est faible (il faut 100 Kg de compost pour obtenir 6 Kg de MO alors qu'au Sénégal, la demande en MO est de 10 à 20 tonnes à l'hectare).
Par ailleurs, nous avons réalisé une analyse des métaux lourds sur ce compost. On obtient :

- Plomb	315 mg/Kg
- Ni	61 mg/Kg
- Cd	14 mg/Kg

Les valeurs semblent élevées et avoisinent les limites admissibles de la réglementation française en matière d'amendement (NF 44041 : Pb 300 mg/Kg - Ni 100 mg/Kg - Cd 15 mg/Kg)

Il serait intéressant d'étendre ces recherches (programme d'échantillonnage et d'analyse, tonnage, destination, etc...) afin de confirmer les résultats obtenus et de mieux apprécier les impacts de la commercialisation.

2.4. ANALYSE DES DECHETS ET DE LEUR POUVOIR POLLUANT

2.4.1. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

2.4.1.1. Choix et positionnement des points de sondage

L'étude historique du dépôt et le dépouillement du gisement de déchets enfouis à M'BEUBEUSS, nous ont conduits à faire un certain nombre de choix en ce qui concerne les zones de la décharge à expertiser.

Celles-ci ont toutefois été sélectionnées en fonction de deux critères principaux :

- leur représentativité, d'un point de vue qualitatif (prise en compte d'un maximum de déchets différents) et quantitatif (sélection en priorité des déchets les plus présents sur le site) ;
- leur accessibilité : certaines zones ne pouvaient être atteintes en leur point central avec la pelle mécanique en raison du relief accidenté du site. Il a alors été décidé de les approcher par l'extérieur, d'où la sélection d'une position périphérique pour certains sondages.

En outre, la priorité a été donnée aux déchets anciens et matures qui sont les seuls à fournir des informations sur l'évolution physique, chimique et biologique des ordures au sein de la décharge. Ces zones sont également celles pour lesquelles l'impact de la décharge sur l'environnement est le plus visible. C'est aussi à leur niveau que l'on a collecté des informations pour effectuer des projections à moyen ou long terme.

Par ailleurs, l'étude du gisement et les visites préalables effectuées sur le site ont montré que des dépôts massifs de déchets industriels (goudrons sulfuriques, déchets de poissons, hydrocarbures, etc...) ou de matières de vidanges étaient régulièrement effectués dans des "lagunes" de la décharge.

Ces déchets particulièrement polluants (pollution chimique ou bactériologique) ont donc été également pris en compte pour le positionnement des sondages.

Sur ces bases, il a été décidé d'effectuer quatre sondages profonds et quatre prélèvements de surfaces complémentaires, répartis comme suit :

a) Sondages profonds :

■ **Sondage E₁ (tranchée) :**

- Zone Sud - Ouest de la décharge ;
- Secteur voisin de la zone actuelle de déversement des ordures ménagères ;
- Sondage effectué à la périphérie de la décharge. Accès en contrebas par la zone dite "des maraîchers" ;
- Nature probable des déchets : ordures ménagères matures ;
- Age des déchets : 2 à 10 ans ;
- Tranchée percée dans la plus haute falaise de la décharge (8 à 9 m) ;
- Proximité du piézomètre P3.

■ **Sondage E₂ (trou) :**

- Zone Sud - Est de la décharge ;
- Secteur voisin de la zone actuelle d'exploitation du compost ;
- Sondage effectué au voisinage de nombreux dépôts de déchets industriels (goudrons, hydrocarbures, déchets de poissons,...) ou urbains (matières de vidange) ;
- Nature probable des déchets : ordures ménagères matures + goudrons supposés sulfuriques en surface ;
- Age des déchets : 5 à 10 ans ;
- Hauteur estimée du dépôt : 4 à 5 m ;
- Proximité du piézomètre P2.

■ **Sondage E₃ (trou) ;**

- Zone Nord-Est de la décharge ;
- Secteur voisin de l'ancienne zone d'exploitation du compost ;
- Nature probable des déchets : ordures ménagères matures + hydrocarbures ;
- Sol très compacté ;
- Age des déchets : 10 à 20 ans ;
- Hauteur estimée du dépôt : 3 à 4 m.

- Sondage E₄ ;
 - Zone Nord-Ouest de la décharge ;
 - Sondage effectué à partir d'une ancienne plate-forme d'environ 2 m de hauteur, dans une falaise déposée dessus plus récemment ;
 - Accès par la plate-forme ci-dessus ;
 - Nature probable des déchets : ordures ménagères matures et/ou brûlées ;
 - Ages des déchets : 10 à 15 ans ;
 - Hauteur de la falaise : 4 à 5 m.

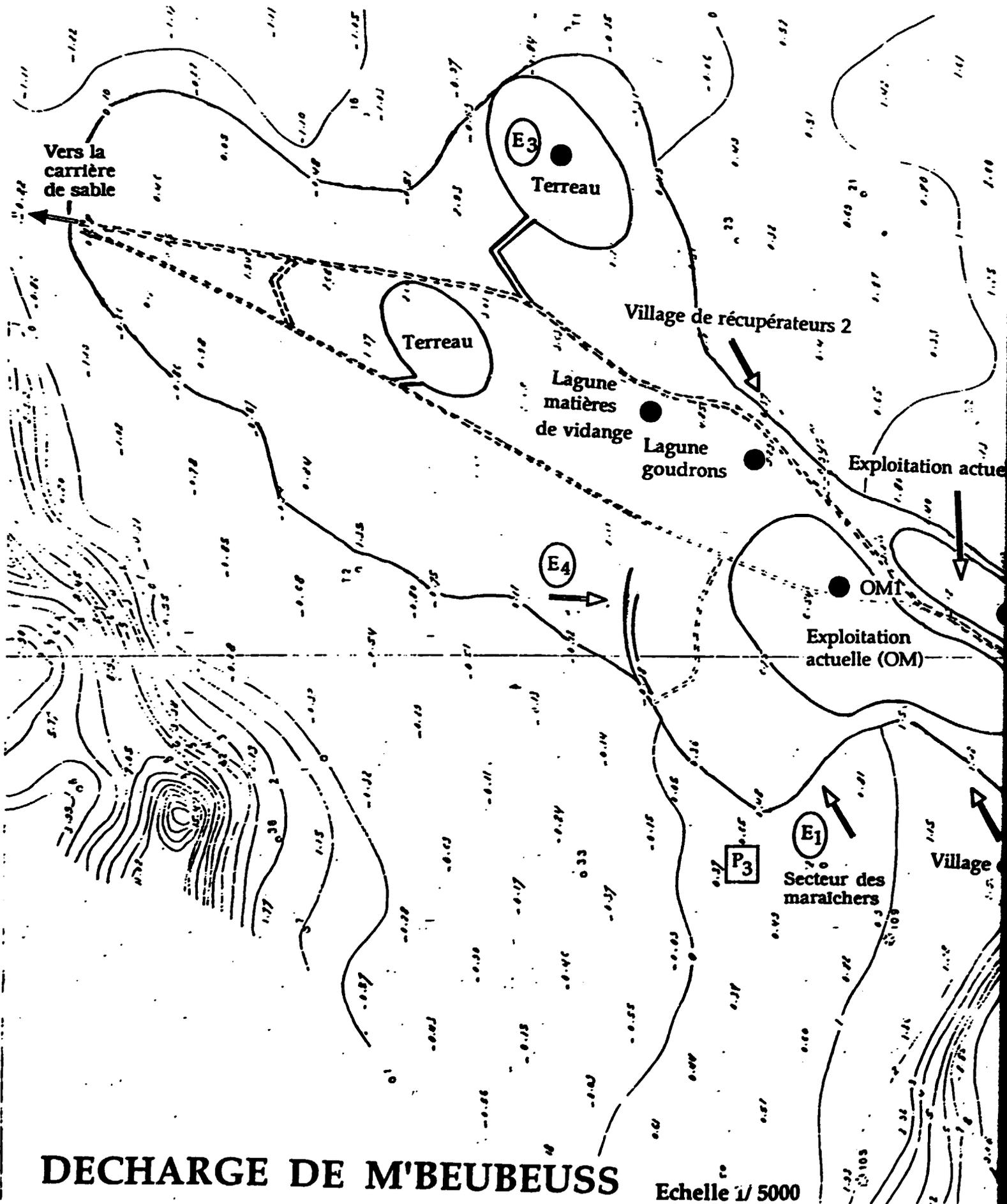
b) Sondages complémentaires :

- OM 1 :
 - Zone d'exploitation actuelle de la décharge d'ordures ménagères ;
 - Sondage peu profond (2 m) destiné à la mesure de la production de biogaz ;
 - Sondage effectué à 5 m à l'Ouest de la route de la carrière de sable à un niveau intermédiaire entre deux villages de récupérateurs.

- OM 2 :
 - Idem OM 1 mais 5 mètres à l'Est de la route des carrières.

- Lagune Goudrons :
 - Lagune également située le long de la route de la carrière (à proximité du village des récupérateurs Est) ;
 - Diamètre de la lagune : 15 m environ ;
 - Profondeur approximative : 1,50 m ;
 - Type de prélèvement effectué : déchets pâteux.

- Lagune Matières de Vidange :
 - Position de la précédente ;
 - Diamètre de la lagune : 20 m environ ;
 - Profondeur approximative : 1 m ;
 - Type de prélèvement effectué : liquide souillé.

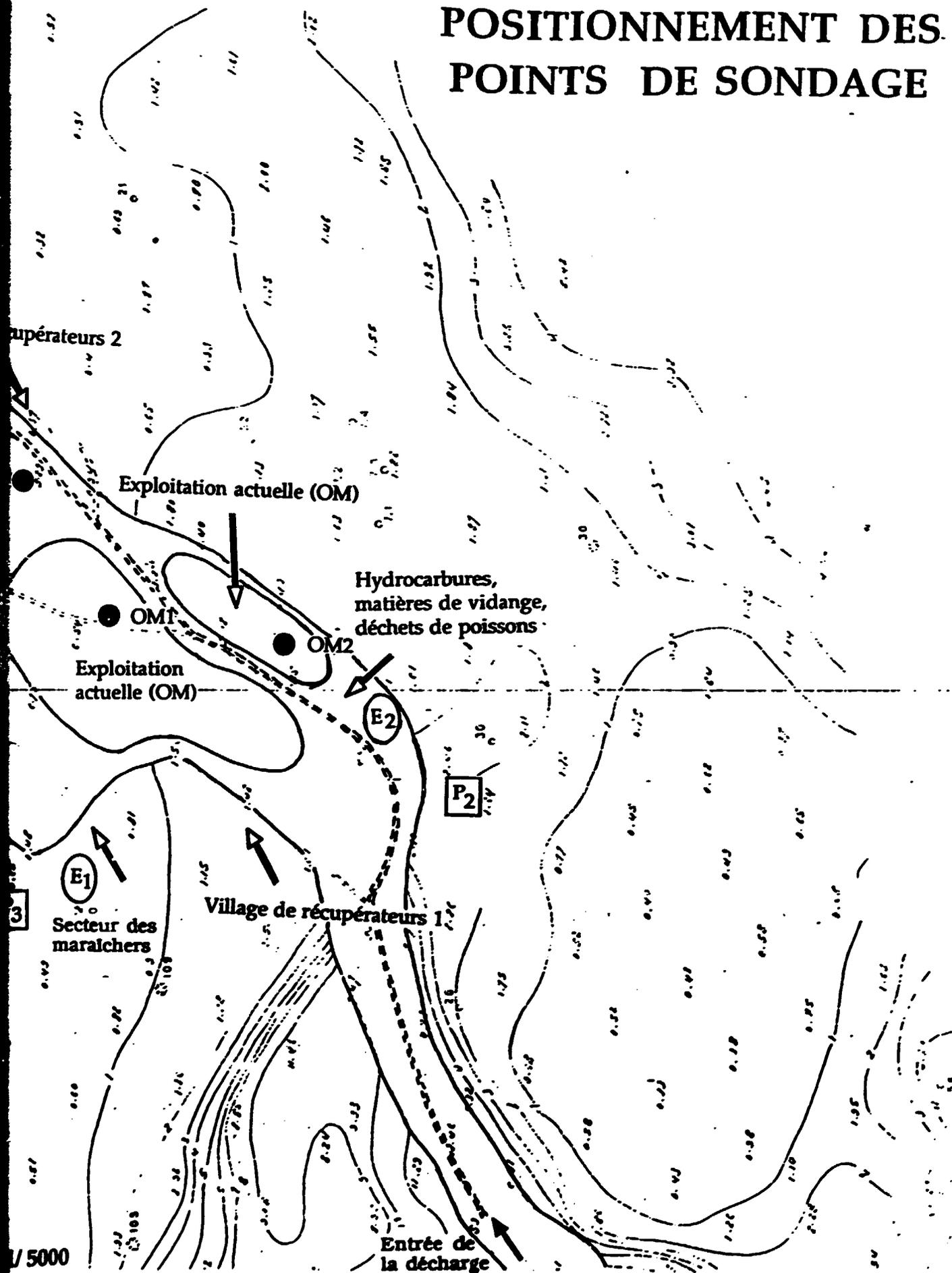


DECHARGE DE M'BEUBEUSS

Echelle 1/ 5000

SECTION 1

POSITIONNEMENT DES POINTS DE SONDAGE



SECTION 2

Photo N° 10 :
Ouverture de la
tranchée E2.
En surface, une
mince couche de
goudrons et
au-dessous, des
déchets urbains
mélangés avec des
déchets
industriels.



Photo N° 11 :
Ouverture de la
tranchée E1.





Photo N° 12 : Tranchée E4
Les trois mètres supérieurs sont
composés de résidus urbains.
Au dessous, on observe une coucl
de terrain naturel (sables et
marnes) qui surmonte elle-même
une couche de déchets anciens.

Photo N° 13 : Prélèvement
de déchets dans la tranchée
E4. Au fond, on aperçoit la
nappe phréatique - l'eau
est de couleur noire et a
une odeur fétide.



2.4.1.2. Choix et positionnement des points de prélèvement

2.4.1.2.1. Sondage E1 (planche n° 28)

Une tranchée de 12 m de longueur a tout d'abord été creusée à l'intérieur de la décharge à partir du secteur dit "des maraîchers" afin de dégager un espace de 6*6*6 m à la surface du sol, au coeur même des ordures ménagères. La façade (A, B, C,D) représentée dans la planche n° 28 a ensuite été virtuellement divisée en trois couches superposées afin d'y effectuer des prélèvements ainsi que des mesures de température. Les valeurs extrêmement élevées obtenues pour ces dernières (50 à 70° C) tendent à prouver que les déchets sont le siège d'une oxydation (chimique ou biochimique) intense. Il est possible que celle-ci soit, en partie, due à la position spécifique du sondage puisque celui-ci est situé en bordure de décharge et, de plus, exposé aux vents. Par ailleurs, les ordures sont peu compactées, ce qui facilite leur aération.

Trois échantillons de déchets ont été prélevés dans chacune des couches. Compte tenu de l'homogénéité des déchets sur toute la hauteur de la façade, ceux-ci ont été mélangés avant analyse. Enfin, deux prélèvements de gaz $E_1 G_1$ (-1,5 m) et $E_1 G_2$ (-3 m)¹ ont été effectués dans le massif des déchets.

Dans un deuxième temps, le sol situé sous la décharge a été creusé jusqu'à apparition de la nappe sous-jacente (-1 m sous le niveau du sol). Deux échantillons ont été collectés ($E_1 D_4$ ¹ et $E_1 L_1$ ¹).

2.4.1.2.2. Sondage E2 (planche n° 29)

Il a été effectué depuis la surface de la décharge au niveau d'une interface ordures ménagères - dépôt de goudrons.

Remarque : Dans un premier temps, nous avons supposé qu'il s'agissait de goudrons sulfuriques, du fait que les déchets de régénération d'huile de la SRH sont évacués de façon permanente vers la décharge de M'BEUBEUSS (800 kg par semaine environ).

-
1. Ex Gx : échantillon de gaz
Ex Dx : échantillon de déchets
Ex Lx : échantillon de lixiviats

Les différents types de déchets prélevés au fur et à mesure de l'avancée du sondage ont été répertoriés sous les références suivantes :

- E₂ D₁ (-0,8m) : ordures ménagères superficielles matures,
- E₂ GS (-0,25m) : goudrons sulfuriques de la lagune
- E₂ SSGS(-0,75m) : sables situés sous les goudrons sulfuriques,
- E₂ D₂ (-2 m) : couche inférieure des ordures ménagères (couleur nettement plus pâle que les OM précédentes),
- E₂ S_j (-3,5m) : sable jaune situé sous les OM,
- E₂ SB (-4,5m) : sable blanc de fond de trou,

Deux échantillons de gaz ont été collectés dans les ordures ménagères : E₂ G₁ (-1 m) et E₂ G₂ (-2,5 m).

2.4.1.2.3. Sondages E3 (planche n° 30)

Comme le précédent, ce sondage a été foré depuis la surface de la décharge.

Dans une première phase, deux couches d'ordures ménagères (E₃ D₁ et E₃ D₂) et un échantillon de gaz (E₃ G₁) ont été prélevés dans la partie supérieure du sondage.

Au-delà d'une profondeur de 3 m, les déchets baignaient dans un lixiviat particulièrement chargé (prélèvement E₃ L₁).

Nous avons ensuite rencontré les trois couches de terrain suivantes :

- E₃ D₅ : marne grise imprégnée de lixiviat (40 cm d'épaisseur)
- E₃ D₃ : argile rouge (30 cm d'épaisseur)
- E₃ D₄ : sables à arcas (à partir de -4,50 m)

Tous ces sols ont été prélevés en vue d'une analyse physico-chimique (E₃ D₅ et E₃ D₄), ou d'une mesure de perméabilité (E₃ D₃)

2.4.1.2.4. Sondage E4 (planche n° 31)

Comme E₁, ce sondage est du type "tranchée". Celle-ci a été réalisée depuis la plate-forme voisine, elle-même constituée par le dépôt d'une couche de déchets sur le fond du Lac voisin.

La première couche rencontrée, d'une épaisseur de 3 m, correspond à un dépôt d'ordures ménagères. Nous y avons effectué un prélèvement de déchets à -1 m (E₄ D₁) et un prélèvement de gaz à -1,5 m (E₄ G₁).

Par la suite, quatre terrains situés entre -3 m et -5,3 m ont été répertoriés :

- E₄ D₂ : mélange de terre et de sable
- E₄ D₃ : terre noire et "grasse"
- E₄ D₄ : ordures ménagères mures
- E₄ D₅ : sable à arcas ; terrain de fond de trou commun à tous les points d'expertise et correspondant au retrait du golfe qui envahissait autrefois la zone actuelle de la décharge (voir étude géologique)

Remarque : Il est possible que E₄ D₂ et E₄ D₃ correspondent à des terrains rapportés en guise de couverture sur les ordures ménagères E₄ D₄.

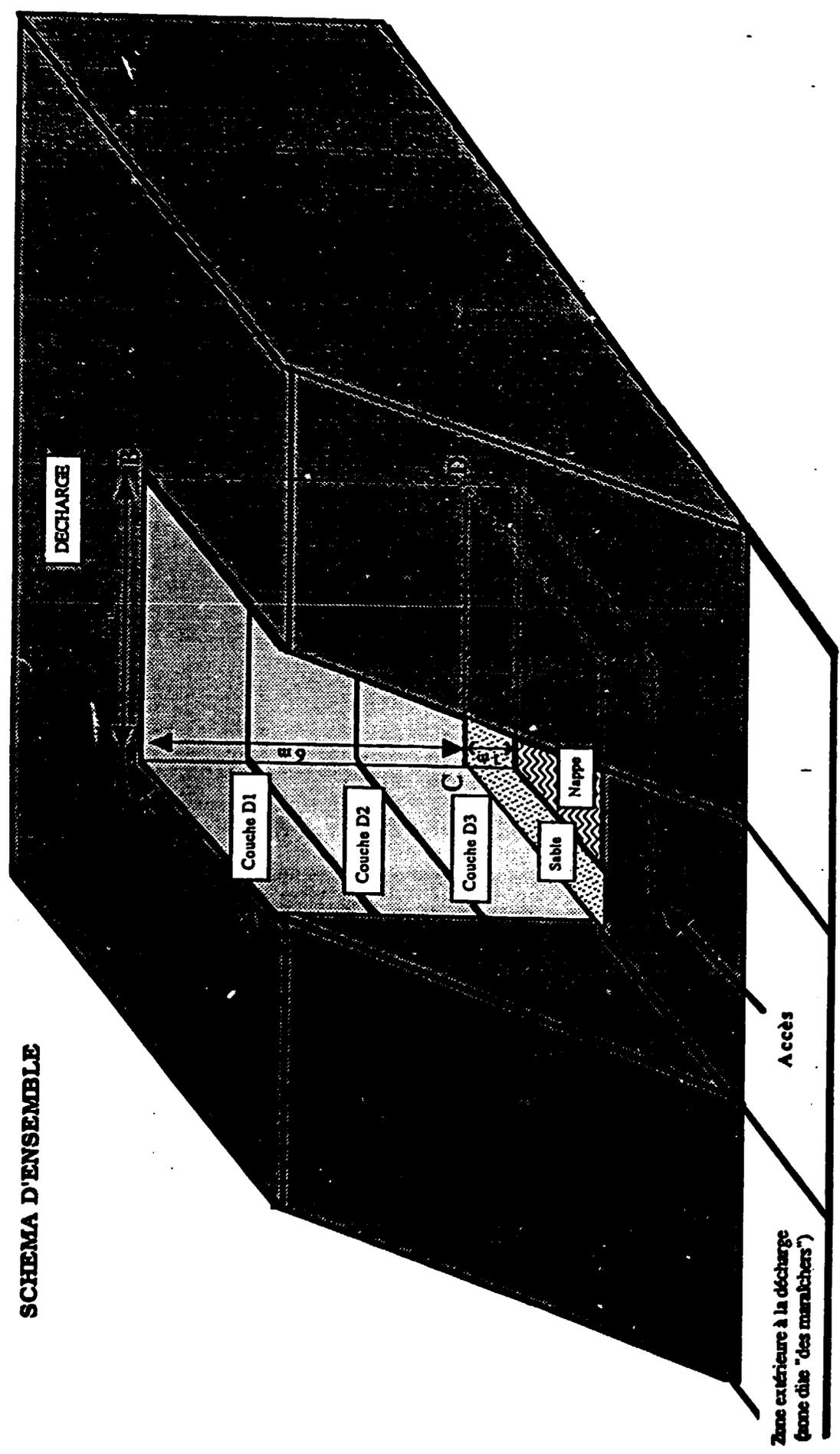
2.4.1.2.5. Sondages complémentaires (planche n° 32)

Ces quatre prélèvements ont été effectués à partir de la surface, conformément à la description 2.4.1.1. b).

SONDAGE E1

(tranchée 6 x 1.2 x 6 m)

SCHEMA D'ENSEMBLE



Zone extérieure à la décharge
(zone dite "des marchers")

Accès

DECHARGE

Couche D1

Couche D2

Couche D3

Sable

Nappe

B

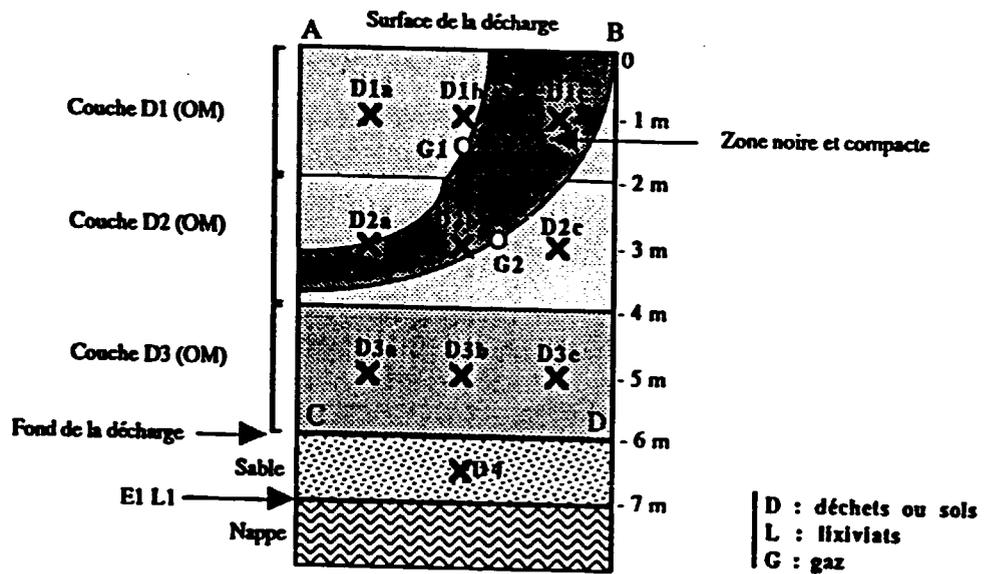
B

C

Zone extérieure à la décharge
(zone dite "des marchers")

SONDAGE E1

COUPE TRANSVERSALE ET POSITIONNEMENT DES POINTS DE PRELEVEMENT

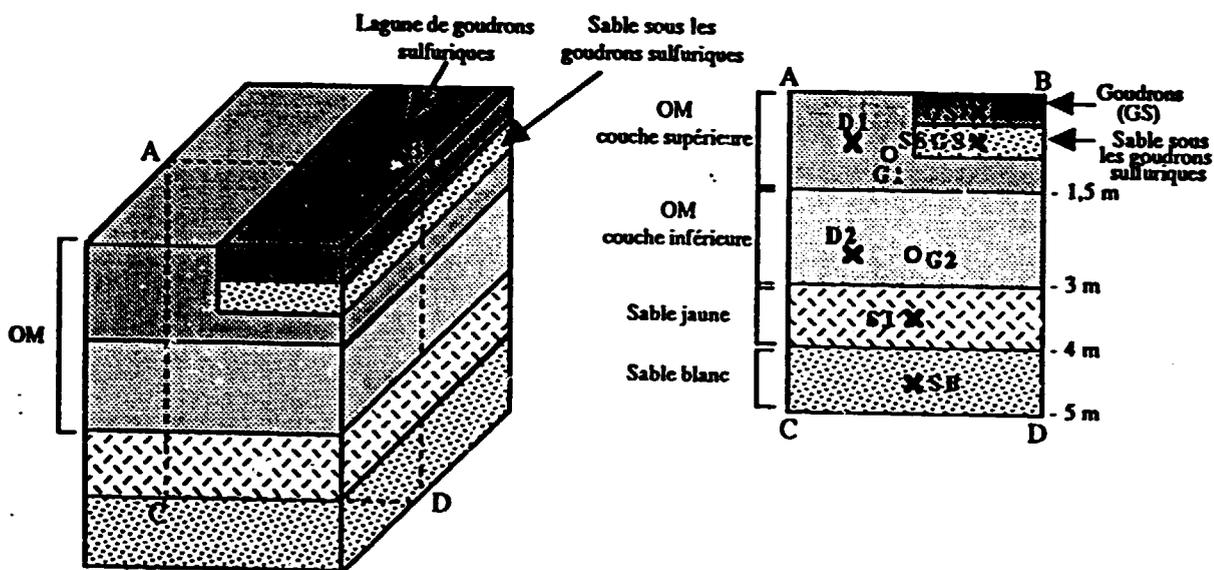


Prélèvements	Profondeurs	Températures	Sous échantillonnage	
E1 D1a (3 kg)	- 1 m	50°C	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px;"></div> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D1 (9 kg) → SE →</div> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D2 (9 kg) → SE →</div> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D3 (9 kg) → SE →</div> </div> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D1 (1 kg)</div> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D2 (1 kg)</div> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D3 (1 kg)</div> </div> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D1,2,3 (3 kg)</div> <div style="margin-bottom: 2px;">↓ SE</div> <div style="margin-bottom: 2px;">E1 D1,2,3 (1 kg)</div> <div style="margin-bottom: 2px;">↓</div> <div style="margin-bottom: 2px;">analyse</div> </div> </div> </div>	
E1 D1b (3 kg)	- 1 m	50°C		
E1 D1c (3 kg)	- 1 m	45°C		
E1 D2a (3 kg)	- 3 m	70°C		
E1 D2b (3 kg)	- 3 m	65°C		
E1 D2c (3 kg)	- 3 m	56°C		
E1 D3a (3 kg)	- 5 m	55°C		
E1 D3b (3 kg)	- 5 m	55°C		
E1 D3c (3 kg)	- 5 m	54°C		
E1 D4 (10 kg)	- 6,50 m	48°C	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">SE →</div> <div style="margin-right: 10px;">E1 D4 (1 kg) →</div> <div style="margin-right: 10px;">analyse</div> </div>	
E1 L1 (2 l)	- 7 m	48°C	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">SE →</div> <div style="margin-right: 10px;">E1 L1 (2 l) →</div> <div style="margin-right: 10px;">analyse</div> </div>	
E1 G1 (250 ml)	- 1 m	-	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">E1 G1 (250 ml) →</div> <div style="margin-right: 10px;">analyse</div> </div>	
E1 G2 (250 ml)	- 3 m	-	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">E1 G2 (250 ml) →</div> <div style="margin-right: 10px;">analyse</div> </div>	

SE : Sous Echantillonnage

SONDAGE E2

(4 x 4 x 5 m)



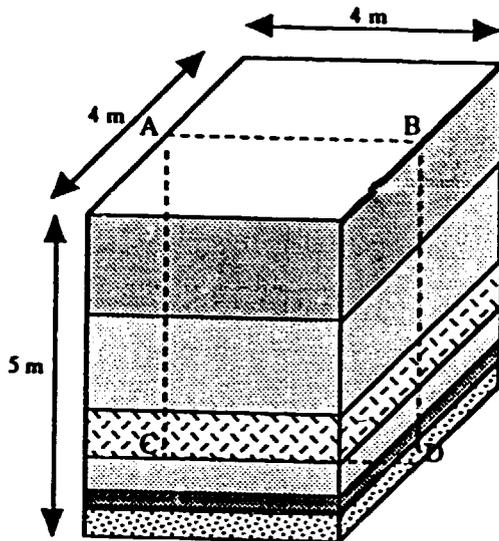
SCHEMA D'ENSEMBLE

COUPE TRANSVERSALE ET POSITIONNEMENT DES POINTS DE PRELEVEMENT

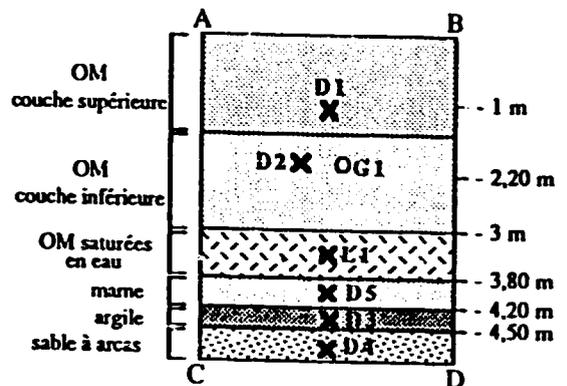
Prélèvements	Profondeurs	Températures	Sous échantillonnage						
E2 GS (10 kg)	- 0,30 m	40°C	<table border="0"> <tr> <td><u>SE</u> → E2 GS (1 kg)</td> <td rowspan="5">} → analyse</td> </tr> <tr> <td><u>SE</u> → E2SS GS (1 kg)</td> </tr> <tr> <td><u>SE</u> → E2 D1 (1 kg)</td> </tr> <tr> <td><u>SE</u> → E2 D2 (1 kg)</td> </tr> <tr> <td><u>SE</u> → E2 SB (1 kg)</td> </tr> </table>	<u>SE</u> → E2 GS (1 kg)	} → analyse	<u>SE</u> → E2SS GS (1 kg)	<u>SE</u> → E2 D1 (1 kg)	<u>SE</u> → E2 D2 (1 kg)	<u>SE</u> → E2 SB (1 kg)
<u>SE</u> → E2 GS (1 kg)	} → analyse								
<u>SE</u> → E2SS GS (1 kg)									
<u>SE</u> → E2 D1 (1 kg)									
<u>SE</u> → E2 D2 (1 kg)									
<u>SE</u> → E2 SB (1 kg)									
E2 SSGS (10 kg)	- 0,80 m	40-45°C							
E2 D1 (10 kg)	- 0,80 m	45°C							
E2 D2 (10 kg)	- 2,5 m	55-58°C							
E2 SJ	- 3,5 m	40-43°C							
E2 SB (10 kg)	- 4,5 m	40-43°C							
E2 G1 (250 ml)	- 1 m	-	E2 G1 (250 ml)						
E2 G2 (250 ml)	- 2,5 m	-	E2 G2 (250 ml)						

SE : Sous Echantillonnage

SONDAGE E3 (4 x 4 x 5 m)



SCHEMA D'ENSEMBLE



COUPE TRANSVERSALE ET POINTS DE PRELEVEMENTS DES ECHANTILLONS

D : déchets ou sols
L : lixivlats
G : gaz

Prélèvements	Profondeurs	Températures	Sous échantillonnage
E3 D1 (~10 kg)	- 1 m	33-35°C	<u>SE</u> → E3 D1 (1 kg)
E3 D2 (~10 kg)	- 2,20 m	34-35°C	<u>SE</u> → E3 D2 (1 kg)
E3 D5 (~10 kg)	- 4,35 m	35°C	<u>SE</u> → E3 D5 (1 kg)
E3 D4 (~10 kg)	- 5 m	-	<u>SE</u> → E3 D4 (1 kg)
E3 D3 (3 kg)	- 4 m	-	E3 D3 (3 kg)
E3 L1 (2 l)	- 3 m	35°C	E3 L1 (2 l)
E3 G1 (250 ml)	- 2 m	-	→ E2 SB (250 ml)

→ analyse

→ mesure de perméabilité

→ analyse

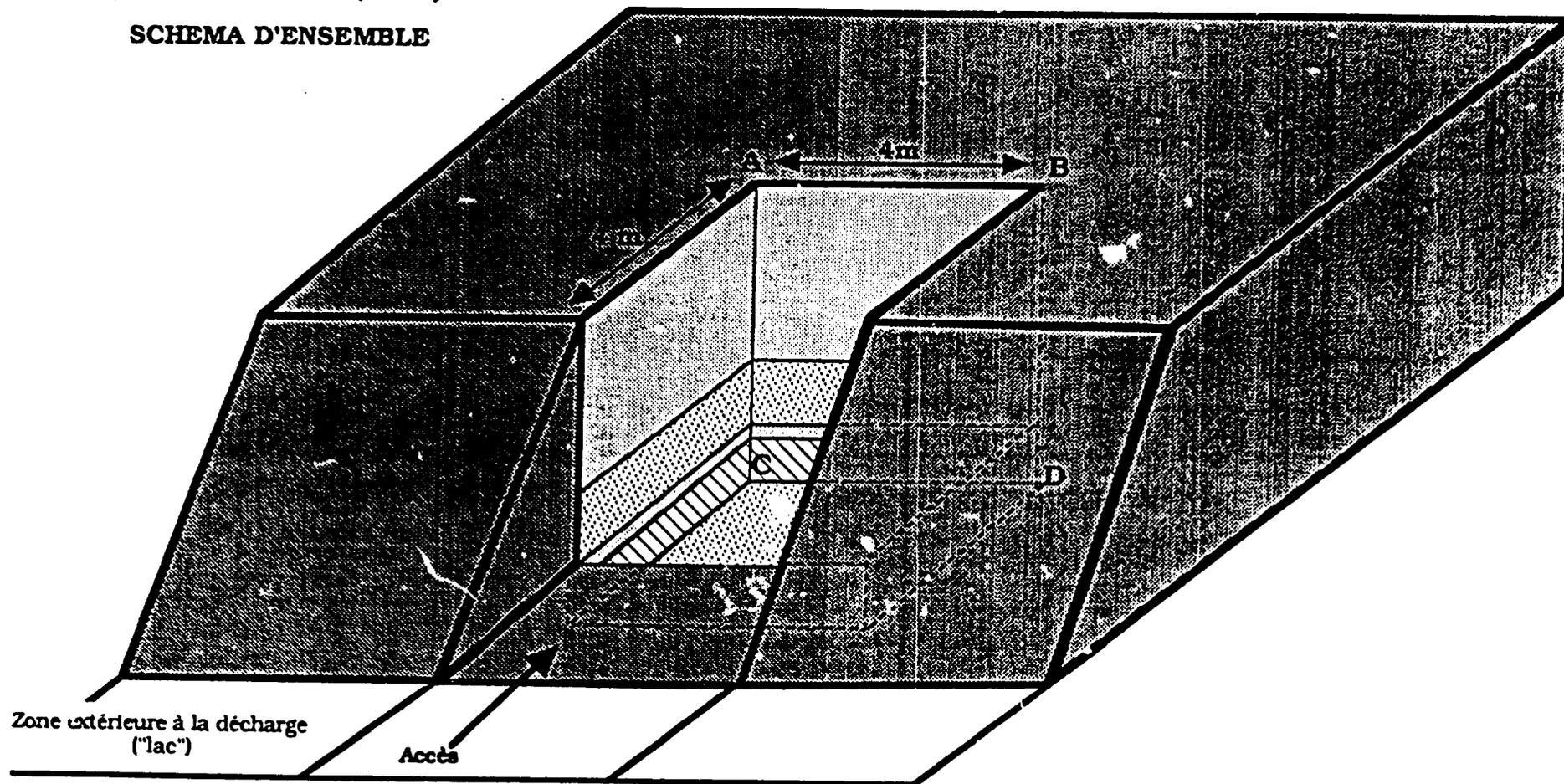
→ analyse

SE = Sous Echantillonnage

SONDAGE E4

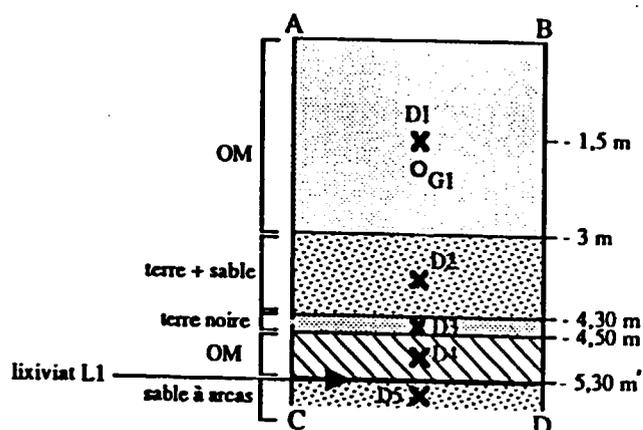
(tranchée 4 x 8 x 5,30 m)

SCHEMA D'ENSEMBLE



SONDAGE E4

COUPE TRANSVERSALE ET POSITIONNEMENT DES POINTS DE PRELEVEMENT



Prélèvements	Profondeur	Températures	Sous échantillonnage
E4 D1 (10 kg)	- 1,50 m	75,5°C	SE → E4 D1 (1 kg) → analyse
E4 D2 (10 kg)	- 3,75 m	38°C	SE → E4 D2 (1 kg) → analyse
E4 D3 (10 kg)	- 4,40 m	38°C	SE → E4 D3 (1 kg)
E4 D4 (10 kg)	- 5 m	47°C	SE → E4 D4 (1 kg)
E4 D5 (10 kg)	- 5,75 m	38°C	SE → E4 D5 (1 kg) → analyse
E4 L1 (2 l)	- 5,30 m	42°C	E4 L1 (2 l) → analyse
E4 G1 (250 ml)	- 2 m	-	E4 G1 (250 ml) → analyse
			E4 D3,4 (2 kg) → E4 D3,4 (1 kg) → analyse

SE = Sous Echantillonnage

SONDAGES DISPERSÉS

Dénominations	Prélèvements	Profondeurs	Températures
Ordures ménagères "fraîches" 1	E5 G1 (250 ml)	- 2 m	50°C
Ordures ménagères "fraîches" 2	E6 G1 (250 ml)	- 2 m	50°C
Lagune matières de vidange	E7 D1 (2 l)	surface	35°C
Lagune goudrons	E8 D1 (2 kg)	- 0,5 m	35°C

2.4.2. ANALYSES DES ECHANTILLONS

2.4.2.1. Choix des analyses et techniques analytiques utilisées

2.4.2.1.1. Analyse des déchets bruts

a) Paramètres globaux :

Humidité : exprimée en pourcentage du déchet brut, elle est évaluée après séchage à 105° C jusqu'à poids constant. Elle dépend directement de la nature des déchets ; c'est ainsi qu'une teneur élevée en matière organique se traduit en général par un accroissement de l'humidité totale.

Fraction soluble (%) : exprimée par rapport au poids sec de l'échantillon, elle exprime la quantité totale de matière entraînable à l'eau, d'où son importance pour les études de décharges.

Perte au feu à 550° C (%) : également exprimée par rapport au poids sec de l'échantillon, elle permet une première approche des matières organiques contenues par les déchets. Sa valeur est notamment utilisée pour la qualification des composts.

b) Paramètres spécifiques :

Ceux-ci ont été limités aux paramètres nécessaires à la détermination du type de déchets enfouis (déchets organiques "type OM" ou plutôt déchets minéraux) ainsi qu'à l'évaluation de leur état de décomposition.

COT (Carbone Organique Total) : il est en relation directe avec le taux de matières organiques contenu. Sa détermination a été réalisée par combustion à 550° C avec détection du CO₂ produit par infra-rouge.

L'azote NTK : mesuré (méthode Kjeldhal) correspond au total de l'azote contenu, exception faite des nitrites et des nitrates.

Hydrocarbures totaux (HC Totaux) : la concentration en hydrocarbures totaux a fait l'objet de mesures en raison de la prépondérante apparence de ce déchet industriel sur le site (voir étude du gisement et visites sur les sites) ; elle a été mesurée selon la norme NF T 90-114 après extraction au CCl₄.

2.4.2.1.2. Analyse des lixiviats prélevés sur le site ou issus des tests de lixiviation NF x 31-210*²

a) Paramètres globaux :

pH : c'est un facteur clé pour la dissolution des éléments minéraux lors du contact liquide-solide. Il peut affecter la solubilité par déplacement des équilibres physico-chimiques dans lesquels interviennent les ions H^+ et OH^- , par réaction chimique directe de ces ions sur la matière solide et par l'influence sur l'état d'oxydo-réduction du système. Il est en partie dû à la présence de métabolites de la fermentation anaérobie des déchets organiques.

Conductivité : ($\mu S/cm$) : elle est fonction de la concentration en matières dissoutes dans l'eau. Par conséquent, plus sa valeur est grande, plus l'extraction (sur site ou au laboratoire) est importante.

Potentiel d'oxydo-réduction (mV) : il permet de juger de l'état d'oxygénation des lixiviats. Comme le pH, son rôle est fondamental pour la solubilité des éléments toxiques (métaux lourds notamment).

b) Paramètres spécifiques :

Les différentes familles de polluants qui ont fait l'objet d'une recherche analytique peuvent être classés en :

Matières oxydables dissoutes : mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Matières organiques dissoutes : mesure du Carbone Organique Total (COT)

Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (HC totaux) : exprimés en mg/kg

Métaux lourds dissous : mesure par absorption atomique des quantités dissoutes pour trois traceurs (Pb, Cr, Cd et Hg)

Produits toxiques divers : mesure de l'indice Phénols et de la concentration en cyanures libres

2. * Le protocole complet de ce test est donné en annexe. Dans le cadre de cette étude nous avons choisi l'option 3 extractions successives avec mélange des trois lixiviats obtenus avant analyse.

2.4.2.1.3. Analyse des gaz

Les prélèvements de gaz interstitiels effectués au sein de la masse des déchets ont pour objectif la mise en évidence de la production de biogaz qui a lieu lors de la biodégradation anaérobie des déchets. Ce métabolisme prédominant dans les décharges, et un processus microbiologique et biochimique complexe mettant en oeuvre de nombreuses espèces bactériennes, transformant à terme la matière organique essentiellement en méthane (CH_4), gaz carbonique (CO_2) et hydrogène (H_2).

Selon le substrat utilisé par les bactéries et les produits libérés, on peut distinguer différentes phases dans la dégradation anaérobie : l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et enfin la méthanogénèse.

La production de CO_2 et d' H_2 intervient dans les premières étapes alors que le CH_4 n'est libéré qu'au cours de l'étape de méthanogénèse.

Les prélèvements effectués à la décharge de M'BEUBEUSS ont donc fait l'objet de mesures pour ces trois gaz principaux. En raison de sa toxicité, nous y avons ajouté la détection de l'hydrogène sulfuré (H_2S), gaz également produit au cours de la dégradation anaérobie de certains déchets.

Remarque : Les quantités d'azote et d'oxygène présentées dans les tableaux sont obtenues par simple différence.

2.4.2.2. Résultats

2.4.2.2.1. Observations visuelles et organoleptiques au laboratoire

E₁ D_{1, 2, 3} : ordures ménagères mures

- Matériaux dominants : sable, poudre marron ($\phi < 4$ mm), plastiques
- Brindilles de bois, tissus, feuilles, charbon de bois, écorce de fruit sec, capsules de bouteilles, papier aluminium, boîtes de conserves
- Odeur forte : poisson séché

E₁ D₄ : sable de fond de trou

- Sable fin (granulométrie <0,5 mm)
- Couleur marron très clair
- Présence de coquillages (arcas)

E₂ GS : goudrons sulfuriques

- Couleur noire et homogène
- Présence d'une phase liquide (émulsion eau - hydrocarbures)
- Phase solide : 89,7 % de la masse totale

E₂ SSGS : sable sous-jacent aux goudrons sulfuriques

- Sable marron foncé
- Présence de terre et de cailloux (10 % en masse)
- Quelques brindilles, ossements et morceaux de plastiques

E₂ D₁ : ordures ménagères matures

- Matériaux dominants : sable + particules noires
- Divers : cailloux (12,5 % en masse), tissus et brindilles
- Odeur de "moisi"

E₂ D₂ : ordures ménagères matures

- Matériaux dominants : sable + particules (<4mm) marrons
- Divers : cailloux (3 %), déchets de bois (5 %), cuir, carton, verre, plastiques, ferrailles
- Odeur de "moisi"
- Couleur plus claire que E₂ D₁

E₂ SB : sable blanc de fond de trou

- Sable pur, quelques tâches marrons
- Apparence propre, pas d'odeur

E₃ D₁ : ordures ménagères matures

- Matériaux dominants : sable + particules (<4mm) noires
- Divers : brindilles, tissus, plastiques, verre, papier, carton, charbon de bois, ferrailles, un paquet de cigarettes
- Odeur forte (fermentation)

E₃ D₂ : ordures ménagères matures

- Idem E₃ D₁, plus humide, plus "gras" et plus noir
- Odeur de "fumier"

E₃ D₅ : marne de fond de trou

- Couleur grise
- Présence rare de matières végétales

E₃ D₄ : sable à arcas de fond de trou

- Sable apparemment contaminé
- Couleur rosé + tâches noires
- Légère odeur (fermentation)

E₄ D₁ : ordures ménagères mures

- Matériaux dominants : sable, brindilles de bois, papier et particules noires
- Divers : tissu, cailloux, plastiques, cacahuètes, excréments d'animaux, mégots de cigarettes
- Odeur forte

E₄ D₂ : terre souillée

- Matériaux dominants : terre, sable et cailloux (25 %)
- Divers : coquillages
- Odeur : "humus"

E₄ D_{3,4} : ordures ménagères mures (80 %) + terre noire (20 %)

- Matériaux dominants : sable, particules noires, débris végétaux grossiers (17 %)
- Divers : carton, bois, verre, tissu, plastiques, os, cuir, boîtes de conserves, cailloux
- Odeur forte (fermentation)

E₄ D₅ : sable à arcas de fond de trou

- Sable gris
- Coquillages, parfois remplis de sable contaminé (sable noir et "gras")

2.4.2.2.2. Analyses Physico-chimiques

Voir tableaux des résultats situés en annexe G.

- Sondage E₁
- Sondage E₂
- Sondage E₃
- Sondage E₄
- Prélèvement complémentaire

2.4.3. INTERPRETATION DES RESULTATS

2.4.3.1. Analyse des eaux prélevées sur le site

Parmi celles-ci on distingue :

- 1 eau de nappe prélevée sous les déchets (E₁ L₁)
- 1 eau de fond de trou prélevée à l'interface entre les déchets et la nappe émergeant du sable (E₄ L₁)
- 1 lixiviat interne à la décharge (E₃ L₁)
- 1 eau "de surface" prélevée dans une lagune remplie de matières de vidange

L'eau de nappe E₁ L₁ est bien entendu la moins polluée. Elle révèle cependant des concentrations alarmantes en matières oxydables (DCO = 302 mg/l) et en matières organiques (COT = 166 mg/l).

Elle n'est pas non plus exempte d'hydrocarbures puisque ceux-ci y sont présents aux taux de 5,6 mg/kg.

Par conséquent, comme on pouvait s'y attendre, le sable situé sous les déchets ne joue pas de rôle écran vis-à-vis de la pollution ; tout au plus sert-il de lit filtrant pour les matières en suspension.

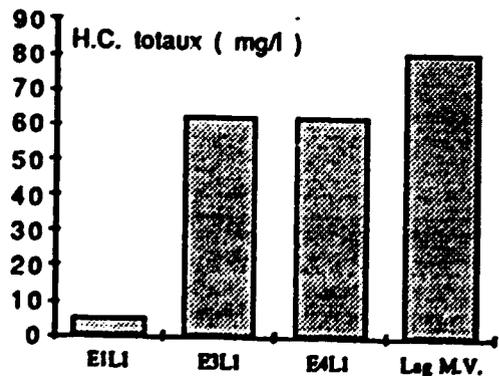
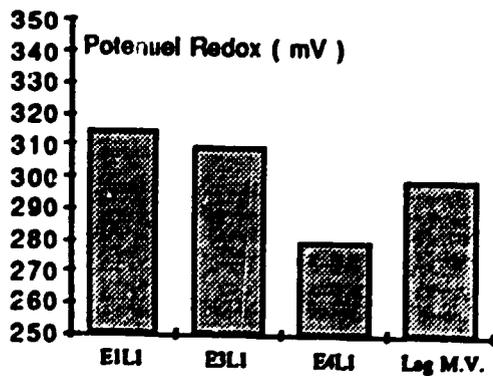
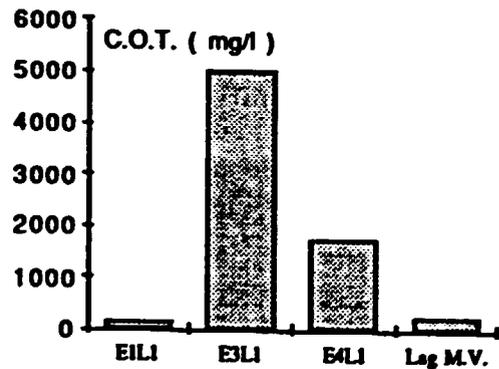
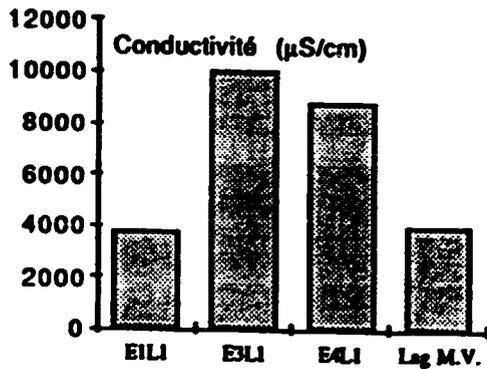
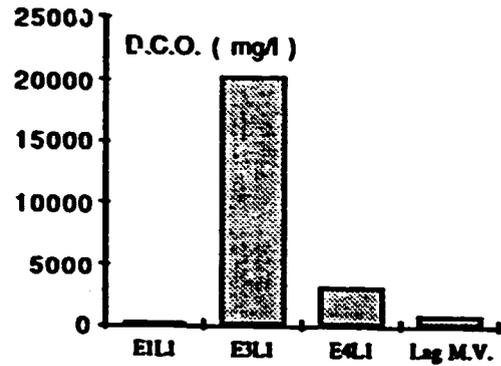
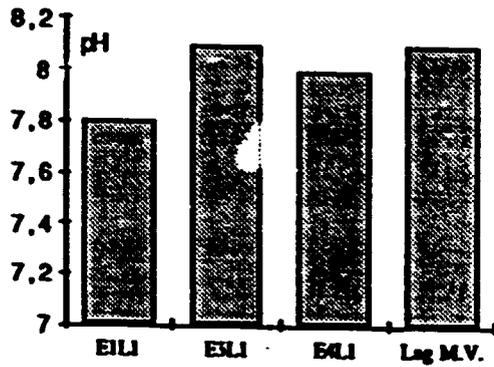
L'eau de fond de trou du sondage E₄ est très chargée en matières oxydables et organiques (DCO = 3100 mg/l et COT = 1750mg/l). Elle renferme également des taux non négligeables en hydrocarbures (63,6 mg/kg) et en chrome (0,94 mg/l). Ceci montre combien est dramatique la remontée de la nappe qui atteint la base des déchets en saison humide.

Le lixiviat E₃ est à l'image des lixiviats de décharge d'ordures ménagères observés en France, c'est-à-dire extrêmement chargé en matières oxydables et organiques d'une conductivité atteignant les 10.000 µS/cm et contenant des taux non négligeables de métaux lourds (Pb : 0,7 mg/l et surtout Cr : 3,13 mg/l).

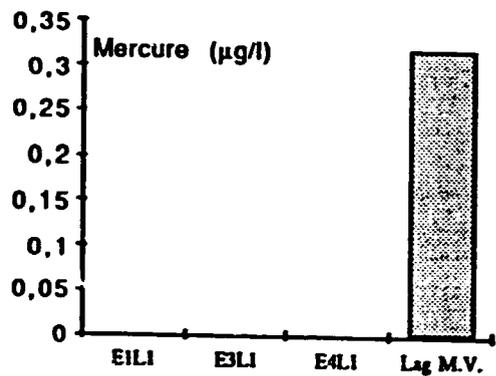
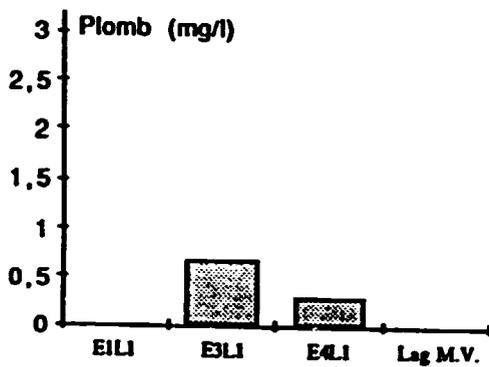
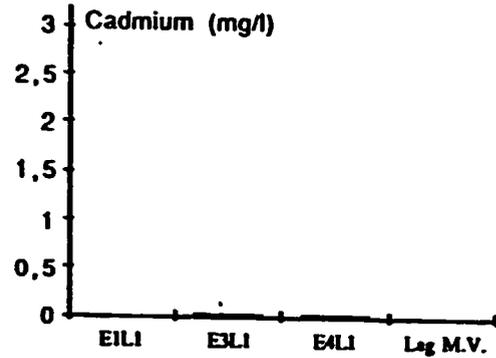
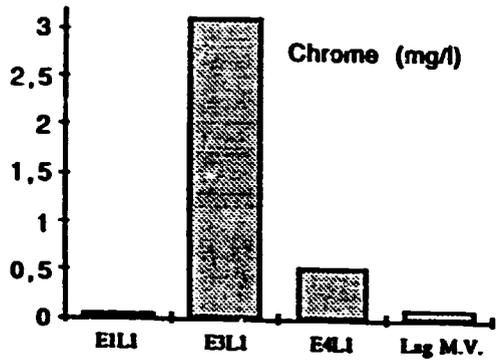
Les eaux prélevées dans la lagune des matières de vidange sont conformes à ce que l'on pouvait attendre si ce n'est un taux élevé en hydrocarbures (80,5 mg/kg) qui tendrait à montrer qu'elles ont également fait l'objet d'un rejet de déchets pétroliers.

Elles correspondent également à la plus forte concentration en mercure mesurée dans les eaux prélevées sur le site.

analyse des eaux prélevées sur le site



analyse des eaux prélevées sur le site



2.4.3.2. Analyse des déchets

2.4.3.2.1. Analyse des déchets bruts

En fonction des secteurs de la décharge et des couches de déchets ou de sols, l'humidité est très variable : valeurs comprises entre 3,5 % et 46,7 %.

La fourchette reste encore très large si l'on excepte les sols, les goudrons et E₄ D₂ (mélange verre + sable) pour ne prendre en compte que les déchets : taux d'humidité compris entre 9,2 % (E₁ D_{1,2,3}) et 30 % (E₃ D₂). Pour ces derniers, les plus faibles valeurs (E₁ D_{1,2,3} et E₄ D₂) ont été relevées au niveau des sondages typés "falaise", ce qui est logique compte tenu de leur position périphérique et de leur exposition aux vents dominants.

Les autres valeurs (E₂ D₁, E₂ D₂, E₃ D₁, E₃ D₂, E₄ D_{3,4} et E₄ D₁) se situent entre 15 et 30 %. Elles sont donc légèrement en dessous des taux habituellement observés en Europe (25 à 35 %), mais néanmoins suffisantes pour permettre le développement, au moins partiel, d'une dégradation biologique des déchets : on admet généralement que la méthanisation des ordures ménagères peut avoir lieu à partir de 20 % d'humidité pour atteindre son optimum lorsque les déchets contiennent au moins 35 à 40 % d'eau.

Les fractions solubles (1,2 % à 4,3 % pour les déchets) sont conformes aux taux habituellement rencontrés dans les ordures ménagères. Elles reflètent la quantité potentielle totale des matières entraînaibles vers la nappe.

Exception faite des goudrons, qui bien entendu brûlent très bien à 550° C, les pertes au feu mesurées sur les déchets sont faibles et ne dépassent jamais 16 %. Par conséquent, les déchets enfouis à M'BEUBEUSS sont relativement pauvres en matières organiques (taux moyen de matières organiques dans les OM européennes = 50 %).

Deux raisons principales peuvent, à notre avis, expliquer cela :

- les déchets de DAKAR sont plus pauvres en matières organiques que les déchets collectés en Europe, notamment en raison de leur forte teneur en sable
- les déchets prélevés à M'BEUBEUSS ont déjà subi une forte biodégradation.

La même remarque peut être faite pour les COT qui atteignent au maximum 7,7 g/kg dans les déchets (hors goudrons) au lieu des 200 à 300 g/kg observés dans les OM fraîches Européennes.

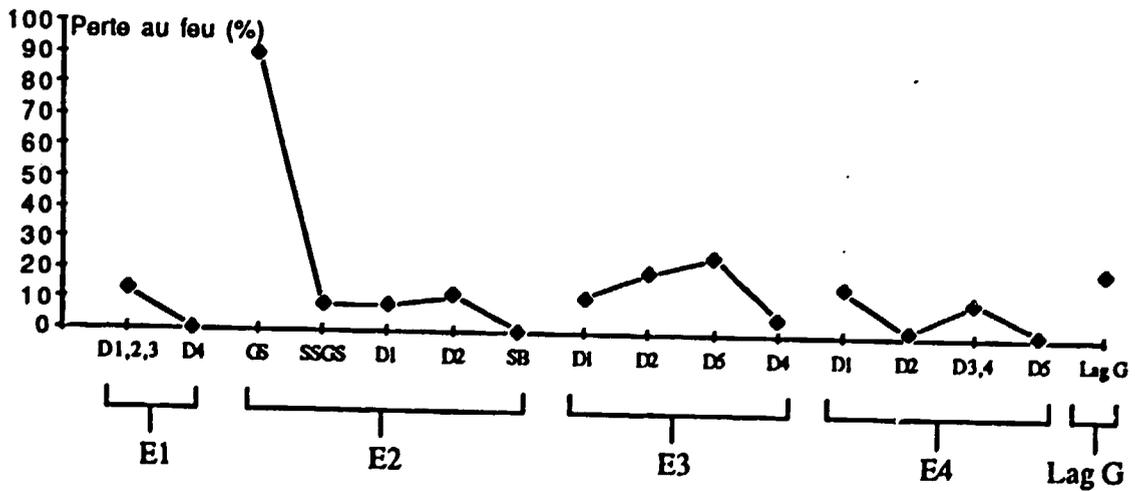
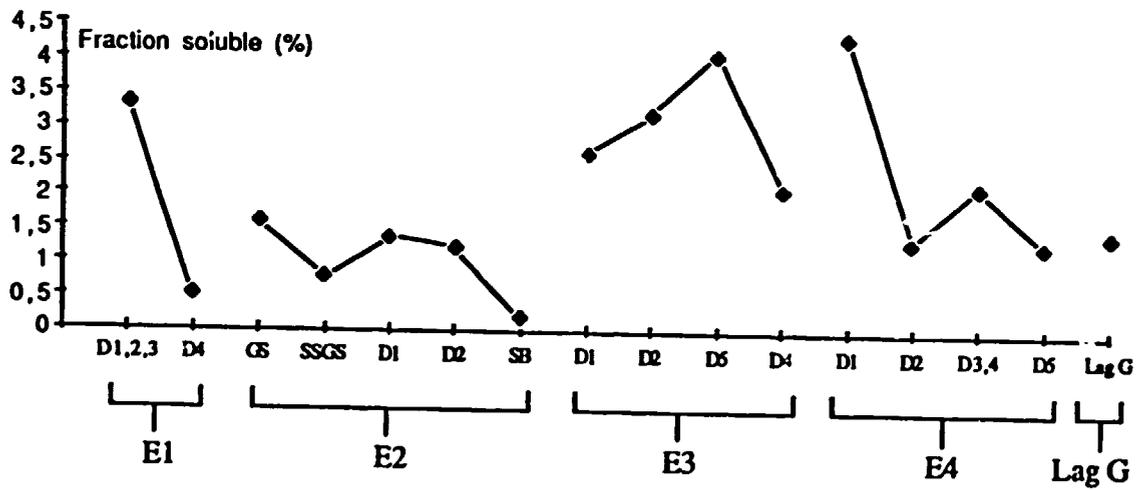
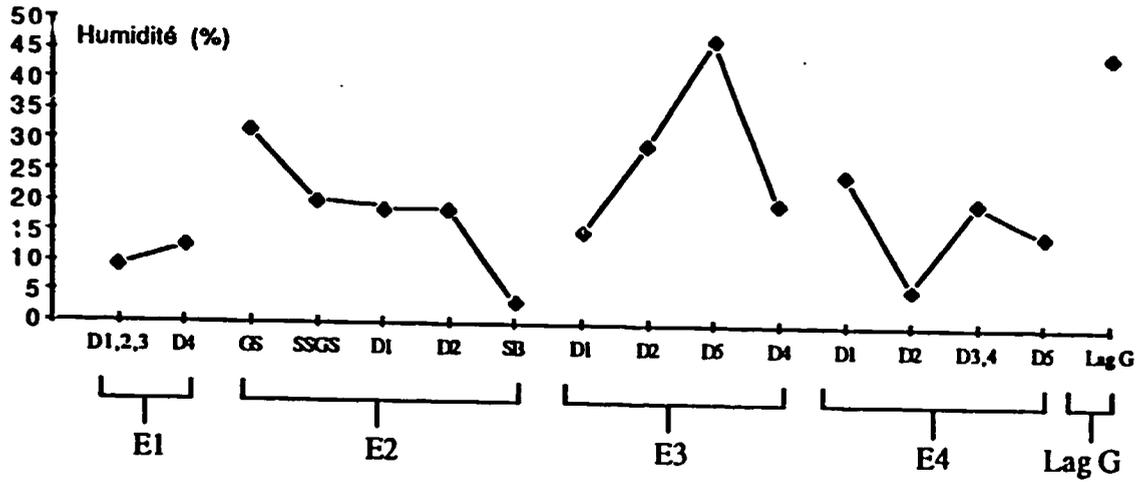
On notera au passage, la parfaite corrélation entre pertes au feu et COT.

Pour les mêmes raisons que précédemment, l'azote Kjeldhal est également peu présent : teneurs dans les déchets comprise entre 0,49 g/kg (E₄ D₂) et 6 g/kg (E₁ D_{1,2,3}) contre environ 10 g/kg dans les OM Européennes.

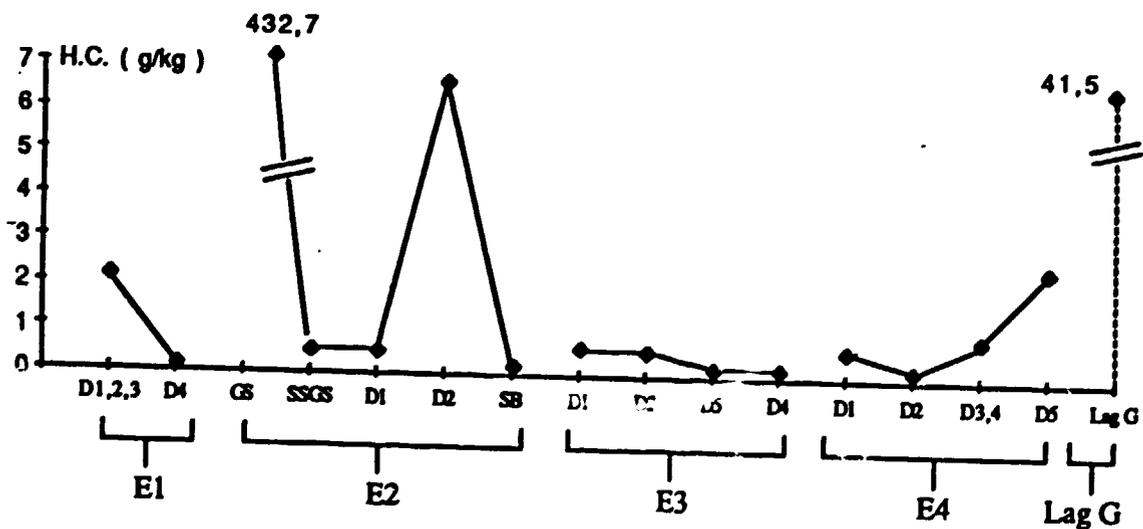
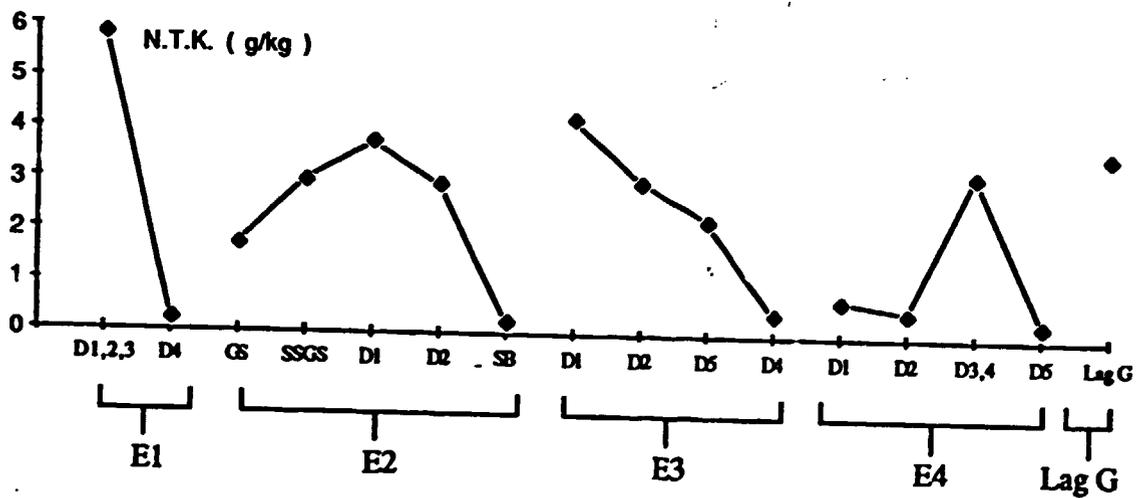
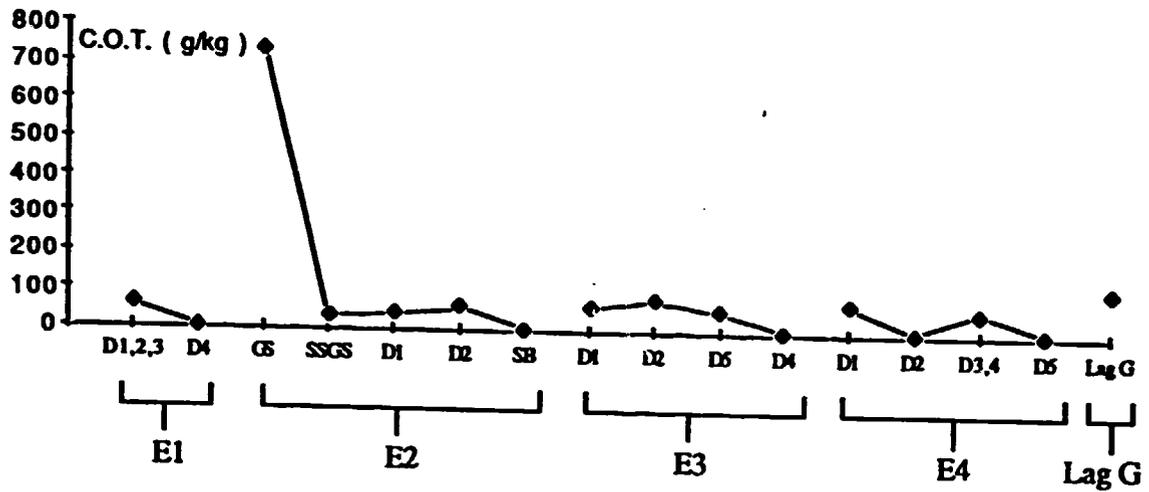
En ce qui concerne les hydrocarbures, on relève :

- une teneur extrêmement importante mais logique dans les goudrons
- une présence constante mais relativement faible dans les déchets, exception faite du déchet E₂ D₂ plus chargé (6 g/kg) qui semble avoir été contaminé par les goudrons voisins
- un taux inquiétant de 2,5 g/kg dans le sable à arcas situé sous les déchets du sondage E₄, ce qui corrobore les observations visuelles faites à ce niveau voir & 2.4.2.2.1.).

analyse des déchets :



analyse des déchets



2.4.3.2.2. Analyse des lixiviats issus des tests de lixiviation X31 210

Comme nous l'avons déjà précisé, ces lixiviats sont issus du mélange des trois extraits successifs, de 1 litre chacun, réalisés sur 100 g de déchets préalablement broyés et soigneusement échantillonnés (voir & 2.4.2.1.2. et annexe).

Par conséquent, les quantités extraites peuvent être calculés de la manière suivante pour les paramètres cumulables :

quantité extraite (mg/kg de déchets) = concentration du mélange des trois lixiviats (mg/l) x 30

L'étude des planches n° 35, 35bis et 35ter nous conduit ensuite à faire les remarques suivantes :

pH : Les pH des lixiviats issus des déchets ou des sols prélevés à M'BEUBEUSS se situent tous entre 6,7 et 8,4. Ces valeurs sont caractéristiques des lixiviats des ordures ménagères matures. En effet, les lixiviats de déchets plus jeunes atteignent en général des valeurs plus faibles (5 à 6,5) en raison de leur forte charge en acide gras volatils (acides acétique, propionique, butyrique, caproïque, etc...).

Conductivités : Les conductivités des lixiviats issus des tests X31-210 sont bien corrélées aux valeurs obtenues pour les fractions solubles sur les mêmes déchets. Elles confirment notamment l'important relargage potentiel des déchets prélevés au niveau du sondage E₃ et au niveau de la couche supérieure des ordures ménagères du sondage E₄.

Matières oxydables et matières organiques : Les déchets prélevés au niveau de tous les sondages contiennent encore une quantité importante de matières oxydables ou organiques potentiellement entraînaibles à l'eau (jusqu'à 21,7 g de DCO et 10 g de COT extractible pour E₄ D₁). Par conséquent, si aucune initiative n'est prise concernant le drainage et le pompage des eaux, les déchets actuellement stockés à M'BEUBEUSS continueront à polluer la nappe sous-jacente.

Hydrocarbures : Tous les échantillons, y compris les sols, relarguent des quantités non négligeables d'hydrocarbures : 51 mg/kg (E₄ D₅) à 282 mg/kg (E₃ D₅).

Remarque : En raison de leur faible solubilité dans l'eau, les hydrocarbures ne sont pas plus présents dans les lixiviats issus des goudrons que dans les lixiviats issus des ordures ménagères.

Métaux lourds : Deux échantillons (E₃ D₂ et E₄ D_{3,4}) relarguent des quantités particulièrement significatives pour trois des métaux lourds étudiés (Pb, Cr et Hg).

L'extraction du chrome est également importante pour trois autres échantillons : D₁ D_{1,2,3}, E₂ D₁ et E₂ D₂.

Seul le cadmium n'est pas détecté.

Le sable, d'apparence propre prélevé au fond du trou E₂, relargue 0,87 mg de mercure par kilo !

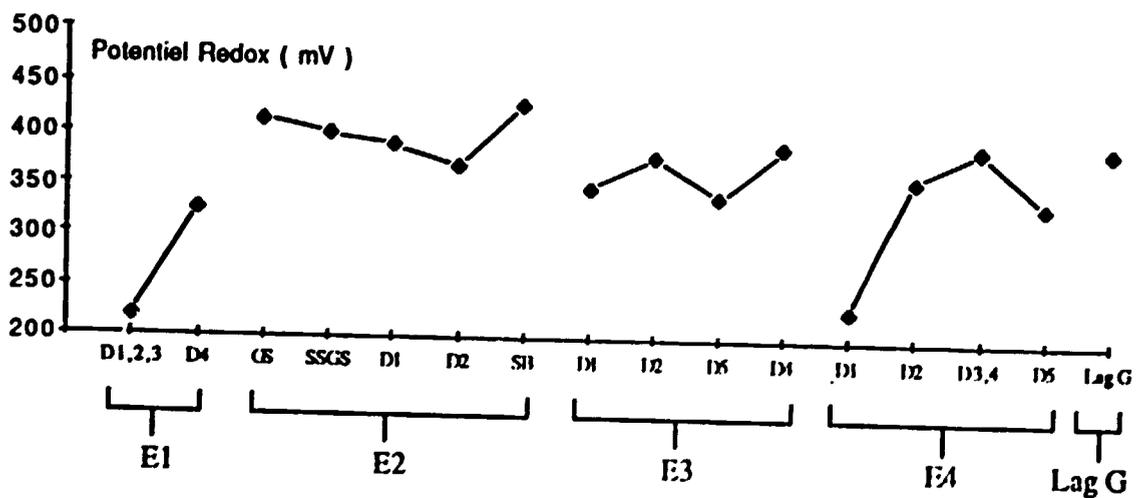
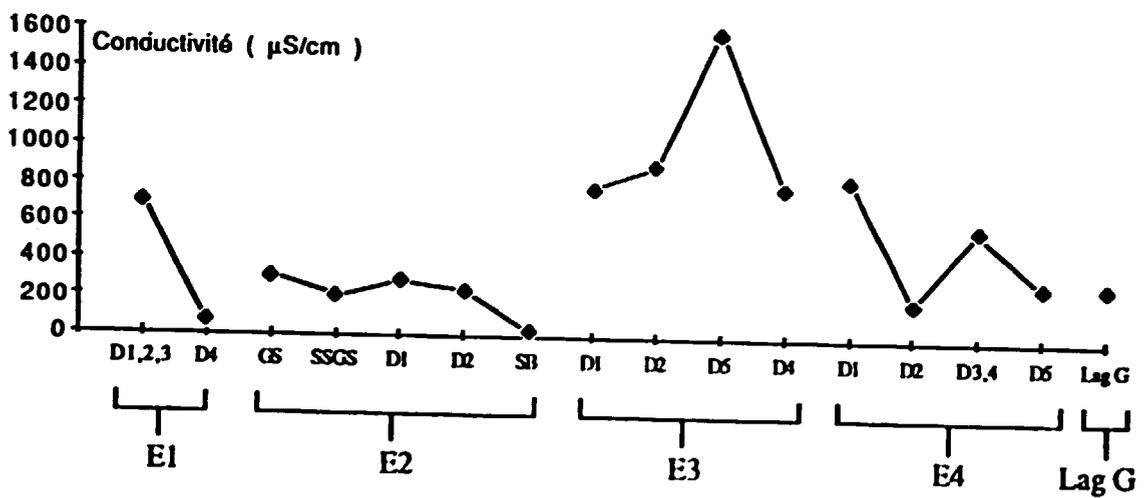
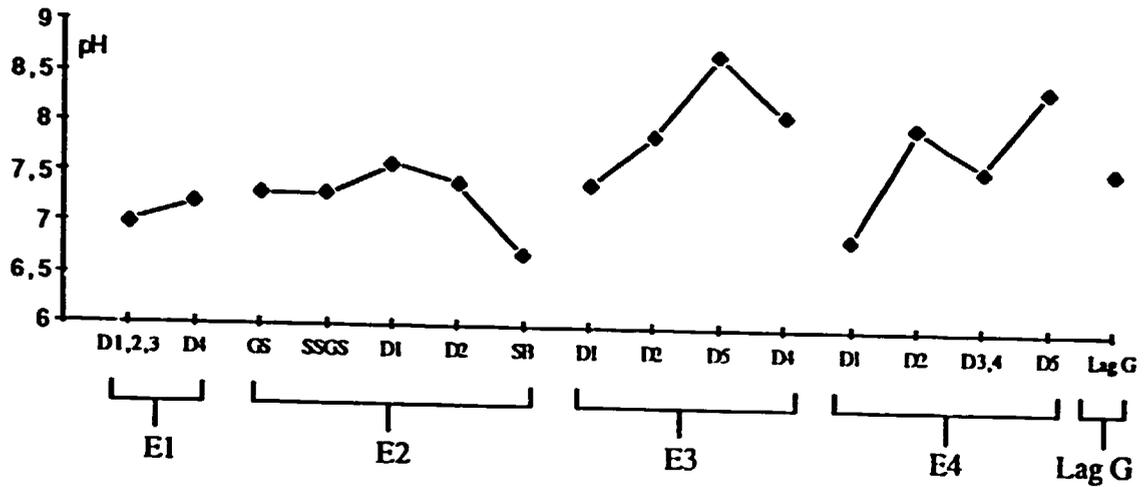
L'hétérogénéité de ces résultats est bien entendu à mettre en relation avec la composition hétéroclite des ordures ménagères.

Soufre : Par ailleurs, les faibles valeurs obtenues pour les différentes formes du soufre (sulfures, sulfites et sulfates), mesurées dans ou au voisinage des goudrons du sondage E₂, montrent que ceux-ci ne sont probablement pas des goudrons sulfuriques comme cela avait été supposé au départ. Ceci est d'ailleurs confirmé par la non-acidité de leurs lixiviats.

Phénols, cyanure : Aucune trace de phénol ni de cyanure n'a été relevée dans les lixiviats issus des extractions pratiquées sur les déchets.

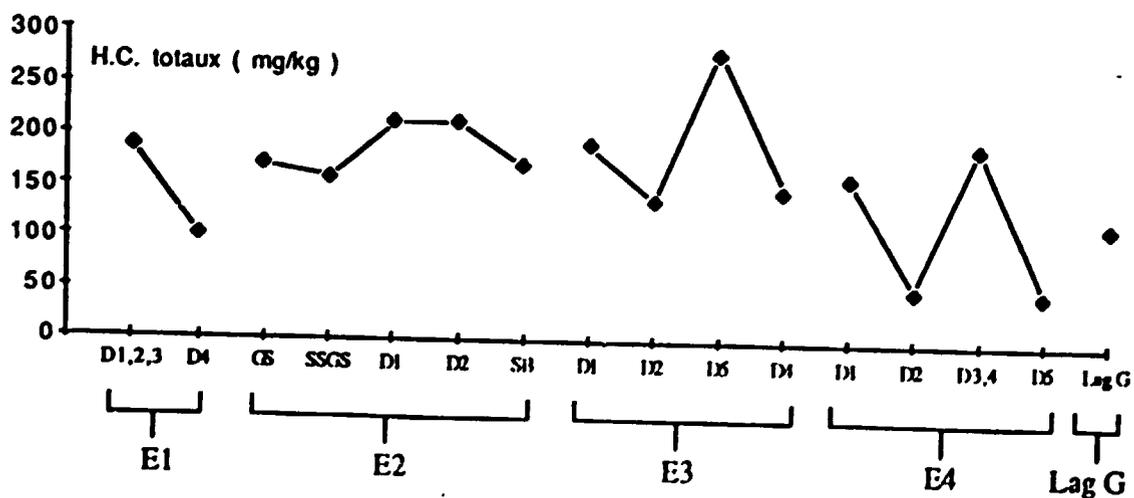
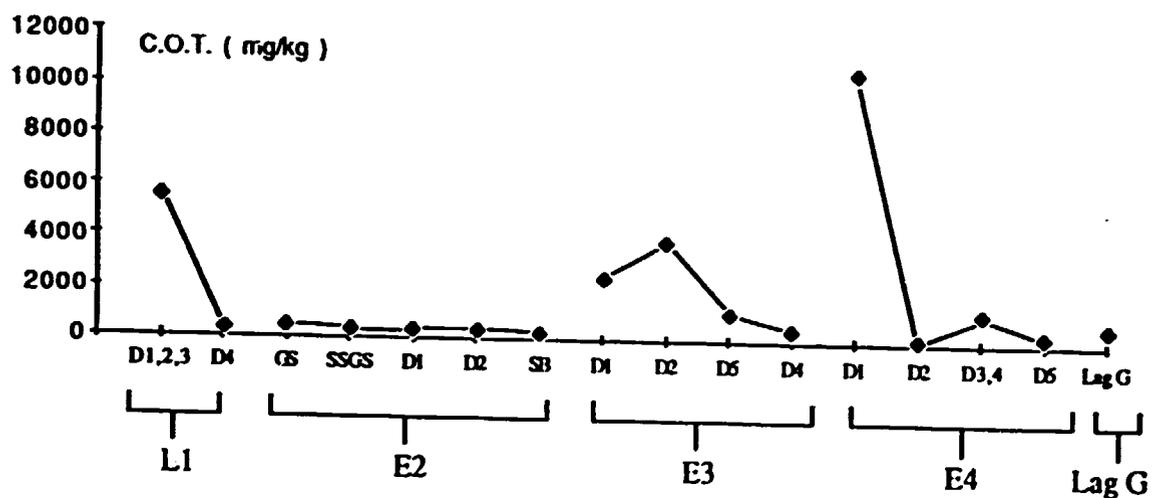
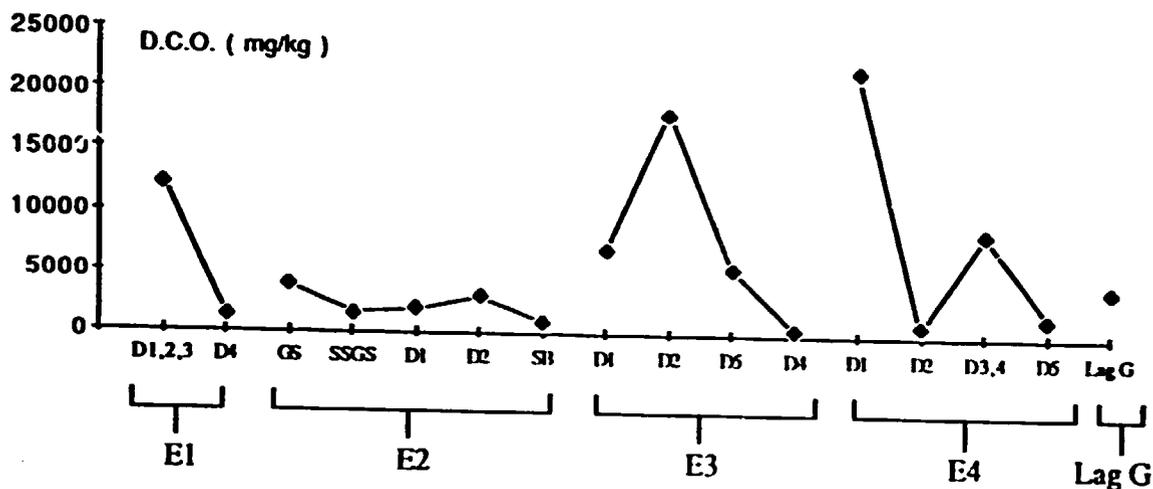
tests de lixiviation NF X-31 210

Analyse des lixiviats (paramètres non cumulables)



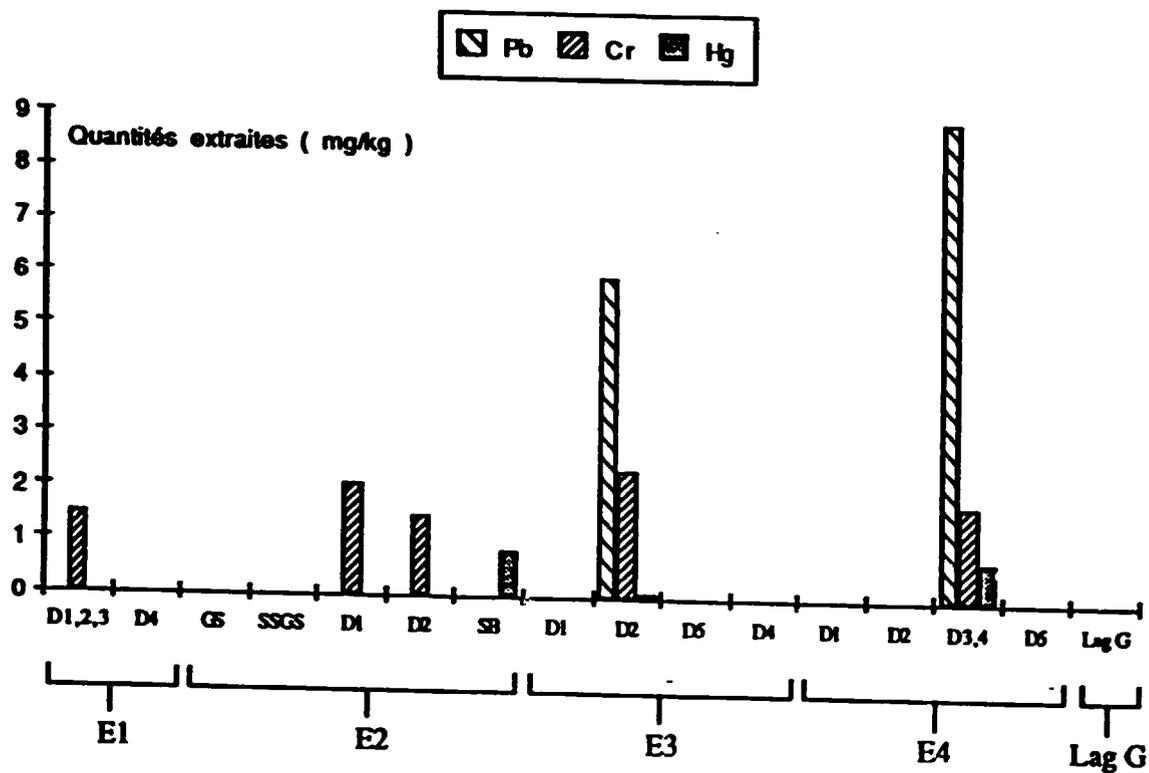
tests de lixiviation NF X31-210 :

Expression des quantités extraites (paramètres cumulables):



tests de lixiviation NF X-31 210

Expression des quantités extraites (paramètres cumulables):



2.4.4. CONCLUSION A L'ETUDE DU POUVOIR POLLUANT DES DECHETS

L'étude du gisement potentiel des déchets à DAKAR réalisée en 2.1. laissait présager un pouvoir polluant important et diversifié en raison du caractère hétérocyte des déchets amenés à M'BEUBEUSS. Pour mémoire, nous citerons les déchets hospitaliers, les matières de vidange, les déchets industriels banals ou dangereux, les déchets riches en hydrocarbures (à fortiori les déchets liquides ou pâteux et les goudrons acides de régénération des huiles).

La conclusion de l'étude in-situ du pouvoir polluant des déchets porte sur trois aspects :

- La pollution contenue dans les déchets
- La pollution contenue dans les lixiviats
- La pollution contenue dans les gaz

a) Conclusion sur l'analyse des déchets prélevés (analyse du contenu total et de la fraction lixiviable)

Les trois problèmes principaux que posent les déchets sont :

- La matière organique lixiviable : elle est importante, elle explique la charge importante des eaux internes et la pollution de la nappe et elle justifie le drainage et l'évacuation des eaux internes, et la couverture des zones anciennes pour limiter les entrées d'eaux pluviales.
- Les hydrocarbures : on a affaire ici à une pollution diffuse et chronique. Les quantités présentes sont parfois importantes mais ne se solubilisent que lentement.
- Métaux lourds : les quantités de métaux lourds lixiviables sont notables et inquiétantes en ce qui concerne notamment le mercure. Le problème est général dans toutes les filières de prise en charge des ordures ménagères. Seul le tri préalable des piles permettra d'éviter la dispersion du mercure.

b) Conclusion sur l'analyse des eaux prélevées dans la décharge

Quatre eaux ont été analysées, appartenant à trois catégories bien distinctes :

- 2 eaux de nappe : E₁ L₁ et E₄ L₁
- 1 lixiviat au coeur du déchet : E₃ L₁
- 1 lagune de surface : les matières de vidange

Les recommandations concernant les eaux de nappe et les matières de vidange sont données par ailleurs. (Voir 4.3.1.)

Quant aux eaux polluées internes à la décharge, elles représentent un danger potentiel important. Il est donc nécessaire de les évacuer et de les traiter.

Il est apparu que dans toute une partie de la décharge pour laquelle une couche d'argile assurerait une certaine étanchéité de fond, existaient des nappes perchées d'eaux très fortement chargées en matières organiques (d'apparence hydrocarbures bien que faiblement extractibles au CCl_4).

L'argile en question s'est révélée lors du test d'une perméabilité de 5.10^{-8} m/s, ce qui est relativement peu. Elle est de plus déjà polluée au vue des tâches qu'elle comporte sur sa partie supérieure. Il est capital de prévoir l'évacuation de ces eaux. Un ensemble de buses de diamètre 1 m, percées sur toute leur surface et leur hauteur doivent être mises en place jusqu'à la couche d'argile "EN PRENANT SOIN DE NE PAS L'ENDOMMAGER" celle-ci étant peu épaisse. Les mêmes buses peuvent permettre le pompage des eaux et l'évacuation des gaz.

c) Conclusion sur l'analyse du gaz

Huit analyses de gaz ont été effectuées :

- d-1) Deux sur OM fraîches
- d-2) Trois sur des zones anciennes et aérées (E_1
 G_1, E_1, G_2, E_4, G_1)
- d-3) Trois sur des zones anciennes enfouies (E_2
 G_1, E_2, G_2, E_3, G_1)

d-1) Bien que ces OM soient récentes et qu'elles aient subi un brassage sur la station de transfert de Pikine et lors de la mise en oeuvre à M'BEUBEUSS, les teneurs en biogaz et en méthane sont déjà importantes. Cela peut s'expliquer par le fait qu'en fin de saison humide les OM sont dans les conditions optimales de démarrage des phénomènes biologiques.

d-2) Ces déchets ont été prélevés en falaises très aérées, très sèches et partiellement oxydées ou consommées. La biodégradation anaérobie n'a pas eu lieu ou est terminée depuis longtemps.

d-3) Ces zones représentent probablement la majeure partie de la décharge. Le dégagement de biogaz et de méthane est significatif en deux des trois points : 22 et 29 % de biogaz, 13 et 18 % de méthane.

Sans atteindre les teneurs maxima observées en France dans des décharges confinées et sans autoriser une éventuelle valorisation, les valeurs obtenues à M'BEUBEUSS justifieraient la mise en place d'un réseau de drainage du biogaz pour aller vers une destruction (torchère). Toutefois compte tenu de la taille du site et de l'investissement que cela représenterait, nous préconisons plutôt l'implantation de buses verticales percées sur toute la hauteur du fond jusqu'à 1 m au-dessus de la couverture de terre finale.

Le nombre de buses est évidemment fonction de la production gazeuse et du budget. Un minimum d'une buse par ha (100 m x 100 m) est toutefois souhaitable.

CHAPITRE 3

ETUDE DES IMPACTS DE LA DECHARGE SUR L'ENVIRONNEMENT

3.1. IMPACTS DE LA DECHARGE SUR LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

3.1.1. PRESENTATION

Après avoir étudié en première partie les facteurs naturels régissant la dynamique souterraine (géologie, hydrogéologie, climatologie etc...), l'analyse des impacts de la décharge sur la nappe phréatique est réalisée grâce à des prélèvements et analyses d'eau en différents points sélectionnés à partir de l'inventaire des points d'eau (situé en annexe C) en fonction de la carte piézométrique, du degré de sensibilité du point d'échantillonnage face à une pollution éventuelle et aussi de la représentativité de l'échantillon par rapport à la nappe phréatique.

Les résultats d'analyses sont présentés et comparés aux normes notamment des directives de qualité de l'eau de boisson établies par l'Organisation Mondiale de la Santé en 1985.

La qualité de l'eau des piézomètres est ensuite discutée.

L'évolution spatiale de la pollution est étudiée en faisant intervenir les résultats d'analyses d'eau des piézomètres, du lac et de la décharge (lixiviats).

La conclusion reprend les principaux aspects de la pollution qui ont été définis et aborde les suites à donner à cette étude en préliminaire au CHAPITRE 4 (PROPOSITIONS - RECOMMANDATIONS).

N.B. L'étude étant limitée dans le temps, nous ne disposons, pour l'interprétation, que de peu de résultats d'analyse. Par la suite, les résultats obtenus devront être confirmés par d'autres analyses lors d'un suivi régulier de la pollution de la nappe phréatique du site.

3.1.2. METHODE

3.1.2.1. Les points de prélèvement

La situation géographique des points de prélèvement est représentée sur la planche 50. D'une manière générale, les principaux points d'échantillonnage sont les trois piézomètres PZ1, PZ2 et PZ3 créés pour l'étude (voir leurs caractéristiques en annexe E), le piézomètre PZ33 (créé en 1987) et le lac de M'BEUBEUSS.

Des points de prélèvements secondaires sont utilisés, il s'agit de quelques puits cimentés et céanes maraichères.

3.1.2.2. L'échantillonnage

Le prélèvement de l'eau dans les piézomètres est réalisé grâce à un échantillonneur PVC de 1 litre que l'on descend dans le tubage à la profondeur désirée.

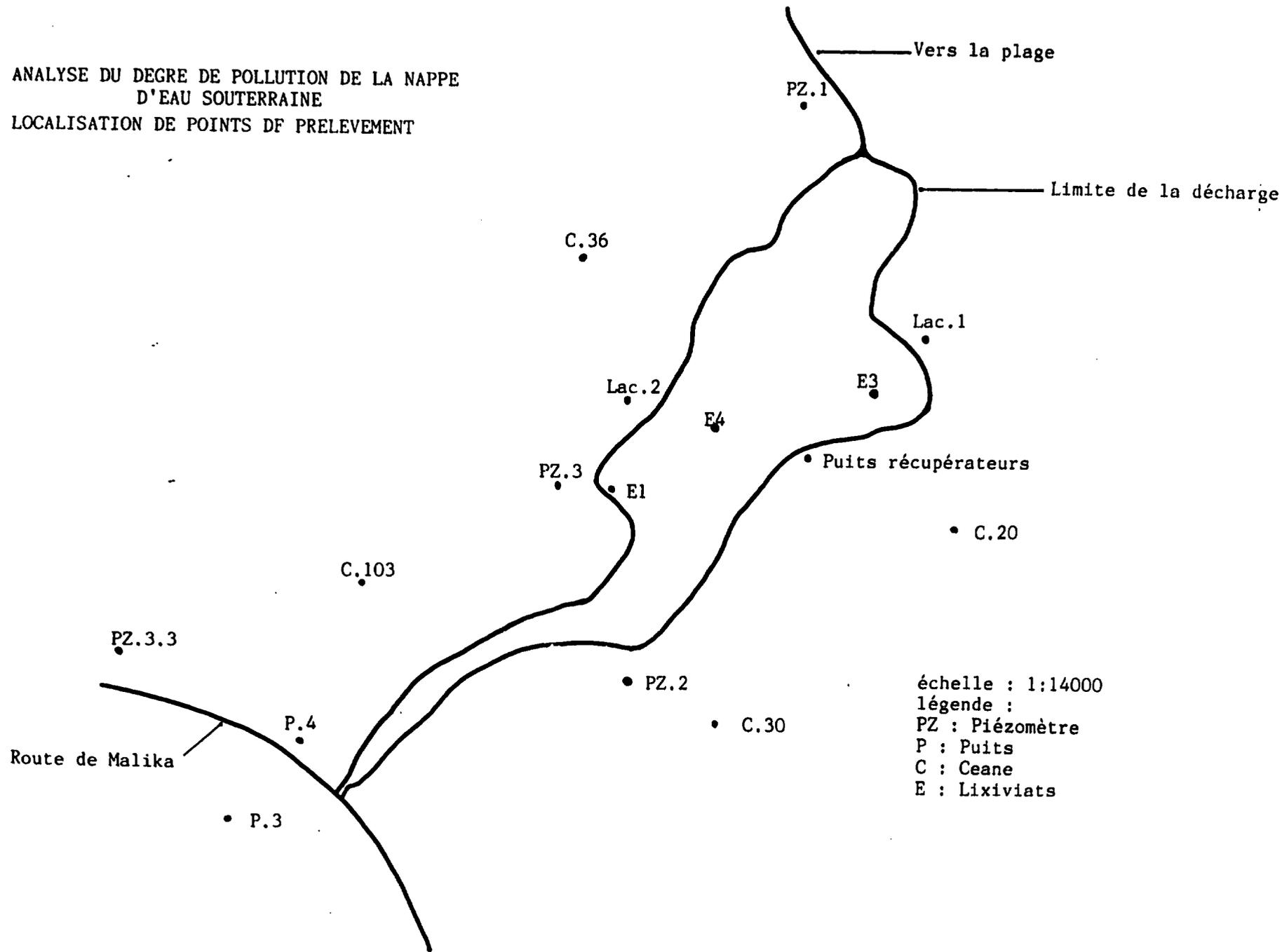
Les prélèvements dans les puits sont réalisés avec les récipients utilisés par les usagers (cruche en caoutchouc). Les prélèvements dans les céanes sont directs et toutes les précautions sont prises pour que le manipulateur ne contamine pas l'eau.

Les échantillons sont placés dans un ou plusieurs flacons en polyéthylène ou en verre borosilicaté selon les paramètres recherchés. Un stabilisant est ajouté à chaque fois que nécessaire selon les normes françaises T 90513 relative à l'échantillonnage des eaux.

Pour les analyses bactériologiques, l'échantillon est placé dans un flacon en verre stérilisé et amené au laboratoire pour analyse le jour même du prélèvement.

Les échantillons sont conservés entre 4 et 10°C à l'abri de la lumière dans une glacière et analysés selon les délais de conservation fixés par la norme T 90513.

ANALYSE DU DEGRE DE POLLUTION DE LA NAPPE
D'EAU SOUTERRAINE
LOCALISATION DE POINTS DE PRELEVEMENT



échelle : 1:14000
légende :
PZ : Piézomètre
P : Puits
C : Ceane
E : Lixiviats



Photo N° 14 : Prélèvement d'eau dans le Piezomètre 1.



Photo N° 15 : Mesures in situ de la température, la conductivité, le PH et l'oxygène dissous

3.1.2.3. Les analyses

a) Présentation

Les analyses portent sur de nombreux paramètres bactériologiques, physico-chimiques et organiques. Certaines mesures sont réalisées in-situ lors du prélèvement à l'aide de matériel étanche de terrain de marque PONSELLE.

D'autres paramètres tels que No_2 , No_3 , Po_4 , Cl , So_4 , S , Fe total, Cu , Zn , Mn , Ni , Cr VI , CN , F sont analysés par nos soins grâce à un spectrophotomètre portatif type "HACH DR 2000". Bien que ces méthodes d'analyses soient approuvées par l'Environnement Protection Agency (EPA), nombres de ces paramètres ont subi une analyse supplémentaire dans un laboratoire agréé.

Ainsi, le Laboratoire de Chimie de l'ORSTOM - DAKAR a réalisé les analyses des éléments majeurs. Par ailleurs, l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon (France) a réalisé les analyses portant sur des éléments particuliers (métaux lourds, PCB, pesticides,...).

Les analyses de la DBO_5 ont été réalisées par la Société Nationale d'Exploitation des Eaux du Sénégal (SONEES).

Enfin, les analyses bactériologiques ont été confiées au Laboratoire de Microbiologie de l'Institut Pasteur à DAKAR.

b) Liste des paramètres recherchés

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines à proximité de la décharge porte sur les paramètres suivants :

PHYSICO-CHIMIQUES

- pH, température, oxygène dissous, conductivité (à 20°C)
- No_2 , No_3 , Po_4 , Cl , So_4 , NH_4 , Ca , Mg , Na , K , NTK
- Fer total, Cu , Zn , Mn , Ni , Cr VI , CN Total , Cn , F , Pb , Cd , As , Hg
- Phénols, Hydrocarbures, Pesticides, PCB

BACTERIOLOGIQUES

- Germes totaux, E.Coli, Coliformes totaux, Enterocoques, Sulfito-réducteurs, Staphylocoques, salmonelles.

BIOCHIMIQUES

- DCO, COT, DB05

3.1.3. RESULTATS D'ANALYSES DE L'EAU DES PIEZOMETRES

N.B. : On trouvera en annexe :

- un tableau récapitulatif des normes relatives à la qualité des eaux (normes O.M.S. - C.E.E. Françaises).
- Les tableaux de résultats d'analyses pour le PZ1, PZ2, PZ3, PZ33, Lac 1 et points divers.

3.1.3.1. Piézomètre 1

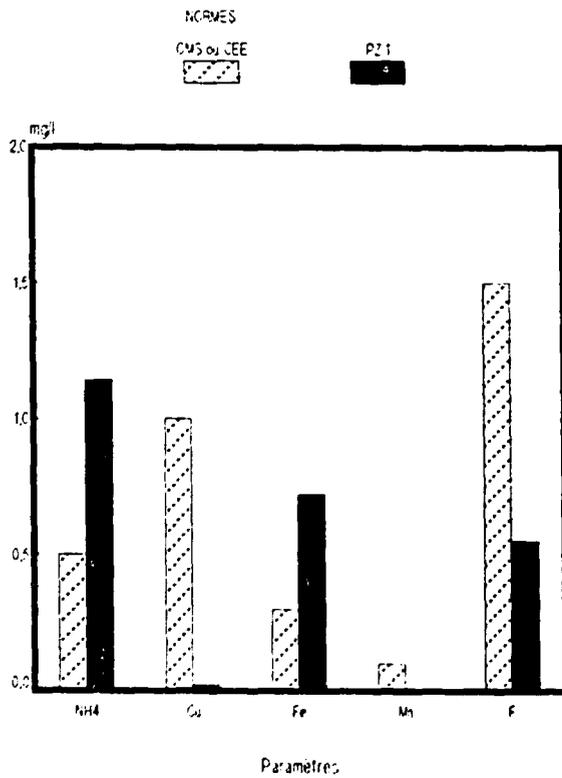
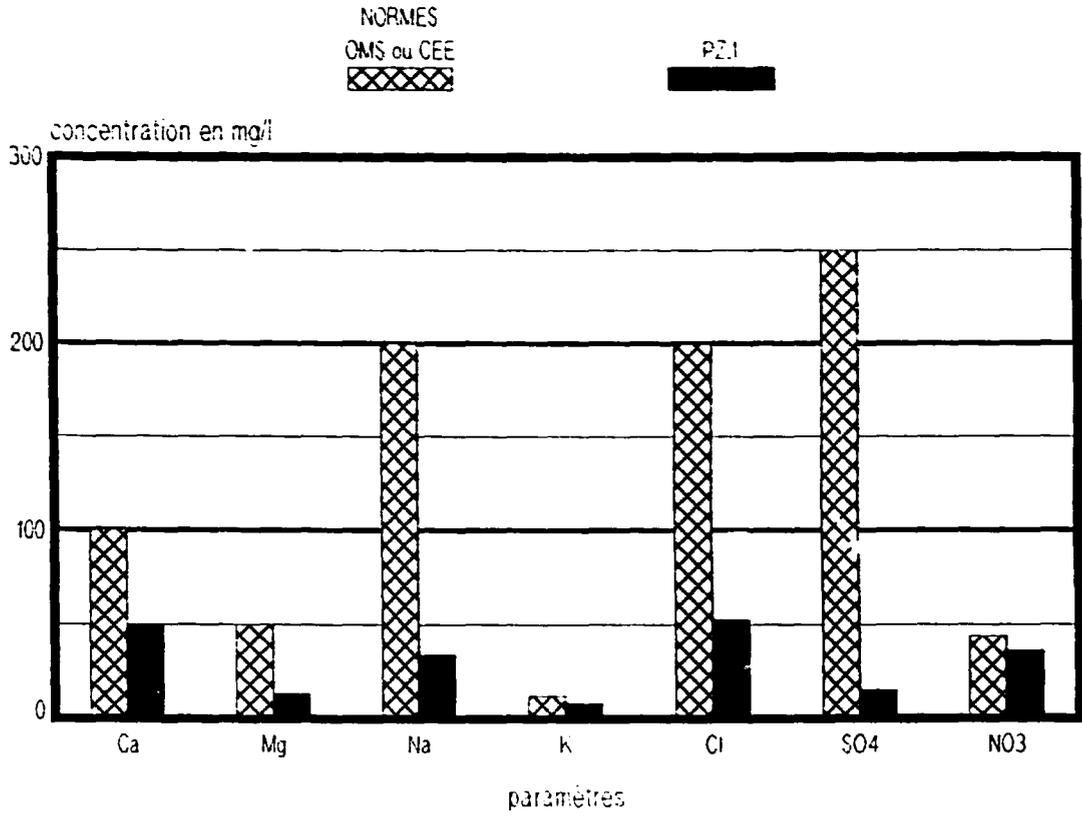
Le PZ1 situé dans la nappe des sables dunaires au Nord de la décharge montre une eau douce faiblement minéralisée jusqu'à la cote approximative de -20 m NGF. A cette hauteur, la conductivité passe brutalement de 746 à 17.500 μ S/cm (observé lors de la création du piézomètre). Il s'agit du contact avec l'eau salée marine passant sous la dune tel qu'il a été présenté au CHAPITRE 1.

La planche n° 52 ci-après montre les résultats obtenus par différentes campagnes de prélèvement d'eau de surface.

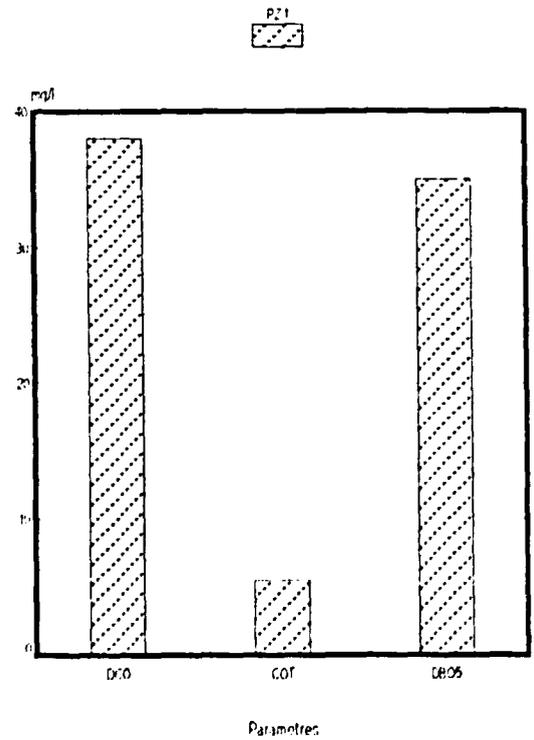
On note :

- des valeurs importantes en NH_4 (1,14 mg/l)
- des concentrations non négligeables en NO_3 (36 mg/l)
- des concentrations importantes en Fer (0,72 mg/l)
- une charge importante en matières organiques (DCO=38 mg/l - DB05=35 mg/l) et COT=5,5 mg/l)

Planche n°52 : QUALITE DE L'EAU AU PZ1



EVALUATION DES MATIERES OXYDABLES ET ORGANIQUES



Les analyses bactériologiques montrent une présence importante de germes totaux (>10.000 pour 100 ml/ et surtout une pollution d'origine fécale par le dénombrement d'E. Coli (>= 10 par 100 ml).

Par ailleurs, la recherche des hydrocarbures donne 0 mg/kg le 9/10/1990 et 4.3 mg/kg le 19/11/90. Nous négligerons le premier résultat pour se placer dans le cas le plus critique où le PZ1 est pollué par les hydrocarbures.

A cet effet, un prélèvement a été réalisé à -20 mètres sous le niveau piézométrique et l'on trouve à nouveau des hydrocarbures (4,8 mg/Kg). L'analyse d'autres paramètres à cette profondeur, montre soit une relative stabilité (So₄, F), soit une baisse des concentrations (DCO=16 mg/l, COT=3,8 mg/l, Fe=0,31 mg/l)

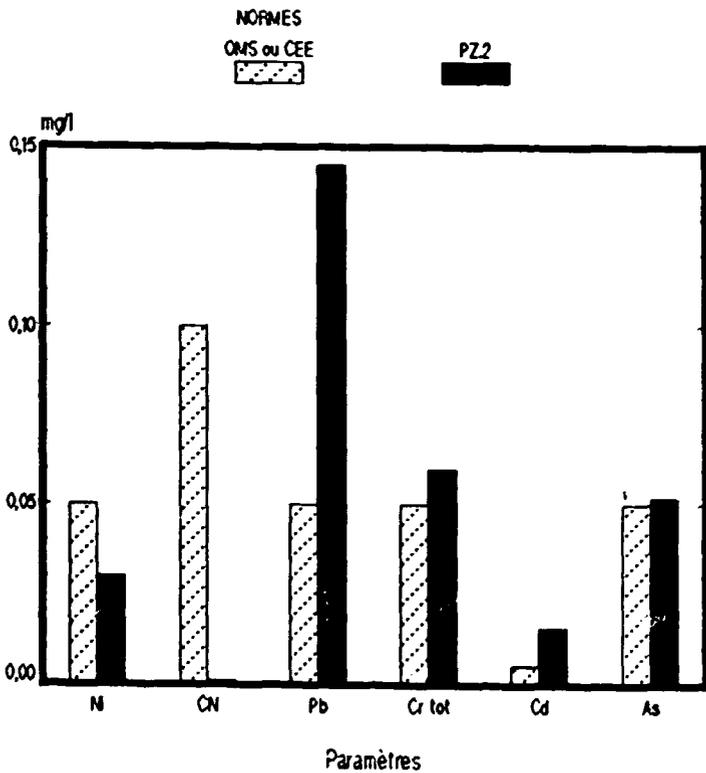
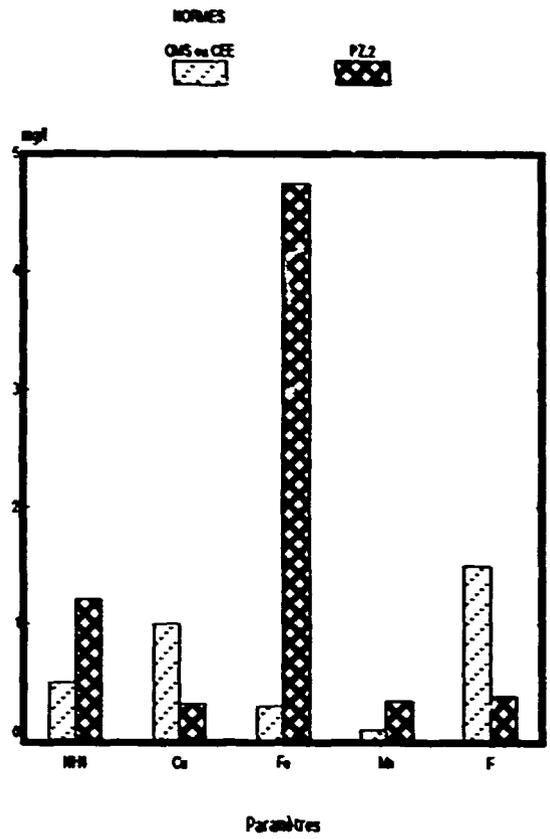
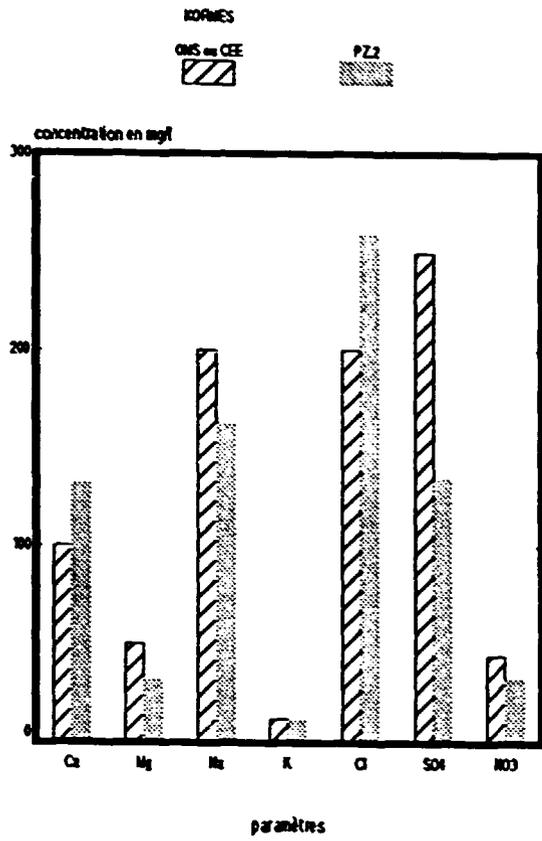
3.1.3.2. Piézomètre 2

Le PZ2 situé dans la nappe des sables IV (ogoliens) à proximité de la décharge (75 mètres) est constitué en surface d'eau douce très minéralisée. A 10 mètres sous le niveau statique, l'eau est saumâtre avec une conductivité égale à 2700 µS/cm.

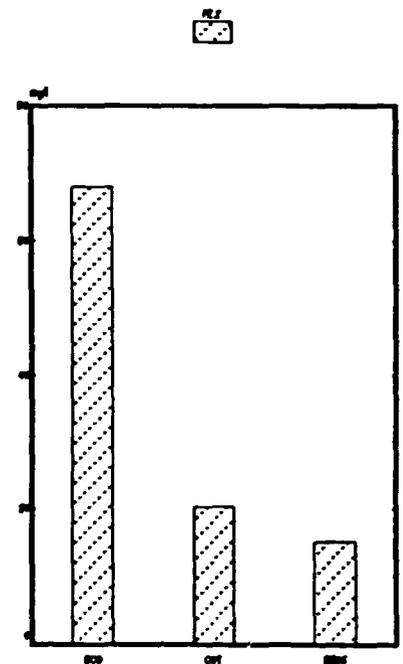
La planche n° 53 (page suivante) montre les résultats obtenus pour les différentes campagnes de prélèvement d'eau de surface:

- On note :
- des concentrations importantes en éléments majeurs (Ca, Na, Cl, So₄) dues à la forte minéralisation de l'eau
 - la présence de plusieurs éléments physico-chimiques qui semblent révéler une pollution de l'eau par la décharge, à savoir :
 - Fe (4,74 mg/l)
 - Mn (0,35 mg/l)
 - Pb (0,145 mg/l)
 - Cr tot (0,06 mg/l)
 - Cd (0,0155 mg/l)
 - As (0,052 mg/l)
 - une pollution azotée et une charge en matières organiques importantes :
 - NH₄ = 1,21 mg/l
 - DCO = 68 mg/L
 - DBO₅ = 15 mg/L
 - COT = 20,3 mg/L

Planche n°53 : QUALITE DE L'EAU AU PZ.2



EVALUATION DES MATIERES OXYDABLES ET ORGANIQUES



Des hydrocarbures sont présents aux concentrations suivantes : 2,4 mg/kg (le 9/10/90) et 1,6 mg/kg (19/11/90)

La recherche des pesticides et PCB révèle l'absence (ou très faible présence) de ces éléments dans l'eau de surface (voir annexe H6).

Par ailleurs, les analyses bactériologiques montrent la présence de coliformes totaux (>100/100 ml) et d'entérocoques (3 pour 90 ml). On ne dénombre pas d'E. Coli.

Les entérocoques, deuxième indicateur de pollution fécale après E. Coli proviennent du tube digestif de l'homme ou de l'animal et sont très répandus dans la nature.

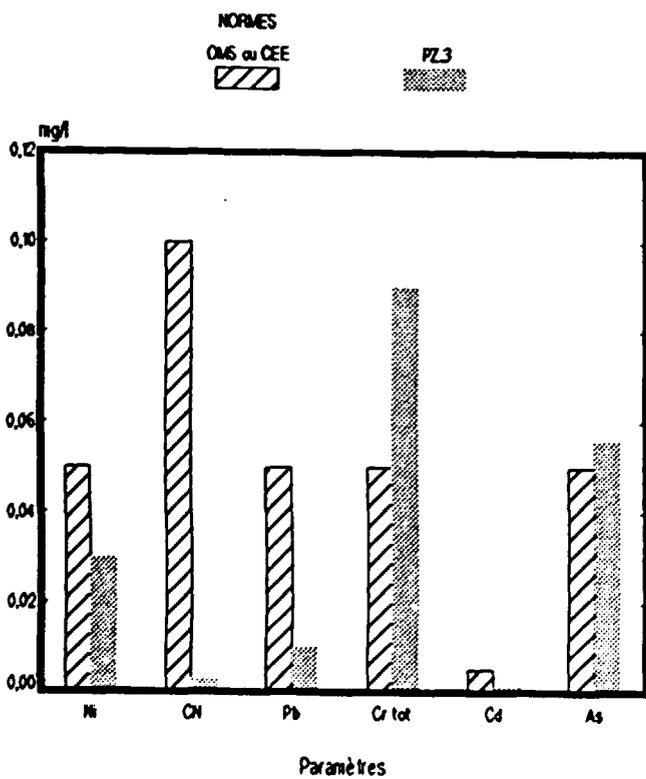
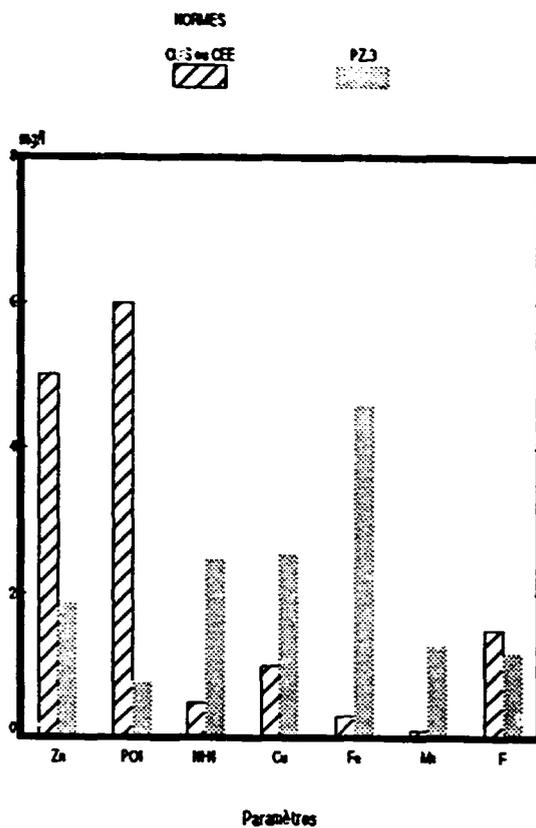
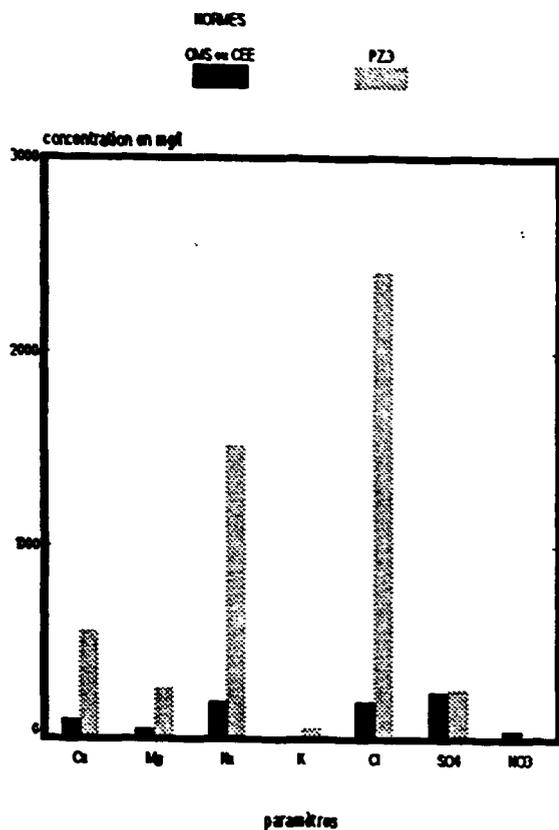
3.1.3.3. Piézomètre 3

Ce piézomètre situé à 100 mètres à l'Ouest de la décharge est composé d'eau saumâtre en surface (5.600 à 9.000 μ S/cm) et salée en profondeur (15.600 μ S/cm à 10 mètres sous le niveau statique).

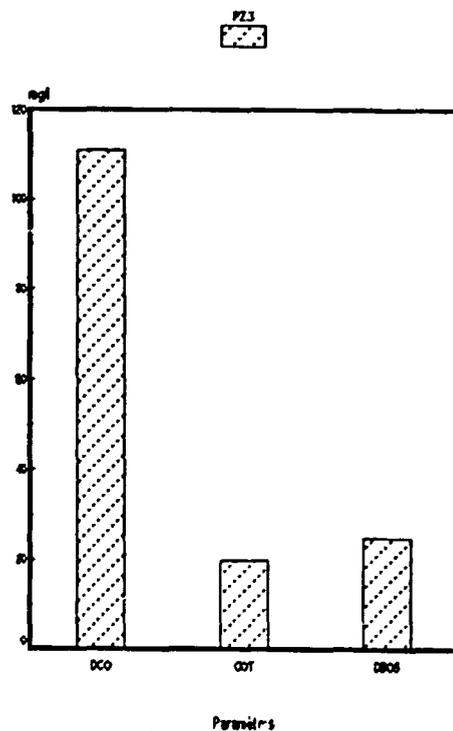
La planche n° 54 (page suivante) représentant les résultats d'analyse montre :

- des concentrations importantes en éléments majeurs (Ca, Mg, Na, K, Cl, So₄) dues à la salinité de l'eau (influence de l'eau de mer et influence de la décharge).
- des valeurs importantes en :
 - Fe (4,6 mg/l)
 - Cu (2,53 mg/l)
 - Mn (1,3 mg/l)
 - Cr tot (0,09 mg/l)
 - As (0,056 mg/l)
- une pollution azotée et une charge organique importante :
 - NH₄ = 2,47 mg/l
 - DCO = 111 mg/l
 - COT = 20 mg/l
 - DBO₅ = 25 mg/l

Planche n°54 : QUALITE DE L'EAU AU PZ.3



EVALUATION DES MATIERES OXYDABLES ET ORGANIQUES



En ce qui concerne les hydrocarbures, mis à part une valeur extravagante (15,9 mg/Kg le 9/10/90), certainement due à une erreur d'analyse ou contamination lors du prélèvement, on obtient des valeurs variant entre 1 et 1,7 mg/Kg.

De même que pour le PZ2, on notera l'absence (ou faible présence) des pesticides et PCB dans l'eau de surface.

Enfin, les analyses bactériologiques ont mis à jour la présence d'E. Coli, attestant d'une pollution d'origine fécale.

Puisque le PZ3 semble être le plus touché par la pollution et parce qu'il se trouve en zone maraîchère à proximité de la décharge, nous avons effectué la recherche de salmonelles et de staphylocoques pathogènes. Ces derniers ont été trouvés en nombre important (>100/50 ml) mais aucune souche de Salmonellose n'a pu être dénombrée.

3.1.3.4. Piézomètre 3.3

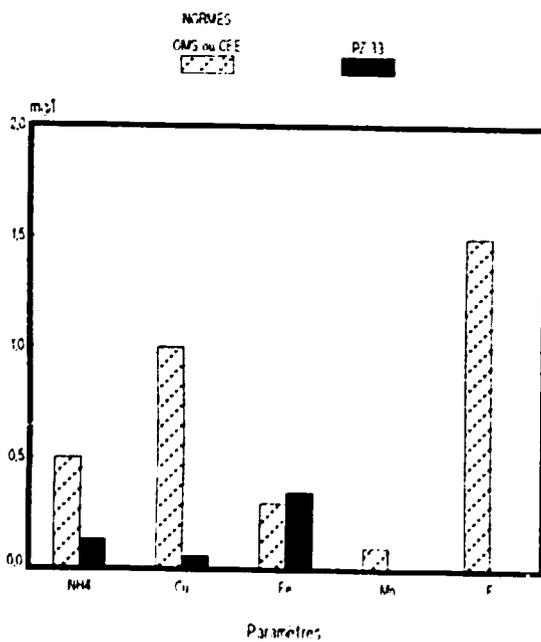
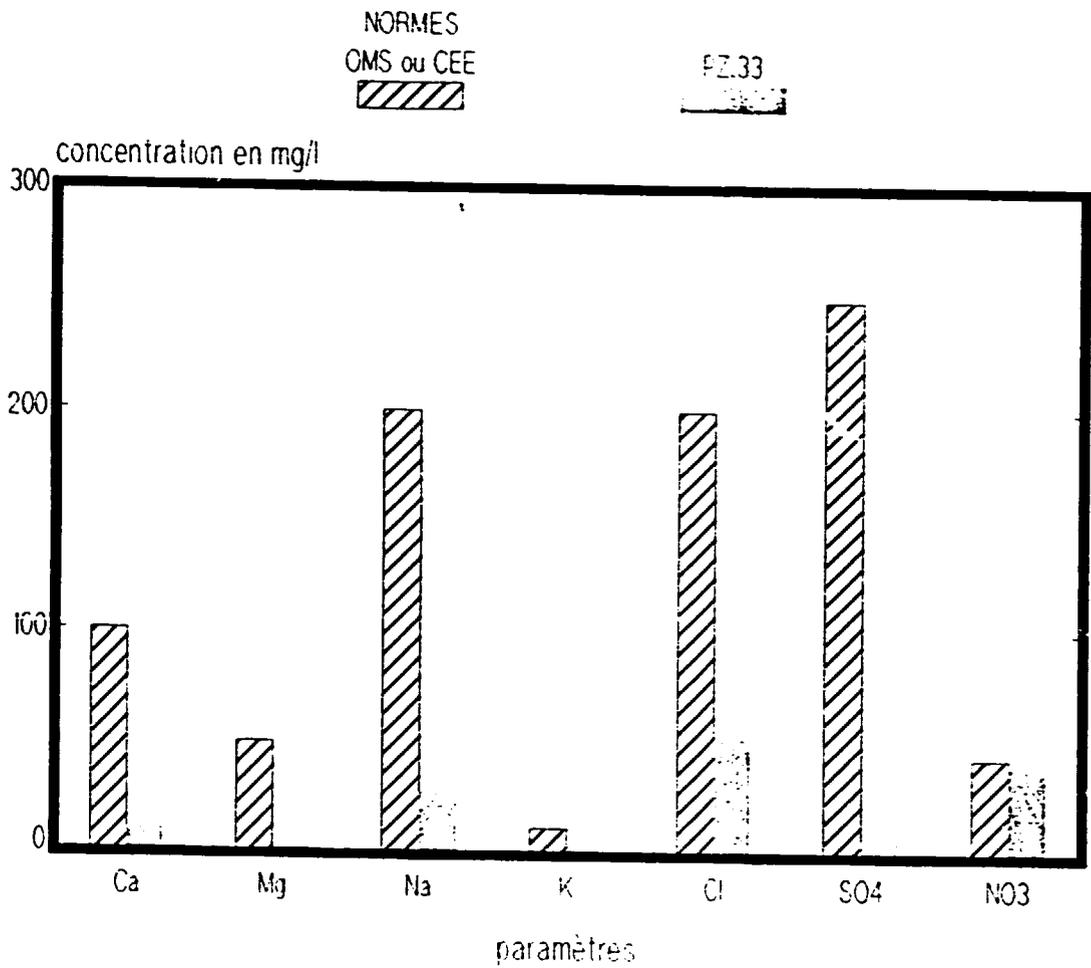
Ce piézomètre, situé juste en sortie du village de Malika à 700 mètres de la décharge, est constitué d'eau douce peu minéralisée (conductivité : 210 à 250 μ S/cm).

Les résultats d'analyses présentés sur la planche n° 55 montrent :

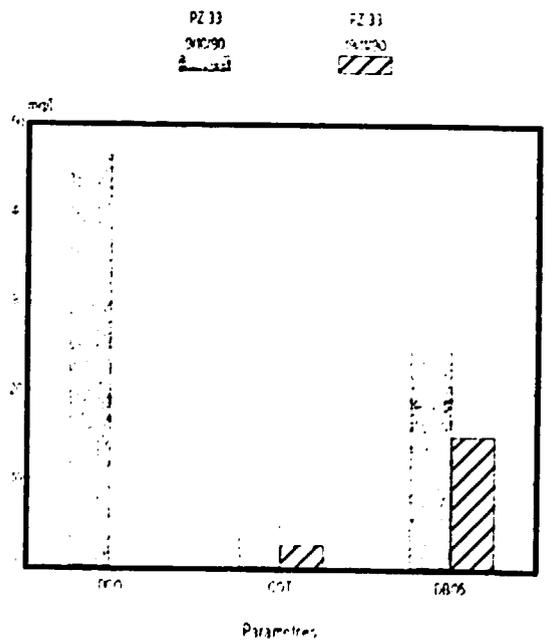
- des faibles concentrations en éléments majeurs excepté cependant des teneurs en nitrates non négligeables (41 mg/l)
- une charge importante en matières oxydables (DCO=47 mg/l, COT=6,2 mg/l, DBO5=25 mg/l)
- une concentration en phénols égale à 0,668 mg/l et des concentrations en hydrocarbures variant de 2 mg/kg à 4,3 mg/kl.

L'analyse bactériologique révèle l'absence de contamination fécale.

Planche n°55 : QUALITE DE L'EAU AU PZ.33



EVALUATION DES MATIERES OXYDABLES ET ORGANIQUES



3.1.3.5. Commentaire

En résumé, les PZ2 et PZ3, situés en zone maraîchère en bordure de la décharge, où l'utilisation de l'eau est essentiellement orientée vers l'arrosage, semblent les plus affectés par la décharge.

On observe une pollution par les métaux lourds et une charge organique élevée à faible biodégradabilité ($DBO_5/COT = 0,22$). Ceci est caractéristique d'une pollution par la dégradation des ordures ménagères. La présence des déchets industriels sur la décharge est visible par les hydrocarbures dans les eaux.

Le piézomètre 1 montre une pollution organique fortement biodégradable ($DBO_5/DCO=0,92$). On peut penser qu'il y a un transfert de pollution de la décharge vers la mer avec contamination de l'aquifère dunaire. La DCO est plus importante en surface qu'à -20 mètres. Les fortes teneurs en hydrocarbures observées ne trouvent pas d'explication évidente. La zone dunaire, un peu à l'écart des activités humaines, génératrice de ce type de pollution, n'est pas propice à un dépôt sauvage d'hydrocarbures puisque étroite, pentée et difficile d'accès.

Par conséquent, les valeurs observées en hydrocarbures proviennent sans aucun doute de la décharge.

Bien que le piézomètre ait subi un soufflage, il ne faut pas exclure une contamination lors des travaux de forages où des déversements d'huiles, de graisse ou de gazoil sont toujours envisageables.

Des analyses régulières, permettront à l'avenir de confirmer ou non la pollution de l'aquifère dunaire par les hydrocarbures.

En ce qui concerne le piézomètre 3.3, celui-ci devrait servir de point de référence puisqu'il se situe à 700 mètres de la décharge à contresens hydraulique.

Les analyses révèlent cependant la présence de nitrates et une charge organique importante biodégradable ($DBO_5/DCO=0,3$ à $0,5$). A ce niveau, il convient de noter que la pollution par les nitrates et les matières organiques trouve probablement son origine au niveau de l'assainissement du village de Malika.

Effectivement, et à plus grande échelle, on observe une pollution quasi-générale de l'aquifère des sables quaternaires de la presqu'île du Cap-Vert. La banlieue de Dakar (Pikine, Thiaroye, Yembeul, Malika) est construite sur les sables et du fait de la quasi-inexistence d'ouvrages de collecte des eaux usées domestiques, l'aquifère est très largement polluée. A titre d'exemple, des concentrations en nitrates supérieures à 500 mg/l (la norme OMS est de 44 mg/l) ont été observées.

En outre, la présence d'hydrocarbures (de 2 à 4,3 mg/kg) indique une pollution autre que d'origine domestique. On exclut ici la possibilité de contamination lors de la création du forage puisque celui-ci a été créé en 1987. Nous pensons que l'origine de ce type de pollution peut être de deux types :

- garages et véhicules particuliers
- dépôts sauvages d'hydrocarbures à proximité

Sur ce dernier point, nous avons observé lors des différentes investigations sur le terrain quelques dépôts de boues hydrocarbonées dans les zones inondables à l'Ouest du Lac de M'BEUBEUSS (voir planche photo. n° 56). Il s'agit certainement là d'une des sources de pollution de l'aquifère par les hydrocarbures.

Pour finir sur le PZ 3.3, il convient de signaler cependant que la piézométrie dans ce secteur a été évaluée à partir de quelques points côtés (PZ 3.3., P2, P3, C103, C109). Parmi ces points de référence, le niveau piézométrique des puits et ceanes risquent d'être légèrement erroné par suite des prélèvements pour l'alimentation et l'arrosage. Seul le piézomètre fourni une valeur sûre.

Des renseignements piézométriques et chimiques supplémentaires dans le secteur (entre le PZ 3.3. et le PZ 3 en particulier) seraient forts utiles par la suite pour vérifier ou non qu'il n'y a pas de lien entre le lac de M'BEUBEUSS et le lac YOUI situé derrière le village de Malika.

Les analyses bactériologiques montrent que tous les piézomètres sont contaminés par les matières fécales sauf le piézomètre 3.3.

Tout d'abord, il faut noter qu'une seule analyse ne permet pas d'avoir un avis catégorique sur la qualité d'une eau. Il est indispensable de réaliser de nombreuses analyses régulières étalées sur les différentes périodes de l'année de façon à constituer des moyennes fiables.

Cela veut dire en particulier que rien n'indique absolument que le PZ 3.3 n'est pas contaminé par les matières fécales. Tout au plus nous pouvons signaler que le jour du prélèvement, le Laboratoire n'a pas dénombré d'E.Coli dans l'eau.

Ceci étant dit, les analyses des PZ1, PZ2 et PZ3 montrent une pollution bactériologique qui peut trouver plusieurs origines :

- la décharge qui accueille les matières de vidange, les déchets hospitaliers et les ordures ménagères.



Photo N° 16 :
Suintement des
lixiviats de la
décharge à l'Est
du Site, en
bordure du lac
M'Beubeuss.

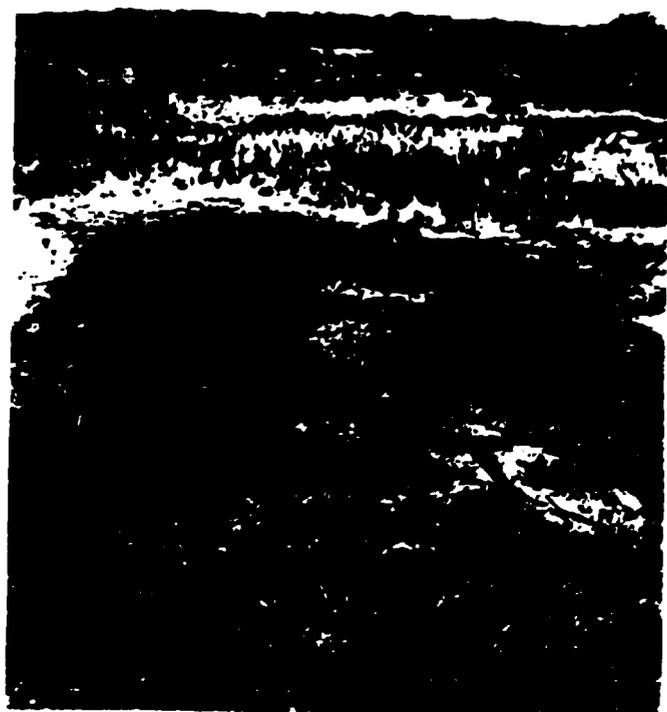


Photo N° 17 : Dépôt d'hydrocarbures
au Nord-Ouest de la décharge dans
les Zones inondables.

- les maraîchers qui utilisent des engrais humains et animaux
- éventuellement les dépôts sauvages (matières de vidange en particulier)
- l'infiltration directe des déchets liquides domestiques dans le sol (puits perdus, fosses septiques etc...)

3.1.4. RESULTATS D'ANALYSE DE L'EAU DES PUITES ET CEANES

Quelques prélèvements et analyses d'eau ont été réalisés aux points suivants :

- Puits village récupérateur (utilisé pour l'alimentation humaine)
- Puits 3 (utilisé pour l'alimentation humaine)
- Puits 4 (utilisé pour l'élevage de volailles)
- C103 (arrosage)
- C20 (arrosage)
- C30 (arrosage)
- C36 (arrosage)

Le budget disponible pour réaliser l'étude rend difficile la réalisation d'analyses complètes étant donné le coût élevé de certaines analyses telles que les hydrocarbures, métaux lourds, phénols etc...

Par conséquent, les analyses portent sur les principaux paramètres suivants : Température, pH, Conductivité, Oxygène dissous, Sulfates, Fer, Cuivre, Zinc, Fluorures et Nickel. Les résultats d'analyses sont placés en annexe H8.

Il est délicat de comparer ces résultats à ceux des piézomètres et d'évaluer la pollution due à la décharge car :

- les points de prélèvement sont à ciel ouvert et l'eau est directement en contact avec l'atmosphère. Ces conditions aérobies modifient la composition chimique de l'eau et il est alors difficile de rapprocher les résultats obtenus avec ceux des piézomètres où l'eau est généralement à 1 ou 2 mètres sous le niveau du sol.
- les ceanes utilisées pour l'arrosage ne semblent pas être de bons points d'échantillonnage pour évaluer la qualité de l'eau de la nappe phréatique car nous savons, par le biais des enquêtes socio-économiques, que celles-ci sont couramment utilisées par les récupérateurs soit pour s'y laver soit pour nettoyer les objets récupérés sur la décharge. La pollution engendrée risque de fausser les interprétations.

On retiendra surtout des résultats obtenus que :

- le puits du village des récupérateurs situé au pied de la décharge présente des concentrations élevées en Sulfates (2.000 mg/l), Fer (9,65 mg/l) et une conductivité élevée (6.200 μ S/cm). Il est probable que d'autres paramètres polluants soient présents. Malgré la salinité élevée et une odeur désagréable, cette eau est consommée par le propriétaire du puits. Il convient, bien entendu, d'interdire toute consommation de cette eau.
- le puits n° 3, utilisé par un village voisin montre un pH faiblement acide (5,94) et une concentration en fer légèrement supérieure aux normes (0,5 mg/l).
- l'eau des céanes utilisée pour l'arrosage des jardins est également chargée en fer (C103 et C30) et le pH est acide (pH = 3,12 pour la C103).

3.1.5. EVOLUTION SPATIALE DE LA POLLUTION

En se référant à la carte piézométrique du site, on observe un sens général d'écoulement des eaux souterraines vers le centre du lac de M'BEUBEUSS.

Un prélèvement de l'eau du lac (lac 1) a été réalisé le 19/11/90. Le niveau statique était à 40 cm sous le niveau du sol et les mesures in-situ donnent une eau salée avec une Conductivité égale à 20.800 μ S/cm.

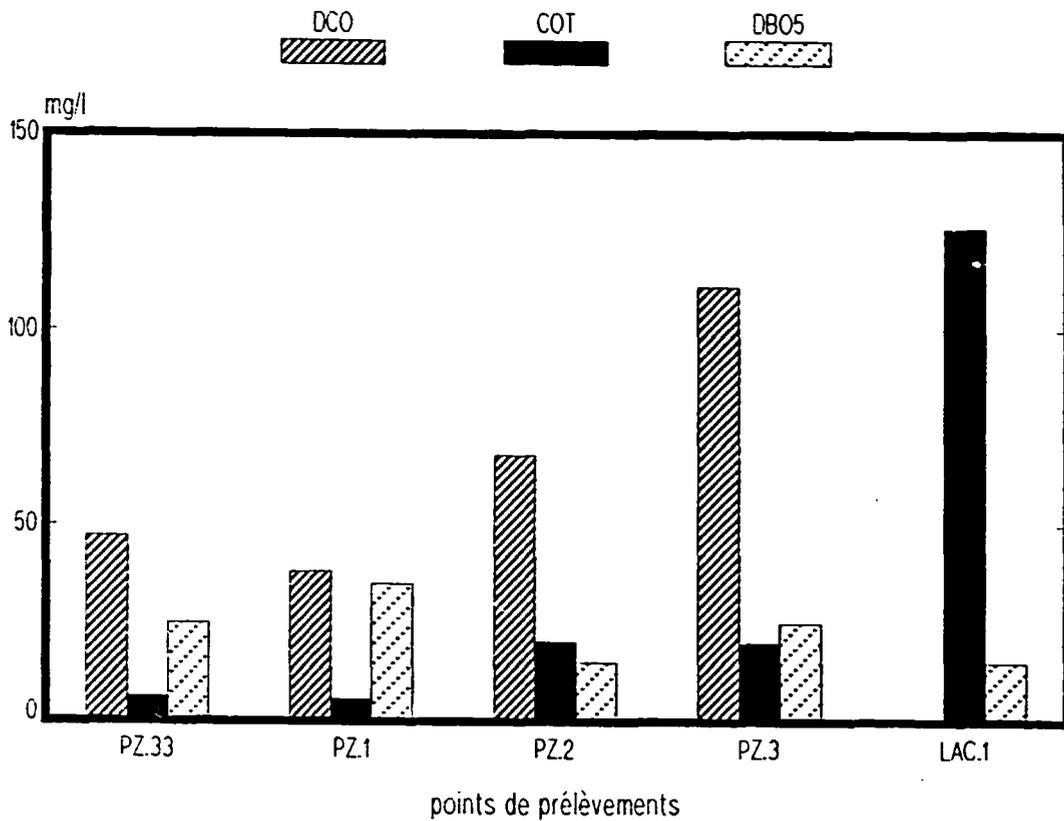
Les résultats d'analyses du Lac 1 sont placés en annexe H.

La planche 57 (page suivante) permet de visualiser l'évolution spatiale de la qualité de l'eau entre le PZ1, PZ2, PZ3, PZ3;3 et Lac 1.

Sur le graphe du haut, nous voyons que le lac est celui qui présente la charge organique la plus importante. Il semblerait que l'eau du lac soit stabilisé au niveau organique et que les composés soit difficilement oxydables.

Par comparaison, les PZ2 et PZ3 qui présentent une charge organique moindre, auraient une faible biodégradabilité (DBO5/DCO=0,2) alors que les PZ1 et PZ3.3. auraient une forte et moyenne biodégradabilité (DBO5/DCO est égale respectivement à 0,9 et 0,53).

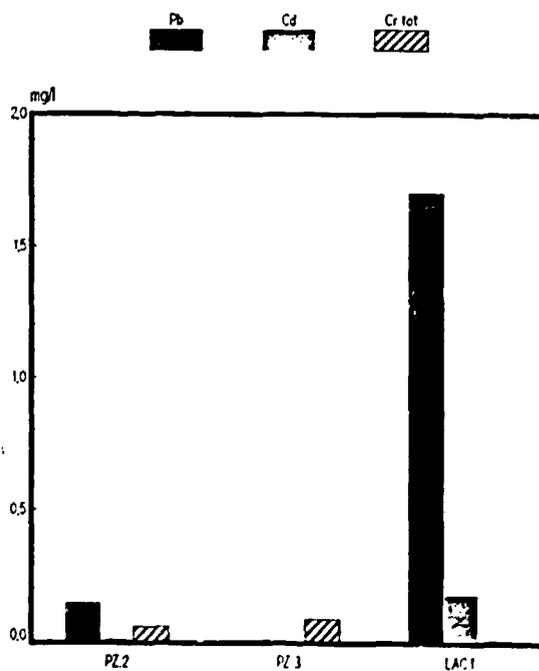
Planche n°57 : EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU



HYDROCARBURES



METAUX LOURDS



En introduisant les valeurs de DCO et COT des eaux prélevées sous la décharge (Lixiviats E1, E3, E4 dont les résultats d'analyses sont placés en annexe), on observe une augmentation vers le PZ3, E4, puis un abattement à l'aval de la décharge, c'est-à-dire dans le lac. Nous ne tiendrons pas compte du Lixiviat E3 puisqu'une couche d'argile, sous la décharge, freine l'infiltration et concentre la charge polluante. Les Lixiviats E1 et E4 ont, au contraire, été prélevés dans le sol sableux sous la décharge et constituent l'état de qualité de la nappe phréatique.

Le deuxième graphe de la planche n° 57 fait état des concentrations en hydrocarbures. Mis à part le PZ3.3. qui présente des concentrations importantes dont l'origine est incertaine (voir 3.2.4.), on observe une légère évolution des concentrations entre le PZ2 et le lac.

Nous avons déjà examiné le cas du PZ1 en 3.2.4. - un suivi régulier de ce piézomètre est nécessaire.

Les analyses d'hydrocarbures dans les lixiviats nous amènent à constater que ce paramètre évolue sensiblement du PZ3 (1,7 mg/Kg) au E1 (5,6 mg/Kg) puis augmente très nettement en E4 (62,5 mg/Kg).

A l'aval de la décharge, nous disposons de valeurs de concentration en hydrocarbures pour le lac 2 (voir annexe) et le lac 1 où l'on trouve 2 mg/Kg.

Le troisième graphe de la planche n° 57 présente les différentes concentrations en métaux lourds.

On observe de fortes concentrations en plomb (1,7 mg/l) et en cadmium (0,18 mg/l) dans le lac 1.

Contrairement à la pollution organique et hydrocarbonnée, les valeurs augmentent ici régulièrement de l'amont vers l'aval de la décharge. En effet, en comparant l'analyse des métaux lourds sur le PZ2, PZ3, E1, E4, E3, Lac 1 on remarque :

	PZ2	PZ3	E1	E4	E3	Lac 1
Pb mg/l	0.145	<0.01	<0.02	0.3	0.7	1.7
Cd mg/l	0.06	0.09	0.07	0.54	3.1	0.01
Cu mg/l	0.0155	0.011	<0.02	0.02	0.03	0.18

Nous voyons que le plomb et le Cadmium s'accablent dans le lac. Cette remarque s'applique également aux fluorures qui évoluent de 0 mg/l (PZ3.3.) - 0,37 mg/l (PZ2) - 0,55 mg/l (PZ1) - 1,18 mg/l (PZ3) - 1,87 mg/l (lac)

Enfin et de façon à visualiser cette pollution du lac par la décharge, la planche photographique n° 56 montre un suintement des lixiviats en bordure de décharge. La photo a été prise entre les points de prélèvement E 3 et Lac 1.

3.1.6. CONCLUSION

L'étude des impacts de la décharge de M'BEUBEUSS sur la nappe d'eau souterraine a permis de constater différents aspects relatifs à la pollution du site à savoir :

- a) Comme le sous entend la carte hydrogéologique du site, les eaux souterraines ont un sens général d'écoulement vers la décharge puis vers le lac de M'BEUBEUSS. La masse polluante liquide située sous la décharge se comporterait différemment selon la nature de la pollution. Ainsi, la pollution organique et la pollution par les hydrocarbures, bien qu'importante dans le lac et au niveau du piézomètre 2, serait moins élevée à l'aval de la décharge que dans la nappe phréatique sous le dépôt. Ceci pourrait être dû à la très faible pente d'écoulement des eaux souterraines sous la partie de la décharge posée sur le lac. D'après la carte piézométrique, la pente hydraulique serait égale à environ $2 \cdot 10^{-4}$ soit une différence d'altitude de 40 cm sur une distance de 1.400 mètres.

Par contre, on observe une accumulation des métaux lourds dans le lac.

En outre, il y aurait une forte dégradation de la matière organique lors du transfert. De plus, la faible solubilité des hydrocarbures peut expliquer en partie l'abatement des concentrations entre la décharge et le Lac.

- b) L'aquifère des dunes littorales est affecté par la pollution de la décharge. Effectivement, le piézomètre 1 montre des concentrations en hydrocarbures élevées. De même la charge organique observée ainsi que la présence d'une contamination fécale attesteraient d'une pollution.
- c) Le piézomètre 3.3. est pollué et cela est inquiétant vis-à-vis de la santé des populations car il est situé en zone habitée. Bien que Malika soit alimenté en eau par la SONEES (bornes fontaines), nous avons observé quelques puits utilisés pour l'alimentation humaine.

Il n'existe, à notre connaissance, aucun contrôle régulier de la qualité de l'eau des puits. Cela semble dorénavant indispensable pour apporter d'éventuelles mesures préventives et correctives.

Nous ne reviendrons pas sur les origines possibles de la pollution, celles-ci sont expliquées en 3.1.3.5.

- d) Le site de M'BEUBEUSS, bien qu'il soit pollué en grande partie par la décharge, connaît d'autres points de pollution localisés. Ainsi, nous savons l'existence des dépôts clandestins d'hydrocarbures. Des anciennes céanes maraîchères ont été remplies d'huiles et de graisse par des industriels peu scrupuleux. Des dépôts d'ordures ménagères collectées par la SIAS ont été constatés à plus de 800 mètres à l'Est de la décharge, dans une zone encore naturelle (l'eau est sans doute salée et de fait il n'y a pas d'exploitations maraîchères). Ces quelques exemples de pollution ponctuelle, en plus de la décharge, prouvent les abus auxquels est soumis le site de M'BEUBEUSS, suite à l'inconscience de certaines personnes et surtout à la non délimitation franche de la décharge.
- e) En fonction du budget disponible, trois piézomètres ont été réalisés pour l'étude et un piézomètre était déjà présent (PZ 3.3.). Bien que ceux-ci aient été placés dans des zones géologiquement et économiquement stratégiques, l'idéal aurait été de disposer de 2 piézomètres supplémentaires. Ils auraient permis de mieux connaître la piézométrie et la chimie de l'eau entre le PZ3 et le PZ3.3. et au niveau du lac de M'BEUBEUSS.

Cet aspect devra être pris en compte pour le suivi piézométrique et chimique de la nappe phréatique ultérieure à cette présente étude.

A ce sujet, le contrôle de la pollution devra être mensuel et sur une durée égale au temps nécessaire pour réhabiliter le site jusqu'à ce que tout danger soit écarté et toute mesure corrective effectuée.

Les analyses porteront en priorité sur :

- les éléments majeurs
- DCO - COT - DBO5 - NH4
- métaux lourds
- Paramètres microbiologiques

Une analyse trimestrielle des pesticides et PCB sera réalisée.

3.2. IMPACTS DE LA DECHARGE SUR LA POPULATION

3.2.1. PRESENTATION

Dans chaque région du globe, l'exploitation d'une décharge entraîne généralement de nombreuses nuisances au niveau de la population.

Sur la presqu'île du Cap Vert, le village de Malika, situé à quelques centaines de mètres de la décharge constitue le premier pôle socio-économique agressé par l'activité de la décharge.

Il en est de même des nombreux maraîchers qui sont installés sur les Niayes à proximité de la décharge.

A Dakar comme dans de nombreux pays en développement, la décharge bien que d'aspect repoussant, est un lieu d'activité économique non négligeable (qui dans tous les cas permet de nourrir des centaines de personnes) par la présence des récupérateurs (ou scavengers).

Compte tenu de la proximité de Malika, dont la population subit les influences néfastes de la décharge et de la présence sur cette décharge d'une population vivant de récupérations diverses, il nous a paru utile de réaliser une enquête socio-économique.

Les trois types de questionnaires, adaptés aux types de population interrogées, sont placés en annexe H11.

Les enquêtes de terrain ont été réalisées par quatre enquêteurs sélectionnés et formés par la Direction de l'Environnement - 25 jours d'enquête ont été nécessaires pour interroger 95 maraîchers, 193 récupérateurs et 177 habitants de Malika.

Dans un premier temps, chaque type de questionnaire est exploité à partir des données recueillies. Puis vient une discussion qui permet de mieux connaître cette population en particulier leur sensibilité, leur motivation et leurs suggestions concernant le projet.

3.2.2. LA POPULATION ENVIRONNANTE

Les habitants de Malika semblent très affectés par les nuisances engendrées par la décharge.

Le problème principal semble être l'impact sur leur outil de travail et moyens de revenus. Il s'agit de :

- l'extension du périmètre de la décharge au détriment des surfaces cultivables qui entraînent par ailleurs certaines altercations avec le personnel de la SIAS
- la baisse du rendement de cultures en raison des fumées, poussières, pollution de l'eau
- la perte du bétail par ingestion des déchets plastiques en particulier

En ce qui concerne leur cadre de vie, les principales nuisances soulevées sont :

- bruits, envols d'objets légers, accidents de la circulation dus au trafic des camions (souvent non bâchés) dans le village
- odeurs nauséabondes lorsque le vent est défavorable

Sur le plan social, 97 % de la population se dit être inquiète par la présence des nombreux récupérateurs. Les différents problèmes sont les suivants :

- augmentation de la délinquance dans le village. Certains avancent que des enfants du village préfèrent "travailler" sur la décharge au lieu d'aller à l'école. D'autres soupçonnent les récupérateurs de les voler.

Sur le plan sanitaire, plusieurs problèmes sont exposés :

- la population s'inquiète des produits récupérés sur la décharge et redistribués sur le marché local. Ils craignent en effet les maladies suite à l'utilisation de ces matériaux (jerricans, bouteilles, etc...)
- les nombreuses mouches et moustiques qui prolifèrent en saison des pluies sont une des principales sources d'inquiétude pour les habitants de Malika (contamination des repas, piqûres, etc...)

- l'alimentation en eau par les robinets publics ne semble pas subvenir à la totalité des besoins. Pour cela, les femmes utilisent généralement les puits "en appoint". Certains s'inquiètent de la qualité de l'eau de ces puits.

3.2.3. LES MARAÎCHERS

Les surfaces cultivées sont généralement d'environ 2 ha par maraîcher.

60 % de la production est vendue à Malika. 6,5 % des légumes sont envoyés vers les marchés de Dakar, le reste (36 %) est distribué dans d'autres marchés de la banlieue dakaroise (Thiaroye en particulier).

Chaque maraîcher emploie une ou deux personnes pour l'arrosage et entretien des jardins. Ils sont employés soit à l'année soit pour la saison sèche. Ils sont pris en charge par le maraîcher (nourriture, abri) et leur salaire mensuel est d'environ 8.000 FCFA.

Aucun maraîcher ne paye de frais de location des terrains. Ils se disent propriétaires. En fait, les terrains sont propriétés de l'Etat tel qu'il est inscrit au Cadastre.

Pour une meilleure croissance des plantes, les maraîchers utilisent des engrais organiques (excréments humains et animaux, déchets de poissons, etc...) et chimiques (type NPK 7x7x14 et 10x10x20).

En période de floraison, les pesticides sont utilisés (environ 4 litres/an/maraîcher). Il s'agit principalement du "Malachon", "Mocoppa", "Fyradan" et "Dicofol".

En otant les différents coûts de production (salaires employés, semences, engrais, transports, etc...), le revenu moyen annuel du maraîcher semble varier selon les enquêtes entre 700.000 et 1.000.000 FCFA.

L'arrosage des jardins s'effectue une à deux fois par jour à partir des céanes.

Pour leur consommation personnelle, les maraîchers amènent généralement leur bidon d'eau du robinet en provenance de Malika.

Les impacts de la décharge sur les maraîchers sont réels. Nous savons que la réduction des surfaces cultivables par extension de la décharge est souvent source de conflits avec les agents de la SIAS.

Leurs avis sont partagés en ce qui concerne la pollution de l'eau des céanes. Ils notent cependant une baisse de production en période d'hivernage sans qu'aucun ne sache si elle est due à la qualité de l'eau, aux fumées (saison très ventée) ou aux trop grandes quantités d'eau apportées aux plantes (qui peuvent provoquer l'asphyxie des racines).

Enfin, sur le plan social, les maraîchers reconnaissent avoir certaines altercations avec les récupérateurs. Ils leur reprochent en particulier de voler les fruits et légumes et de souiller l'eau des céanes en s'y baignant et en lavant des produits divers récupérés sur la décharge.

3.2.4. LES RECUPERATEURS

On estime qu'il y a 300 à 400 récupérateurs sur la décharge. L'enquête porte sur environ 200 personnes.

Chaque récupérateur a en moyenne 5 à 7 personnes à charge.

Parmi les 200 récupérateurs interrogés, 85 % travaillent sur la décharge depuis moins de 10 ans, 14 % y travaillent depuis 11 à 20 ans.

Certains travaillent et vivent sur la décharge en compagnie de leur famille (villages de Goui-Goui et Baol en bordure du dépôt). D'autres viennent chaque jour de leurs quartiers respectifs (Malika, Thiaroye, Yambeul, Rufisque) pour exercer leur activité.

Les conditions de vie des récupérateurs sont très précaires. Ils travaillent sans protection (bottes, gants, masques, etc...). 92 % mangent sur la décharge dans des "gargottes" fixes ou ambulantes. 7 % rentrent dans leur foyer.

Les questions relatives à l'alimentation en eau ont donné :¹

point utilisé \ besoin	robinet malika	puits	céanes
boisson	65 %	26 %	4 %
toilette et ménages	0	20 %	80 %

L'eau de boisson est souvent achetée pour un prix modique aux femmes chargées de la distribution d'eau potable. L'eau des puits est parfois achetée.

1. réponses combinées (total peut être supérieur à 100 %)

De nombreuses personnes se plaignent de problèmes de santé :

- paludisme (les moustiques prolifèrent)
- maladies respiratoires (poussières, fumées, etc...)
- maux de ventre, diarrhée (nourriture et boissons douteuses)
- gâle
- courbatures (travail en position courbée)
- beaucoup se soignent contre le tétanos (nombreuses blessures à cause des bouteilles cassées, objets métalliques, etc...)

D'une manière générale, les principaux problèmes de ces personnes, selon eux, sont :

- conditions de travail déplorables
- santé - hygiène
- revenus insuffisants et marché de revente saturé

Ainsi, au niveau de la récupération, on distingue plusieurs filières qui sont les suivantes :

- **chiffons** : 35 % des personnes interrogées récupèrent les chiffons. Le marché n'est pas florissant (10 FCFA/Kg) mais la collecte journalière moyenne (20 à 30 Kg récupérateur) est généralement stockée dans les villages. Les chiffons sont lavés (d'où des altercations avec les maraîchers) et entassés en attendant un désengorgement du marché et une remontée des cours.
- **papier - carton** : 60 % des récupérateurs s'intéressent au papier carton. 5 à 10 Kg de cartons sont récupérés chaque jour par un récupérateur. Le prix de vente atteint 50 FCFA/Kg.
- **bouteilles en verre** : 50 % s'occupent de la récupération des bouteilles en verre. La collecte journalière serait de 25 bouteilles. Chaque bouteille peut être vendue 25 FCFA mais le marché est saturé et les récupérateurs se contentent généralement de stocker leurs produits en attendant un redémarrage de la vente.
- **bouteilles en plastique** : les récupérateurs s'intéressent également aux bouteilles en plastique (65 %) qui peuvent être revendues à 50 FCFA la bouteille. La collecte serait d'environ 20 bouteilles par jour et par personne.
- **métaux** : la récupération de métaux est importante au Sénégal (coût d'achat élevé). 65 % des personnes interrogées récupèrent 15 à 20 kg de métaux/jour revendus à 3 000 FCFA/10 kg.

- **matières organiques** : la récupération de ces matières (déchets de cuisine, déchets de légumes, etc...) est réalisée par 10 % des récupérateurs qui trouvent un débouché au niveau de l'alimentation du bétail. L'activité de collecte de terreau (dans les anciennes zones de la décharge) permet la vente d'amendement. Les prix appliqués sont d'environ 4.500 FCFA/tonne. Chaque personne collecte environ 100 à 150 Kg/jour.
- **peintures** : la récupération de peintures est réalisée par quelques personnes, 200 kg seraient stockés chaque jour dans des fûts de 50 litres. Le prix de vente serait d'environ 300 FCFA/Kg.
- **bois** : le bois est une denrée rare au Sénégal, 35 % des récupérateurs collectent chaque jour 5 à 8 kg de bois.

Le système de revente des produits récupérés passe généralement par des intermédiaires qui viennent acheter les produits sur la décharge. Puis ils alimentent les "Packs", récupérateurs grossistes, généralement spécialisés dans un type de matériaux et installés à proximité des nombreux marchés de la presqu'île du Cap Vert.

Les enquêtes auprès des récupérateurs de M'BEUBEUSS concernaient également les revenus financiers, qui varient en moyenne de 500 à 1.500 FCFA/jour, 1.000 FCFA/jour étant le revenu moyen le plus souvent annoncé.

Une partie des récupérateurs quitte la décharge en période d'hivernage pour participer aux cultures d'hivernage dans leur village d'origine.

Ces chiffres doivent être considérés avec précaution. Les indications risquent effectivement d'être faussées par le fait que le récupérateur peut penser que l'enquête est réalisée à des fins fiscales.

3.2.5. COMMENTAIRE

Les personnes directement ou indirectement touchées par la décharge de M'BEUBEUSS semblent très intéressées par le projet.

Certains y voient une amélioration de leur condition de travail tandis que d'autres espèrent la fin de la dégradation de leur cadre de vie, de travail et d'environnement.

Les maraîchers semblent les plus touchés par les nuisances de la décharge. Certains d'entre eux souhaiteraient changer de métier si les conditions ne s'améliorent pas.

A la question "Souhaiteriez-vous travailler ailleurs qu'à Dakar-Malika ?" 45 % des maraîchers disent OUI.

D'une manière générale la population environnante souhaite que l'exploitation de la décharge soit arrêtée.

Si 65 % des récupérateurs souhaitent s'associer avec d'autres collègues pour essayer d'améliorer leur niveau de vie, tous souhaitent changer d'activité et intégrer une entreprise.

CHAPITRE 4

CONCLUSIONS-PROPOSITIONS-PERSPECTIVES-RECOMMANDATIONS

4.1. SYNTHÈSE DES RESULTATS OBTENUS

Nous ne détaillerons pas chaque résultat des différentes travaux menés, puisqu'une conclusion est intégrée à la fin de chaque étude spécifique. Cependant, le point des résultats obtenus est réalisé à l'aide d'une liste synthétique qui prend en compte chaque aspect important : caractéristiques du site, pollutions, nuisances. Ils permettent d'aborder au mieux la phase finale de l'étude à savoir les propositions et recommandations.

a) Caractéristiques du site et de ses environs

- la décharge repose sur un sol perméable où le contexte hydrogéologique est caractérisé par une nappe phréatique affleurante, un Lac évaporatoire sur lequel est posé une partie du dépôt et un contact eau douce-eau salée qui sépare les différents pôles du système.

Les perméabilités des différents sols observées sont généralement trop élevées et par conséquent, inaptés à constituer le fond d'une décharge.

L'écoulement des eaux souterraines converge vers le Lac de M'BEUBEUSS. Un modèle mathématique a permis de constater que la zone de captage d'eau de Thiaroye pour l'alimentation de Dakar, ne peut être polluée par la décharge.

Les eaux souterraines s'écoulent sous la décharge et se dirigent vers le Lac. Il existe cependant des risques de transfert d'eau du Lac vers la mer d'où une possibilité de pollution de l'aquifère dunaire littoral.

- les données météorologiques disponibles (celles de la station de Dakar-Yoff) montrent un déficit en eau durant toute la saison sèche. L'infiltration existe cependant pendant les mois pluvieux et on assiste alors à un lessivage du dépôt et un transfert de pollution vers le sous-sol.

La remontée de la nappe phréatique après la pluie joue un rôle désastreux puisqu'une partie du fond de la décharge baigne dans la nappe.

Du fait du manque de données spécifiques au site de M'BEUBEUSS (pluies efficaces, évaporation) certaines incertitudes existent en particulier sur l'écoulement d'eau du Lac vers la mer sous la nappe d'eau douce dunaire.

b) Caractéristiques d'élimination des déchets

- par l'inexistence de station de traitement des déchets à Dakar, la décharge accueille chaque jour près de 3.000 m³ de déchets solides et liquides hétéroclites polluants ou non en provenance des ménages, industries, hôpitaux, etc...
- l'activité industrielle productrice de la presqu'île du Cap Vert est diversifiée et est potentiellement génératrice de déchets polluants. Cependant pour certaines, la transformation sur place se limite souvent à la formulation, le conditionnement voir uniquement l'emballage et la distribution.
- Pour la décharge, aucun programme d'exploitation n'est en place et il n'existe pas de moyens destinés à limiter la pollution ce qui va à l'encontre de la volonté politique actuelle dans le domaine de la protection de l'environnement.

Le contrôle des déchets à l'entrée du site est inexistant.

Les déchets liquides domestiques et les déchets pâteux industriels sont déversés de préférence en bordure de la piste principale d'exploitation. Les analyses montrent que ceux-ci possèdent encore un important pouvoir polluant et avec le lessivage du dépôt lors de la saison des pluies, les déchets vont entraîner durant des années de nombreux polluants.

Les eaux fortement polluées prélevées sous la décharge montrent à quel point la pollution est inquiétante.

Au niveau de la production de gaz, celle-ci existe, certes dans des proportions moindres que dans les décharges européennes (en raison du climat, humidité des déchets, méthode d'exploitation, teneurs en matières organiques, etc...), mais la collecte se justifierait puisque l'on estime qu'une grande partie de la décharge (environ 60 %) contient 25 % de biogaz. Cette valeur n'est cependant pas suffisante pour engager une exploitation industrielle du gaz et il est préférable de le détruire après collecte à l'aide de torchères.

c) Pollution des eaux souterraines

L'étude des impacts de la décharge sur les eaux souterraines a révélé plusieurs points :

- l'eau utilisée par les maraîchers installés à proximité de la décharge est polluée en particulier par les matières organiques, les hydrocarbures et les métaux lourds
- l'eau douce de la nappe dunaire littorale serait polluée par la décharge et ceci confirmerait les hypothèses émises dans l'étude hydrogéologique.
- Le Lac est effectivement la zone terminale d'écoulement des eaux ayant transité sous la décharge. On observe une accumulation de la pollution, et en particulier des métaux lourds (1,7 mg/l de plomb)
- les zones situées à l'amont hydraulique de la décharge montrent une eau de qualité douteuse (PZ33). Bien qu'il ne faille pas écarter les possibilités de pollution par des dépôts diffus voire même par la décharge (nous ne disposons que de peu de données hydrogéologiques sur d'éventuelles relations entre le Lac de M'BEUBEUSS et le Lac de Youi à Malika), nous pensons que d'une manière générale, l'aquifère des sables quaternaires est certainement pollué suite à l'urbanisation de la banlieue de Dakar accompagnée d'une part de l'absence quasi-totale d'évacuation des eaux usées et d'autre part d'une mauvaise élimination des ordures ménagères dans les secteurs difficiles d'accès (25 % des OM ne sont pas collectées par la SIAS).

d) Impacts sur les populations

Des enquêtes socio-économiques révèlent un intérêt certain des populations vis-à-vis de la décharge. On distingue deux catégories :

- les habitants de Malika et les maraîchers qui subissent les nuisances de la décharge (odeurs, poussières, circulation, etc...)
- les récupérateurs qui tirent profit de la décharge dans des conditions de vie déplorables (santé, hygiène, financières, etc...)

4.2. PROPOSITIONS - RECOMMANDATIONS

Les résultats des différentes études et mesures physiques, contenus dans le présent rapport prouvent que les impacts de la décharge sont néfastes pour l'environnement. L'ampleur des dégâts actuels et à venir commande un arrêt d'exploitation et une réhabilitation du site.

Cependant, pour les raisons citées au paragraphe 4.2.2.2., l'arrêt immédiat d'exploitation de la décharge ne nous semble pas concevable. C'est la raison pour laquelle nous proposons des aménagements techniques ayant un double objectif :

- réhabilitation du site
- conditions d'exploitation provisoire

4.2.1. AMENAGEMENT - REHABILITATION

Compte tenu de la surface actuelle de la décharge (presque 60 ha) et de son volume (3.500.000 m³ environ), il serait utopique d'envisager la mise en sécurité du site par enlèvement des déchets. Il est également impossible de surélever le dépôt pour éviter le contact avec la nappe phréatique.

Par conséquent, il est nécessaire d'envisager des solutions de confinement partiel du dépôt associées avec un aménagement et une réhabilitation du site de M'BEUBEUSS.

4.2.1.1. Aménagement de surface du site (Hors décharge)

Il convient dans un premier temps de délimiter une zone de type "Plan d'occupation de sols" que l'on appellerait : "ZONE DE PROTECTION LIEE A LA PRESENCE D'ACTIVITES POLLUANTES".

Le périmètre de cette zone de protection pourrait être défini tel que nous le proposons. Cette zone fera l'objet de divers travaux :

- a) suppression des zones maraîchères les plus proches de la décharge et destruction de toutes les céanes.

b) délimitation de zones où les cultures seront tolérées. L'eau de la nappe pourra être contrôlée en vue de son utilisation agricole. Selon les résultats obtenus deux hypothèses apparaissent :

- soit l'eau peut être utilisée pour l'arrosage après un traitement. Dans ce cas, des puits cimentés équipés d'une pompe pourraient être installés. L'eau serait traitée et distribuée aux différents maraîchers selon un système simple d'irrigation. Il s'agirait en fait de créer un Groupement d'Intérêt Economique des Maraîchers qui pourrait gérer ce périmètre réservé à la culture à partir d'un nombre limité de points d'eau.
- soit l'eau est absolument inutilisable pour l'arrosage et dans ce cas, il faudrait prévoir une conduite d'eau en provenance de Malika et une irrigation collective simple (irrigation gravitaire par exemple).

Dans tous les cas, il faudrait veiller à ce que de nouvelles céanes ne se recréent. Il sera ainsi plus aisé de contrôler la qualité de l'eau au niveau des puits communs.

- c) l'utilisation de l'eau en vue de la consommation humaine sera interdite dans toute la zone de protection
- d) Un contrôle régulier de la qualité de l'eau à partir des 4 piézomètres existants sera indispensable. Deux nouveaux piézomètres pourraient être créés afin de mieux maîtriser la zone (en particulier entre le PZ3 et le PZ33). Le contrôle portera sur la piézométrie et sur la chimie de l'eau. Les paramètres à rechercher et la fréquence des prélèvements seront définis en fonction de l'objectif recherché.

Nous conseillons cependant un contrôle mensuel des principaux paramètres de qualité (bactériologie, majeurs, quelques mineurs tels que Pb, Cr, Cd, DCO, DBO5, hydrocarbures, etc...) et un contrôle trimestriel de paramètres plus spécifiques (PCB, Pesticides, HPA, etc...) Le programme sera ajustable en fonction des résultats obtenus.

- e) Les différentes zones autres que celles réservées à la culture et à la décharge seront protégées et laissées à l'état naturel. On veillera à empêcher toute création d'activité.
- f) Les dépôts sauvages existants dans la zone seront repris et déposés sur la décharge

- g) Un contrôle régulier de l'eau des puits d'alimentation situés en dehors du périmètre de protection est nécessaire.

Il permettra d'apporter d'éventuelles mesures correctives destinées à protéger la population (modification du périmètre de protection par exemple).

4.2.1.2. Aménagement de la décharge

Il convient avant toute chose de définir l'utilisation à venir de la décharge. Il est probable que celle-ci continuera à être exploitée durant quelques années avant l'ouverture d'un nouveau site de décharge, pour les raisons suivantes :

- il n'existe à priori pas de site naturellement adapté à l'implantation d'une décharge à proximité de la ville de Dakar, la presqu'île du Cap Vert étant constituée de sables quaternaires. Par conséquent, l'ouverture d'une nouvelle décharge ne peut se faire sans d'importantes études préalables destinées à aménager le nouveau site et revoir la collecte et l'élimination des déchets à Dakar (coût de transport, station de transfert, etc...)

En outre, l'ouverture d'une nouvelle décharge implique la dégradation d'un site. Afin d'atténuer les nuisances, il doit être tenu compte du délai important nécessaire aux études préliminaires.

En résumé, la continuation de l'exploitation de la décharge de M'BEUBEUSS devra s'effectuer en parallèle avec d'autres études relatives à l'élimination des déchets à Dakar.

- les investissements engagés pour l'aménagement et la réhabilitation du site de M'BEUBEUSS seront très certainement importants. Ceux-ci se justifieraient plus aisément s'ils sont en partie utilisés pour améliorer l'exploitation de la décharge actuelle durant quelque temps.

En conséquence, l'aménagement de la décharge doit à la fois envisager une meilleure exploitation pour le court terme et une réhabilitation soucieuse de la protection de l'environnement.

Les principaux aménagements à réaliser seraient les suivants :

a) Collecte et traitement du biogaz et des lixiviats de décharge

■ Collecte du biogaz :

Il est nécessaire de réaliser quelques puits d'essai pour apprécier le débit journalier des gaz, leur composition et leur rayon d'action.

Le problème posé par la décharge est son hétérogénéité. Le dimensionnement du réseau doit être prévu pour un rayon d'action de 50 mètres par puits au départ. Les premiers résultats permettront de définir ce paramètre pour chaque zone caractéristique de la décharge.

■ Elimination du biogaz :

L'exploitation industrielle du biogaz n'étant pas envisageable économiquement, la solution à retenir est le brûlage par torchères.

■ Collecte des lixiviats :

La récupération des lixiviats par des drains sera difficile à mettre en oeuvre sur cette décharge (mauvais compactage, grande superficie, décharge en partie sur le Lac de M'BEUBEUSS).

Le principe de récupération par pompage dans des puits verticaux semble le mieux adapté dans le cas présent.

Le maillage est à définir en fonction de plusieurs critères :

- perméabilité du fond de décharge
- nature des déchets
- ancienneté des dépôts
- état de compactage

A ce sujet, nous savons qu'une partie de décharge reposant sur le Lac contient une quantité importante de lixiviats qu'il est nécessaire d'évacuer (voir chapitre 2. - 4. - tranchée E3).

Il faudra prendre soin de ne pas endommager la couche d'argile lors de la mise en place des buses.

Les lixiviats seraient aspirés par une pompe mobile et évacués vers un bac de réception.

■ Traitement des lixiviats :

D'une manière générale, les paramètres à prendre en compte pour le traitement des lixiviats sont :

- l'installation doit avoir une capacité de traitement flexible compte tenu de la variation importante des lixiviats en qualité et en quantité.

- l'installation doit être simple de manière à minimiser les coûts d'exploitation.
- les coûts de maintenance doivent être aussi réduits que possible.
- l'installation ne doit pas engendrer de pollutions secondaires telles que odeurs et bruits.

Nous proposons de créer un bassin étanche aéré pour permettre l'évaporation des lixiviats. Il paraît en effet judicieux d'utiliser le fort pouvoir évaporatoire de la région.

Ce bassin serait créé à proximité de la décharge (planche n° 60) dans la zone définie par le périmètre de protection.

La mise en place d'aérateurs permettra d'effectuer un prétraitement biologique des lixiviats. Ce type de traitement est le plus flexible, le plus simple à mettre en oeuvre et le plus économique.

S'il s'avérait que des secteurs de la décharge ne peuvent subir de traitement biologique, il faudra envisager un bassin supplémentaire où serait réalisé un traitement physico-chimique.

En tout état de cause, il faut que ces bassins soient compartimentés étanches et permettent l'intervention d'engins pour évacuer les dépôts après évaporation. Les dépôts seraient ensuite stockés dans les alvéoles étanches (perméabilité 10^{-9} m/s) sur la décharge.

Enfin, un (ou plusieurs) bassin séparé permettrait également le traitement provisoire des matières de vidange en attendant la création sur la presqu'île du Cap Vert d'ouvrages de traitements spécifiques.

b) Confinement partiel de la décharge (planche n° 62)

Nous estimons que du point de vue de la conservation des milieux naturels, il est important que le site de décharge "contrôlée" soit déconnecté du reste du Lac M'BEUBEUSS, milieu naturel sauvage abritant une faune et une flore qui lui sont propres. Du point de vue hydrogéologique, cette séparation entre l'exploitation et le milieu naturel est, elle aussi, importante dans la mesure où de nouvelles pollutions de la nappe ne doivent pas aggraver la situation actuelle.

Cette séparation permet de neutraliser les risques de nuisances mais ne les supprime pas.

L'objectif est double :

- empêcher tout nouvel apport de polluants vers le Lac de M'BEUBEUSS
 - anihiler les transferts éventuels en période de hautes eaux vers la nappe dunaire.
- La protection du Lac serait constituée par :
- la construction d'une digue en béton pour la partie aérienne à l'extrême Est de la décharge sur toute la largeur du Lac en direction Nord-Sud (planche n° 60)
 - l'injection de bentonite sous cette digue sur une profondeur d'une vingtaine de mètres environ (à définir avec précision lors des études techniques ultérieures) de façon à éviter tout transfert de pollution de la décharge vers le reste du Lac via la nappe souterraine.
- La protection de la zone dunaire serait également réalisée par l'injection de bentonite sur un axe Est-Ouest au Nord de la décharge, au pied de la dune.

c) Délimitation des zones à réhabiliter

Elles sont constituées des anciennes zones à l'Ouest du site (au Nord de la tranchée E4) et de toute la partie de la décharge qui repose sur le Lac. Il est en effet impératif de stopper toute nouvelle exploitation dans un tel contexte hydrogéologique.

Les premiers aménagements à réaliser sont le reprofilage et le tassement. Il est probable que le volume du dépôt diminuera de façon non négligeable car certaines zones sont très peu compactées actuellement. En surface, des pentes seront établies pour permettre l'évacuation des eaux météorites vers l'extérieur et empêcher ainsi l'infiltration dans le dépôt.

Un sol sera ensuite installé et devra permettre un développement durable de la végétation. A cet effet, des études spécifiques seront nécessaires en particulier pour le choix des espèces végétales à planter afin d'obtenir les meilleurs effets paysagers possibles.

d) Délimitation des zones à aménager pour la continuation de l'exploitation de la décharge.

Toute nouvelle extension de la décharge est à proscrire. Les zones actuellement en exploitation (c'est-à-dire la partie de la décharge située entre les 2 villages de récupérateurs soit 15 à 20 ha) serviront pour l'exploitation future. Les aménagements préalables consistent à compacter, reprofiler les zones actuelles et préparer des alvéoles d'environ 5.000 m² (sur 2 mètres de hauteur) destinées à recevoir les futurs déchets.

Celles-ci auront un fond étanche aménagé pour permettre un écoulement des lixiviats vers un point bas qui sera équipé d'une buse (elle atteindra le sol) pour l'évacuation des eaux (voir planche 63). Certaines alvéoles seront destinées à recevoir les déchets industriels les plus dangereux. Chaque semaine, les déchets contenus dans les alvéoles seront recouverts de sable compacté pour éviter les odeurs, envols, animaux, etc...

PRINCIPE D'AMENAGEMENT DE LA
DECHARGE DE M'BEUBEUSS

Périmètre de protection : "ZONE PROTEGEE
LIEE A LA PRESENCE D'ACTIVITES POLLUANTES"

Ouvrage de protection de la zone dunaire
barrage hydraulique souterrain en bentonite

SECTION 1

possibilités de conservation
des cultures après contrôle de l'eau
et aménagements hydro-agricoles

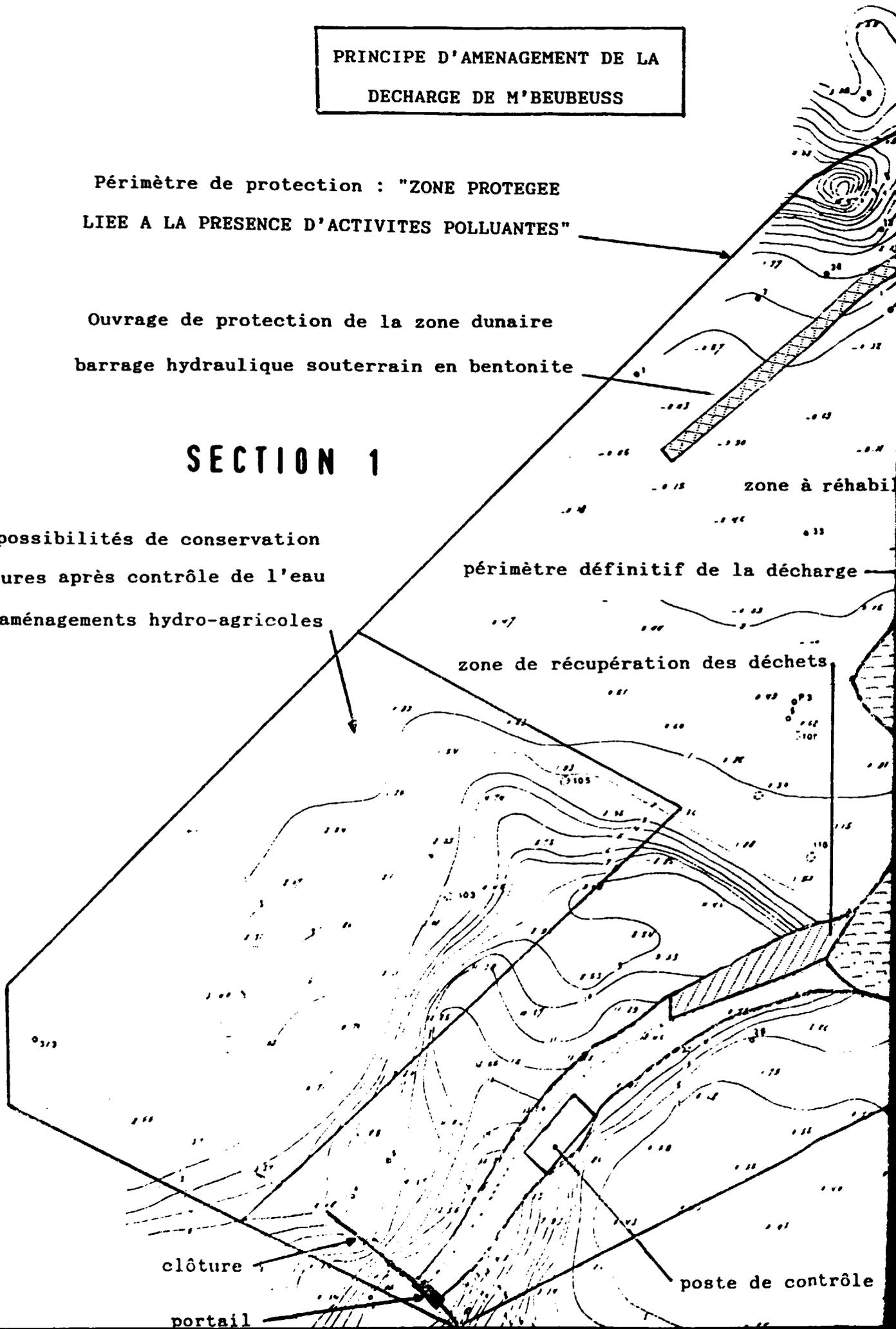
périmètre définitif de la décharge

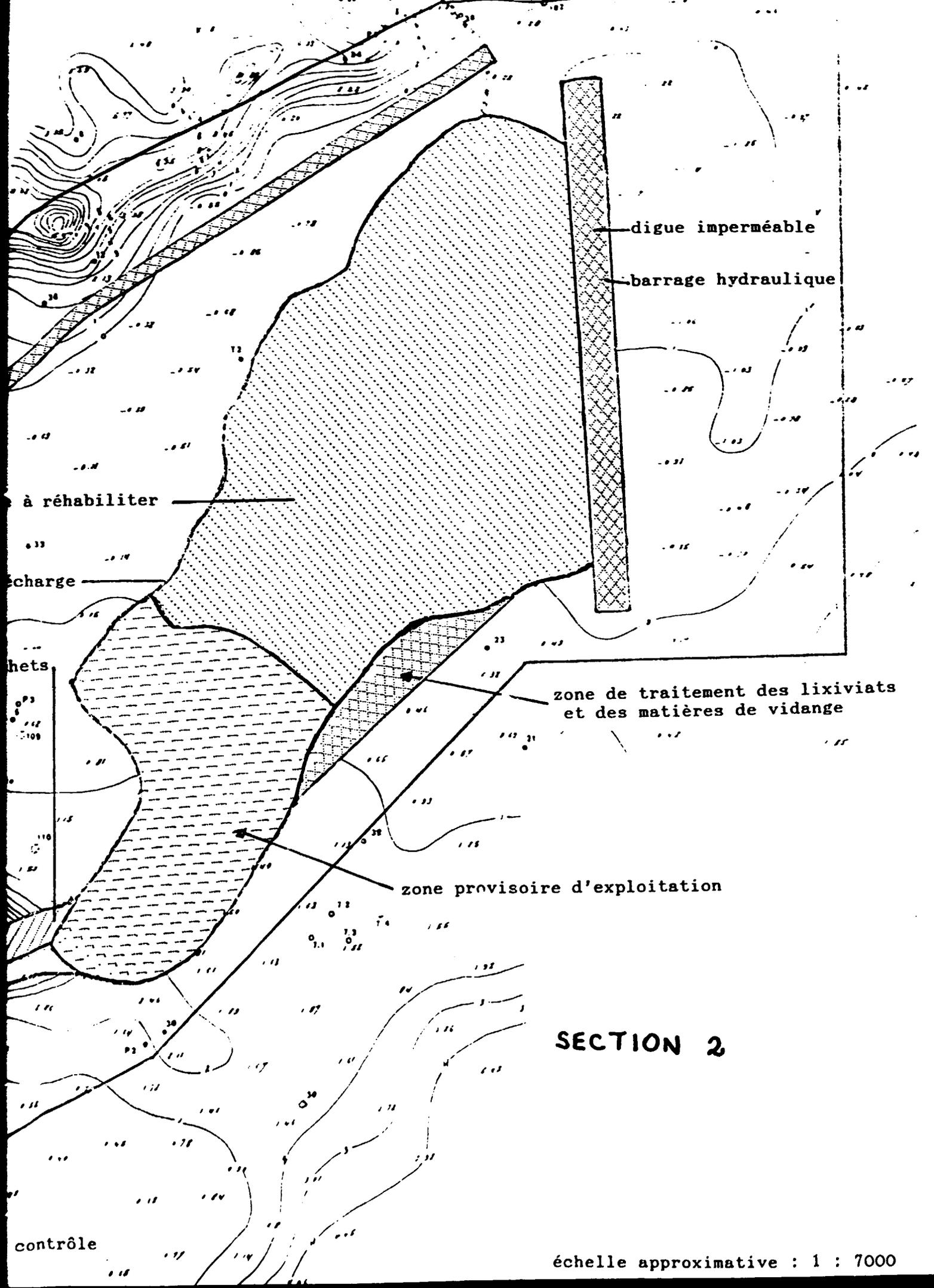
zone de récupération des déchets

clôture

portail

poste de contrôle





digue imperméable

barrage hydraulique

à réhabiliter

charge

bets

zone de traitement des lixiviats
et des matières de vidange

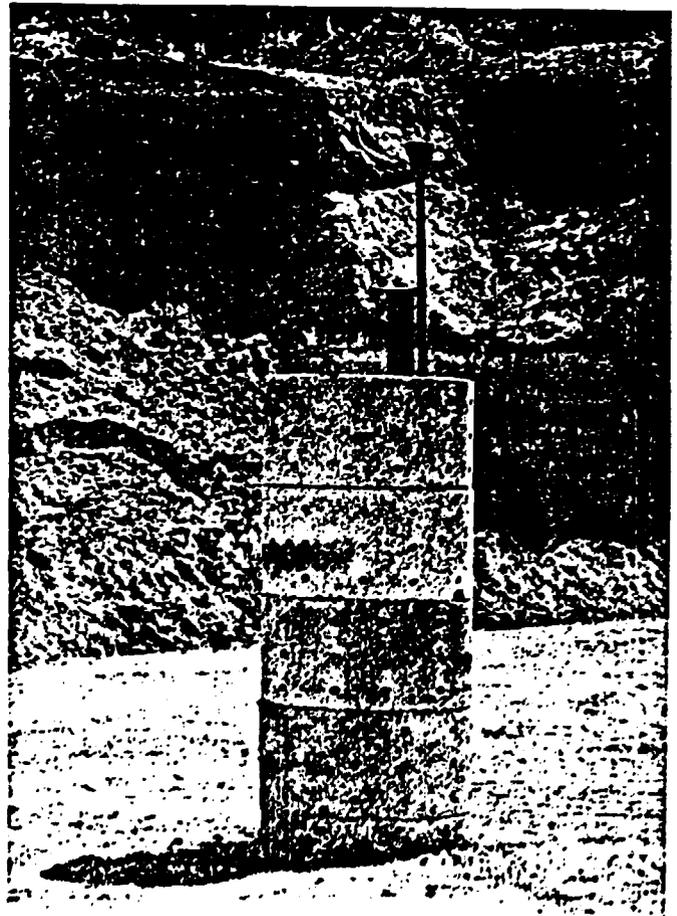
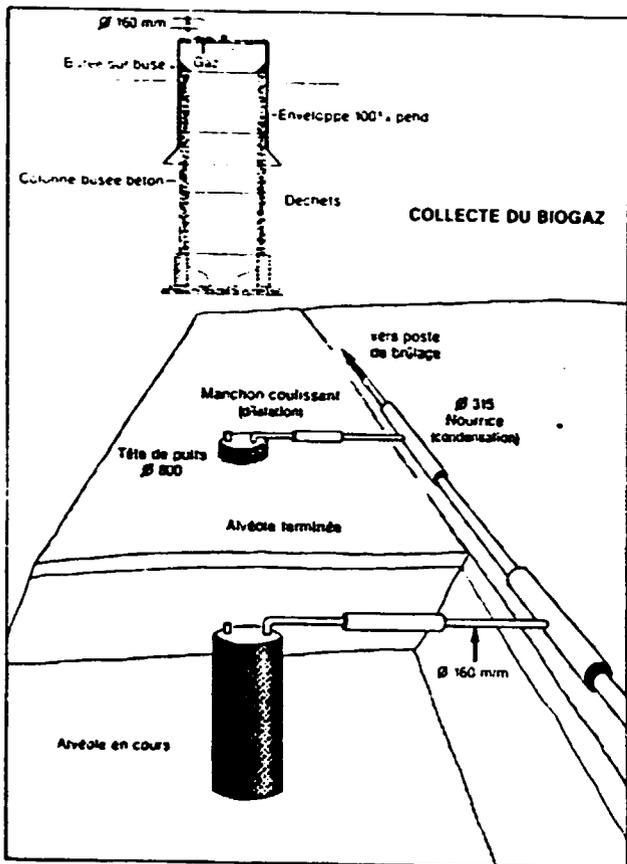
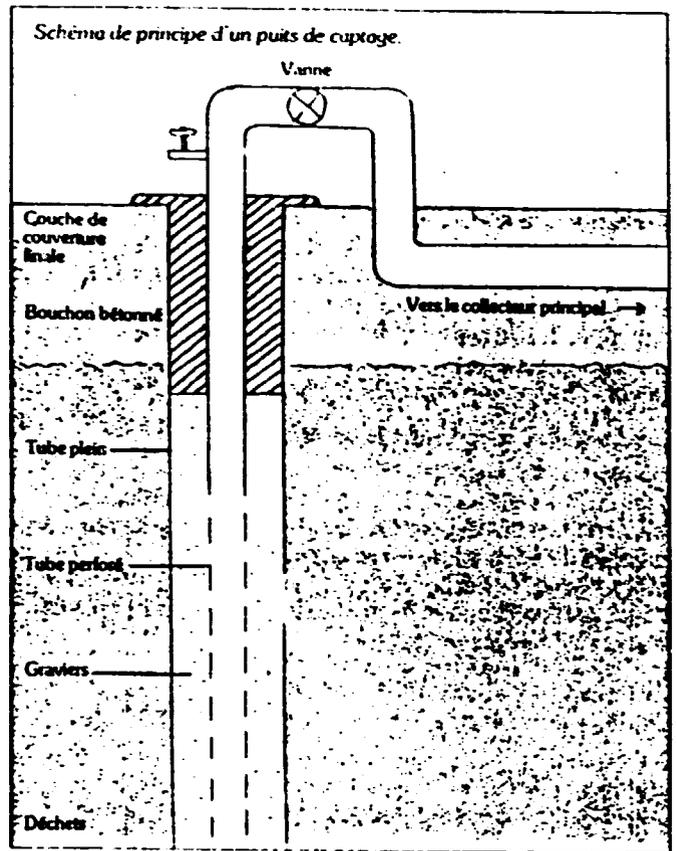
zone provisoire d'exploitation

SECTION 2

contrôle

échelle approximative : 1 : 7000

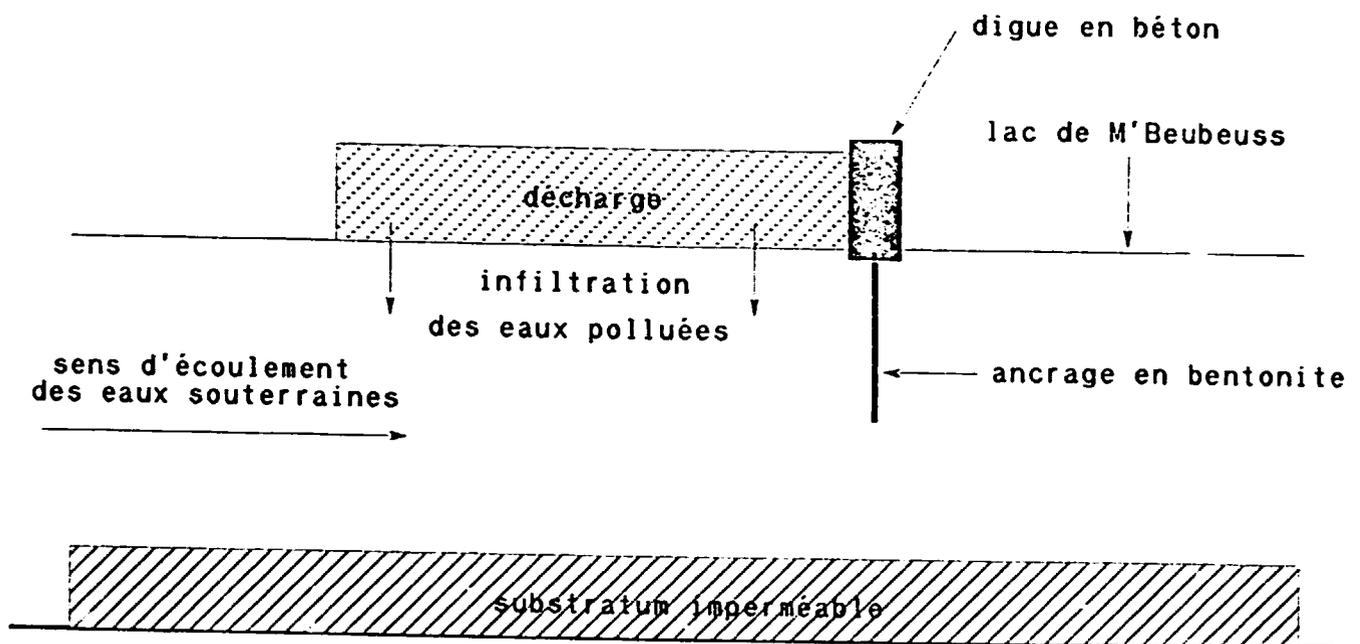
Présentation des installations de captage et d'élimination du biogaz de décharge



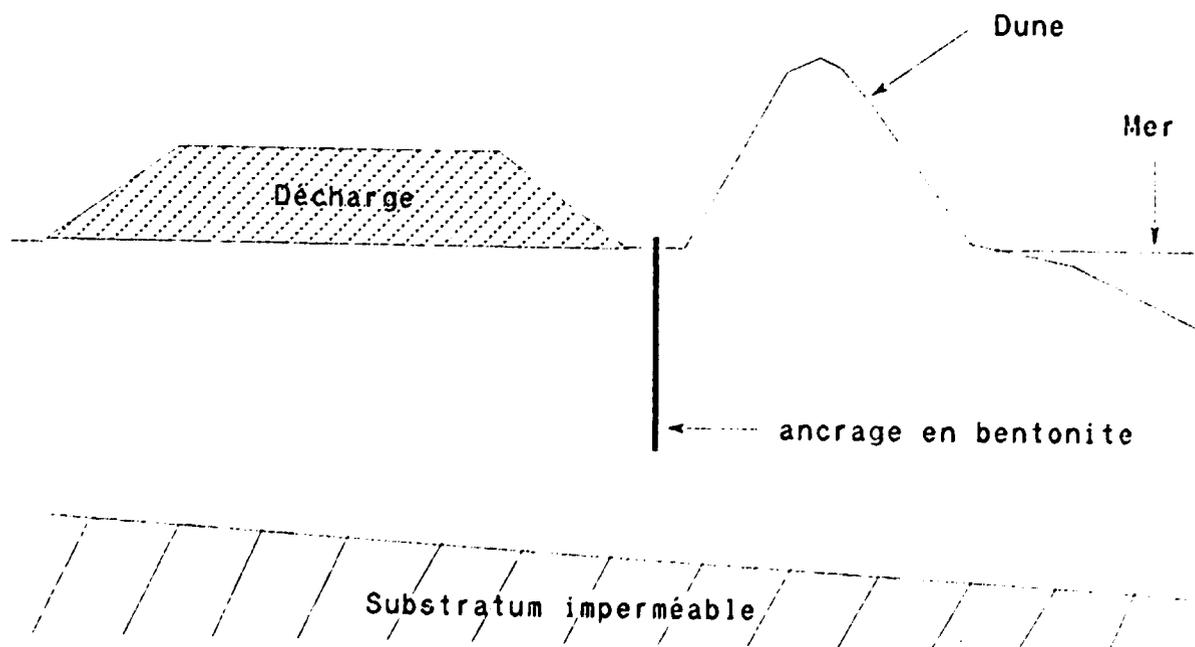
Buses perforées sur une décharge en cours d'exploitation

Protection du site de M'BEUBEUSS
Principe de confinement partiel de la décharge

1 - Protection du lac



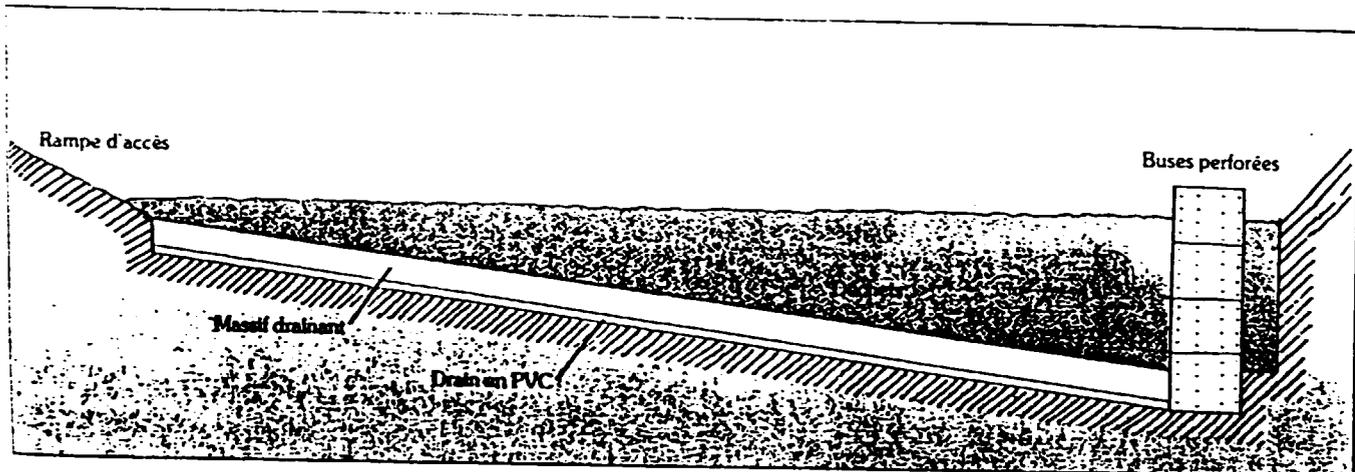
2 - Protection de la zone dunaire



COLLECTE DES EAUX DE PERCOLATION

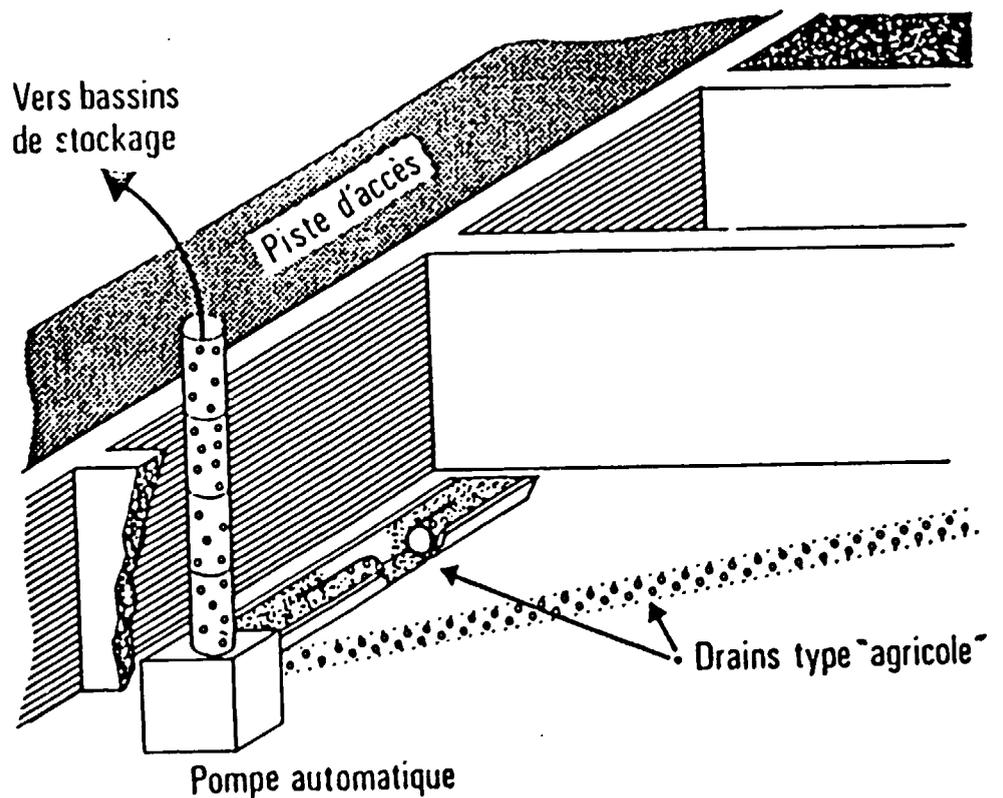
SCHEMAS DE PRINCIPES

Schéma A



Drainage des eaux de percolation en site étanche

Schéma B



Sources :

- Schéma A : Cahiers techniques N° 6 - Ministère de l'Environnement
- Schéma B : Techniques Sciences et Méthodes - mars 1989 - page 144

e) Aménagement de l'entrée du site

- mise en place d'une clôture et d'un portail fermant à clef
- création d'un poste de contrôle (éventuellement équipé d'un pont-basculé). Le contrôleur dirigera les déchets vers l'alvéole qui lui est adaptée.
- éventuellement création d'une liste des déchets admissibles et mise en place d'un laboratoire mobile type "Transwork" pour l'analyse des déchets et des eaux de la décharge. Celui-ci pourra être transporté à l'avenir vers la future décharge.

f) Mise en place d'une plate-forme de récupération

La partie située entre l'entrée du site et les zones exploitées pourra être aménagée pour la récupération manuelle des déchets.

Il convient bien entendu d'interdire tout "chiffonnage" sur les zones exploitées. Dans la mesure du possible, les anciens récupérateurs seront intégrés à l'entreprise de récupération en leur conférant un statut social, un équipement minimum (bottes, gants, masques) et une protection médicale.

A terme, les villages de récupérateurs devront disparaître.

Le système de récupération et la réintégration des récupérateurs pourraient s'inspirer d'actions similaires réalisées dans d'autres Pays. (Brésil, Colombie, Maroc, Djibouti).

g) Autres

L'exploitation d'une décharge contrôlée fait appel à de nombreux moyens matériels et techniques. La mise en place d'un schéma d'aménagement et d'exploitation de la décharge de M'BEUBEUSS pourra s'inspirer, en plus des propositions données ci-avant, de la circulaire française du 11 mars 1987 (relative à la mise en décharge contrôlée des résidus urbains), à l'instruction technique du 22 janvier 1980 et à la circulaire du 16 octobre 1984 (relatives à la mise en décharge des déchets industriels).

Ces différents textes réglementaires français sont placés en annexe I.

4.3. PERSPECTIVES

4.3.1. PRESENTATION

Le chapitre 2 - paragraphe 1 (gestion des déchets à DAKAR), bien que sommaire, montre que les flux de déchets ne sont pas toujours bien maîtrisés. Ainsi, 25 % des ordures ménagères ne sont pas collectées, les déchets liquides domestiques sont évacués dans la nature, les déchets liquides industriels sont rejetés à l'état brut en mer, les déchets d'hôpitaux sont mélangés aux ordures ménagères. Plusieurs études ont déjà été réalisées telles que :

- l'étude des systèmes de gestion des déchets et de récupération des ressources dans la zone métropolitaine de Dakar - BCEOM 1986 -
- traitement des déchets urbains au Sénégal - DITT 1985 -

Sans reprendre les conclusions de ces travaux, nous dressons ci-après une liste non exhaustive des études à prendre en compte pour améliorer la gestion des déchets à Dakar.

4.3.2. CREATION D'UNE NOUVELLE DECHARGE

Les textes réglementaires français déjà cités peuvent servir de base aux études à réaliser avant l'ouverture d'une décharge contrôlée. Ce sont en particulier :

- la réalisation d'études géologiques et hydrogéologiques pour évaluer l'aptitude du site à recevoir des déchets
- la réalisation d'une étude d'impact qui analyse :
 - l'état initial du site
 - le projet de décharge contrôlée
 - les effets du projet sur l'environnement
 - les raisons pour lesquelles le projet a été retenu
 - les mesures envisagées pour protéger l'environnement

4.3.3. CONNAISSANCE DE LA PRODUCTION DES DECHETS A DAKAR - (CHOIX DES POSSIBILITES D'ELIMINATION)

La connaissance précise de la composition et de la quantité produite pour chaque type de déchets constitue l'information première à obtenir pour étudier :

- les possibilités de valorisation, récupération recyclage au niveau de la collecte et du pré-traitement des déchets
- les possibilités de traitement
- le flux final à mettre en décharge

Pour la presqu'île du Cap Vert nous proposons de réaliser en priorité :

- une étude de gisement détaillée des déchets industriels, (liquides et solides)
- une étude qualitative et quantitative des ordures ménagères et des déchets liquides domestiques
- une étude du gisement des déchets d'hôpitaux

A partir de telles bases techniques, le choix des différentes filières de valorisation, récupération, traitement et mise en décharge sera plus aisé et devrait assurer la réussite de ces opérations.

Il est bien entendu évident, que chaque étude technique s'accompagne d'une étude financière. Par ailleurs, les aspects réglementaires et organisationnels (en particulier pour les modifications de collecte qu'entraînerait la mise en place d'une usine de récupération, de traitement et d'une nouvelle décharge) jouent un rôle capital dans l'élaboration de tels projets.

4.4. RECOMMANDATIONS SUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT AU SENEGAL

Les différentes investigations réalisées pour l'étude mettent en évidence un manque de gestion rigoureuse de l'Environnement sur la presqu'île du Cap Vert, pôle urbain de l'Afrique de l'Ouest où l'on assiste à une explosion démographique difficilement contrôlable et à une concentration des activités industrielles.

Ainsi, DAKAR fait l'objet d'une agression multiforme (urbanisation massive et anarchique, industrialisation rapide et incontrôlée, tourisme, etc...) qui risque de constituer à terme des contraintes majeures au développement économique et social du pays.

Les conséquences sur l'Environnement sont variées et de cette étude nous retiendrons en particulier :

- Une pollution de la mer, pôle stratégique de l'économie sénégalaise (pêche et tourisme), suite aux rejets directs des effluents industriels et domestiques.
- Une pollution des nappes d'eaux souterraines par infiltration directe des eaux usées domestiques.
- Une pollution du sous-sol par la présence de nombreuses décharges sauvages. Celles-ci font suite à une absence de réglementation en matière d'élimination de déchets solides industriels, à un manque d'ouvrages de collecte et d'élimination des matières de vidange et une collecte incomplète des ordures ménagères.

Le Gouvernement du Sénégal, conscient de cette atteinte à l'Environnement a montré sa volonté politique en la matière en créant la Direction de l'Environnement (Ministère du Tourisme et de la Protection de la Nature) qui a pour objectif de concourir à mettre l'expansion économique du pays au service des populations tout en procurant à celles-ci un environnement qui assure les meilleures conditions de vie possibles.

A titre indicatif, l'étude de la décharge de M'BEUBEUSS agit dans ce sens puisqu'elle va permettre une réintégration sociale des récupérateurs et une amélioration des conditions de vie des maraîchers et des habitants de Malika.

Les objectifs ambitieux du Gouvernement Sénégalais consistent à arriver à réduire, voire supprimer les pollutions et nuisances et d'une manière générale à protéger l'Environnement qui est censé constituer un facteur d'amélioration quantitative et qualitative du secteur productif (recherche de technologies rationnelles et antipolluantes, valorisation des sous-produits industriels, recyclage des déchets).

Malgré les efforts consentis par le Gouvernement, la Direction de l'Environnement peine dans la tâche qui lui est confiée.

La formation du personnel (Techniciens et Ingénieurs) ainsi que l'équipement en matériel de mesures constituent les premiers obstacles au développement des activités de la Direction de l'Environnement.

Nous citerons l'exemple de certaines analyses d'eau et de déchets qui ont dû être réalisées en France faute de moyens adéquats à DAKAR;

Pour que le Gouvernement du Sénégal puisse appliquer sa politique en matière de protection de l'Environnement, nous proposons que soient engagées, dans les meilleurs délais, les principales actions suivantes :

- Enquêtes sur les problèmes de détérioration de l'Environnement au Sénégal
- Etudes d'impacts et de dangers des principales industries polluantes
- Etude des solutions de réduction des nuisances et valorisation des déchets solides et liquides
- Amélioration des structures de la Direction de l'Environnement - Formation du personnel - Equipement en matériel
- Adaptation et mise en place d'un schéma d'application de la réglementation

BIBLIOGRAPHIE

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Analyse des facteurs régissant les contacts eaux douces - eaux salées dans les sables de la presqu'île du Cap Vert 2° campagne 1985 - B.R.G.M. -
- SONEES Tome 1 - Données de base/rapport provisoire mars 1986 Beture-Setame "Renforcement de l'approvisionnement en eau de la région de Dakar"
- "Approvisionnement en eau et assainissement de Dakar et de ses environs" - OMS 1972 - Note de synthèse + Tome 3 - Nappe des sables IV
- "Etude des ressources en eau souterraine du Sénégal" synthèse de la campagne de forages + note synthèse générale (coffret) + rapport campagne générale - BRGM 1989 (B.I.D.)
- "Application des méthodes hydrogéologiques avancées à l'alimentation en eau de Dakar" - BRGM 1970 - (FAD)
"Les nappes de la presqu'île du Cap Vert - leur utilisation pour l'alimentation en eau de Dakar" - BRGM 1970
- "Etude des systèmes de gestion de déchets et de récupération des ressources dans la zone métropolitaine de Dakar" - BCEOM 1986 -
- "Données et informations techniques sur l'élimination des déchets à Dakar" - rapport informel SIAS (P. Souleye Sow) juillet 1990
- Guide technique n° 2 "Guide sur l'élimination des déchets hospitaliers" - Ministère Français de la Solidarité, de la Santé et de la Protection Sociale -
- Cahier technique n° 8 de la Direction et de la Prévention des Pollutions "Guide pour l'élimination et la valorisation des déchets industriels" - Ministère Français de l'Environnement - ANRED 1984 -
- Cahier technique n° 12 de la Direction et de la Prévention des Pollutions "Analyse et caractérisation des déchets industriels" - République Française - Secrétariat d'Etat à l'Environnement et à la Qualité de Vie - ANRED 1984 -
- "Directives de qualité pour l'eau de boisson" 3 volumes - Organisation Mondiale de la Santé 1986
- "Paramètres de la qualité des eaux" - Ministère Français de la Protection de la Nature et de l'Environnement - 1973 -
- "Guide Méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine" - Manuel et méthode n° 19 - BRGM 1989 -
- Code de l'Environnement et des Nuisances - République Française

18867

(2 of 2)

ETUDE DES IMPACTS DE LA DECHARGE
DE M'BEUBEUSS SUR L'ENVIRONNEMENT

PLAN D'ASSAINISSEMENT ET DE
GESTION ECOLOGIQUE DU SITE

ANNEXES AU RAPPORT

LISTE DES ANNEXES

CHAPITRE 1

ANNEXES A :

- A1 - Plan topographique du site au 1/5.000
- A2 - Données météorologiques

ANNEXES B :

- B1 - Extrait de la carte géologique du Niakoul
Rap. 1974
- B2 - Coupes Lithostratigraphiques (1970)
- B3 - Extrait de la carte hydrogéologique de la
presqu'île du Cap Vert
- B4 - Carte piézométrique de la nappe
des sables IV
. juin 1971
. octobre 1971
- B5 - Carte structurale - épaisseur des sables IV
(1970)
- B6 - Carte isobathe du toit des marnes (1972)
- B7 - Pluviométrie et piézométrie des piézomètres
P1 et P3 (1972)
- B8 - Stratigraphie des sables à Malika (1965)
- B9 - Variations piézométriques des forages
à Malika (1965)
- B10 - Variation piézométrique comparée des
forages et du Lac Youi

ANNEXE C : Inventaire des points d'eau et données
piézométriques

ANNEXE D : Prospection géophysique

ANNEXES E : Forage des piézomètres PZ1, PZ2, PZ3

- E1 - Rapport d'exécution du PZ1
- E2 - Rapport d'exécution du PZ2
- E3 - Rapport d'exécution du PZ3

ANNEXE F : Modélisation mathématique

CHAPITRE 2

ANNEXES G :

- G1 - Résultats d'analyse du compost de la décharge
- G2 - Norme Française X 31.210 - septembre 1988 - déchets - essai de lixiviation
- G3 - Résultats d'analyse des points de prélèvements E1, E2, E3, E4, prélèvements complémentaires - Présentation photographique des points de sondage

CHAPITRE 3

ANNEXES H :

- H1 - Tableau comparatif des normes relatives aux eaux de boisson
- H2 - Résultats d'analyse au PZ1
- H3 - Résultats d'analyse au PZ2
- H4 - Résultats d'analyse au PZ3
- H5 - Résultats d'analyse au PZ33
- H6 - Recherche des pesticides et PCB
- H7 - Résultats d'analyses bactériologiques
- H8 - Résultats d'analyses en différents points du site
- H9 - Résultats d'analyses au Lac 1
- H10 - Résultats d'analyses des lixiviats
- H11 - Questionnaires des enquêtes socio-économiques

CHAPITRE 4

ANNEXES I :

- I1 - Circulaire française du 11 mars 1987 relative à la mise en décharge des résidus urbains
- I2 - Instruction technique du 22 janvier 1980 et circulaire du 16 octobre 1984 relatives à la mise en décharge des déchets industriels

ANNEXE A

_ A1 : Plan topographique du site au 1 : 5000

_ A2 : Données météorologiques

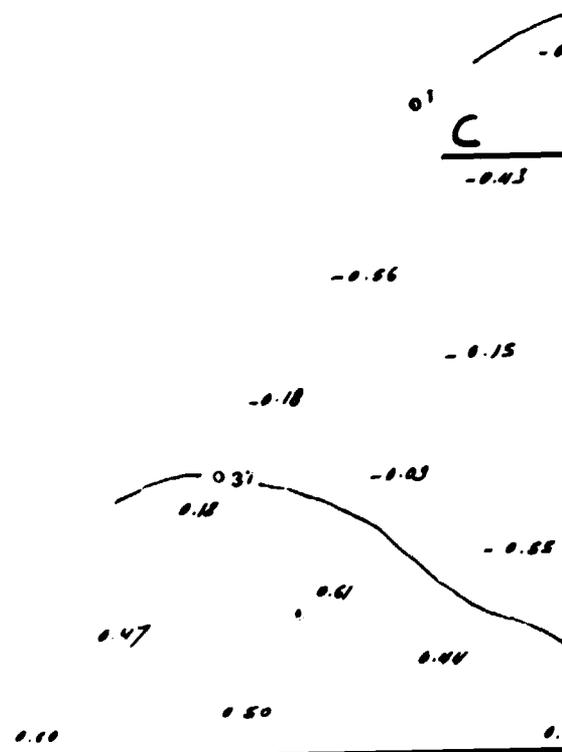


Géomètre Agréé
27 RUE EMILE ZOLA DAKAR

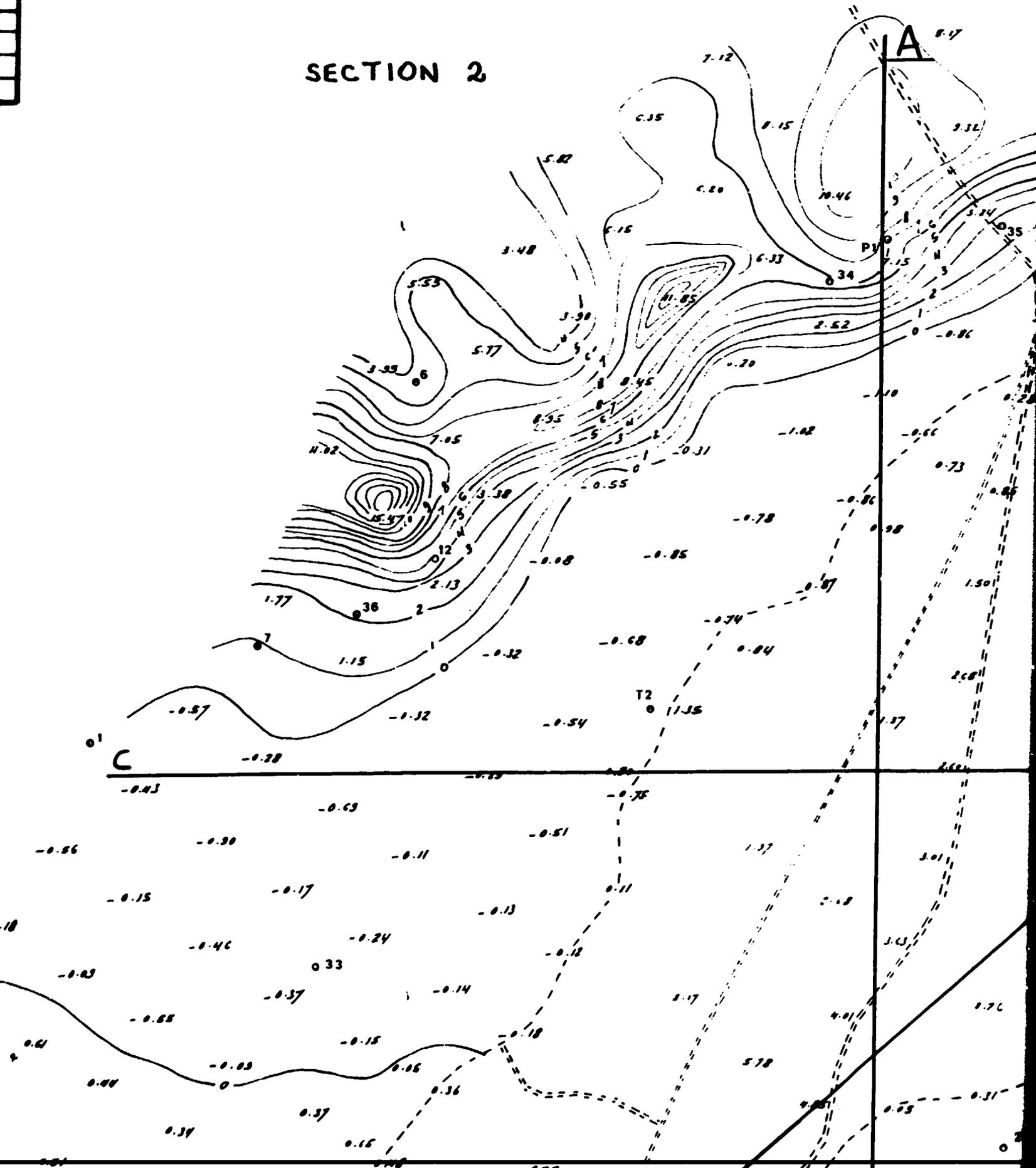
Tel: 221563-213428 B.P. 1080

DESSIN		MBEUBEUSSE		
VERIF.				
DATE	17-7-90			
ECHELLE	1/5000	REV.	DATE	MODIFICATIONS
Nº	3047			

SECTION 1

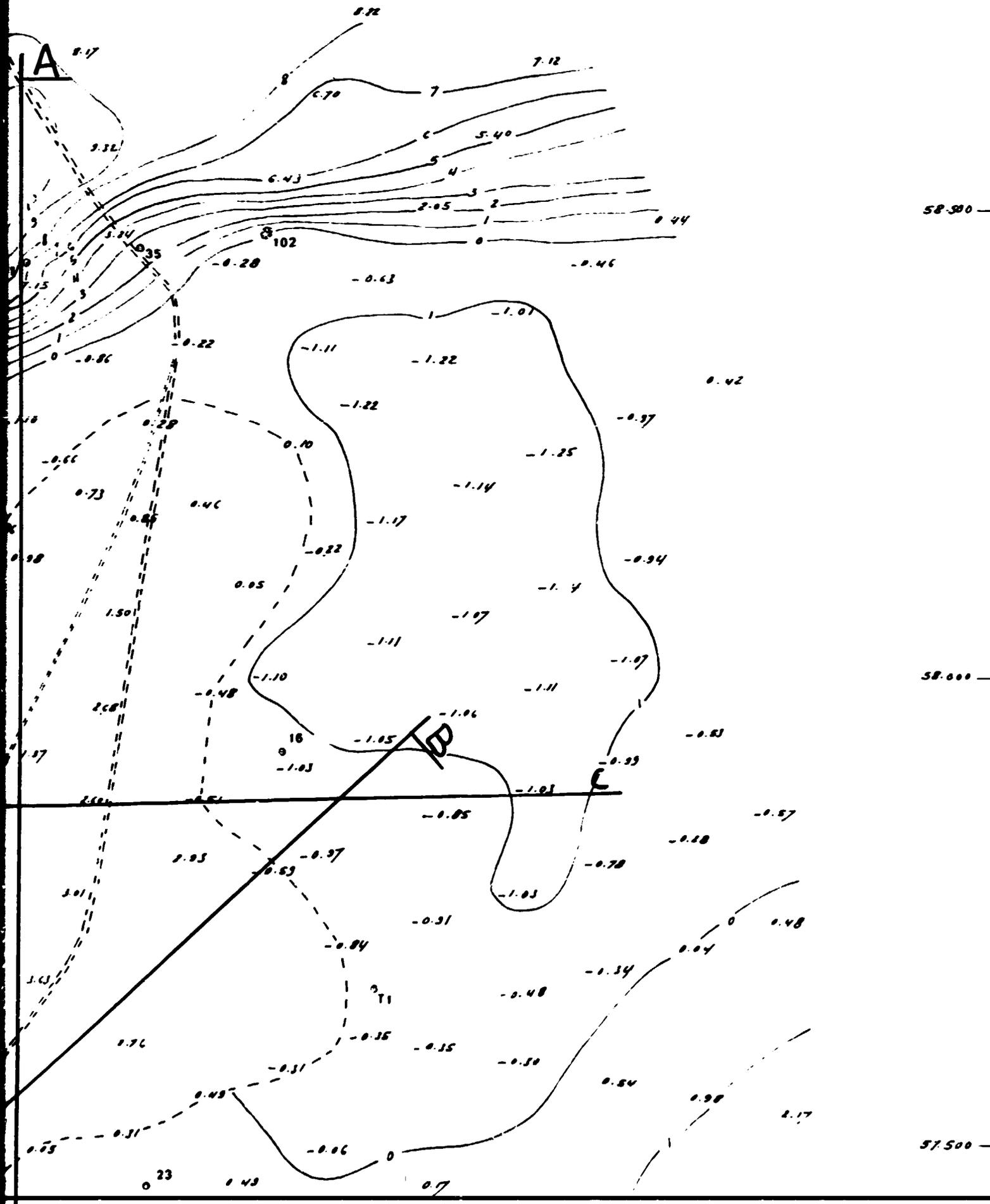


SECTION 2

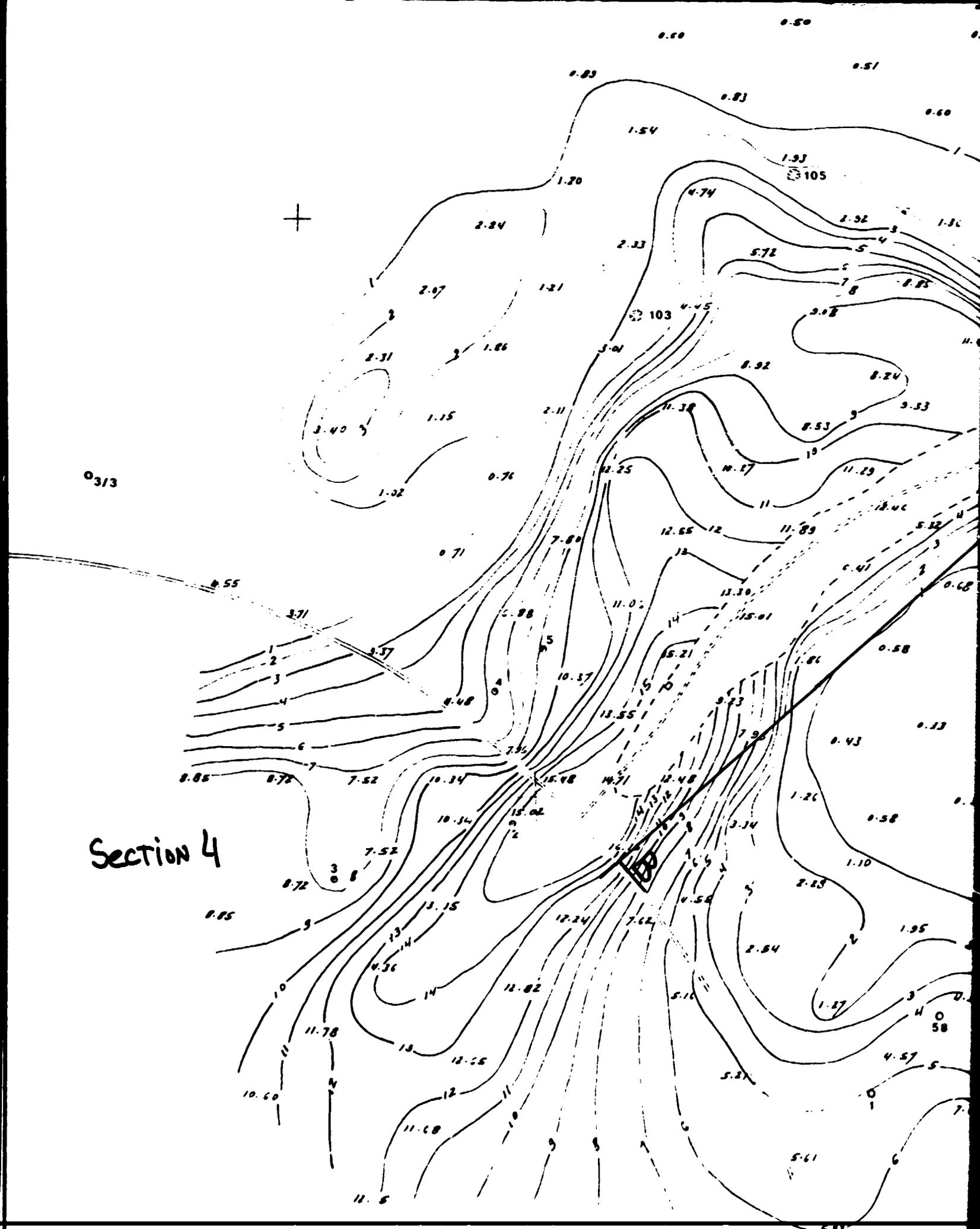


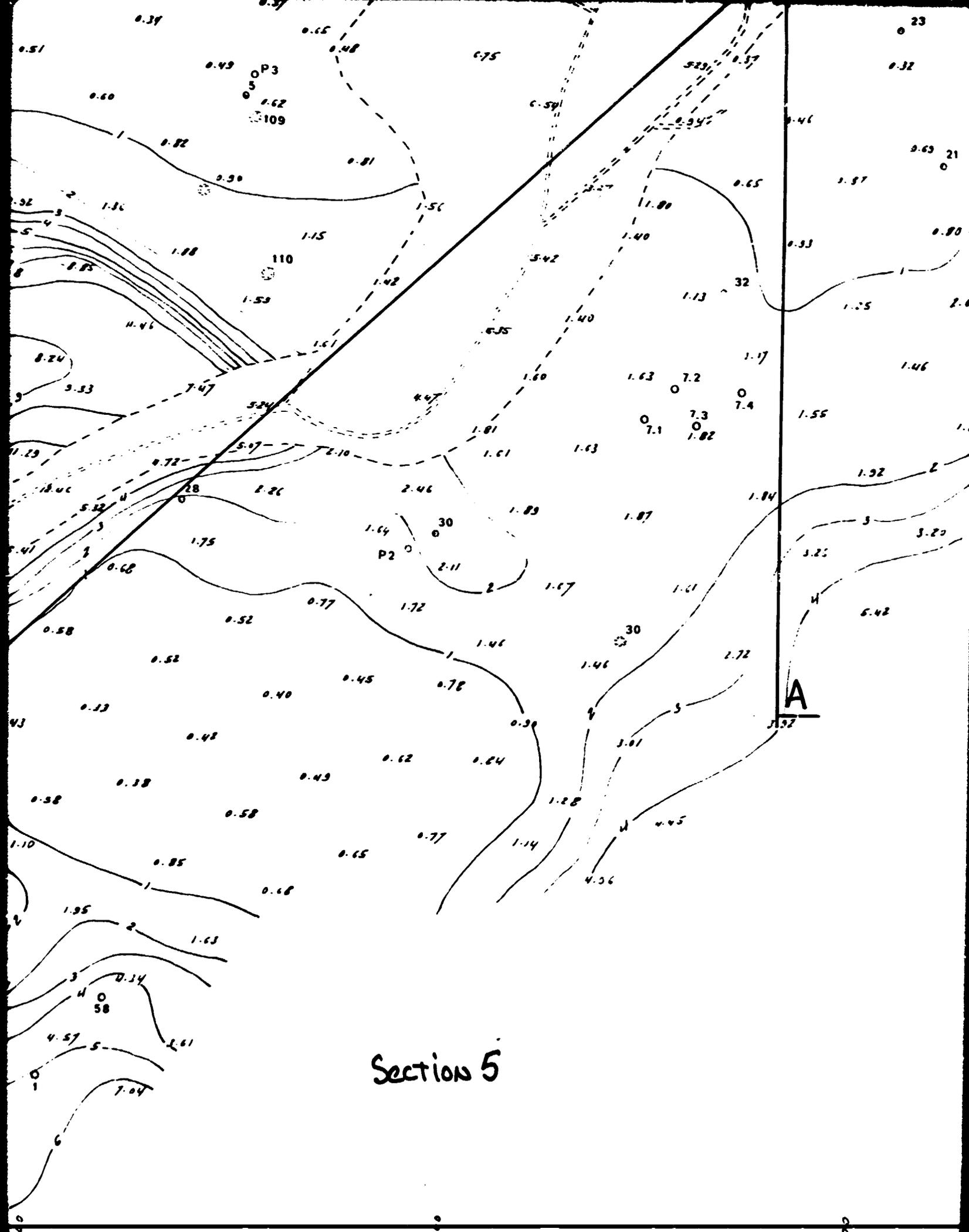
SECTION 3

7.44

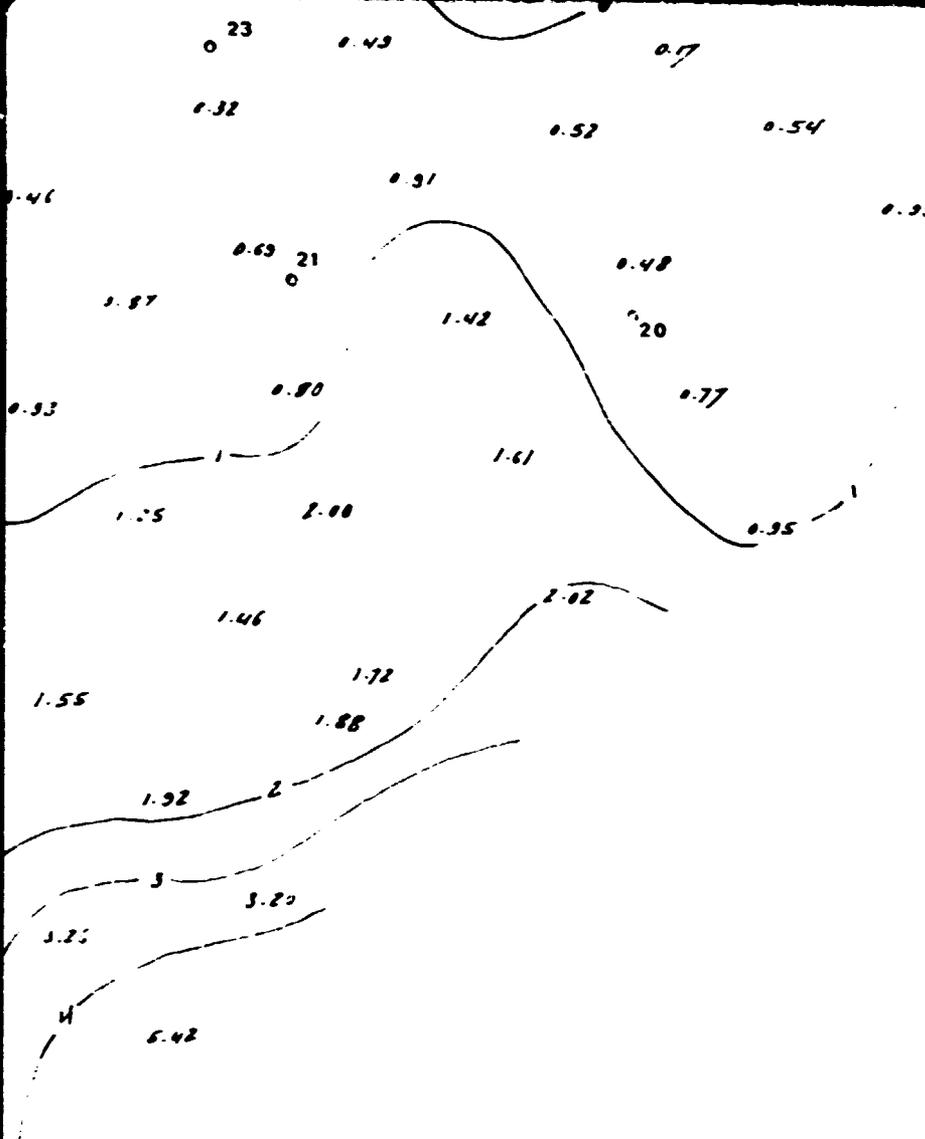


Section 4





Section 5



57.000

56.500

SECTION 6

RELEVES PLUVIOMETRIQUES JOURNALIERS POUR LA SAISON DES PLUIES 1990
STATION DE M'BEUBEUSS (ECOLE CORANIQUE DE MALIKA)

DATE	HAUTEUR (mm)	DATES	HAUTEUR (mm)	DATE	HAUTEUR (mm)	DATE	HAUTEUR (mm)	DATE	HAUTEUR (mm)
16/07	2	5/08	0	25/08	0	14/09	0	4/10	24
17/07	0	6/08	0	26/08	0	15/09	0	5/10	23,6
18/07	0	7/08	7,8	27/08	3,5	16/09	3,5	6/10	25,3
19/07	0	8/08	24	28/08	0	17/09	29,7	7/10	0
20/07	0	9/08	14,2	29/08	0	18/09	0	8/10	0
21/07	0	10/08	0	30/08	0	19/09	0	9/10	0
22/07	0	11/08	0	31/08	0	20/09	12,5	10/10	0
23/07	0	12/08	15	1/09	13,6	21/09	0	11/10	0
24/07	0	13/08	0	2/09	0	22/09	0	12/10	0
25/07	0,4	14/08	1,2	3/09	0	23/09	0	13/10	0
26/07	0	15/08	0	4/09	20,2	24/09	0	14/10	0
27/07	0	16/08	0	5/09	0	25/09	0	15/10	0
28/07	0	17/08	0	6/09	0	26/09	0	TOTALS	
29/07	0	18/08	15,4	7/09	0	27/09	26,7			JUILLET	31,5
30/07	26	19/08	0	8/09	0	28/09	0	AOUT	97
31/07	2,1	20/08	0	9/09	0	29/09	0	SEPTEMBRE	122,28
1/08	0	21/08	4,6	10/09	16,8	30/09	0	OCTOBRE	72,9
2/08	0	22/08	0	11/09	0	1/10	0	NOVEMBRE	0
3/08	0	23/08	6,1	12/09	0	2/10	0	DECEMBRE	0
4/08	5,2	24/08	0	13/09	0	3/10	0	TOTAL GENERAL	323,68

SENEGAL

PÉRIODES	Janv	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Ann.
1951 - 1980	Moyennes mensuelles des températures maximales quotidiennes (en °C) T _m :												
écart type	21,9	24,5	24,7	25	26	28,6	29,8	30	30,3	30,4	29	26,4	27,5
	1,3	1,4	1,5	1,1	1,2	0,9	0,6	0,6	0,5	0,7	1	1,4	0,6
	Maximum absolu de la température :												
Années	35,2	35,5	37,3	37,6	33,8	33,5	33,5	32,7	33,7	35,2	37,8	36,3	37,8
	1955	1961	1969	1952	1969	1963	1963	1966	1979	1973	1977	1974	1977
	Moyennes mensuelles des températures minimales quotidiennes (en °C) T _n :												
écart type	17,4	16,8	17,3	18,3	20	23	24,5	24,6	24,4	24,3	22,4	19,4	21
	1	0,9	0,8	0,8	1,1	1	0,5	0,4	0,4	0,7	1	1,2	0,5
	Minimum absolu de la température :												
Années	12,3	12	14,1	14	16,4	16,9	19,2	19,7	19,1	18,6	16,4	9,8	9,8
	1970	1972	1977	1974	1975	1975	1971	1955	1973	1974	1974	1971	1971
	Températures moyennes mensuelles												
écart type	21,2	20,8	21	21,7	23	25,8	21,1	27,3	27,4	27,4	25,7	23	24,2
	1	1	1,1	0,9	1,1	0,9	0,4	0,4	0,4	0,5	0,9	1,1	0,5
	Hauteurs minimales des précipitations en 24 heures (en mm)												
Années	0	0	0	0	0	0	2,9	20,4	51,8	0	0	0	116
							1966	1968	1979				1972
	Hauteurs moyennes mensuelles des précipitations en mm												
	1,9	1,3	0	0	0,9	9,9	83,5	184,8	156,4	43,6	2,5	2,6	459,5
	Hauteur maximale des précipitations en 24 heures (en mm.) :												
Années	50,5	20,3		1,3	15,5	75,9	272,5	493,1	365,3	250	22,4	58,1	901
	1979	1954		1952	1951	1975	1955	1958	1967	1951	1959	1956	1951
	Nombres moyens mensuels de jours avec précipitations (RR ≥ 0,1 mm) :												
	0,4	0,5	0	0	0,2	2	7,9	13,8	11,7	4,2	0,3	0,5	41,4
	Durées moyennes mensuelles de l'insolation, en heures :												
écart type	8,3	9	9,5	10,1	9,8	8,7	7,5	6,9	7,4	8,3	8,5	7,8	8,5
	0,9	1	0,6	0,5	0,5	5	0,7	1	0,6	0,9	0,7	0,9	0,3
	Moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air, en %. (8 valeurs quotidiennes) :												
écart type	7	7,4	7,7	7,8	7,8	7,7	15,4	8	8,1	7,9	7,4	6,8	7,7
	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3
	Moyennes mensuelles des valeurs maximales quotidiennes de l'humidité relative en % :												
écart type	9,1	9,3	9,4	9,3	9	8,9	8,8	9	9,3	9,2	9,2	8,9	9,2
	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2
	Moyennes mensuelles des valeurs minimales quotidiennes de l'humidité relative en % :												
écart type	5	5,5	5,9	6,3	6,6	6,5	6,6	6,9	6,9	6,5	5,5	4,7	6,1
	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,8	0,8	0,3
	Vitesse maximale instantanée du vent, en mille												
degrés	478	521	495	606	484	311	258	199	178	247	400	457	606
	20/40	0	0	0	0	340	320	320	0	340	0	20	0
	Vitesse moyenne du vent, en mille												
degrés	336	305	374	445	393	242	207	156	139	175	275	350	445
	20/40	0	0	0	0	340	320	320	0	340	0	20	0
	Nombres moyens mensuels de jours de :												
1951 - 1960													
Orage aux environs	0,5	0,3	0,1	0,1	0,9	4,3	7,3	8,2	11	8,4	0,9	0,4	42,4
Orage à la station	0,6	0,1	0	0,1	0,1	2,3	6,3	8,7	11,6	5,1	0,3	0	35,2
Pluie 10 m/m	^	0,2	0	0	0,1	0,3	3,4	6,8	5,3	1,3	0,4	0,2	18,0
Pluie 0,1 m/m	0,4	0,4	0,1	0,1	0,3	2,4	8,9	15,3	12,6	4,3	0,8	0,4	46,0

pluviométrie en millimètre et direction

CLIMATOLOGIE

DAKAR V. N.

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
1980													
HAUTEUR	00	08	00	00	00	02	25.7	109.9	220.7	138	tr	07	377.8
Nombre de jours	0	2	0	0	0	1	3	9	11	1	0	2	59
1981													
HAUTEUR	3.5	00	00	00	tr	23.5	72.1	175.4	53.1	10.6	00	00	338.2
Nombre de jours	2	0	0	0	0	2	10	13	6	2	0	0	35
1982													
HAUTEUR	TR	TR	00	00	0.3	tr	106.7	114.5	168	13.2	tr	tr	309.5
Nombre de jours	0	0	0	0	1	0	5	13	6	3	0	0	28
1983													
HAUTEUR	00	tr	tr	00	tr	10.0	0.4	81.6	62.9	00	00	tr	154.9
Nombre de jours	0	0	0	0	0	1	1	8	7	0	0	0	17
1984													
HAUTEUR	00	00	tr	00	tr	7.7	18.8	69.9	133.5	4.5	00	00	234.4
Nombre de jours	0	0	0	0	0	4	5	5	8	2	0	0	24
1985													
HAUTEUR	1.0	00	0.2	00	00	13.5	72.4	266.1	163.9	15.5	00	0.5	503.1
Nombre de jours	3	0	1	0	0	2	7	10	12	1	0	2	38
1986													
HAUTEUR	tr	1.9	0.4	tr	tr	00	23.5	95.0	200.6	8.4	tr	00	389.8
Nombre de jours	0	2	1	0	0	0	1	10	16	1	0	0	31
1987													
HAUTEUR	00	tr	00	00	00	3.7	53.8	247.3	118.8	19.4	00	00	443.0
Nombre de jours	0	0	0	0	0	1	5	9	14	3	0	0	30
1988													
HAUTEUR	0.4	10.5	.	.	.	18.9	9.6	204.9	205.3	23.0	tr	0.1	472.7
Nombre de jours	1	2	.	.	.	1	4	18	13	1	.	1	41
1989													
HAUTEUR	tr	tr	.	.	.	27.1	86.2	338.9	92.2	4.4	1.1	.	549.1
Nombre de jours	.	.	.	.	.	5	7	12	8	2	2	.	36

ASECNA

Exploitation Météorologique

DAKAR-YOFF

Moyennes mensuelles des températures $\frac{T_x + T_n}{2}$
(en degrés celsius et dixièmes)

	JANV	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOYENNES
1971	21.5	20.2	20.1	20.5	21.6	24.3	26.4	26.9	27.6	28.3	25.1	22.1	23.7
1972	20.7	19.3	19.2	20.2	21.2	25.2	26.7	27.7	27.7	28.1	25.3	21.7	23.6
1973	20.5	20.2	21.0	21.8	23.0	27.0	26.7	26.7	27.0	27.2	26.4	23.0	24.3
1974	21.1	20.8	18.7	20.1	21.8	24.3	26.8	27.0	27.0	26.5	24.5	23.0	23.5
1975	21.7	20.3	20.9	20.4	21.0	24.4	26.2	27.1	26.5	27.5	24.5	22.8	23.6
1976	20.6	19.3	19.6	21.0	21.0	25.1	27.0	27.5	27.4	26.5	25.1	20.5	23.4
1977	19.9	20.3	22.3	22.8	22.6	25.5	27.4	27.5	27.6	27.6	26.0	23.5	24.4
1978	21.6	21.1	21.7	21.4	23.8	26.7	27.3	27.3	27.2	27.8	26.6	23.5	24.6
1979	21.5	22.1	20.7	22.2	23.1	26.7	27.2	27.4	27.9	28.0	26.5	24.9	24.9
1980	21.3	21.5	20.9	22.7	22.5	24.9	26.7	27.3	27.2	26.3	25.1	23.0	24.2
Moyenne 1971-80	21.0	20.5	20.5	21.3	22.2	25.4	26.5	27.2	27.2	27.4	25.0	22.0	24.0
1981	21.9	19.8	22.6	21.8	23.2	25.9	27.2	27.5	27.8	28.0	27.4	24.6	24.8
1982	22.0	19.9	21.4	21.3	21.9	25.0	27.0	27.0	27.8	27.6	26.1	21.6	24.4
1983	22.0	22.7	23.1	22.1	22.6	26.5	27.9	27.9	27.9	28.6	27.0	23.8	25.2
1984	20.1	22.1	20.8	21.9	23.9	26.3	27.2	27.9	27.5	27.4	25.7	22.2	24.4
1985	19.1	20.7	20.4	20.7	21.4	24.8	26.9	27.2	27.2	27.7	25.1	23.4	23.7
1986	18.7	19.8	20.3	21.8	23.2	24.9	27.1	27.3	27.0	27.6	25.1	22.4	23.8
1987	21.1	20.6	22.5	23.7	24.6	24.5	27.7	27.9	27.5	27.6	26.3	23.8	24.0
1988	22.2	19.7	22.1	22.3	23.7	26.5	27.4	27.8	27.8	26.9	25.9	22.6	24.2
1989	21.0	21.1	20.8	20.2	23.2	26.7	27.3	27.0	27.5	27.6	26.0	24.0	24.1

ASECNA

Exploitation Météorologique

DAKAR-YOFF

Moyennes mensuelles de l'insolation en heures
et dixièmes

	JANV	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	MOYENNES
1971	92	96	97	100	99	91	80	66	83	88	85	85	88
1972	82	98	87	96	96	89	89	86	83	86	82	88	88
1973	94	90	92	100	93	83	80	70	82	85	84	96	87
1974	96	xx	95	106	104	85	71	71	73	96	83	66	xx
1975	86	99	97	103	106	91	58	75	70	89	91	89	88
1976	79	89	91	96	102	96	80	83	72	89	82	70	86
1977	88	94	81	102	99	88	81	87	74	93	94	67	87
1978	85	96	94	104	99	87	74	80	81	89	77	74	86
1979	77	104	87	94	93	82	84	79	84	91	89	75	86
1980	92	87	95	99	103	80	74	71	71	88	85	67	84
Moyenne 1971-1980	87	(85)	92	100	99	87	77	77	77	83	85	75	86
1981	95	74	95	94	81	91	66	77	73	86	80	67	78
1982	86	76	86	93	81	76	80	58	71	77	68	62	76
1983	63	90	76	81	62	67	81	74	78	96	86	72	76
1984	75	78	93	92	86	74	76	85	74	77	87	61	80
1985	60	60	76	92	99	83	68	70	65	82	82	60	75
1986	60	92	88	83	80	75	72	65	67	87	68	56	74
1987	79	83	95	88	63	79	74	68	62	88	83	85	76
1988	75	59	93	94	95	81	66	69	70	82	91	72	80
1989	76	65	80	96	90	72	69	67	75	78	66	82	70

LATITUDE : 14x 44 N LONGITUDE : 17x 36 E ALTITUDE : 24 METRES

EVAPOTRANSPIRATIONS DECADEILES

ANNEES		JANV	FEVR	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTOB	NOV	DEC	TOTAL
1968	1	38.9	36.9	38.7	44.3	50.2	47.9	52.6	54.3	40.5	44.0	43.0	40.5	
	2	26.4	37.4	44.7	44.1	48.4	47.0	48.6	55.1	45.5	44.6	47.5	41.6	
	3	41.9	29.6	40.6	40.2	52.1	47.2	55.4	60.9	49.9	57.7	56.0	45.3	
	MOIS	107.2	103.9	132.0	136.6	150.7	142.9	156.6	170.3	143.9	147.1	127.3	125.4	1643.9
1969	1	31.4	44.8	44.0	53.3	57.8	55.3	50.5	51.3	44.3	50.1	50.8	44.1	
	2	20.4	37.4	50.4	64.1	54.9	54.8	51.2	45.2	48.0	48.1	50.8	44.1	
	3	50.2	33.9	53.9	59.5	60.2	58.2	52.0	55.4	49.5	50.5	42.2	45.7	
	MOIS	110.0	116.1	148.3	176.9	172.9	168.3	153.7	151.9	141.8	140.7	135.0	133.4	1757.0
1970	1	37.9	43.1	48.8	48.4	50.0	55.3	56.3	54.2	53.6	52.1	41.0	42.7	
	2	32.0	40.2	53.9	58.4	50.1	54.0	58.7	46.4	52.9	53.4	43.3	60.8	
	3	50.2	39.7	55.4	55.7	57.6	54.3	59.1	56.1	49.3	52.1	42.9	47.0	
	MOIS	120.1	123.0	158.1	162.5	157.7	163.6	174.1	156.7	155.0	157.6	128.0	150.5	1807.7
1971	1	35.6	42.7	44.1	46.9	53.0	49.7	53.1	47.1	53.1	55.3	43.4	39.5	
	2	33.5	41.3	42.7	47.3	53.1	49.9	49.6	49.7	45.4	46.9	51.0	43.9	
	3	43.4	32.3	47.1	50.6	55.5	53.6	59.9	46.5	49.5	56.0	42.9	40.0	
	MOIS	112.5	116.3	133.9	144.8	161.6	153.2	162.6	143.3	148.0	158.2	138.1	131.4	1703.9
1972	1	40.0	41.1	43.7	48.5	55.7	48.4	54.8	57.9	55.5	51.3	51.4	44.4	
	2	38.6	44.7	44.1	50.1	50.2	56.9	56.7	56.3	47.3	50.1	46.5	42.5	
	3	46.1	34.0	58.6	50.8	52.3	53.7	61.5	63.2	57.3	58.3	49.1	46.4	
	MOIS	124.7	119.8	146.4	149.4	158.2	159.0	173.0	177.4	160.1	159.7	147.0	133.3	1800.0
1973	1	43.5	41.3	54.9	56.8	40.9	56.5	52.5	42.3	47.1	54.5	53.9	60.0	
	2	38.3	46.4	45.6	57.9	50.7	55.9	55.9	48.4	47.0	47.9	40.9	54.5	
	3	50.9	44.9	57.2	52.0	60.2	57.7	55.9	50.3	51.8	56.0	61.1	43.0	
	MOIS	132.7	132.6	157.7	166.7	159.8	170.1	164.3	141.0	146.7	158.4	163.9	158.3	1052.2
1974	1	49.6	49.1	45.4	48.3	50.8	46.2	55.8	52.4	45.9	53.4	52.1	41.8	
	2	40.9	53.0	56.5	54.2	51.0	51.1	51.9	54.1	49.9	55.4	44.9	47.2	
	3	57.6	30.3	55.6	55.2	56.5	52.7	54.6	44.6	49.0	53.0	47.2	53.0	
	MOIS	148.1	132.4	157.5	157.7	158.3	150.5	147.3	151.1	144.0	162.6	146.2	142.0	1611.0

123

ALTITUDE : 14x 44 N LONGITUDE : 17x 30 L ALTITUDE : 24 Metres
 EVAPOTRANSPIRATIONS DECADEAIRES

ANNEES	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTOR	NOV	DEC	TOTAL
1975	1 45.8	45.4	53.8	54.9	56.1	51.1	51.5	51.1	48.1	51.3	51.7	44.5	
	2 38.0	50.2	50.3	51.8	52.5	53.5	47.9	55.0	45.1	45.9	45.4	46.8	
	3 59.0	34.4	53.3	51.9	55.1	57.8	46.4	54.3	45.7	54.3	52.3	48.0	
MOIS	142.8	130.0	157.4	158.6	163.7	162.4	145.0	161.2	138.9	151.5	149.4	139.3	1801.0
1976	1 45.9	40.2	45.0	50.9	55.6	54.6	53.7	57.3	51.8	44.0	48.0	42.0	
	2 40.2	42.0	45.6	50.6	52.8	55.1	50.7	51.6	46.5	51.1	41.8	33.7	
	3 51.8	40.9	57.5	53.8	57.6	58.6	64.0	55.1	42.9	55.6	53.5	34.0	
MOIS	137.9	123.1	148.1	155.3	166.0	168.3	168.4	164.0	141.2	150.7	143.3	109.7	1776.0
1977	1 34.9	52.6	61.7	52.6	54.6	52.1	57.6	62.7	47.3	54.9	48.8	40.3	
	2 32.9	48.5	50.5	57.8	53.2	55.5	57.3	53.4	47.8	53.6	50.7	37.2	
	3 49.4	42.2	55.6	55.8	59.1	57.8	61.7	65.9	47.9	55.5	46.2	43.1	
MOIS	117.2	143.3	167.8	166.2	166.9	165.4	167.3	182.0	143.0	164.0	145.7	120.6	1850.7
1978	1 44.3	36.9	49.1	47.9	57.3	51.8	52.1	45.6	52.8	54.9	52.6	45.9	
	2 30.1	43.5	52.9	52.3	56.9	61.9	54.1	50.6	50.0	51.9	56.0	46.8	
	3 54.3	34.0	55.9	53.6	63.7	57.9	61.1	54.1	48.1	57.4	49.3	44.4	
MOIS	128.7	115.2	157.9	153.8	177.9	171.6	167.3	158.3	150.9	164.2	157.9	137.1	1840.8
1979	1 43.0	50.1	53.3	60.6	44.9	53.1	59.0	56.0	49.9	53.8	53.1	49.1	
	2 24.6	50.6	44.5	47.3	57.0	53.1	52.8	57.3	53.8	52.4	53.9	54.8	
	3 45.7	46.2	56.4	57.9	59.4	56.8	60.2	50.7	55.3	60.7	48.0	54.9	
MOIS	113.3	146.9	154.2	165.8	161.3	163.0	172.0	164.0	159.0	166.9	155.0	158.6	1880.2
2000	1 39.6	48.5	46.8	58.1	53.9	47.6	51.9	50.5	45.0	51.8	44.5	45.6	
	2 37.5	50.1	45.8	55.4	54.3	52.8	56.3	52.8	49.4	49.2	49.4	49.0	
	3 45.4	38.1	62.1	53.9	56.8	55.1	60.7	58.3	48.3	50.6	66.3	53.6	
MOIS	122.5	136.7	154.7	167.4	164.2	155.5	168.9	161.3	142.7	151.6	160.2	148.8	1813.7
2011	1 52.5	40.0	50.3	58.9	52.8	53.9	51.4	53.9	50.5	55.9	61.8	52.3	
	2 34.8	37.9	55.8	33.6	54.7	55.1	55.2	52.6	47.8	50.7	55.2	53.5	
	3 60.8	59.8	43.5	54.1	57.0	56.5	56.5	58.8	53.8	56.7	62.8	61.3	
MOIS	147.1	137.7	149.6	146.6	164.4	165.5	163.1	165.3	152.1	163.3	179.8	167.1	1880.6

SIC DE 380001 CENTRE APPROXIMÉ ... 01-11-1945 NO: 39352

LITUDE : 14° 44' N LONGITUDE : 17° 30' E ALTITUDE : 24 Metres
 EVAPOTRANSPIRATIONS DECADAIRES

MOIS	JANV	FEBR	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTOB	NOV	DEC	TOTAL
902	1	60.0	37.7	52.4	50.5	54.8	53.2	52.1	49.1	52.0	51.8	49.8	
	2	34.3	43.0	47.1	51.1	50.6	54.7	42.6	49.4	49.8	57.3	45.4	
	3	56.5	35.4	57.3	53.0	52.7	61.8	48.8	50.2	55.7	42.7	44.8	
	MOIS	151.6	116.1	156.8	154.6	153.2	169.7	143.5	148.7	157.5	151.8	140.0	1799.4
983	1	50.9	51.9	54.2	51.5	49.1	55.9	54.2	53.8	53.6	49.6	52.3	
	2	41.1	46.1	48.8	50.3	46.6	53.1	57.2	49.3	52.3	47.6	54.5	
	3	64.0	46.4	58.8	45.1	51.3	62.3	57.6	52.7	58.1	55.1	47.8	
	MOIS	156.0	144.4	161.8	146.9	147.0	177.5	169.0	155.8	164.0	152.3	154.6	1806.3
984	1	35.2	40.1	46.4	53.5	53.3	43.7	38.6	41.0	41.6	55.0	43.9	
	2	33.3	44.7	48.2	55.7	55.1	41.3	40.5	38.6	40.8	47.5	37.3	
	3	43.2	35.1	53.8	55.3	53.7	42.6	45.3	39.3	48.6	46.1	36.0	
	MOIS	111.7	119.9	148.4	164.5	167.2	127.6	124.4	118.9	131.0	148.6	117.2	1642.3
985	1	30.0	35.7	39.2	41.9	58.3	43.2	37.3	39.8	42.1	70.4	44.6	
	2	24.0	43.3	36.4	44.7	56.4	40.9	38.4	37.8	42.0	64.2	40.4	
	3	32.2	28.3	41.5	43.0	61.5	41.6	42.9	39.7	50.1	52.4	37.8	
	MOIS	86.2	107.3	117.1	129.6	176.2	125.7	118.6	117.3	134.2	187.0	122.8	1565.9
986	1	28.7	33.1	33.5	42.2	61.4	43.7	36.0	39.4	42.5	58.2	49.7	
	2	20.6	28.5	33.0	44.5	67.5	25.5	39.2	38.6	41.6	47.1	39.3	
	3	27.5	27.8	40.1	46.2	64.3	42.6	44.4	41.0	46.4	44.9	40.2	
	MOIS	76.8	89.4	106.6	132.9	193.2	111.8	119.6	119.0	130.5	150.2	129.2	1503.1
987	1	41.5	42.7	47.6	50.6	53.6	52.2	50.2	48.2	50.5	51.0	46.2	
	2	33.1	43.7	47.2	52.1	53.6	51.0	50.3	46.8	48.8	49.3	45.9	
	3	48.9	36.5	54.3	52.4	57.2	55.8	53.2	48.4	54.4	48.5	45.2	
	MOIS	123.5	123.0	149.1	155.1	164.3	159.0	153.7	143.5	153.7	148.0	137.3	1771.1

ANNEXE B

- _ B1 : Extrait de la carte géologique de Niakoul Rap _ 1974
- _ B2 : Coupes lithostratigraphiques (1970)
- _ B3 : Extrait de la carte hydrogéologique de la presqu'île du cap-vert
- _ B4 : Carte piézométrique de la nappe des sables quaternaires :
 - juin 1971
 - octobre 1971
- _ B5 : Carte structurale - épaisseur des sables quaternaires (1970)
- _ B6 : Carte isobathe du toit des marnes (1972)
- _ B7 : Pluviométrie et piézométrie des piézomètres P1 et P3 (1972)
- _ B8 : Stratigraphie des sables à Malika (1965)
- _ B9 : Variation piézométrique des forages de Malika (1965)
- _ B10 : Variation piézométrique comparée des forages et du lac Youi

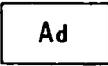
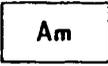
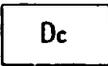
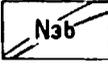
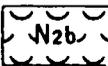
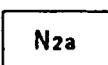
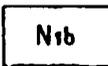
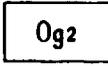
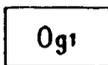
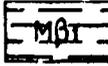
RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL
MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE ET DE L'ARTISANAT
DIRECTION DES MINES ET DE LA GÉOLOGIE

CARTE GÉOLOGIQUE
DE LA PRESQU'ÎLE DU CAP VERT
NIAKOUL RAP

Echelle : 1/20 000

Par le Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Dakar - 1974

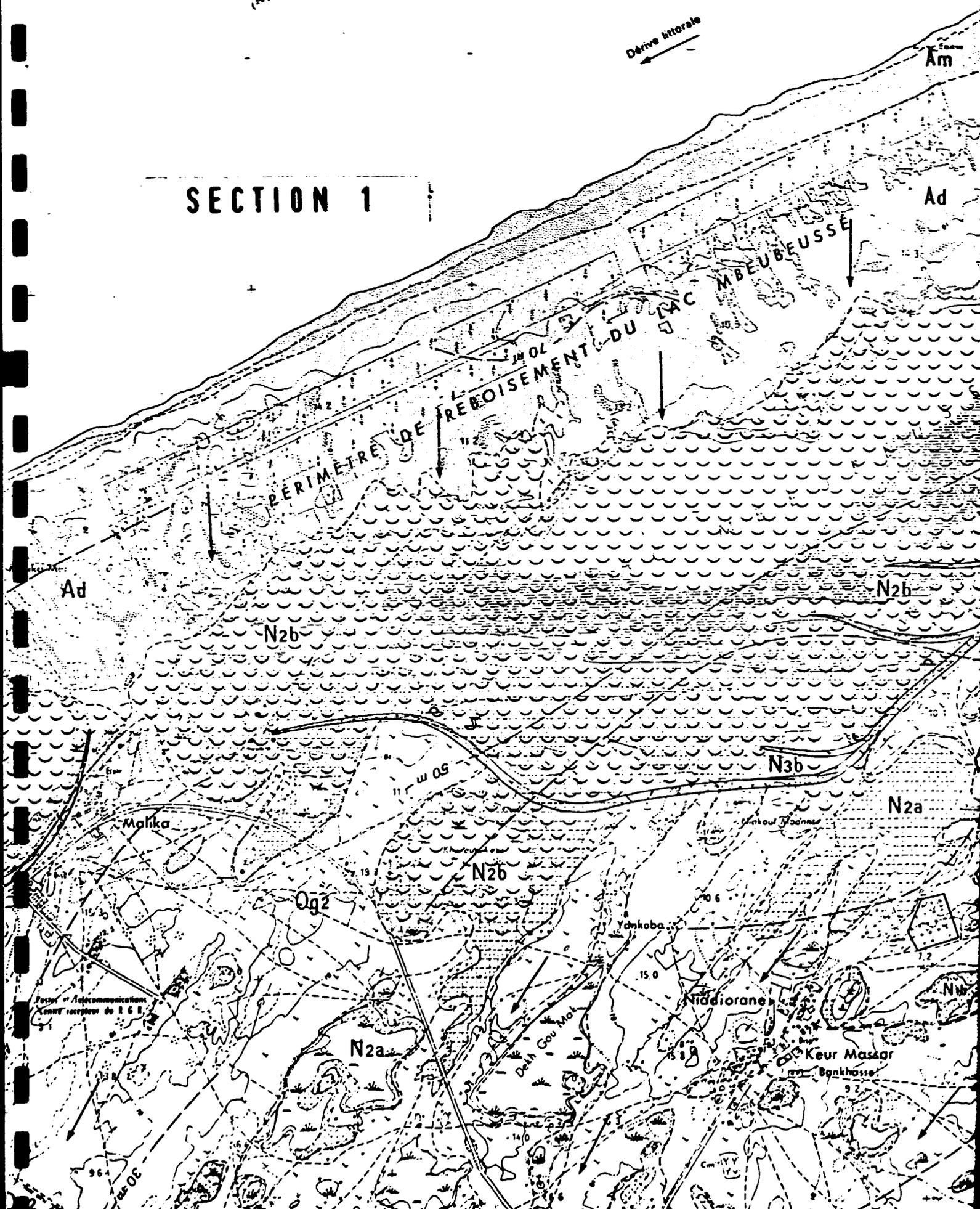
LÉGENDE

CHRONOLOGIE	Epaisseur	LITHOLOGIE — PALÉONTOLOGIE
Actuel	0 - 10 m	 Dunes vives littorales de la côte nord
	0 - 3 m	 Plage actuelle : sable fin blanc à débris coquilliers
Quaternaire récent Transgression marine noubaichotienne (maximum + 3 m) 5000 ans B.P.	0 - 20 m	 Cordon dunaire littoral de Camberène  Kjokkenmøddings d'arches et baobabs reperes
	0 - 20 m	 Cordons marins littoraux coquilliers des anciens golfes : lacs Retba, Mbeubeusse
	0 - 3 m	 Terrasse marine à <i>Arca senilis</i> , <i>Dominia lamarina</i> et <i>Cyprina puer</i>
	0 - 50 m	 Sables marins littoraux indifférenciés Remblaiement des golfes et des vallées par la remontée de la mer
Remontée de la mer 10 000 ans B.P. (mer à - 20 m environ)	0 - 5 m	 Sables humides interdunaires : sols noirs des "nayas" Dépôts lacustres à <i>F. nana</i>
Régression marine (maximum - 100 m) Ogken 20 000 ans B.P. et systèmes dunaires plus anciens, indifférenciés	0 - 50 m	 Erg de Pikme : dunes continentales longitudinales NNE-SSW
		 Erg de Keur Massar et Erg de Bambior : dunes continentales, longitudinales NE-SW
← Nota : Les flèches indiquent la direction des vents dominants		
Mouvements tectoniques et rejeu des failles Vallées fossiles		
TERTIAIRE Eocène (70-40 M.A.)	Miocène (- 25 à - 10 M.A.)	 Tufs volcaniques grenus ou roches volcaniques très altérées, indéterminées, de Niakoul Rap

(20)

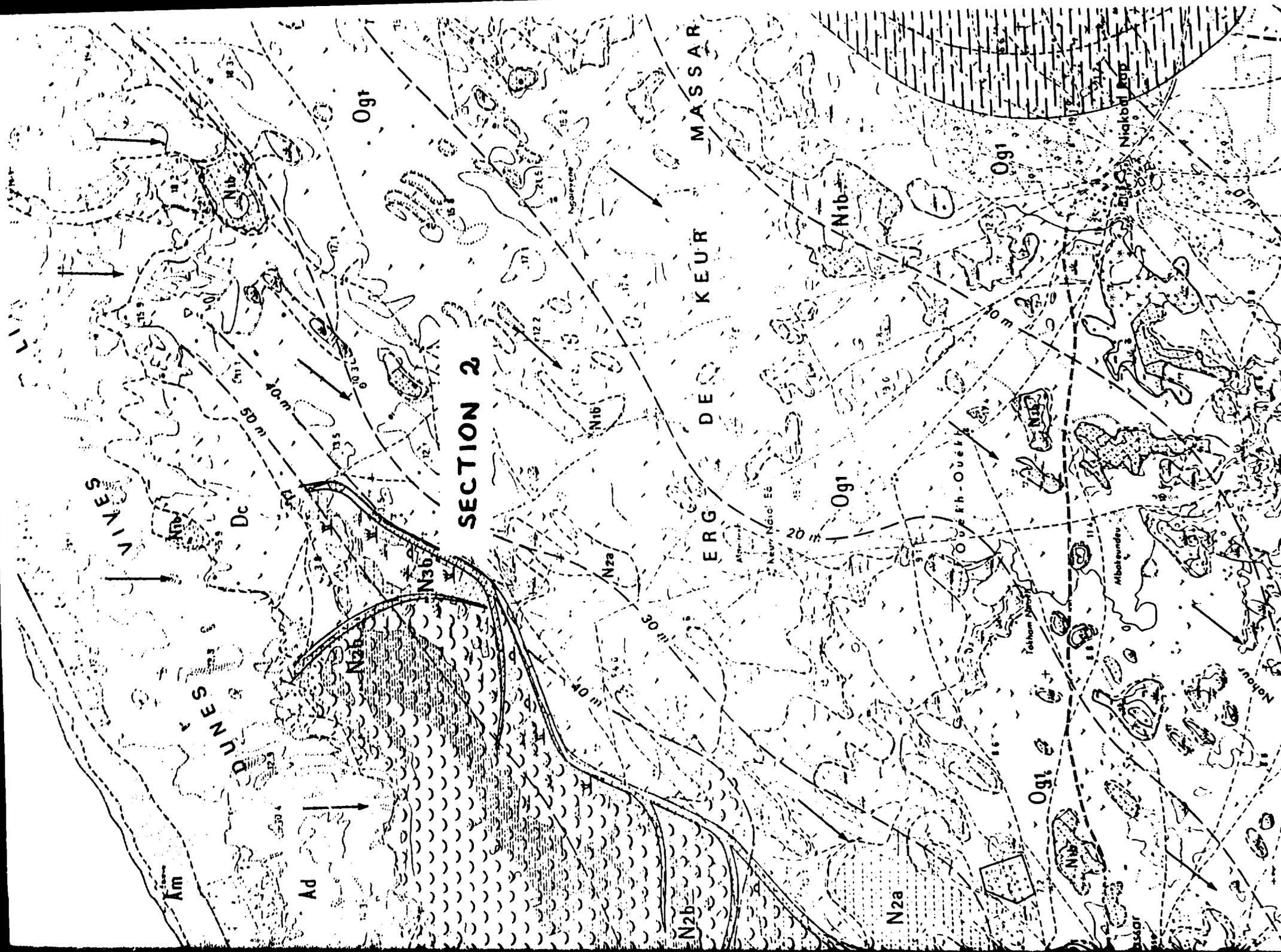
Dérive littorale

SECTION 1

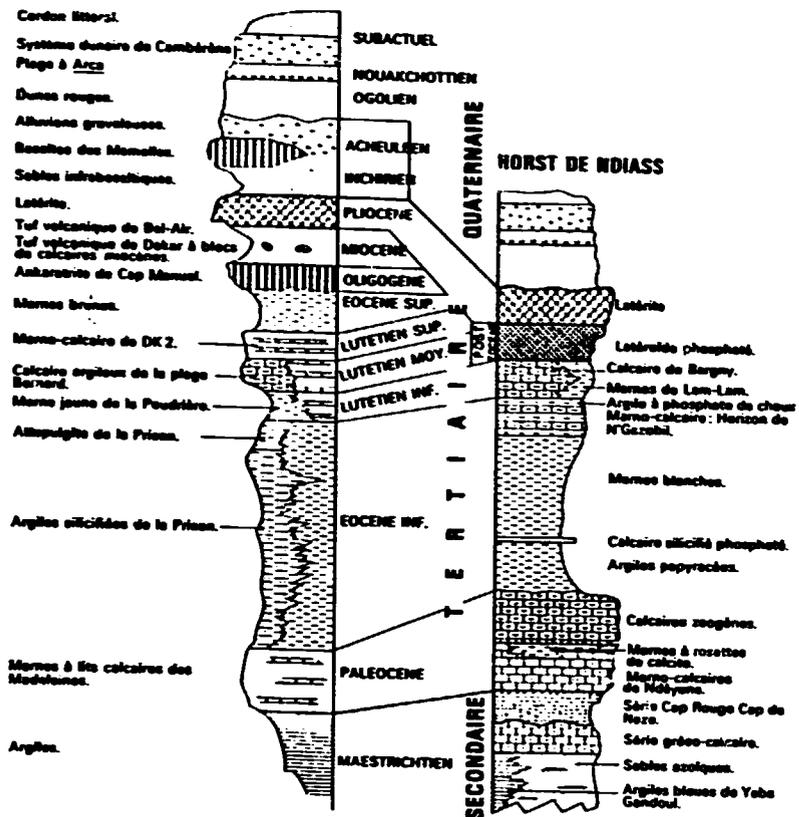


Poste de Télécommunication
Centre receptrice de R.G.B.

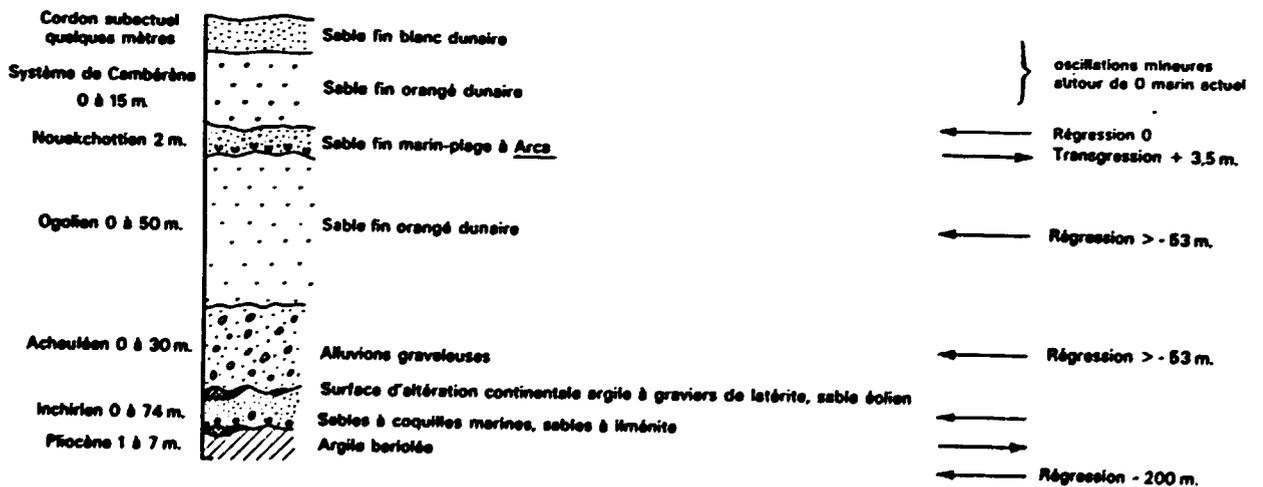
964



PRESQU'ILE DE BAKAR ET HORST DE BAKAR



Echelle stratigraphique



Les formations quaternaires, selon la conception de L. HÉBRARD

Extrait de l'Ouvrage : "Les Nappes de la Presqu'île du Cap-Vert".
Leur utilisation pour l'alimentation en eau de DAKAR.

ECHELLE STRATIGRAPHIQUE DE LA PRESQU'ILE DE DAKAR

LEGENDE
COUPES



LEGENDE
CARTES



Dunes et placages éoliens

Dunes jaunes (cordons littoraux)

Alluvions marines plage à Arca

Dunes rouges

Alluvions graveleuses

Basanites et dolérites des Mamelles, tuf et scories

Sable à coquilles marines

Latérites

Tuf-volcanique de Bal Air, de fann et des Madeleines

Tuf à Lépidocyclines

Ankaratrite du Cap Manuel

Roches basiques d'âge indéterminé postérieures au lutétien inférieur (Dolerites, Basanites, Basaltes)

Marno-calcaire de la plage Bernard Marnes de la poudrière

Argiles de la prison, Limons de l'Hôpital faciès occidental "horst de DAKAR" oriental

Marnes blanches, faciès "horst de Ndiass"

Marno-calcaire des Madeleines

Période historique



1800 BP



Nouakchottien 5000 BP



Ogolien 55 00 BP



"Acheuléen"



Inchirien



Pliocène



Miocène



Eocène moyen



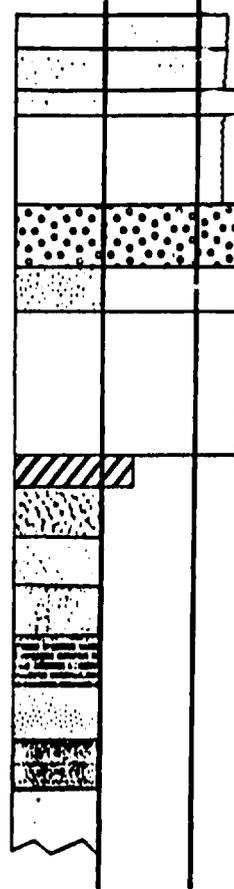
Eocène inférieur



Paléocène



peu ou pas perméable Perméable Très perméable



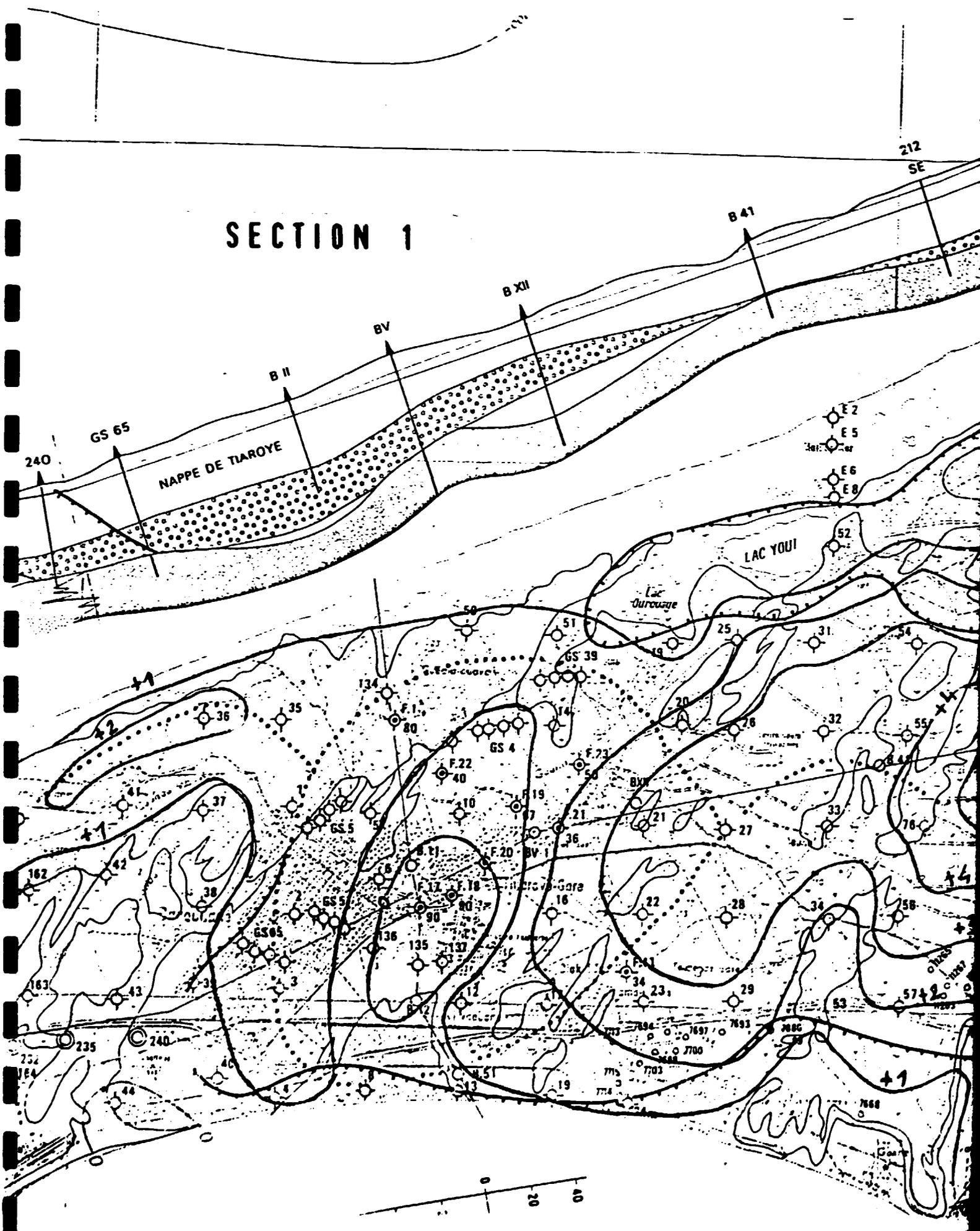
- Faille
- Courbes hydro-isohypses +20
- Courbes hydro-isohypses intercalaires
- Trace d'une coupe hydrogéologique
- Limite d'invasion Salée en profondeur
- Niaye: zone d'affleurement de la nappe
- Cours d'eau saisonnier
- Cours d'eau perenne
- Marécages : émergences diffuses
- Puits avec n° I.R.H. 7823
- Piezomètre
- Piezomètre double
- Sondage de reconnaissance pétrolière
- Sondage d'exploitation F.1 160
- Limite d'extension des basanites et dolérites
- Limite Sud de la nappe sous basaltique
- Limite de bassin versant

Légende de la Carte Hydrogéologique de la Presqu'Ile du Cap-Vert. Feuille Ouest. - Extrait de : "Les Nappes de la Presqu'Ile du Cap-Vert", leur utilisation pour l'alimentation en eau de DAKAR.

A. MARTIN - B.R.G.M.

A. MARTIN - B.R.G.M.

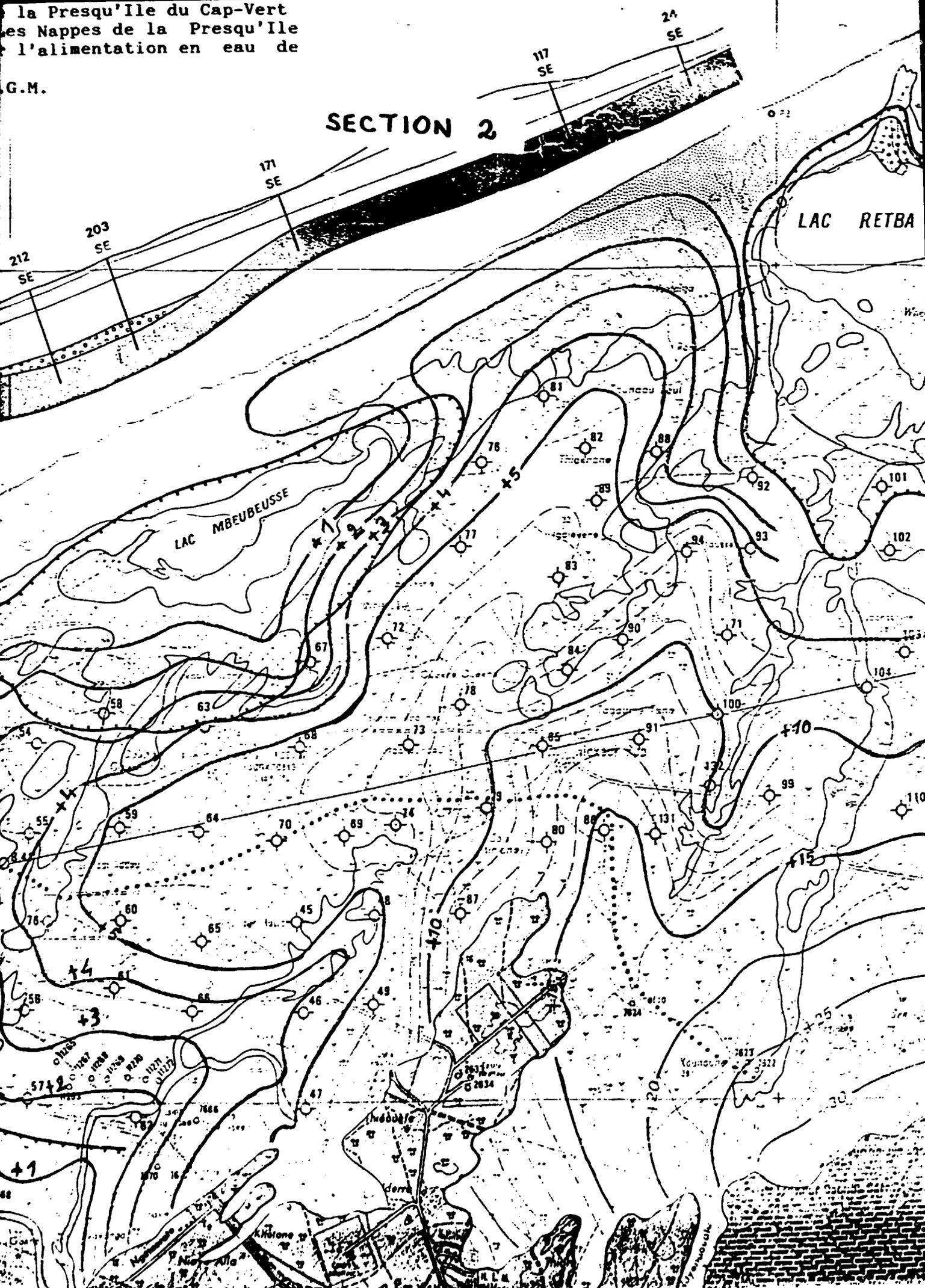
SECTION 1

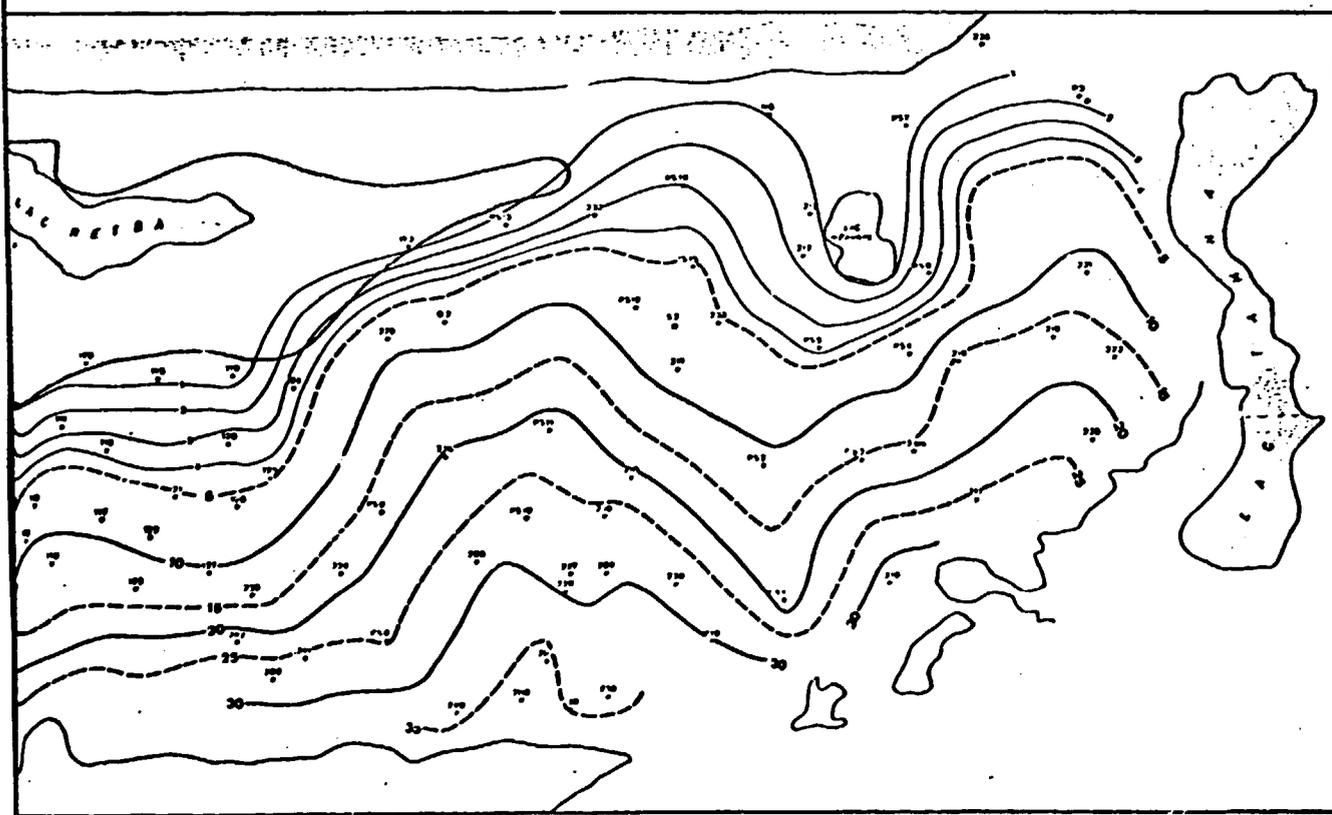
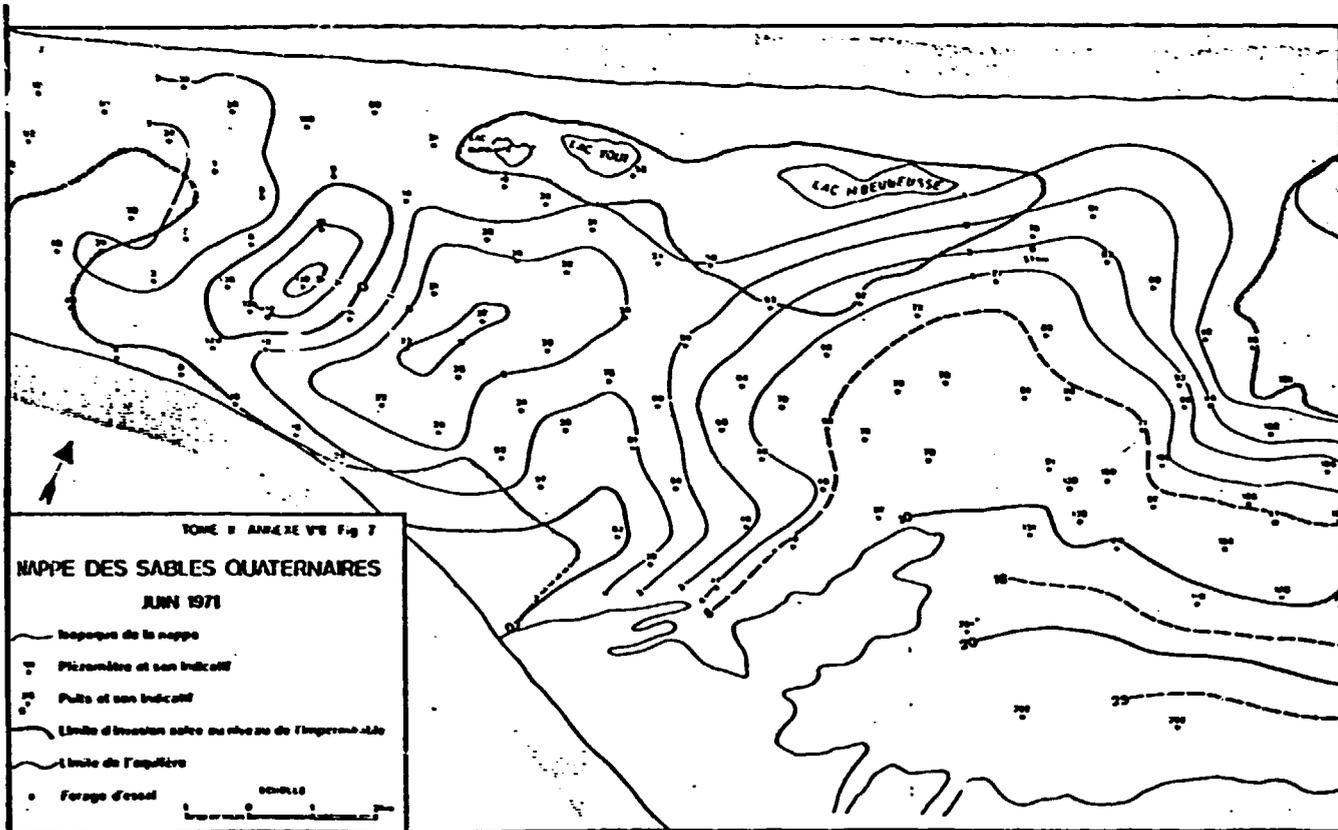


la Presqu'île du Cap-Vert
es Nappes de la Presqu'île
l'alimentation en eau de

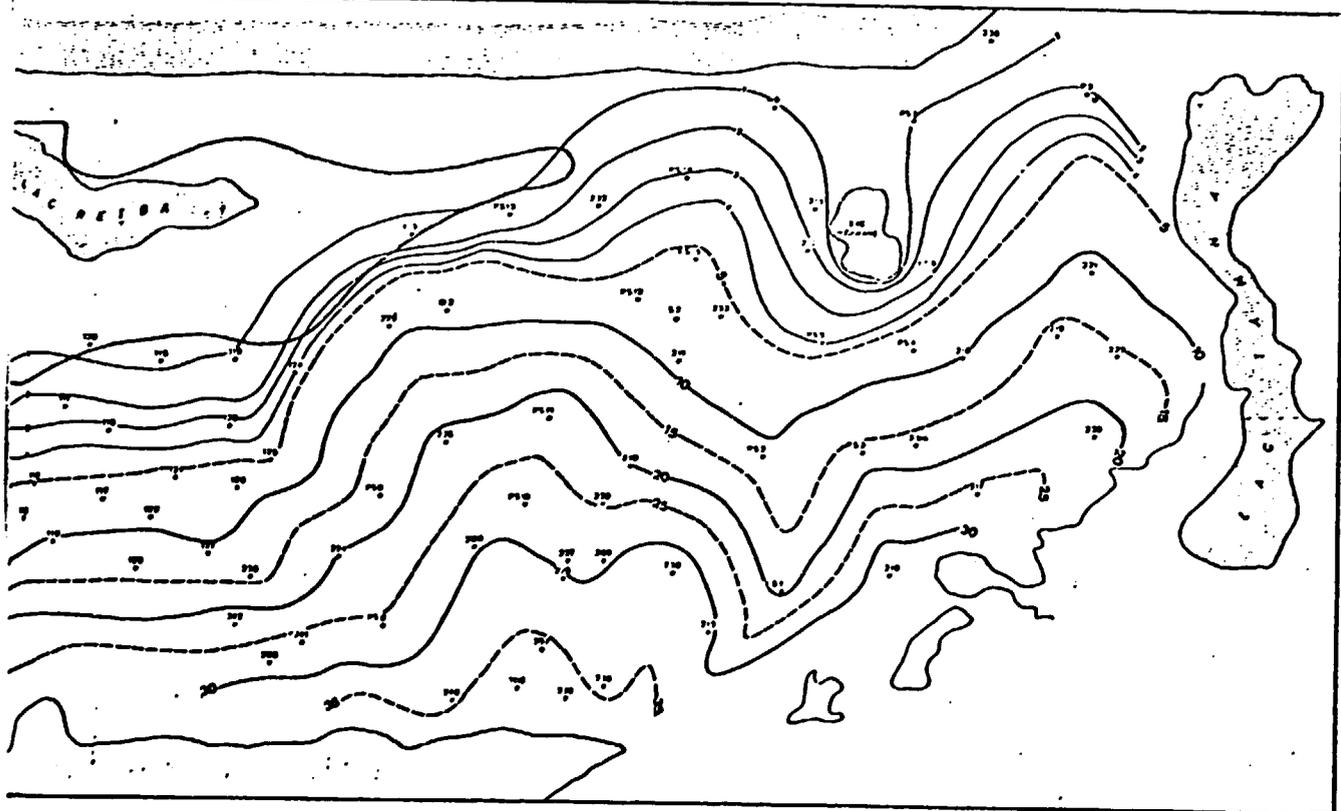
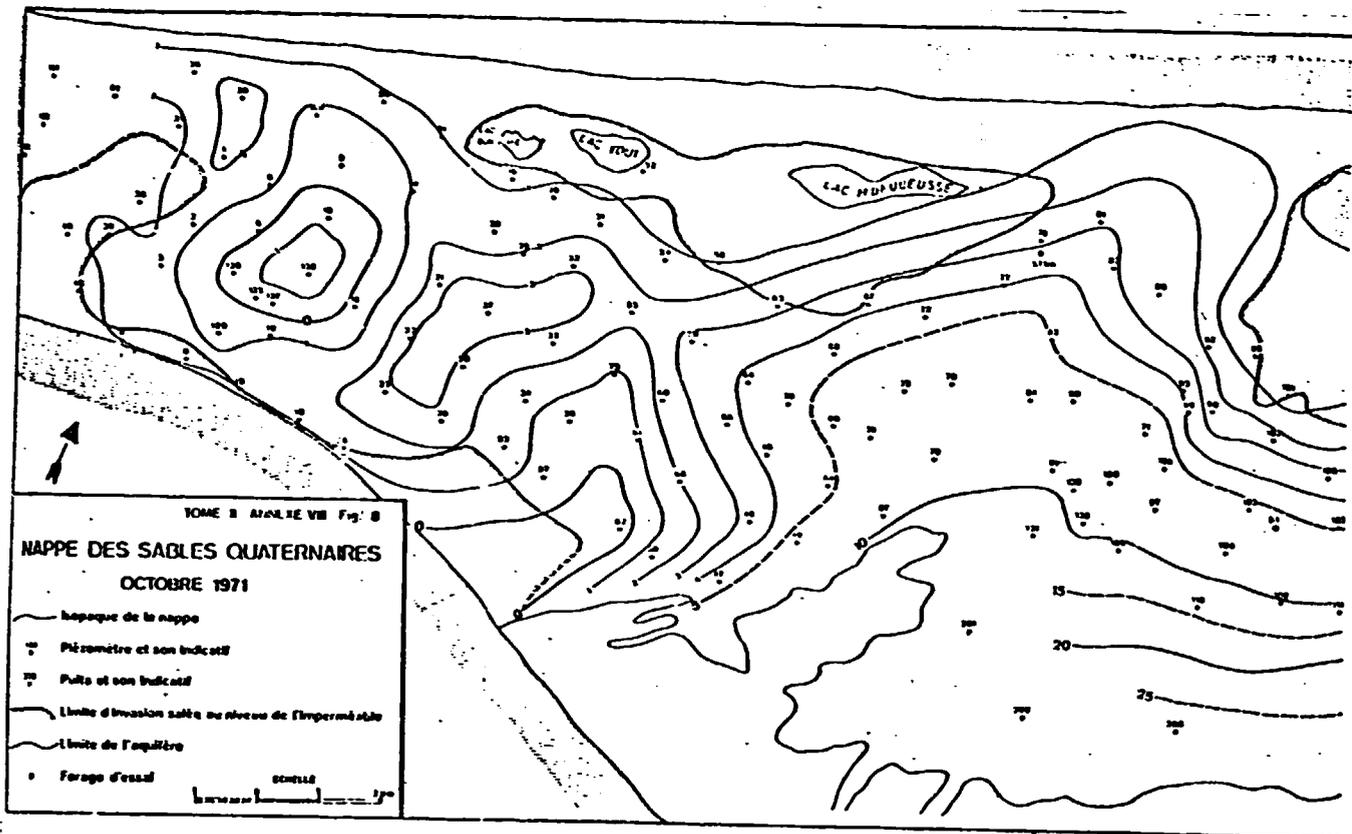
G.M.

SECTION 2





Extrait de : Approvisionnement en eau et assainissements de DAKAR
 et ses environs - Etude des eaux souterraines.
 Tome II - Nappe des Sables Quaternaires.
 République du SENEGAL - Projet O.M.S - 1972.



Extrait de : Approvisionnement en eau et assainissements de DAKAR
et ses environs - Etude des eaux souterraines.
Tome II - Nappe des Sables Quaternaires.
République du SENEGAL - Projet O.M.S - 1972.

17° 25

17° 20



Inférieure à 30 m



Comprise entre 30 et 50 m



Supérieure à 50 m



-50 Isobathe du toit des marnes



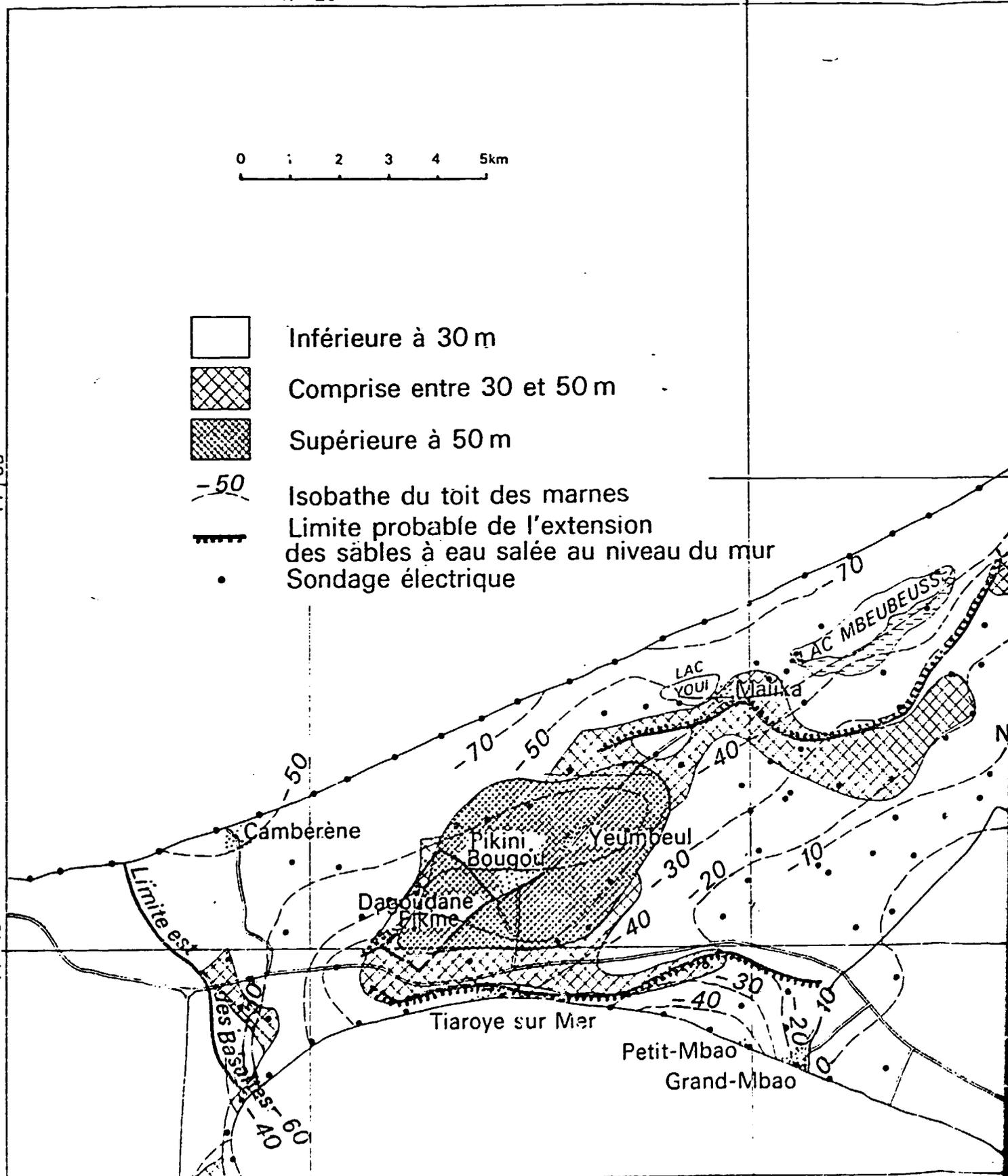
Limite probable de l'extension des sables à eau salée au niveau du mur



Sondage électrique

14° 50

14° 45



D'APRES C.G.G.

17° 25

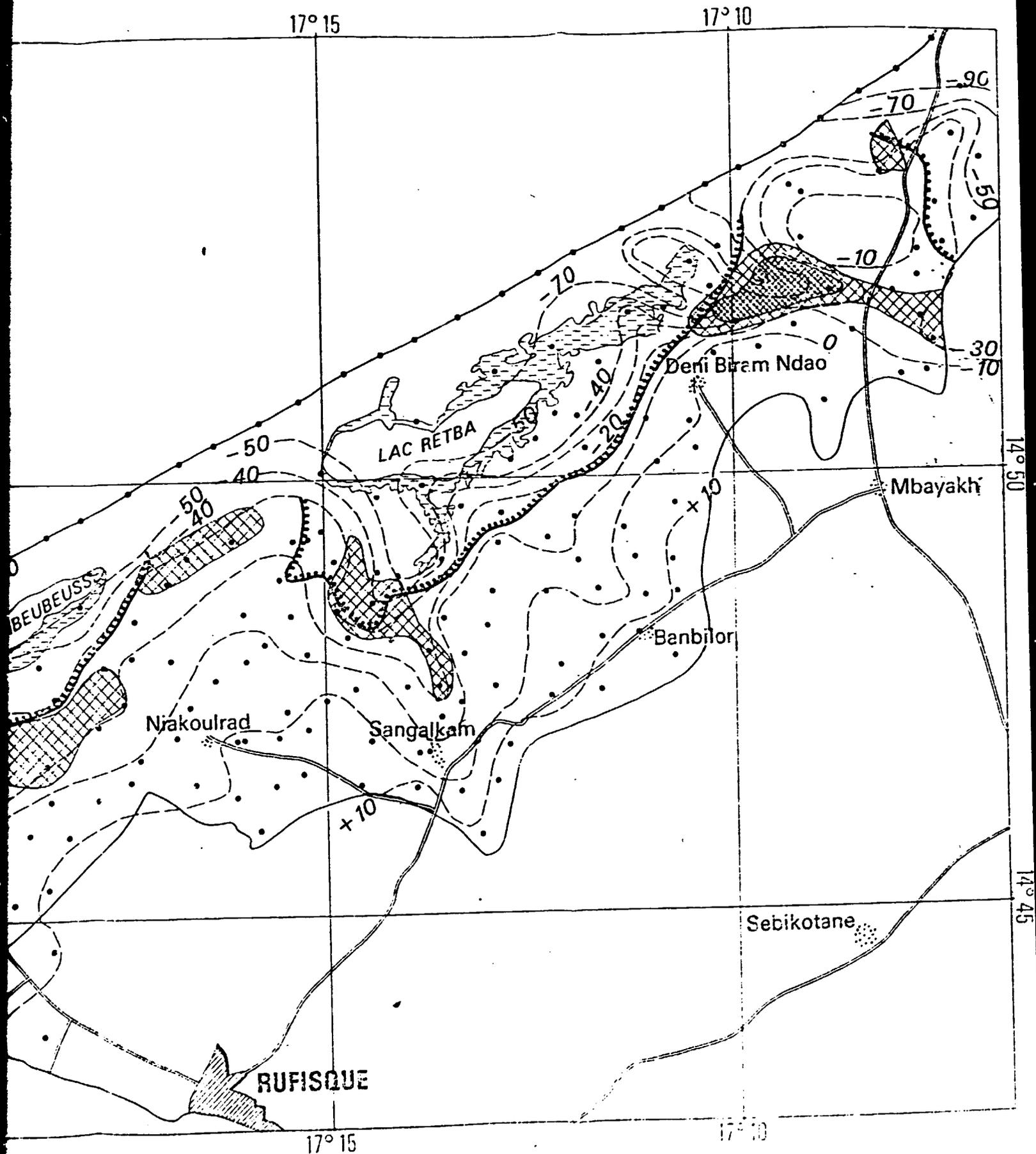
17° 20

SECTION 1

Morphologie du substratum des formations

Epaisseur des sables quaternaires.

Extrait du rapport de H. PLOTE - BR... hydrogéologiques avancées à l'ali... 1970 (FAD).

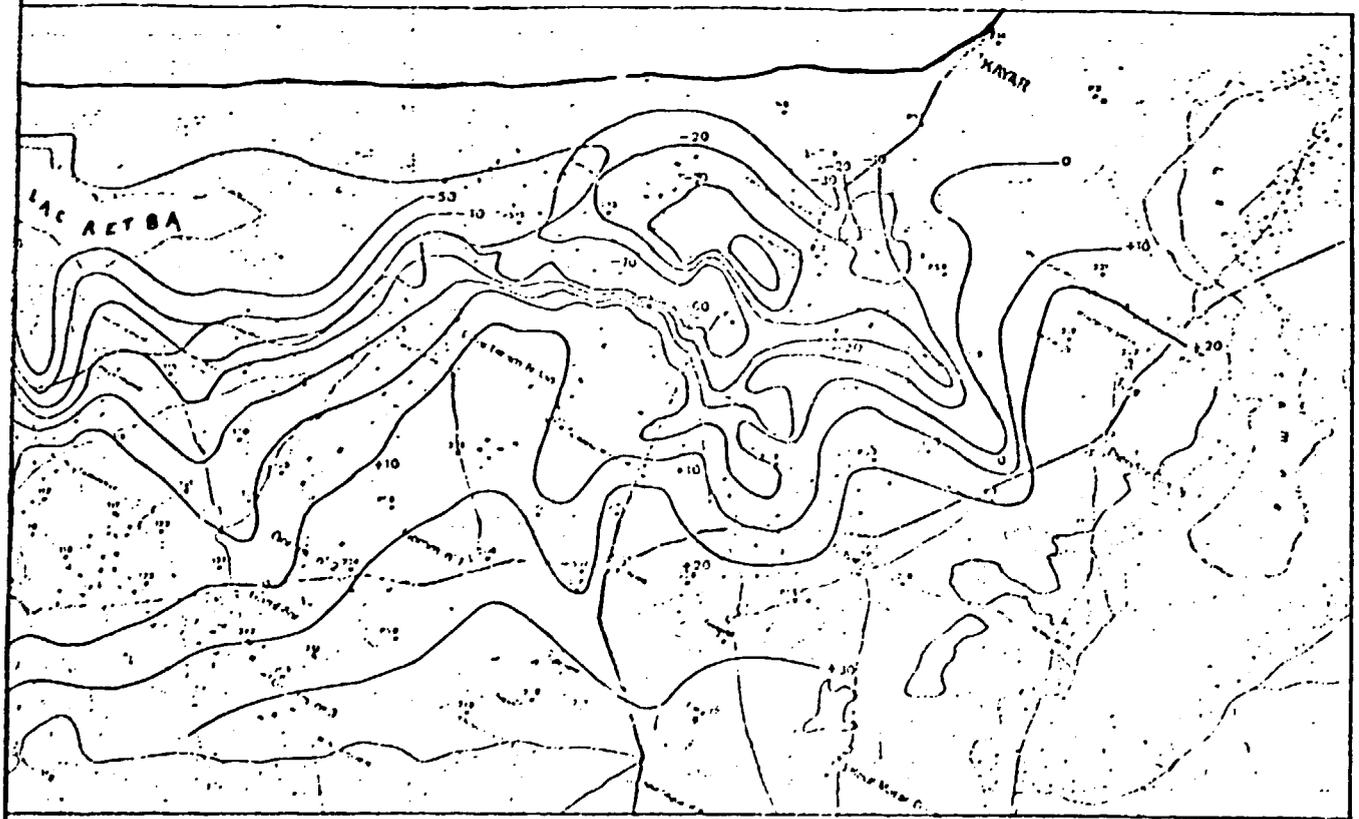
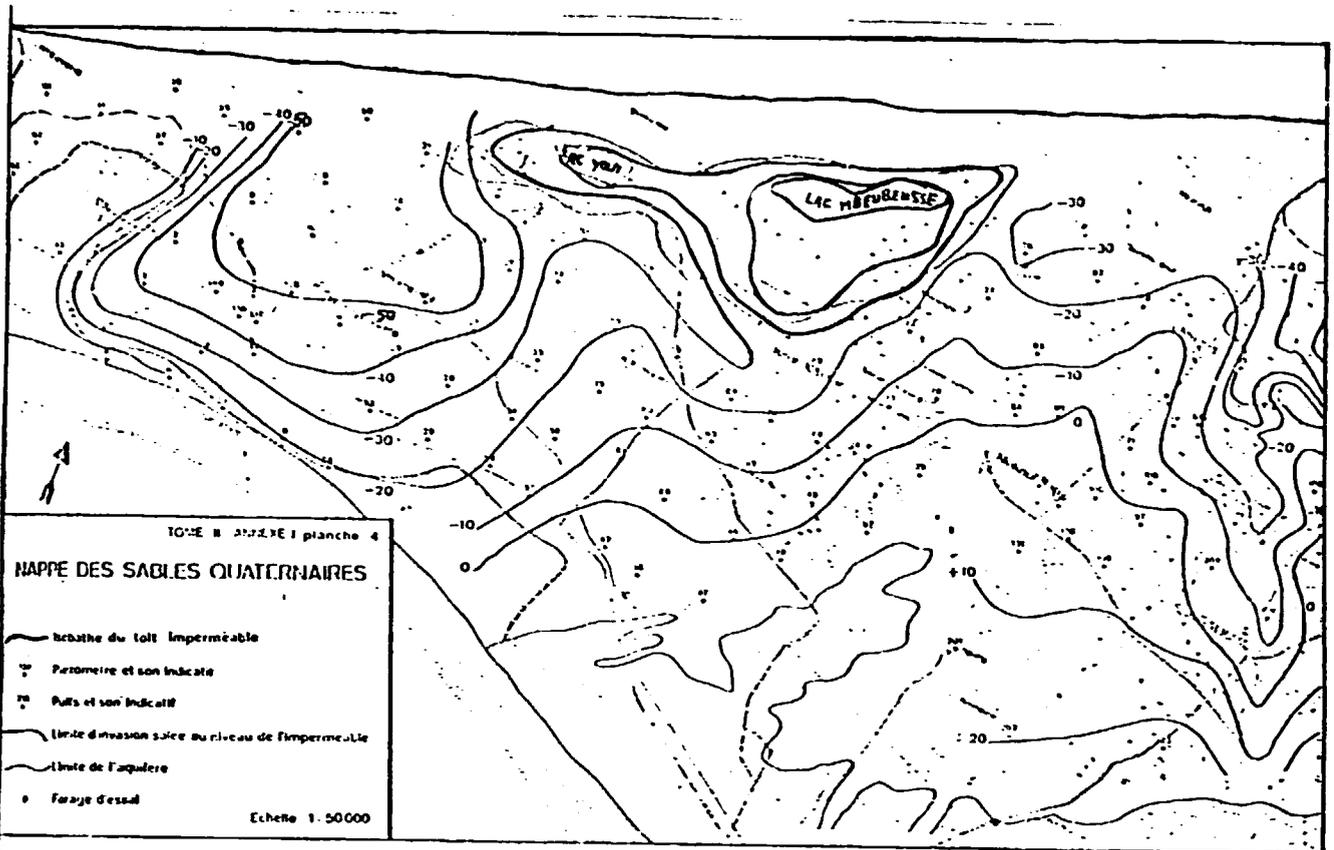


um des formations quaternaires.

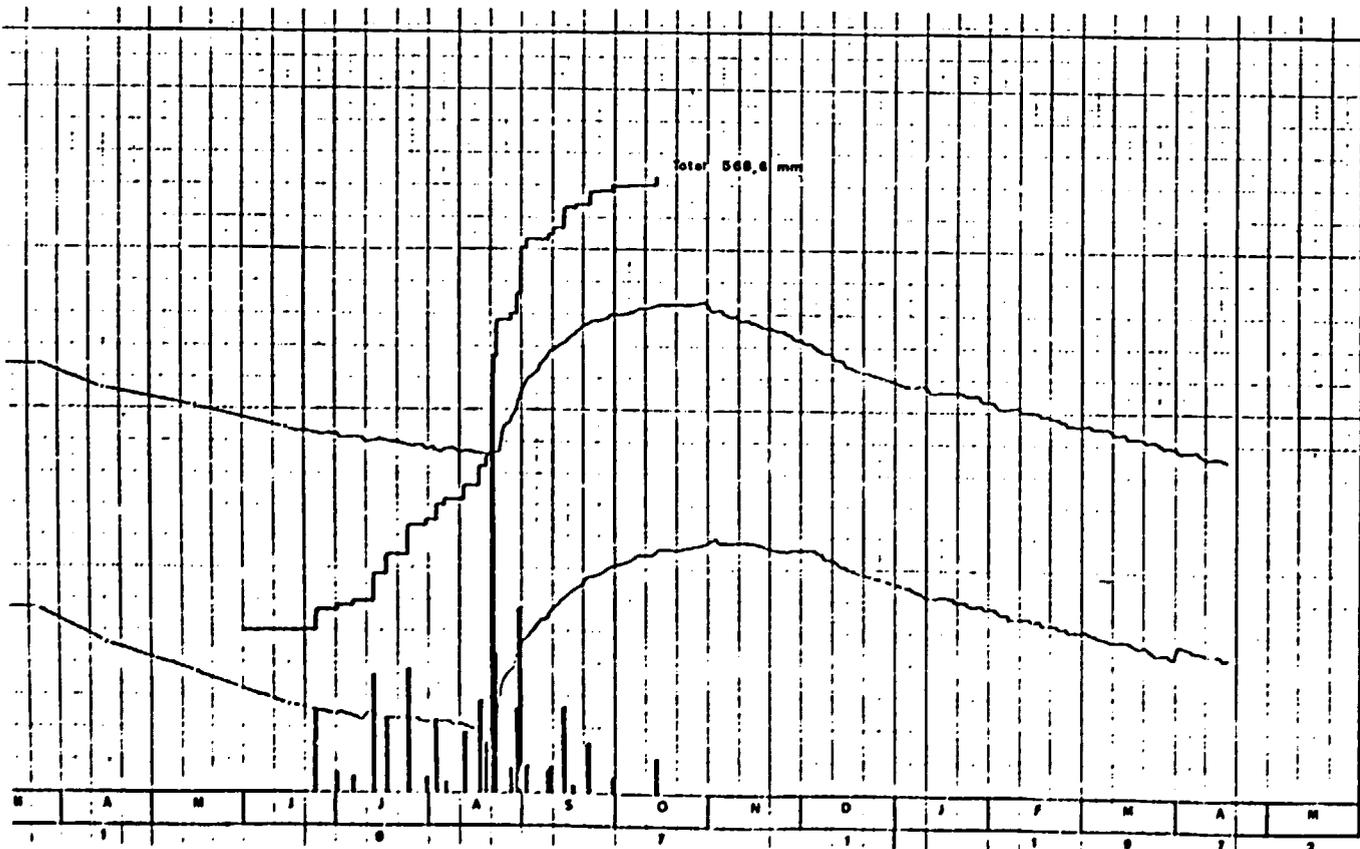
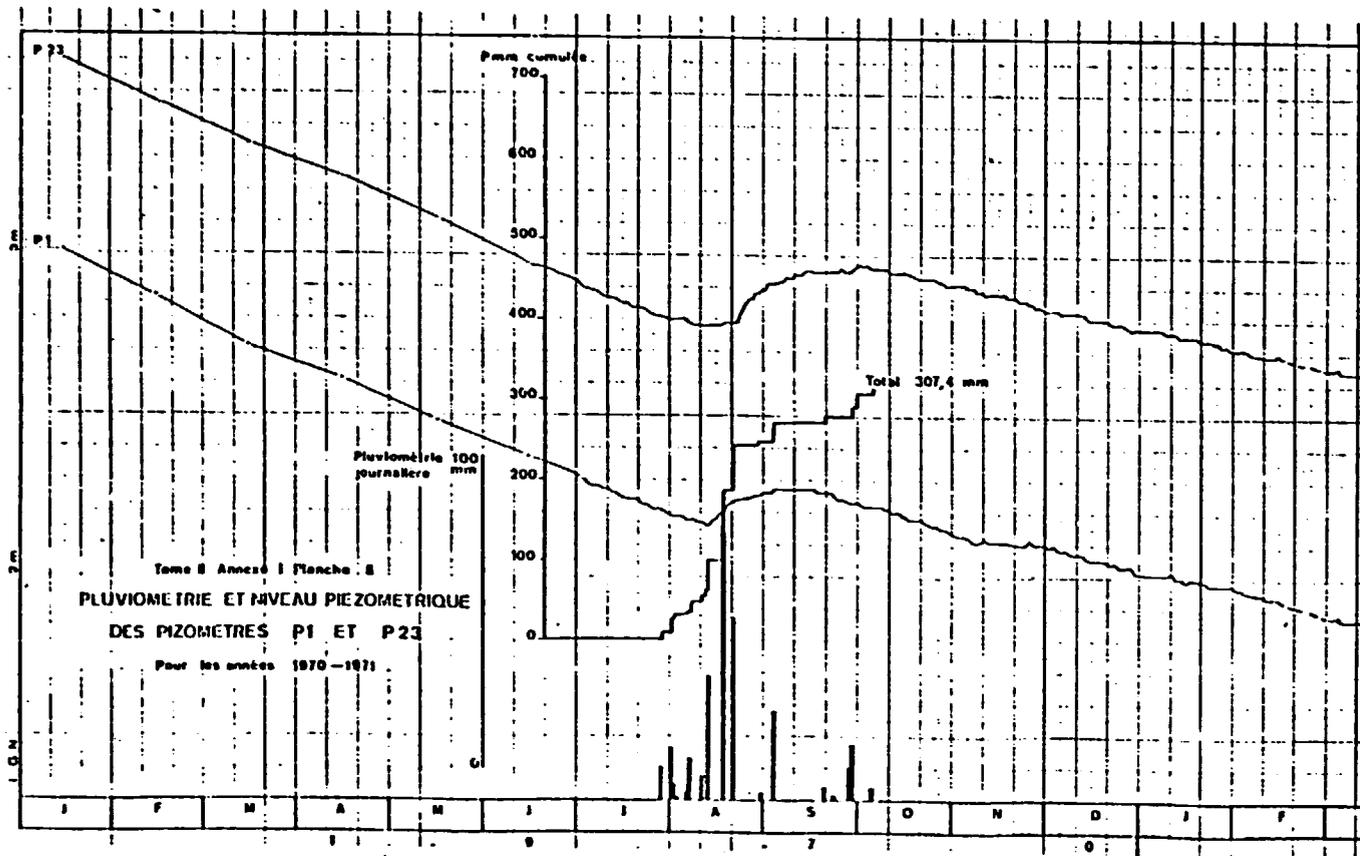
aternaires.

I. PLOTE - BRGM - "Application des méthodes
ées à l'alimentation en eau de DAKAR" -

SECTION 2



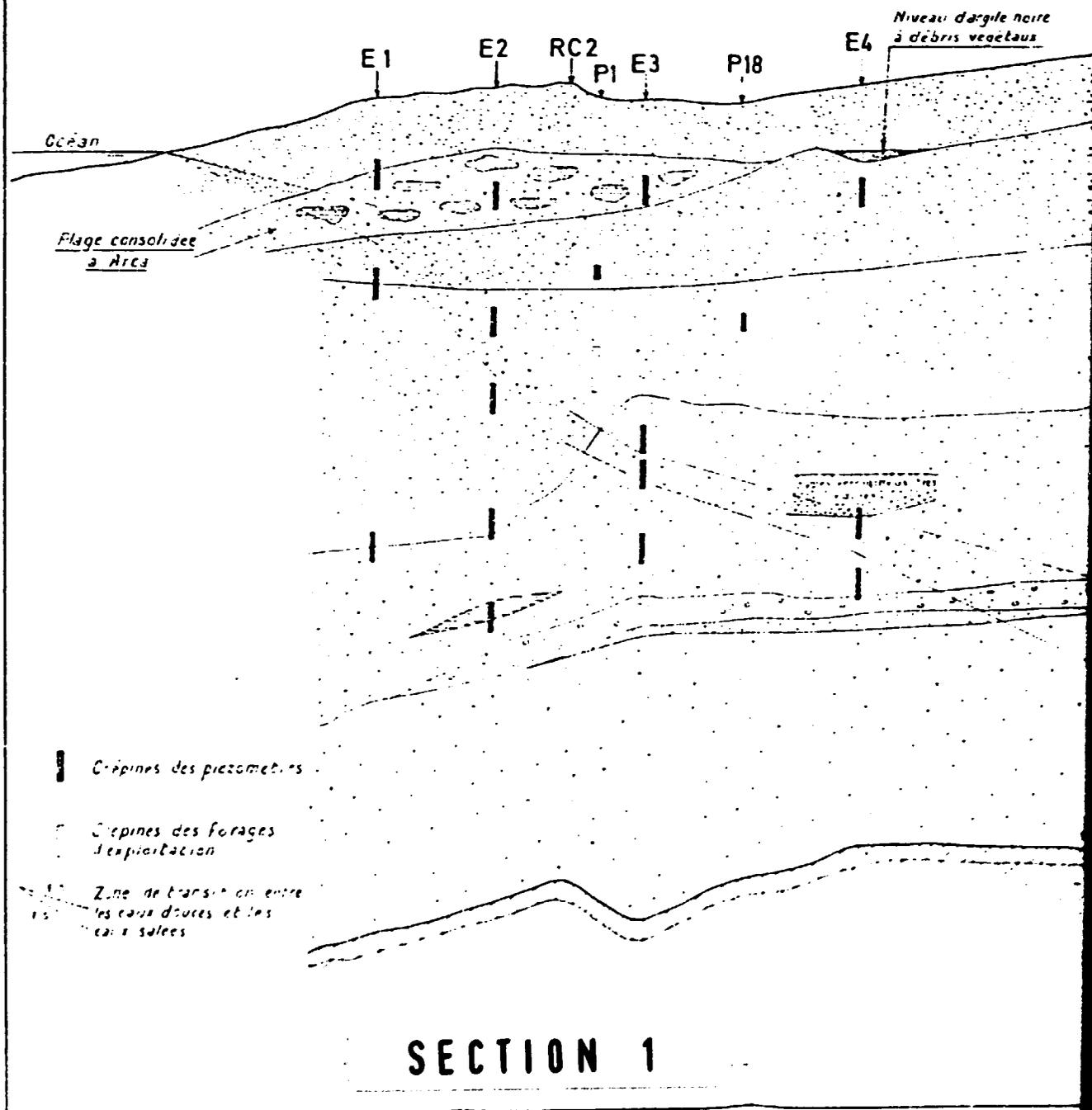
Extrait de : Approvisionnement en eau et assainissements de DAKAR
 et ses environs - Etude des eaux souterraines.
 Tome II - Nappe des Sables Quaternaires.
 République du SENEGAL - Projet O.M.S - 1972.



Extrait de : Approvisionnement en eau et assainissements de DAKAR
 et ses environs - Etude des eaux souterraines.
 Tome II - Nappe des Sables Quaternaires.
 République du SENEGAL - Projet O.M.S - 1972.

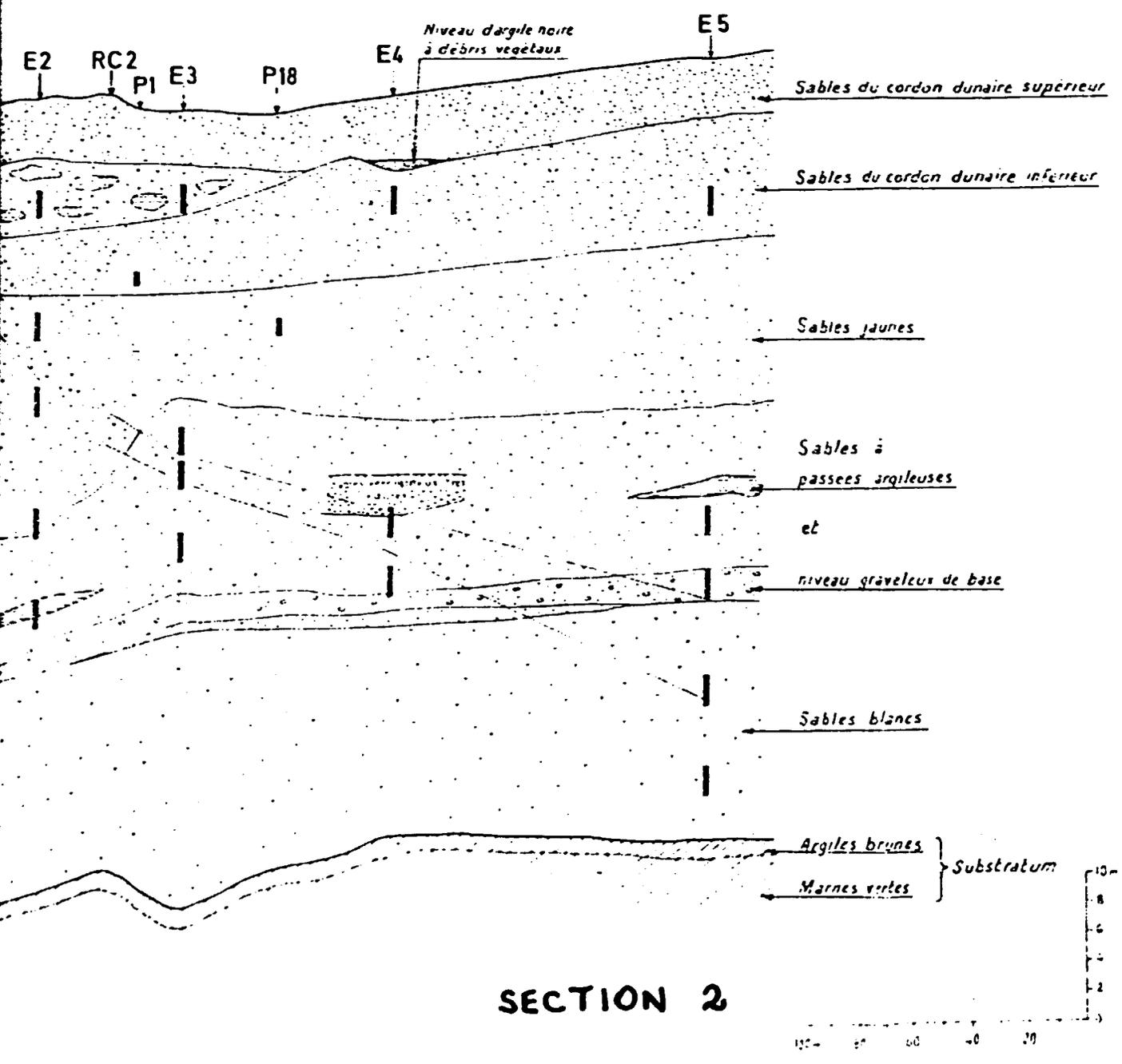
LA NAPPE DE MALIKA

STRATIGRAPHIE DES SABLES AU NIVEAU DE LA STATION D'ESSAIS DE POM
PROFILS E1-E5



Extrait de : "Analyse des facteurs régissant
douces - Eaux salées dans les sables de la F
Vert" - 2ème campagne 65 - BRGM.

AU NIVEAU DE LA STATION D'ESSAIS DE POMPAGE



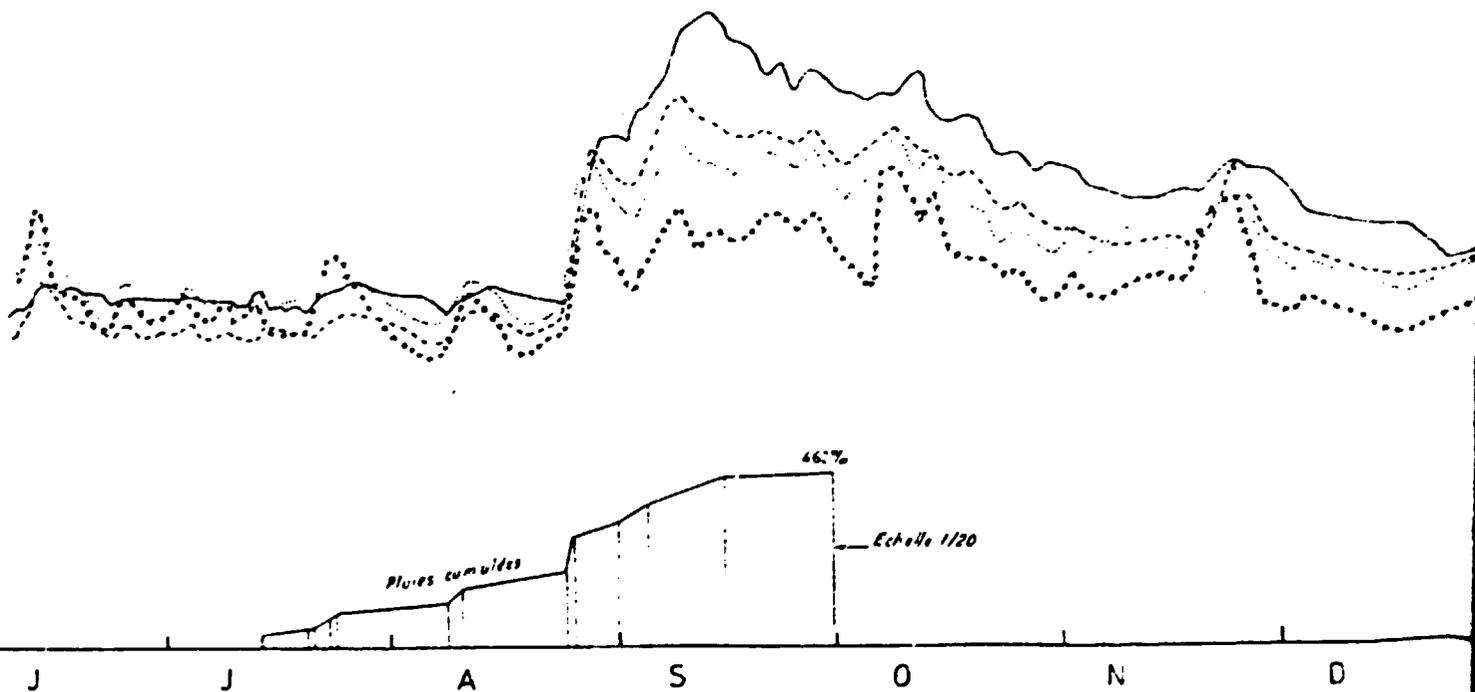
SECTION 2

Titre de : "Analyse des facteurs régissant les contacts Eaux
 salées dans les sables de la Presqu'île du Cap-
 - 2ème campagne 65 - BRGM.

Extrait de : "Analyse des facteurs
douces - Eaux salées dans les sables
Vert" - 2ème campagne 65 - BRGM.

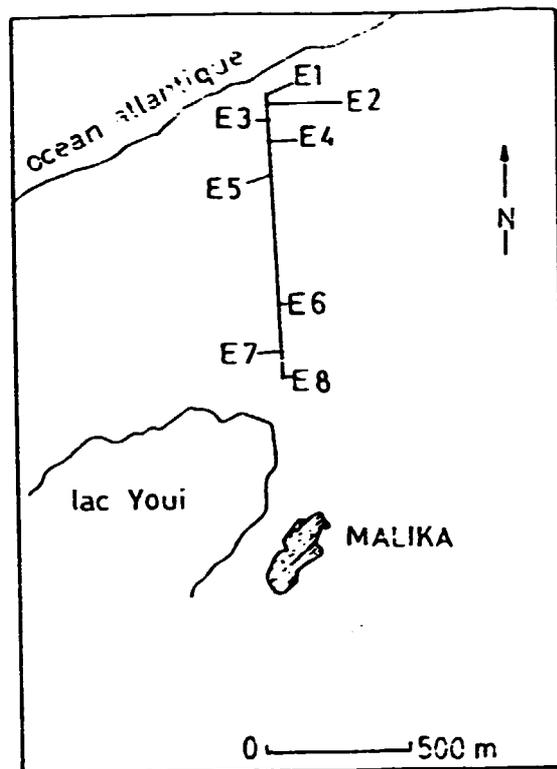
La Nappe de Malika - Fluctuation des niv
1965. (Mesures portant sur les piezomètre

SECTION 1

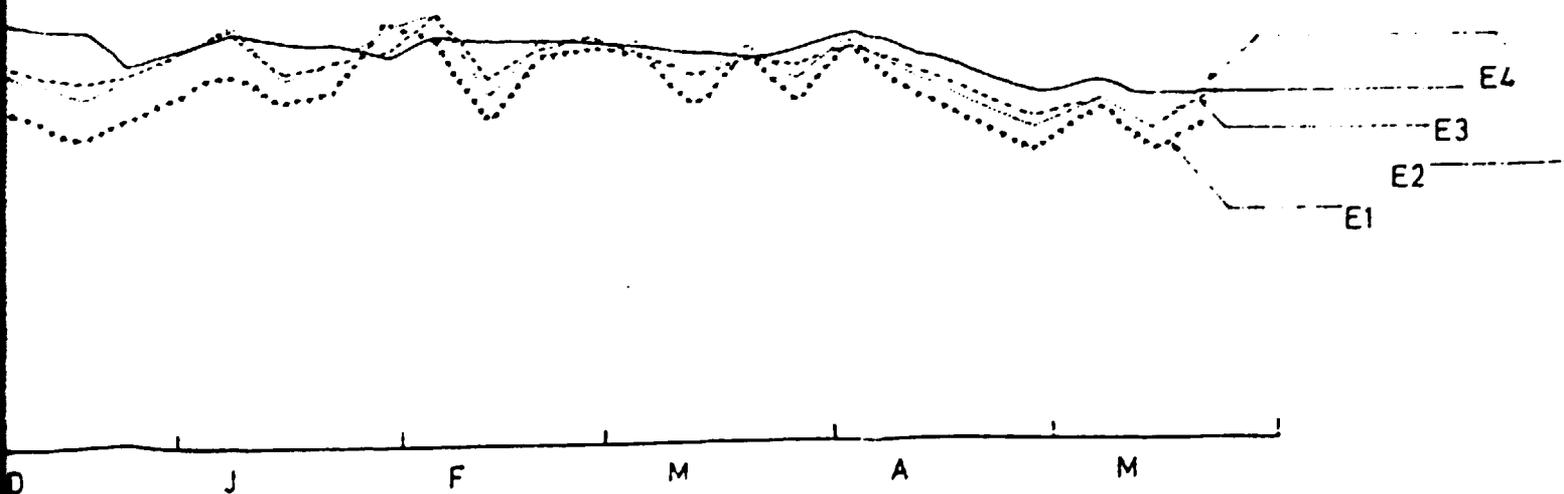


acteurs régissant les contacts Eaux
des sables de la Presqu'île du Cap-
GM.

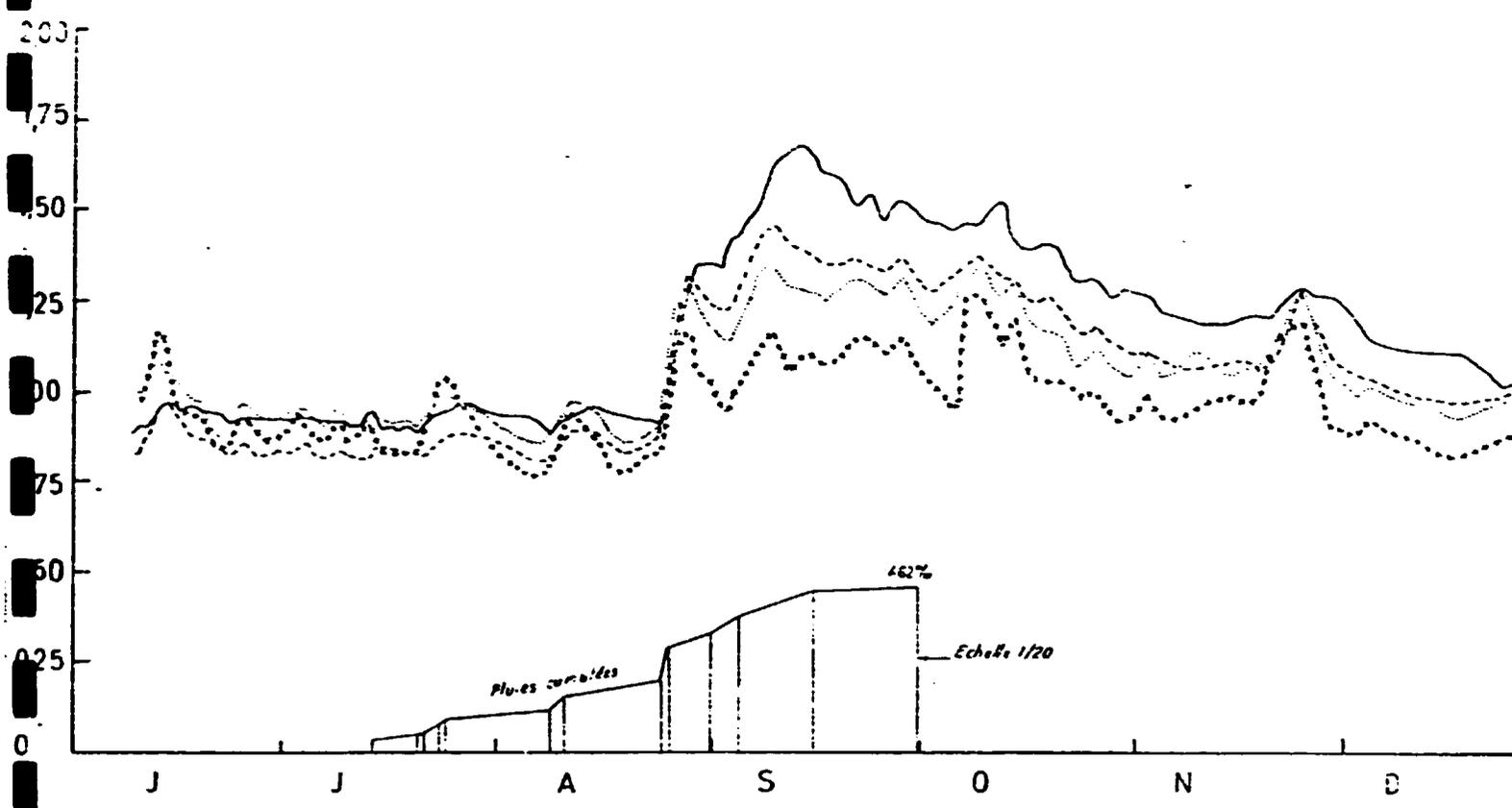
des niveaux de Juin 1964 à Mai
(piezomètres profonds).



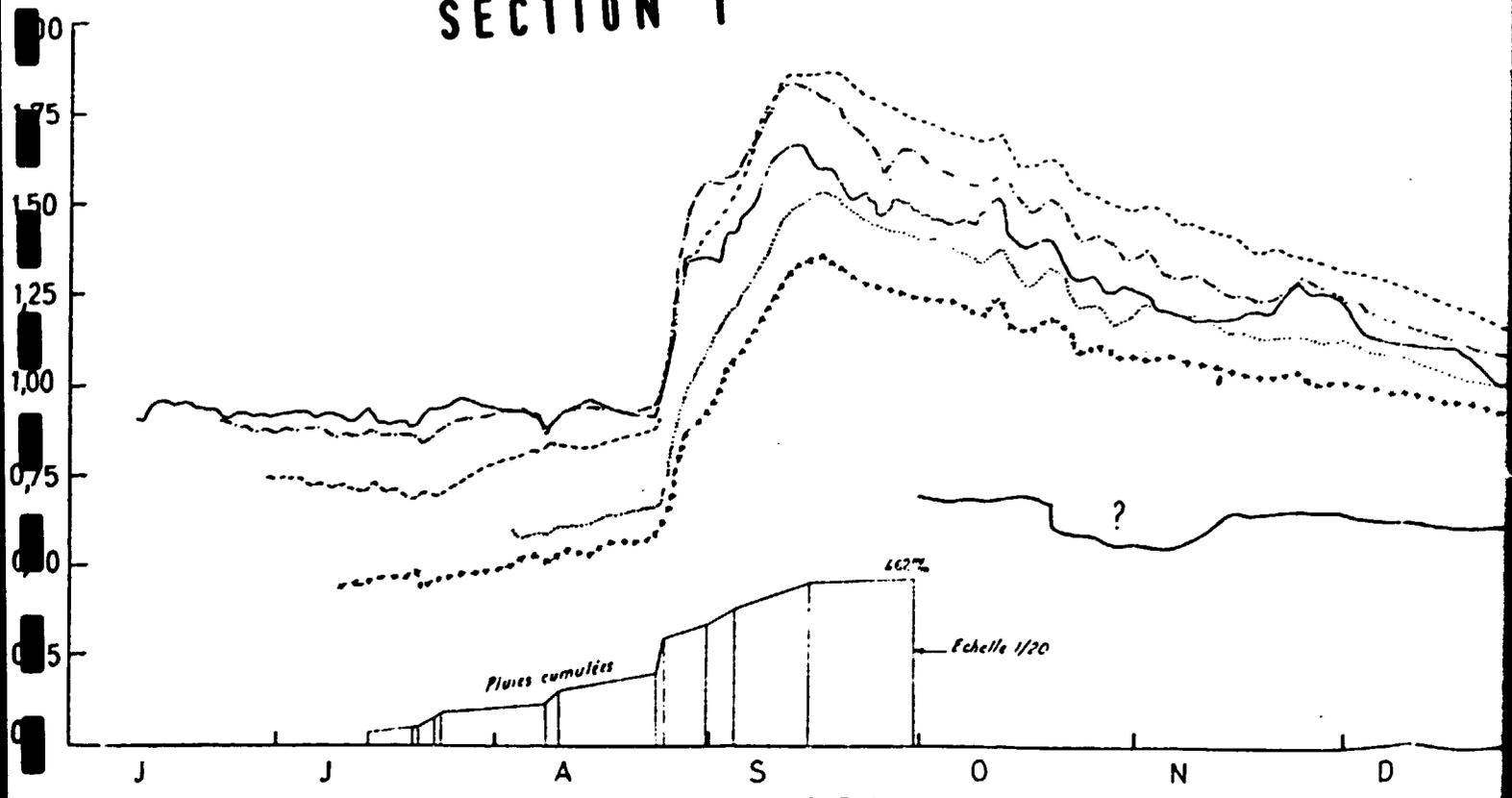
SECTION 2



Variations piezométriques comparés de
1964 - 1965.

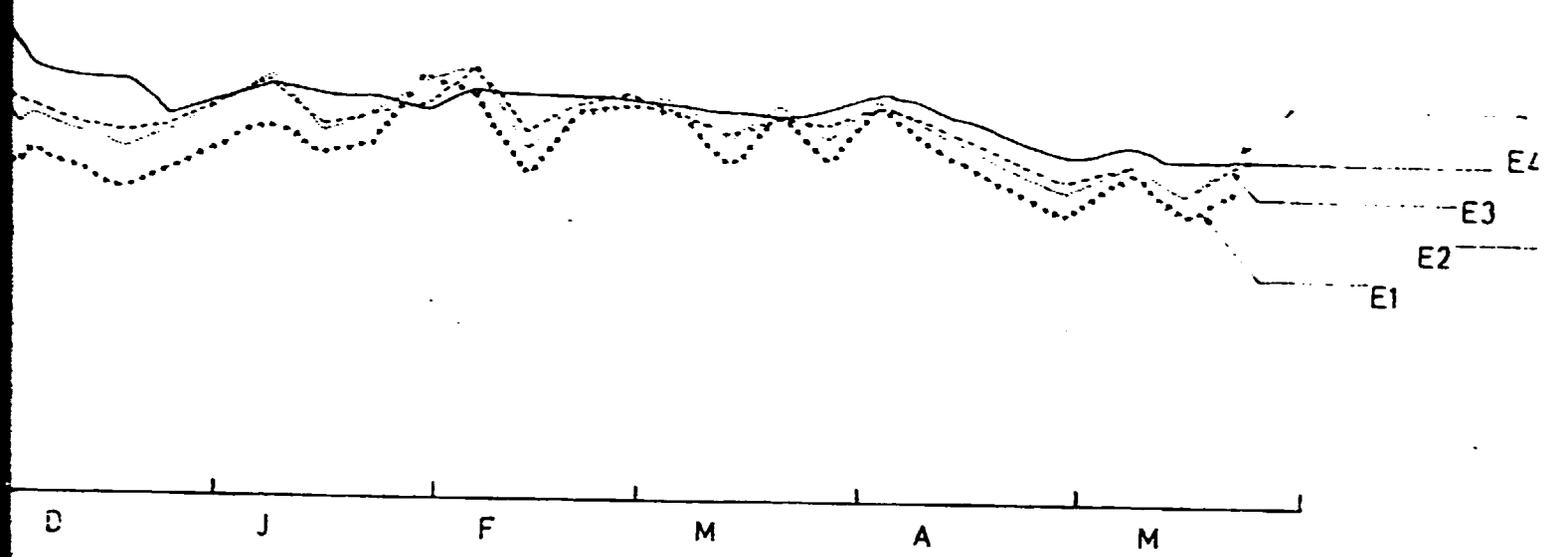


SECTION 1

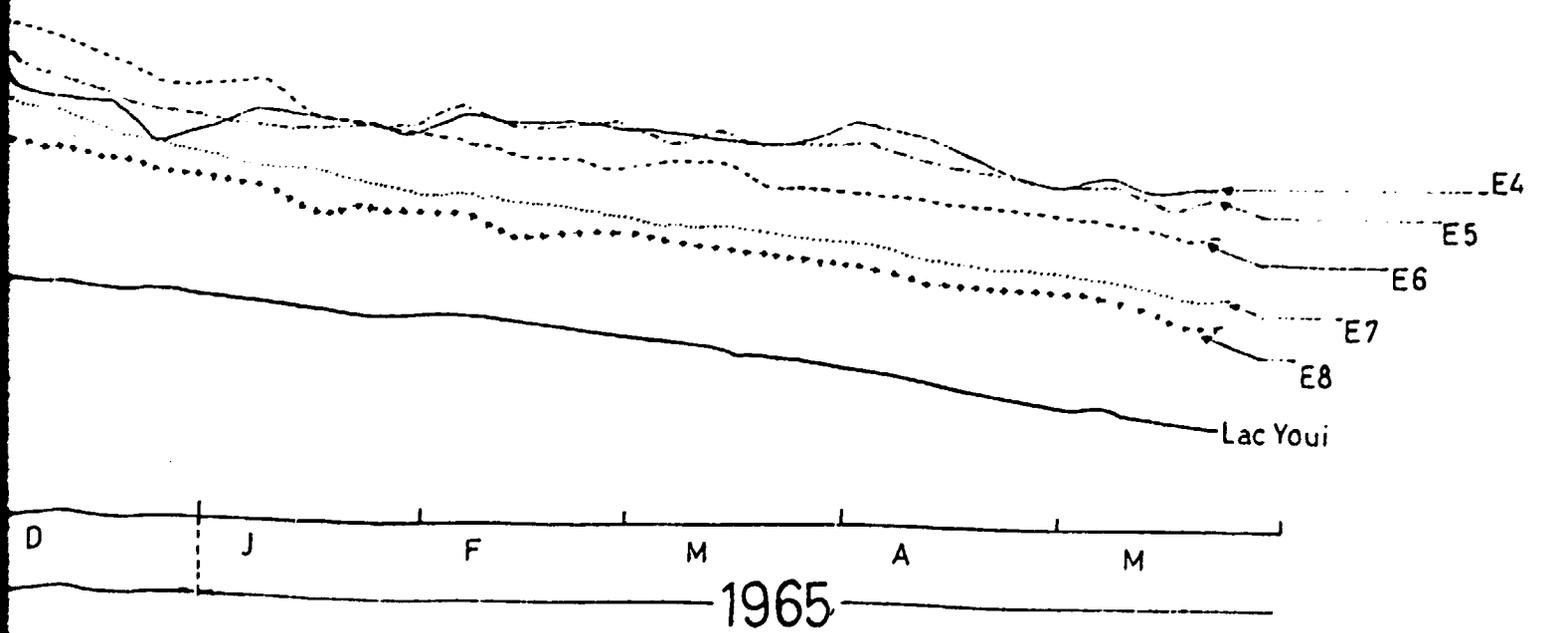


1964

comparés des forages et du Lac Youi en



SECTION 2



des facteurs régissant les contacts Eaux
dans les sables de la Presqu'île du Cap-

ANNEXE C

**_ C1 : Inventaire des points d'eau
et données piézométriques**

INVENTAIRE DES POINTS D'EAU

PT D'EAU n°	Z SOL m	Z tube m	Prof. m	fl tube marginelle x	Z échelle certaine	4/07/00		30/07/00	30/08/00	0/10/00	7/11/00
						n.s.	J.S.cm					pH
P133		1.78	31			0	230	0.005	0.00	0.44	0.78
P134		5.78	0.25	x		0.52	340	0.48	-0.07		-0.06
P21	5.41	6.48		1.07					-0.2	-0.07	0.04
P22	1.95	3.03		1.00					-0.19	0.32	-0.32
P23	0.8	1.62		0.02					-0.43	-0.03	0.87
Puits 1		5.75		0.685		0.205	603	0.7	0.07	0.78	0.19
Puits 2		15.38	720	0.75		1.07	405	-0.18	0.22		0.48
Puits 3		7.00		0.01		0.23	300	0.20	0.15	0.31	0.39
Puits 4		7.73		0.57				0.23	0.22	0.34	0.36
Puits 5		9.21	12.45	0.27			502	0.00	-0.04		1.3
Puits 6		3.85		0.35			570	-0.09			0.00
Puits 7.1		2.44	5	0.03			1245	-0.00	-0.04	0.27	
Puits 7.2		2.24	5	0.58				-0.4	-0.14		
Puits 7.3		2.44		0.535				-0.20	-0.1		
Puits 7.4		2.23		0.595				-0.20	-0.2		
C1		-0.34									
C5		0.01				-0.03					
C7		-0.22				-0.07					
C12	2.1				0.08	-0.69	3220		-0.07	-0.17	-0.49
C16	-1.06					-0.58					
C20	0.51								-0.54		-0.39
C21	0.84						5000		-0.68		-0.56
C23	0.15										
C28	3.25					0.07			-0.21		-0.11
C30	1.76					-0.01			0.04	0.51	0.19
C32	0.07					0.13					
C33	-0.24					-0.47			-0.47		-0.29
C34	2.47					-0.39			-0.43		-0.31
C35	-0.34					-0.41			-0.44		-0.70
C36	1.12					-0.05			-0.44		-0.51
C37	-0.07					-0.36			-0.64	-0.29	-0.70
C102						-0.5			-1.01	-0.55	-0.49
C103						-0.74			-0.60		-0.14
C105						-1.06			-0.44		-0.14
C109						-0.84			-0.30		
C110						-0.6			-0.44		
						-0.07			-0.30		
						-0.34			-0.30		
						-0.54			-0.30		
						-0.32			-0.30		

ANNEXE D

Prospection géophysique

PROSPECTION GEOPHYSIQUE PAR SONDAGES ELECTRIQUES

1. Rappel sur l'emploi de la méthode dans le secteur du Cap Vert
2. Principe de la méthode et de son interprétation
3. Objectifs de l'étude. Mesures réalisées
4. Résultats de l'étude
 - 4.1 - Types de diagramme
 - 4.2 - Exploitation des résultats
 - Cartes d'isorésistivité apparente
 - Coupes géoélectriques
5. Courbes électriques interprétées
6. Note technique : principe de la méthode géoélectrique

PROSPECTION GEOPHYSIQUE PAR SONDAGES ELECTRIQUES

I. RAPPEL SUR L'EMPLOI DE LA METHODE DANS LE SECTEUR DU CAP VERT

Plusieurs campagnes géophysiques ont été menées par le passé dans le secteur du Cap Vert. Elles avaient pour objectif la recherche de nouvelles ressources en eau potable, en particulier dans le cordon dunaire entre CAMBERENE et KAYAR. Les prospections électriques ont été un outil indispensable pour déterminer des dépressions du toit des marnes où les sables aquifères avaient une épaisseur maximale. Les prospections électriques se sont également attachées à localiser les limites entre l'eau douce et l'eau salée, puisqu'une échelle des résistivités des terrains par sondages électriques a pu être corrélée à la salinité de l'eau contenue dans ces terrains. Nous avons par exemple (selon J.P. MATHIEZ, G. HUOT, 1966) :

- Sables secs : 300-8 000 Ω m
- Sable à eau douce : 50-150 Ω m
- Sable argileux : 25-50 Ω m
- Sable à eau salée : 0,4-1,3 Ω m
- Marnes : 2-10 Ω m

D'autres auteurs proposent des plages de résistivité légèrement plus larges, en particulier concernant les sables argileux (de 10 à 50 Ω m), les sables à eau salée à sursalée (0,4 à 10 Ω m) et les marnes (2 à 30 Ω m).

Des recouvrements de résistivité peuvent donc exister entre les différents types de terrain, d'où une certaine ambiguïté laissée à l'appréciation de l'interpréteur.

Signalons également que les limites entre deux horizons électriquement contrastés peuvent correspondre réellement à des zones de transition ; par exemple, les coupes font apparaître une limite (ou un intervalle) de profondeur du substratum. Or, pratiquement les marnes du substratum vont avoir absorbé une certaine quantité d'eau salée ou sursalée. Le contact sable à eau salée/marnes sera donc diffus, et la limite électrique peut ne pas correspondre précisément avec la limite géologique.

Ainsi, le champ captant de THIROYE a pu être implanté au droit d'une cuvette liée à la déformation du toit du substratum marneux en profondeur, sur une superficie de l'ordre de 25 km². Une autre dépression de taille plus modeste a été reconnue au Sud du lac de M'BEUBIUSSE, couvrant environ 4 km², près de KEUR MASSAR. L'outil "électrique" qui

présente des limites d'application a joué un rôle important dans la compréhension et l'utilisation de l'hydrogéologie dans la presqu'île du CAP VERT.

2. PRINCIPE DE LA METHODE ET DE SON INTERPRETATION

Une note technique concernant le principe de la méthode des sondages électriques est fournie en fin de cette annexe. Rappelons toutefois que l'objectif des sondages électriques est d'obtenir une coupe ponctuelle des terrains en terme de profondeur et de résistivité en ohm.m. Ces valeurs sont directement liées à la nature géologique des terrains, à leur teneur en eau et à la minéralisation de l'eau contenue dans ces terrains.

Rappelons également qu'il existe plusieurs solutions physiquement possibles pour une courbe de sondage électrique. Pour cette raison, nous proposons souvent plusieurs interprétations lorsque cela nous semble nécessaire.

3. OBJECTIFS DE L'ETUDE - MESURES REALISEES

40 sondages électriques ont été répartis autour de la décharge actuelle, jusqu'à une distance maximale de 500 m du pied de décharge. Un de ces sondages a été effectué à MALIKA, au droit d'un forage pour servir d'étalonnage. Ces sondages avaient pour objectifs :

- d'étudier la géologie locale au droit de la décharge : homogénéité des masses sableuses, profondeur du toit du substratum marneux,
- d'avoir une approche "globale" de la qualité de l'eau du secteur de la décharge, à savoir préciser la zonation des concentrations en chlorure de sodium de l'eau, en relation avec le biseau salé et aussi dans la mesure du possible, de déterminer les masses d'eau anormalement minéralisées, reflet d'une éventuelle pollution provenant de la décharge.

Les sondages électriques ont été réalisés en longueur de ligne AB = 50 à 100 m, en fonction des résistivités obtenues. Les mesures ont été effectuées avant la saison des pluies. Les courbes de sondages électriques ont été interprétées manuellement et à l'aide du programme CPGI ELECTRA. Les interprétations les plus représentatives pour chaque courbe sont présentées en paragraphe 5 de cette annexe. Les interprétations ont été reportées sur des coupes dites "géoelectriques"

4. RESULTATS DE L'ETUDE

4.1 - Types de diagramme

L'examen des courbes électriques permet de distinguer deux des quatre diagrammes types principaux qui avaient été reconnus par J.P. MATHIEZ et G. HUOT en 1966. En résumé (voir figure ci-contre) :

■ Type 1 : sables à eau douce/marnes

Diagramme à deux terrains, courbe descendante, indiquant des sables à eau douce ($\approx 100 \Omega m$) reposant sur des marnes ($24 \Omega m$ en moyenne).

■ Type 2 : sable à eau salée/marnes

Diagramme à deux terrains, courbe montante, représentant des sables salés ($\approx 1 \Omega m$) ou sursalés ($0,4-0,7 \Omega m$) surmontant des marnes ($4 \Omega m$). Ce cas est fréquent sur le littoral et dans les dépressions salées de l'intérieur de la presqu'île.

Dans la zone étudiée, ce type de sondage correspond aux sondages électriques réalisés en fond de lac, les sables contenant une eau non pas salée, mais sursalée. Aucune mesure n'a été réalisée à l'extérieur du cordon dunaire (le long de l'océan).

■ Type 3 : sable à eau douce/eau salée/marnes

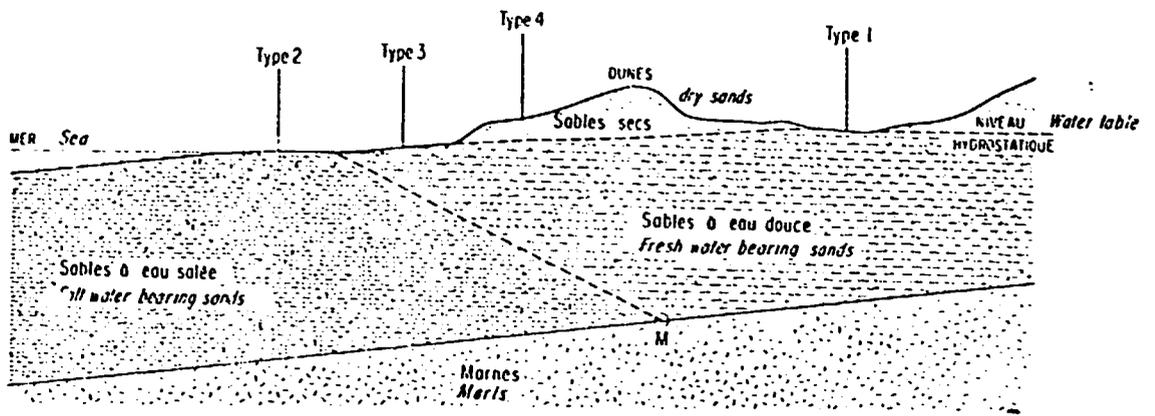
Ces points se placent sur le biseau d'eau salée. Il s'agit de la majorité des mesures au S.E. de la décharge (SE 19 à 31, 39). Certaines courbes sont intermédiaires avec le type 4 comportant une faible épaisseur de sec.

■ Type 4 : sables secs/sables mouillés/eau douce/eau salée/marnes

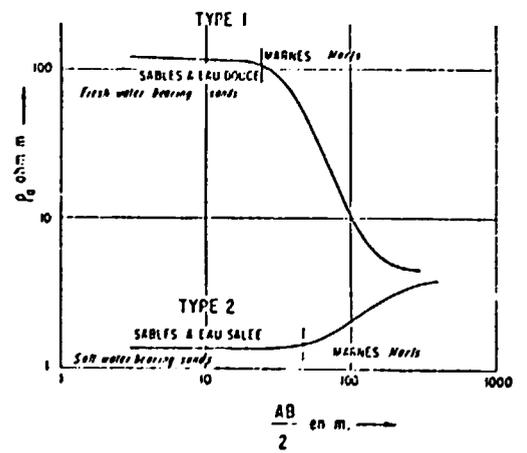
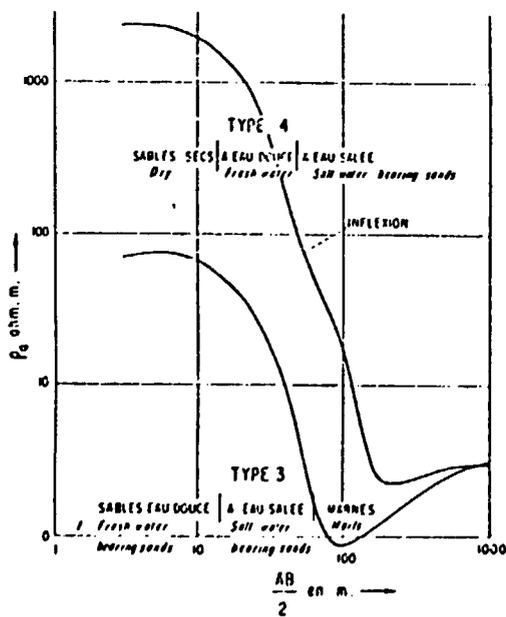
Il s'agit de la majorité des courbes et tout particulièrement celles réalisées sur le cordon dunaire. La présence d'un horizon sableux sec épais rend l'interprétation difficile, en raison des mauvaises sensibilités électriques. Ce type de diagramme ne permet généralement pas d'observer la remontée finale de la courbe, due à la présence du substratum marneux. Dans le secteur étudié, il s'agit des SI: 37, 7, 36, 12, 33 à 35.

4.2 - Exploitation des résultats

4.2.1 - Cartes d'isorésistivité apparente



Coupe schématique - Schematic section

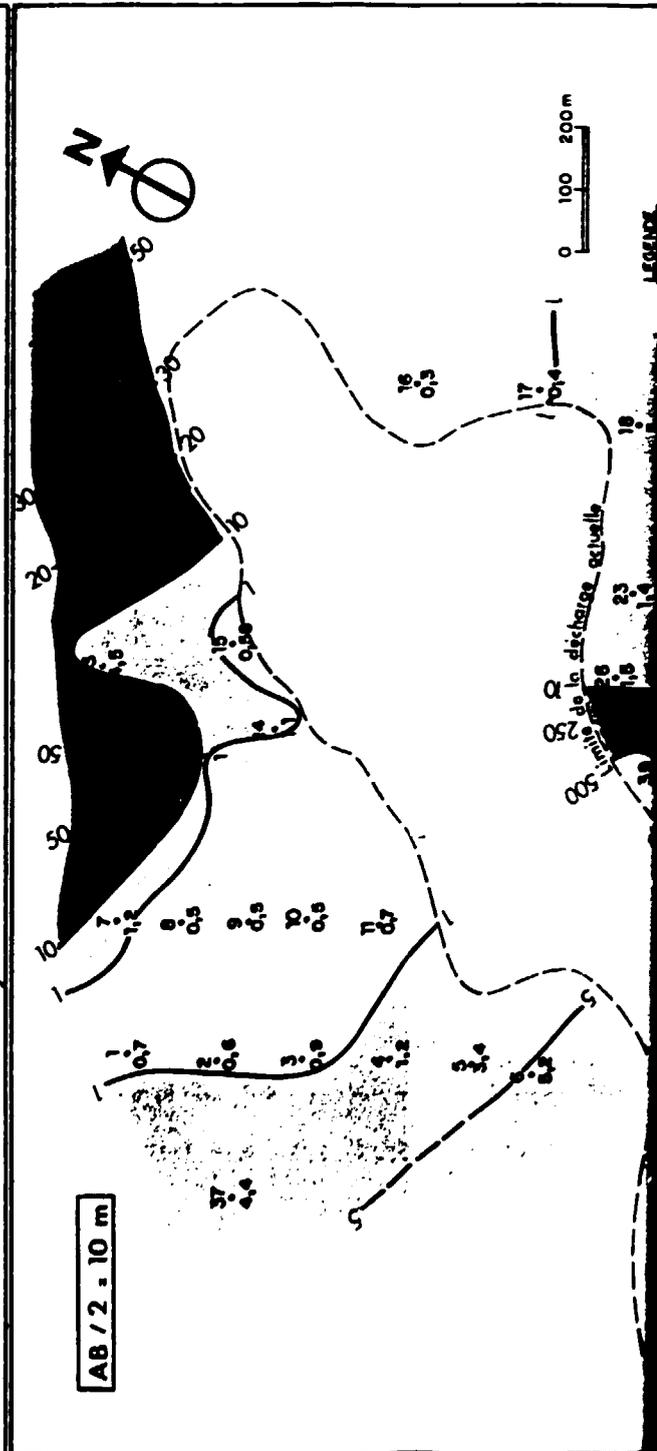
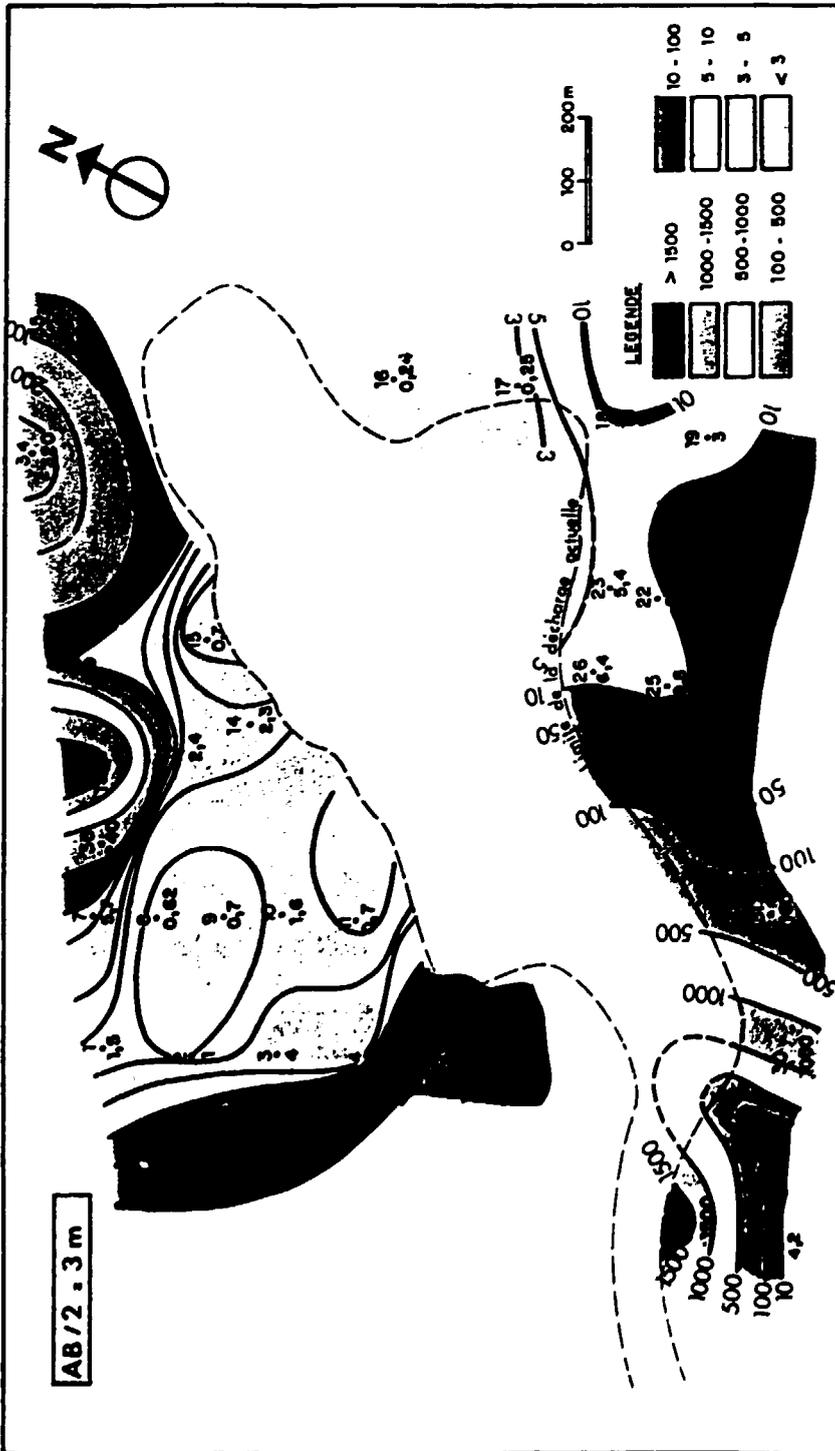


Types de Sondages Electriques
Typical Electrical Soundings

-D'après J.P. Mathiez et G. Huot, 1966

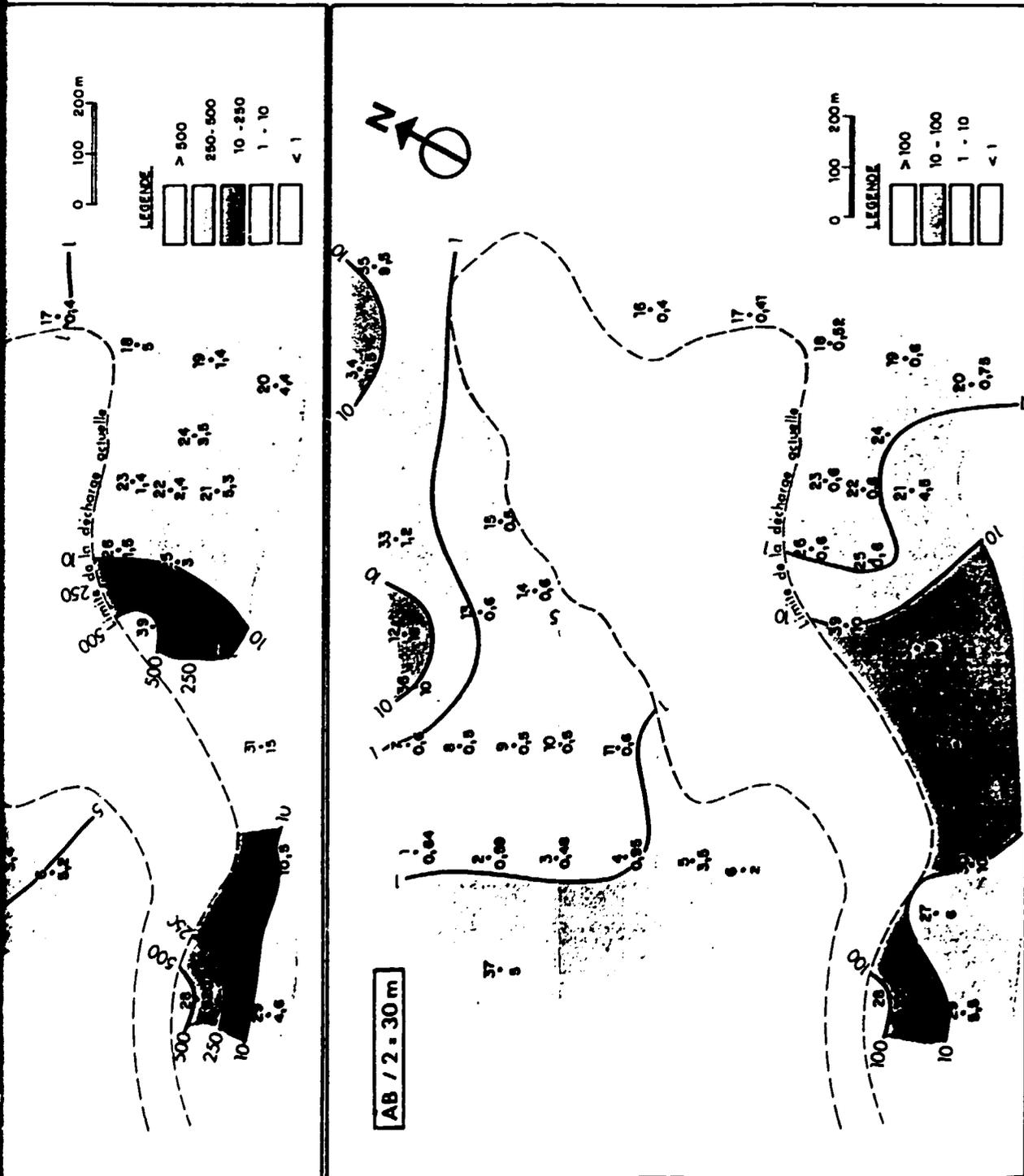
Fig: 5

SECTION 1



REPUBLIQUE DU SENEGAL
 Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
 sur l'environnement de la ville de DAKAR
 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
 DU SITE DE LA DECHARGE
 CARTES D'ISORESISTIVITE APPARENTE

SECTION 2



Celles-ci ont été tracées pour des AB/2 = 3, 10 et 30 m. Rappelons que ces cartes sont des documents objectifs, c'est-à-dire qu'elles illustrent des résultats bruts avant leur interprétation.

Les cartes font apparaître une zonation des résistivités autour de la décharge. Le fond du lac de M'BEUBEUSSE présente des résistivités extrêmement faibles (eau sursalée). Ces résistivités augmentent en périphérie du lac au Nord, à la faveur de la nappe d'eau douce du cordon dunaire et au Sud-Ouest à la faveur de la nappe d'eau douce des sables à l'intérieur des terres (nappe des sables ogoliens). La carte pour AB/2 = 30 m montre également une anomalie par rapport à ce schéma, à savoir une chute des résistivités de l'eau des sables en profondeur (<1 Ω m) au droit des SE 18 à 20, 22 à 26, donc dans la zone S.E. du secteur prospecté.

4.2.3 - Coupes géoélectriques

Les coupes ont été constituées à partir des interprétations des diagrammes de sondages électriques que nous avons faites.

Coupe A : coupe N.S. passant par les forages P2 et P3. Cette coupe montre la chute progressive des résistivités entre le SE 30 et les SE 1 à 3 au centre du lac.

Comparativement aux autres profils décrits ci-dessous, la hausse des résistivités, notamment entre le SE 30 et le SE 6, puis SE 5 à SE 4, se fait relativement progressivement. Ceci peut montrer un apport relativement important de l'eau douce arrivant de l'intérieur des terres vers le lac. L'eau sursalée (résistivités <1 Ω m) n'intervient qu'à partir du SE 4 et SE 5.

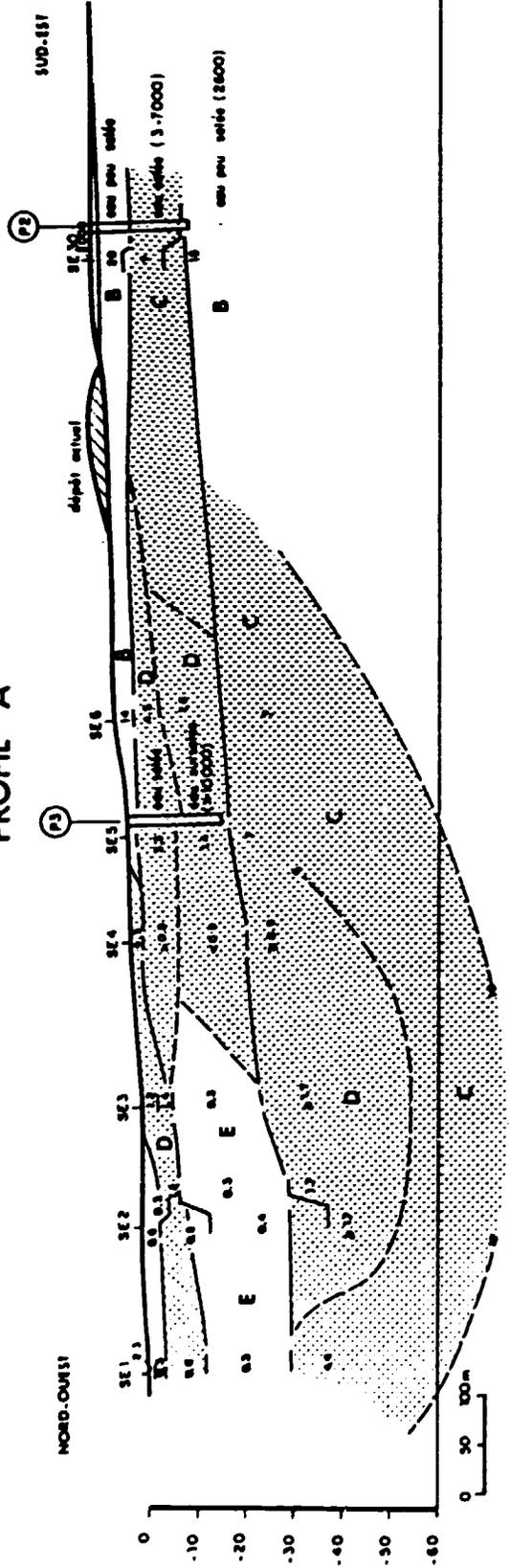
La variation des résistivités intervient donc latéralement du versant (SE 30) vers le lac (SE 2 à 4), puis vers le cordon dunaire (SE 1) où l'influence de l'eau douce semble augmenter les résistivités des sables profonds.

Une zonation s'observe également en profondeur où nous notons une chute de la résistivité de l'eau en profondeur, jusqu'à une trentaine de mètres, puis une remontée de celle-ci, fonction de l'implantation du sondage électrique par rapport au centre du lac (zonation latérale).

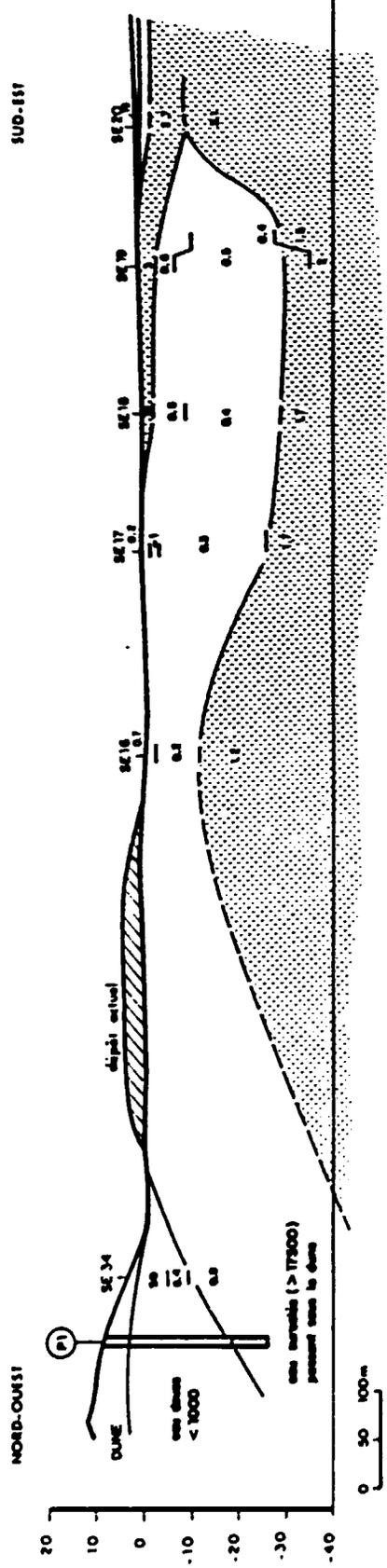
Coupe B

SECTION 1

PROFIL A

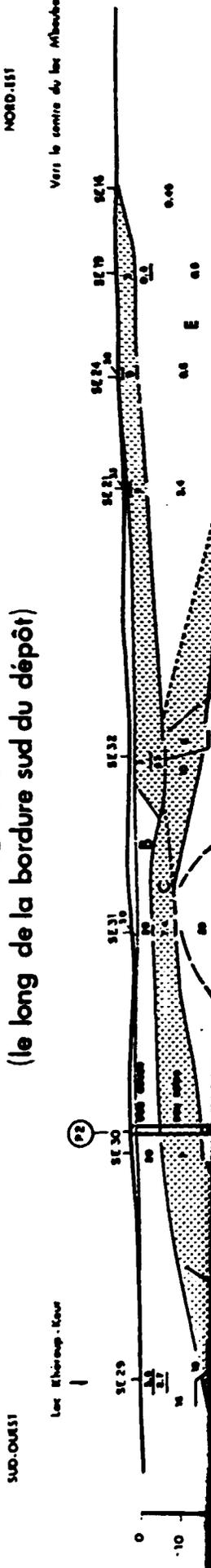


PROFIL B

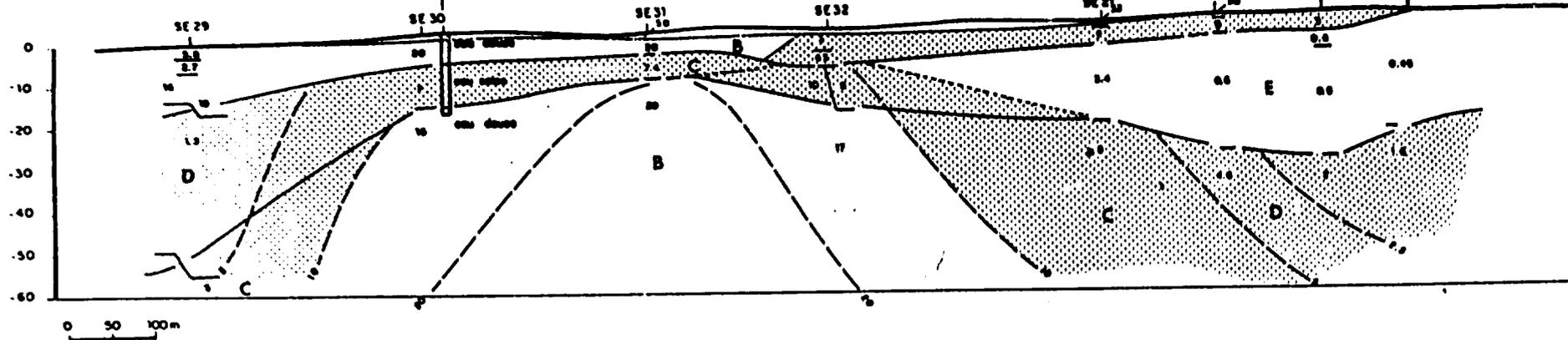


PROFIL C

(le long de la bordure sud du dépôt)



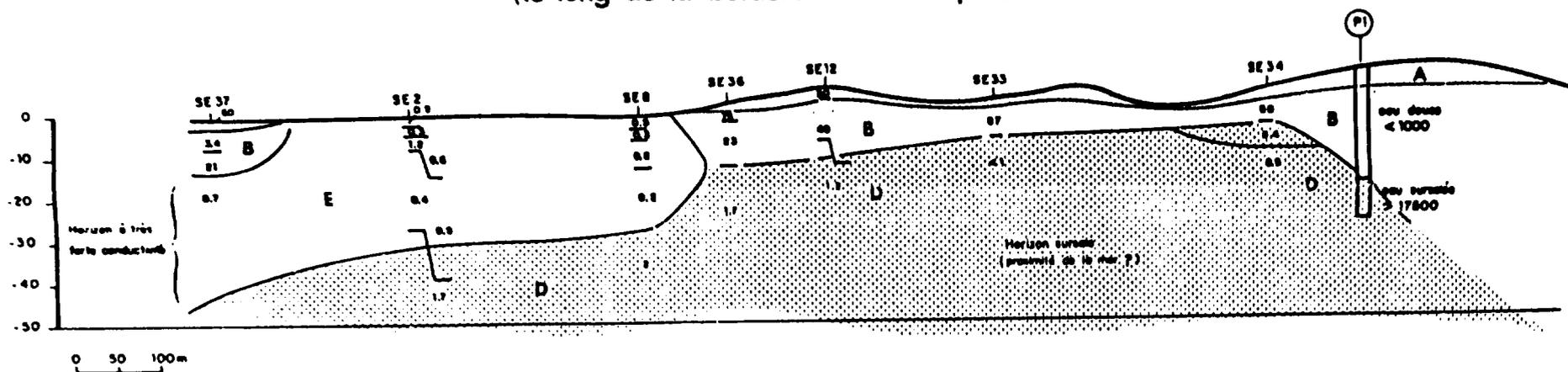
Vers le centre du lac Mbebanou



PROFIL D
(le long de la bordure nord du dépôt)

SUD-OUEST

NORD-EST



SECTION 2

LEGENDE

Valeurs de résistivité en ohm.m

A	Sec
B	> 10
C	5 - 10
D	1 - 5
E	< 1 Ω m

REPUBLIQUE DU SENEGAL
 Etude d'impact de la décharge de M'BEUBEUSSE
 sur l'environnement de la ville de DAKAR
 CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
 DU SITE DE LA DECHARGE
 COUPES GEOELECTRIQUES

Cette coupe est approximativement parallèle à la coupe A, en étant située à l'Est de cette dernière, vers le centre du lac. Le Nord de la coupe permet de visualiser le passage entre l'eau douce de la dune (résistivités $> 50 \Omega\text{m}$) et l'eau sursalée ($0,9 \Omega\text{m}$). La limite entre ces deux horizons contrastés a pu être appréciée en corrélant l'interprétation du sondage électrique SE 34 et les résultats du piézomètre P1 situé plus haut sur la dune.

Ce contact eau douce/eau salée est très redressé par rapport au biseau salé du côté du versant (Sud de la coupe). Les SE 18, 19 et 20 indiquent une faible épaisseur d'eau douce ($< 10 \text{ m}$) et un contact eau douce/eau salée très "plat". Ceci indique la faible importance des apports latéraux en eau douce dans ce secteur.

Nous pouvons donc en conclure qu'il existe des différences dans les apports latéraux d'eau douce provenant du S.E. (intérieur de la presqu'île), puisque le biseau salé sur la coupe A et la coupe B ont des géométries différentes.

D'autre part, sur la coupe B, l'horizon très minéralisé ($\leq 1 \Omega\text{m}$) semble s'épaissir entre le SE 16 situé au centre du lac et les SE 18 et 19 au Sud. Cette observation avait déjà été faite en observant les cartes d'isorésistivité apparente pour $AB/2 = 30 \text{ m}$.

Profil C

Ce profil est réalisé du lac KHEREUP-KEUR (SE 29) au S.W. du dépôt en direction du centre du lac (SE 16). Le profil géoélectrique fait apparaître la zonation classique entre le centre du lac très minéralisé en profondeur (un horizon de 20 à 30 m à une résistivité $< 1 \Omega\text{m}$, puis un fond $< 5 \Omega\text{m}$) et l'intérieur des terres (SE 30 à 32), où l'on est en présence d'un horizon d'eau douce surmontant un horizon minéralisé ($7-10 \Omega\text{m}$ sur 5 à 10 m). L'horizon de fond est résistant (entre 10 et 20 Ωm). Ce schéma a été confirmé par le piézomètre P2 où les eaux avaient une forte conductivité entre 10 et 19 m ($\leq 7\,000 \mu\text{S}$), puis leur conductivité a chuté entre 19 et 20 m, sans que n'ait été noté de changement lithologique.

A l'Ouest du profil, on observe une nouvelle baisse des résistivités de l'eau vers le SE 29, certainement liée à la présence du lac KHEREUP-KEUR, sec à l'époque des mesures. L'horizon résistant ($5 \Omega\text{m}$) interprété à 50 m de profondeur pourrait aussi être le substratum marneux.

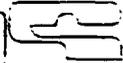
Profil D

Le profil D est parallèle au profil C, avec un décalage de 100 m vers le Nord. Ce profil a la particularité de passer au pied du cordon dunaire.

Du côté Est, nous retrouvons le schéma du SE 34 et P1 (comme sur le profil B), avec un horizon très minéralisé ($< 1 \Omega\text{m}$), surmonté par un résistant ($50 \Omega\text{m}$) qui est à rapprocher de la nappe d'eau douce dunaire. Celle-ci s'épaissit vers l'Ouest, c'est-à-dire vers le SE 36 (12 m), mais ceci est dû au fait que cette nappe n'est pas parfaitement rectiligne et que les sondages électriques sont réalisés à des endroits différents du biseau salé. L'horizon très minéralisé (entre 0,9 et 1,7 Ωm) sous-jacent s'approfondit à l'Ouest et nous observons un horizon intermédiaire encore plus minéralisé entre les SE 2 et 8, c'est-à-dire au droit du lac.

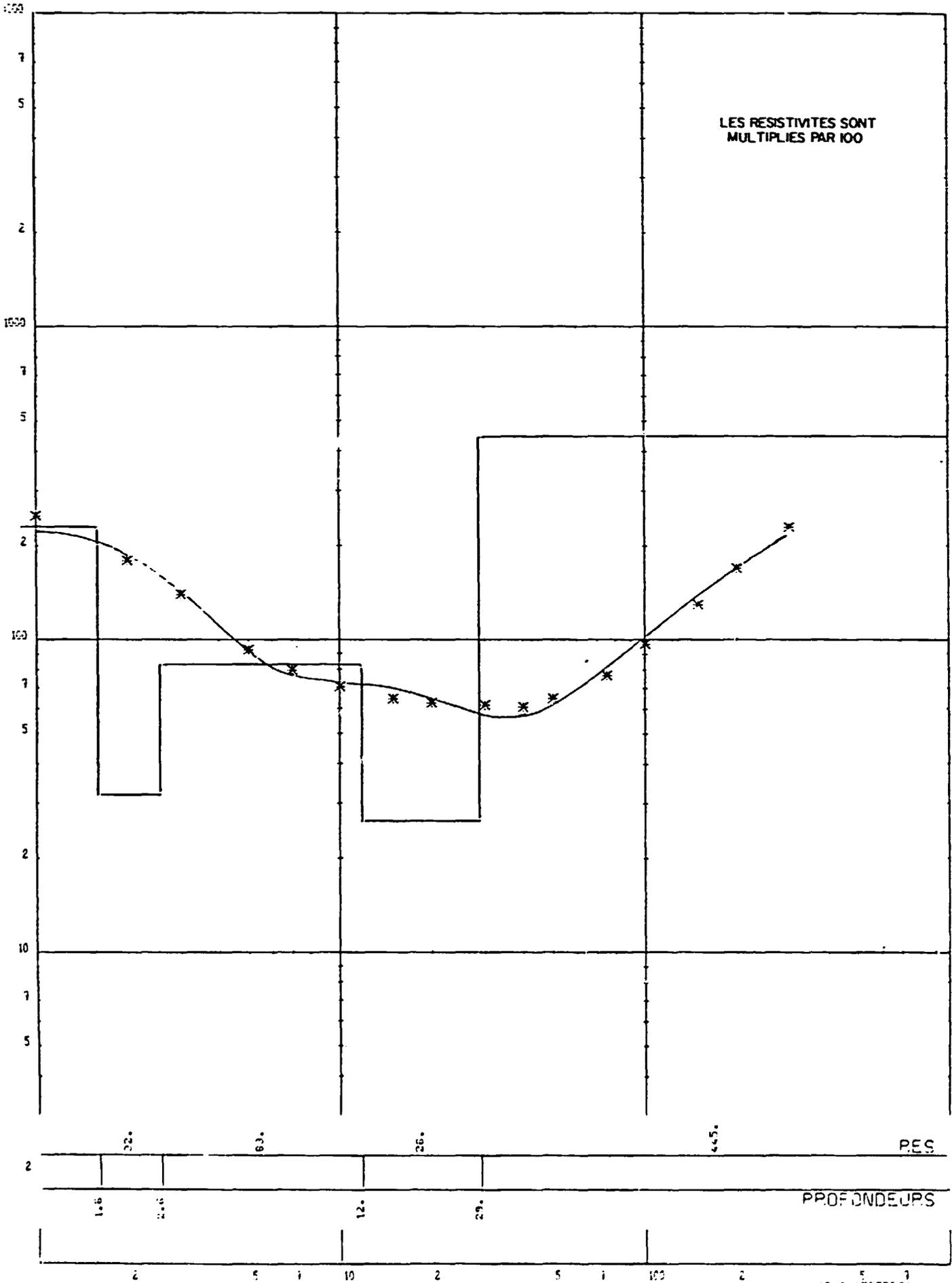
5. COURBES ELECTRIQUES INTERPRETEES

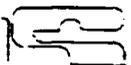
Les sorties informatisées de chaque sondage électrique sont fournies ci-après. Nous avons volontairement présenté deux interprétations différentes pour certaines courbes.



VICTOR

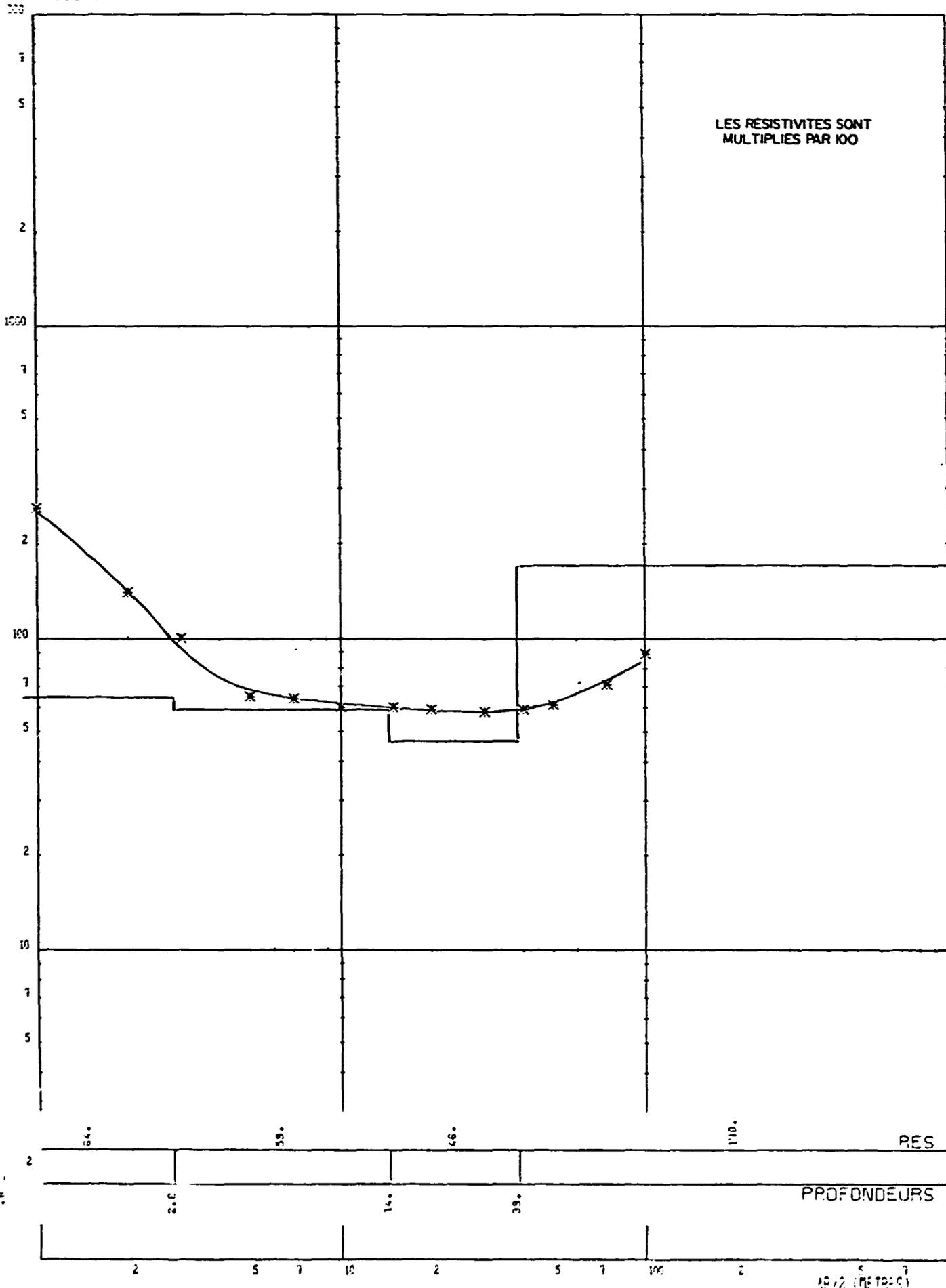
LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIES PAR 100





VICTOR

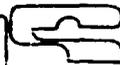
LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIES PAR 100



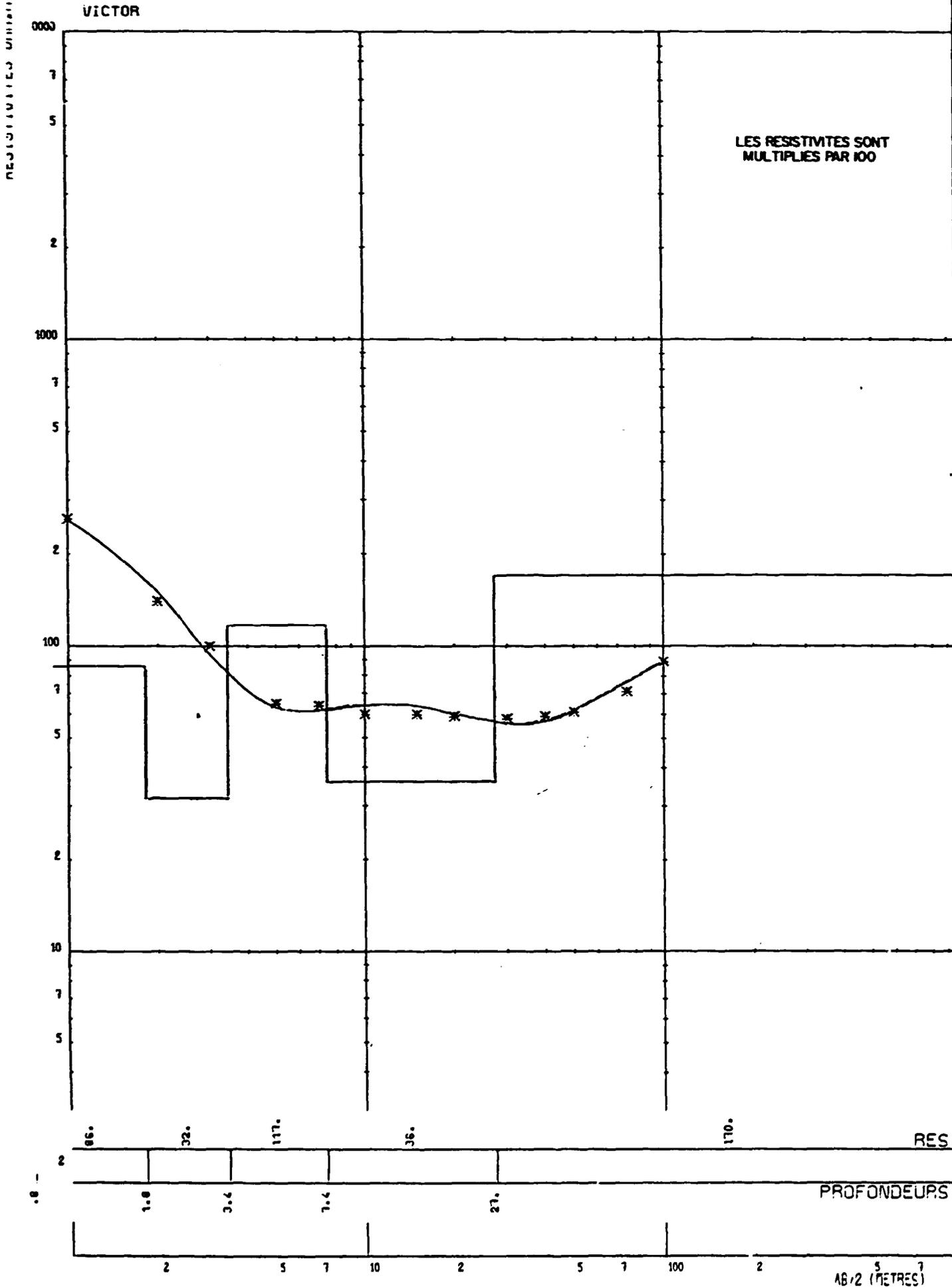
RES

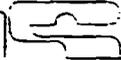
PROFONDEURS

10/2 (METRES)

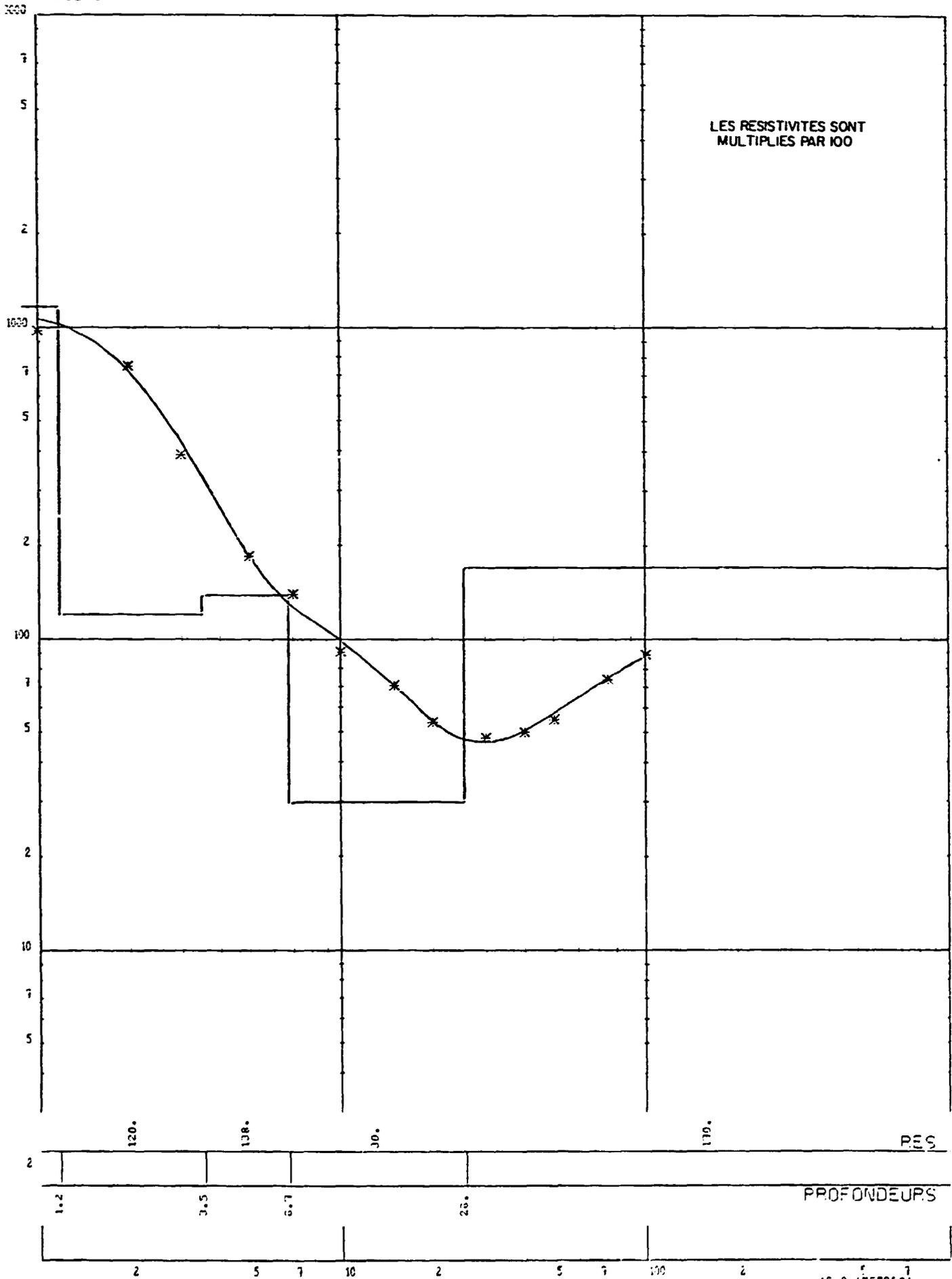


VICTOR



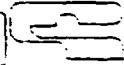


VICTOR

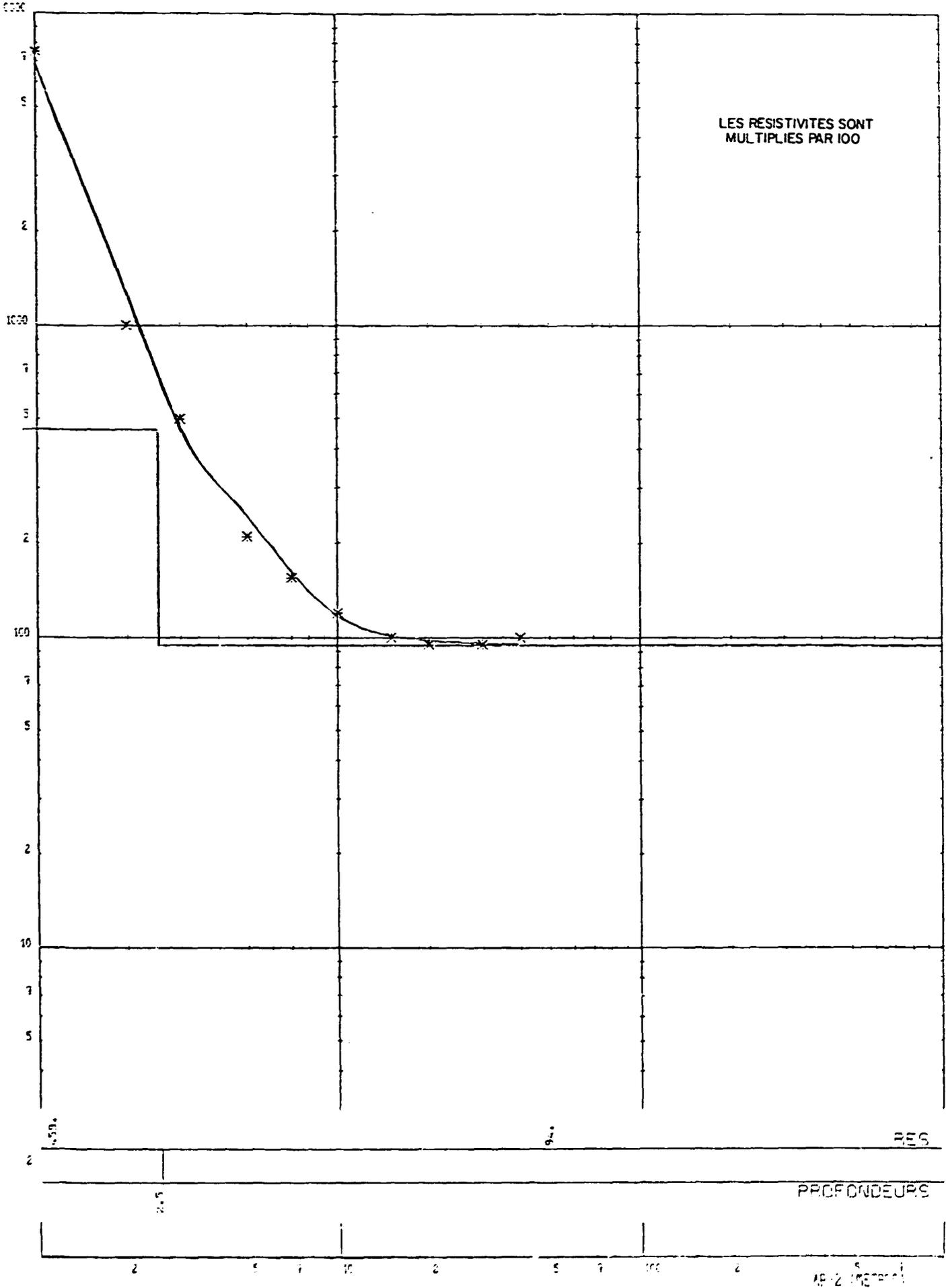


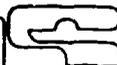
RES

PROFONDEURS



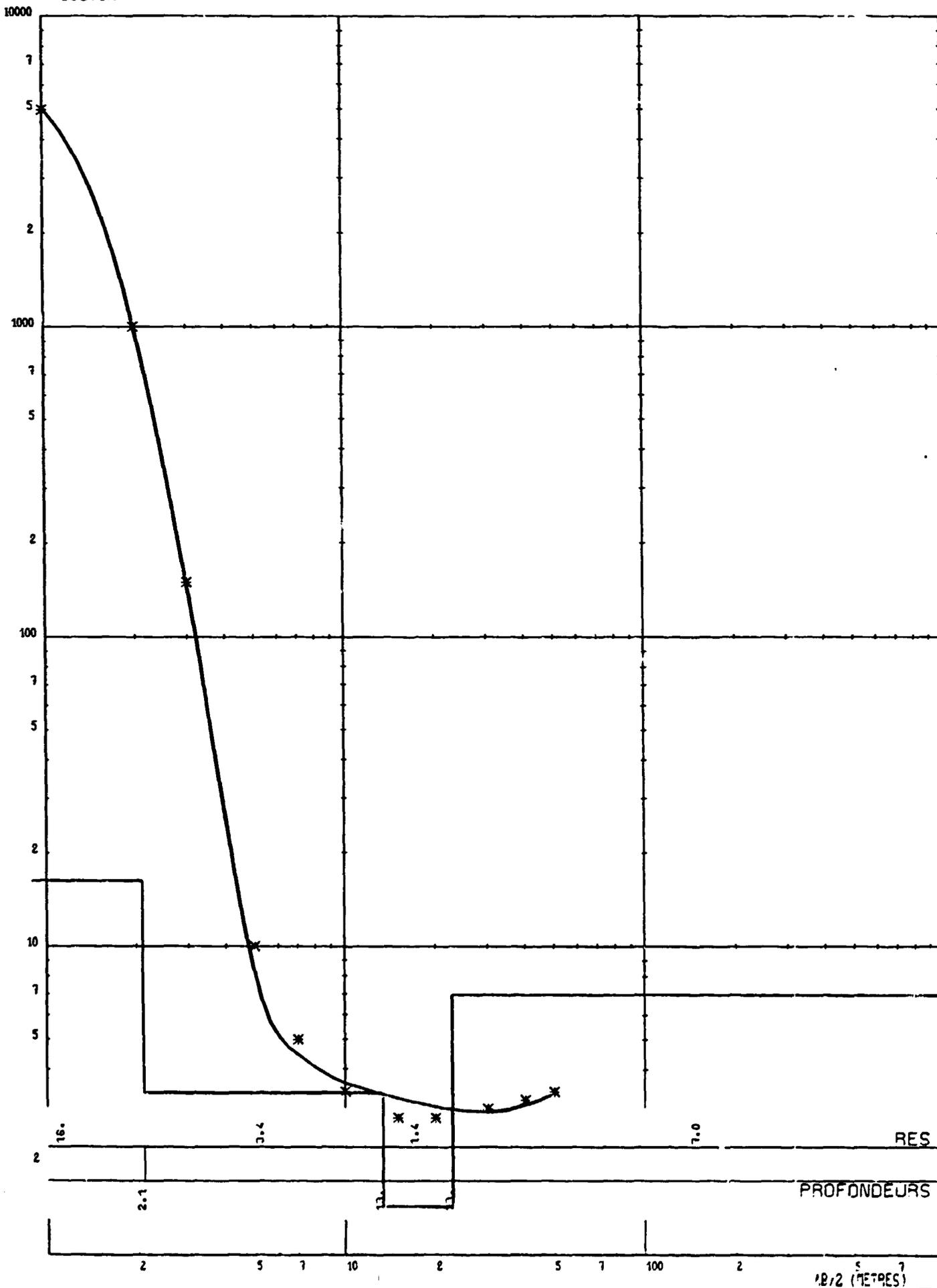
VICTOR





RESISTIVITES OHM.M

VICTOR





RESISTIVITES (OHM/CM)

VICTOR

10000

7

5

2

1000

7

5

2

100

7

5

2

10

5

1.1

3.3

1.3

25.

RES



2.2

1.1

25

FREQUENCES

R

2

5

7

10

2

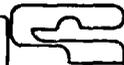
5

7

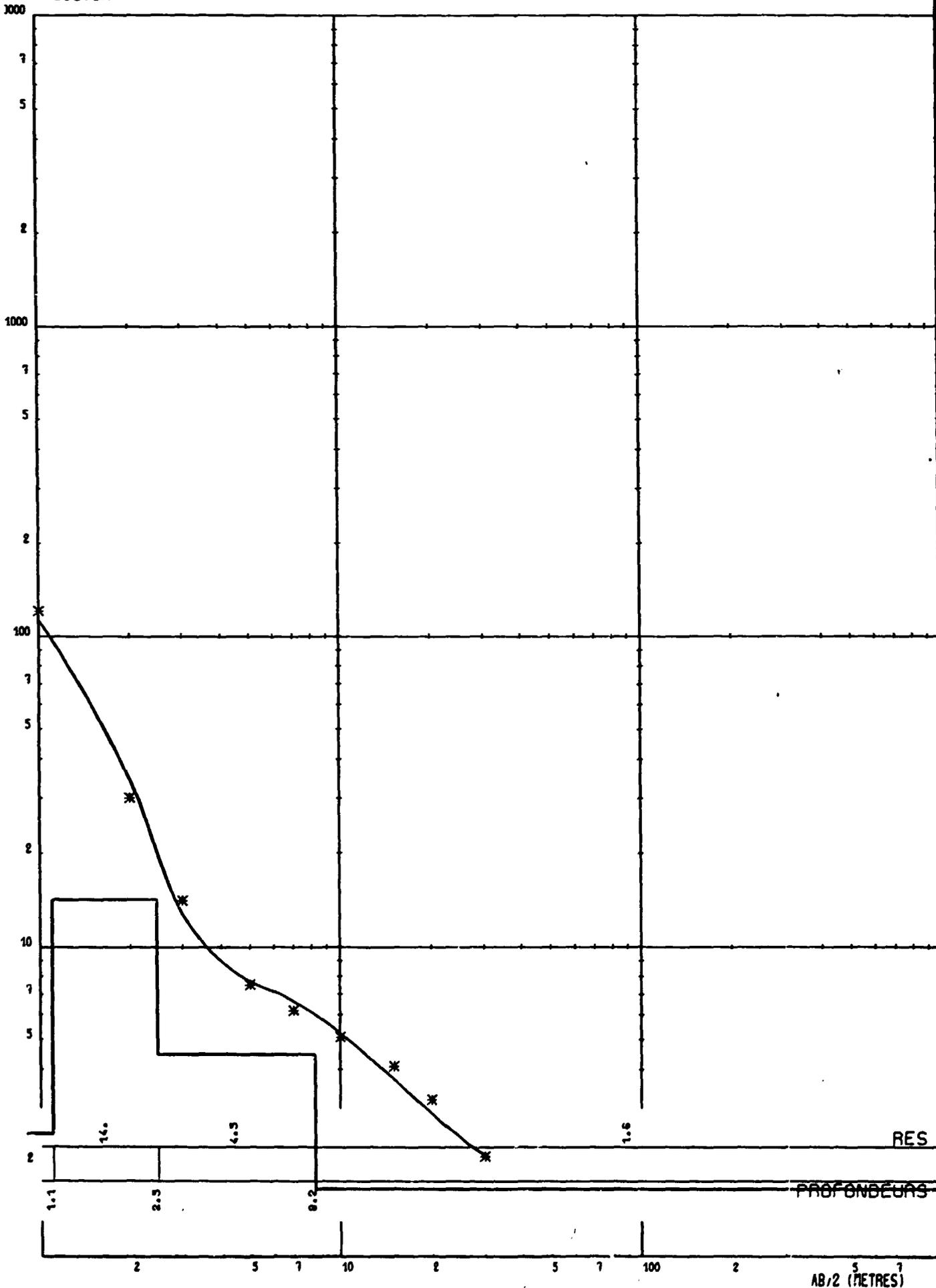
100

2

100.2 (METRES)



VICTOR

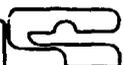


INDUSTRIAL UNIT

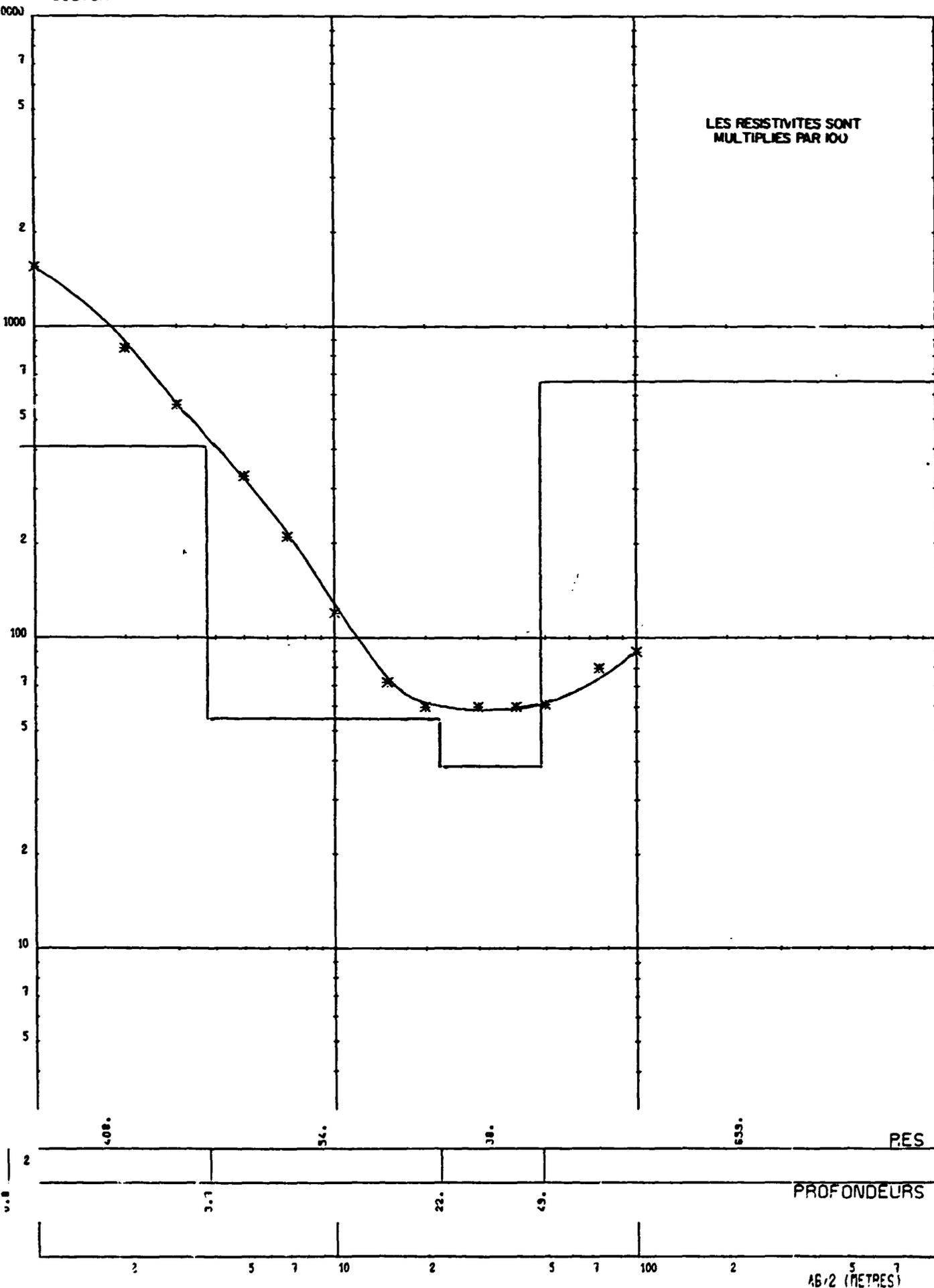
0.1

PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



VICTOR

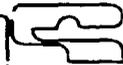


RESISTIVITES UNITEES

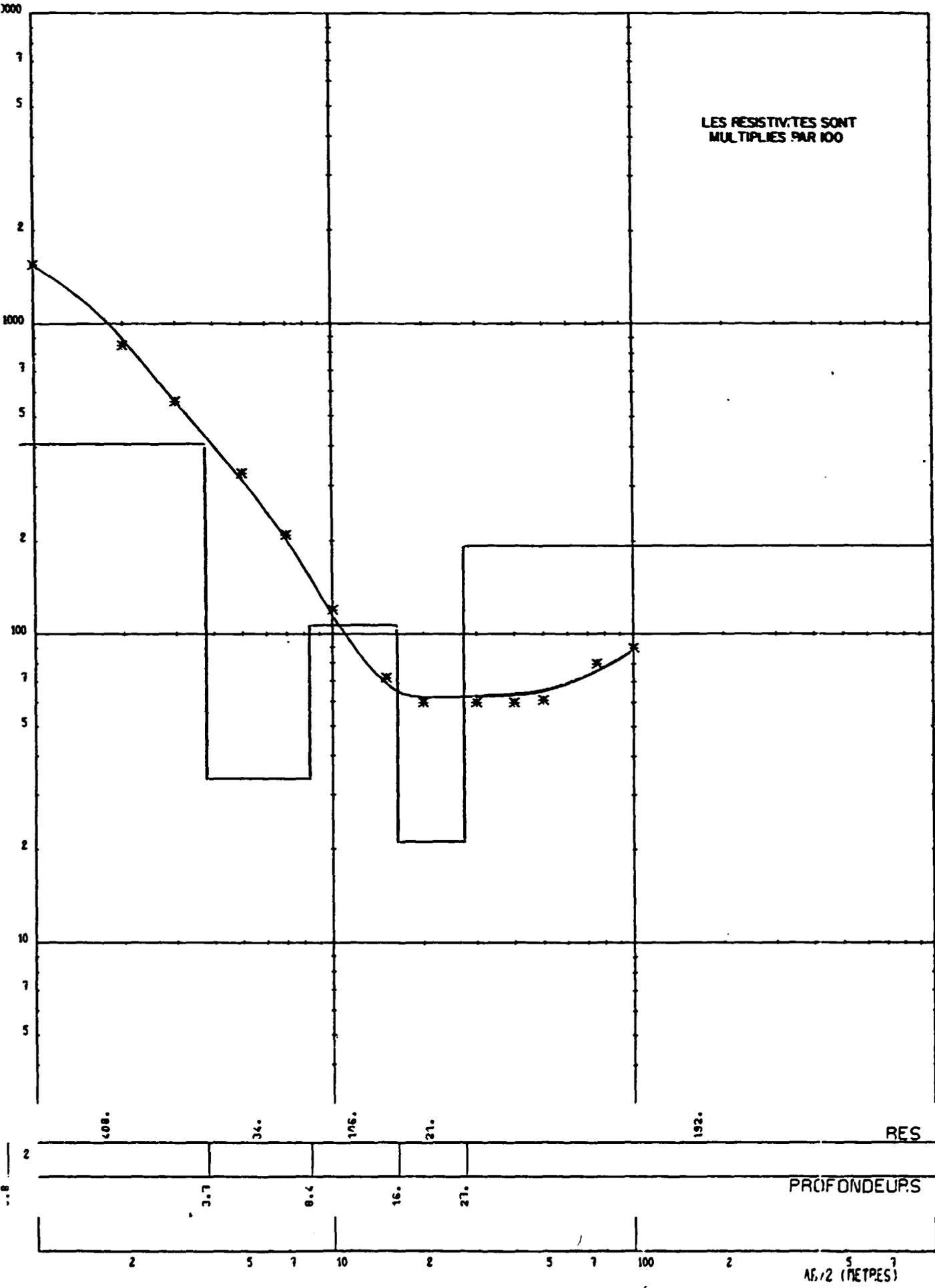
PES

PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



VICTOR



INDUSTRIELLES MONTRE

0.8

RES

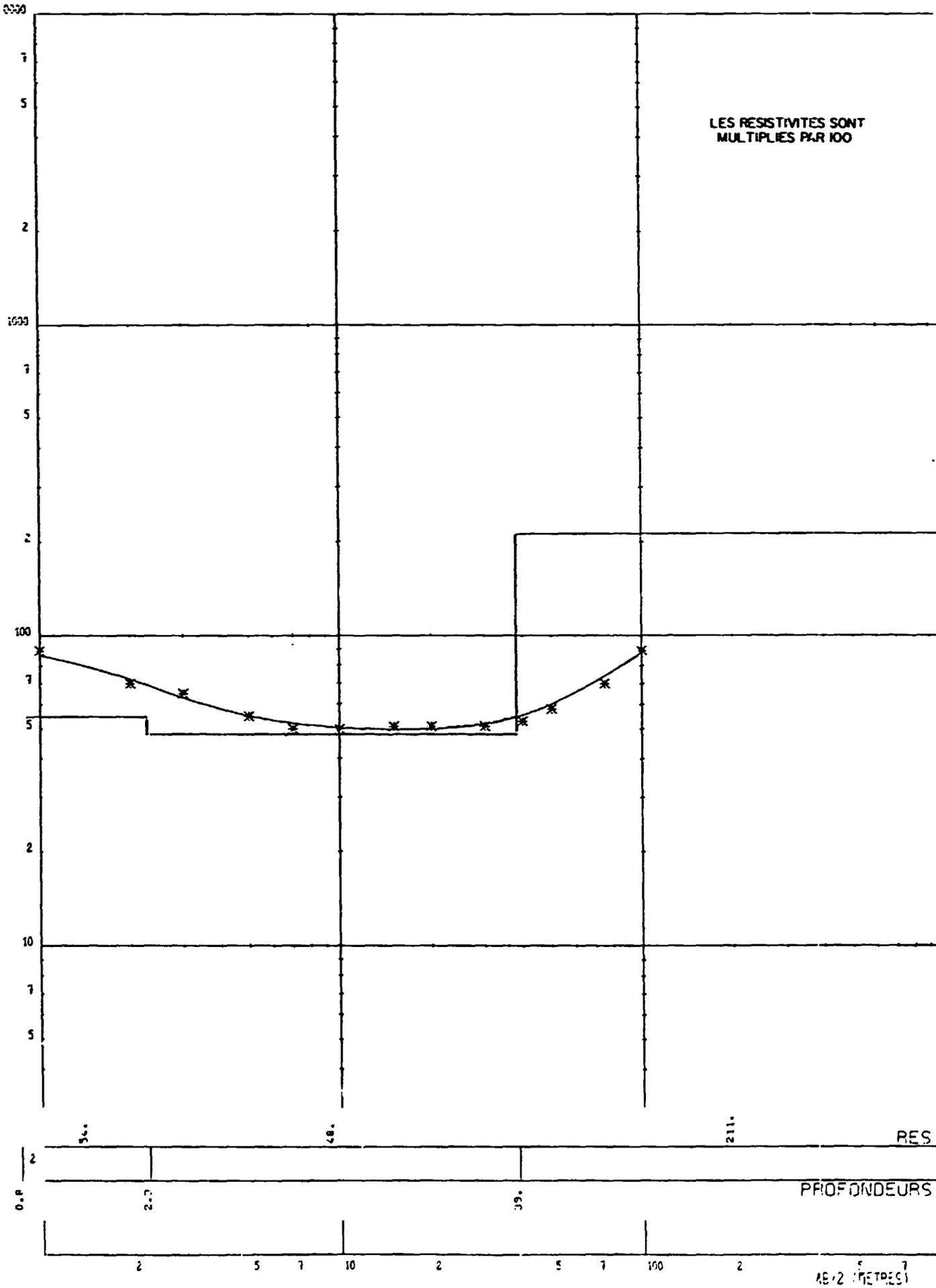
PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



VICTOR

LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIES PAR 100



MEURES EXPERIMENTALES * * *

0.5

300

200

400

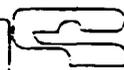
300

200

RES

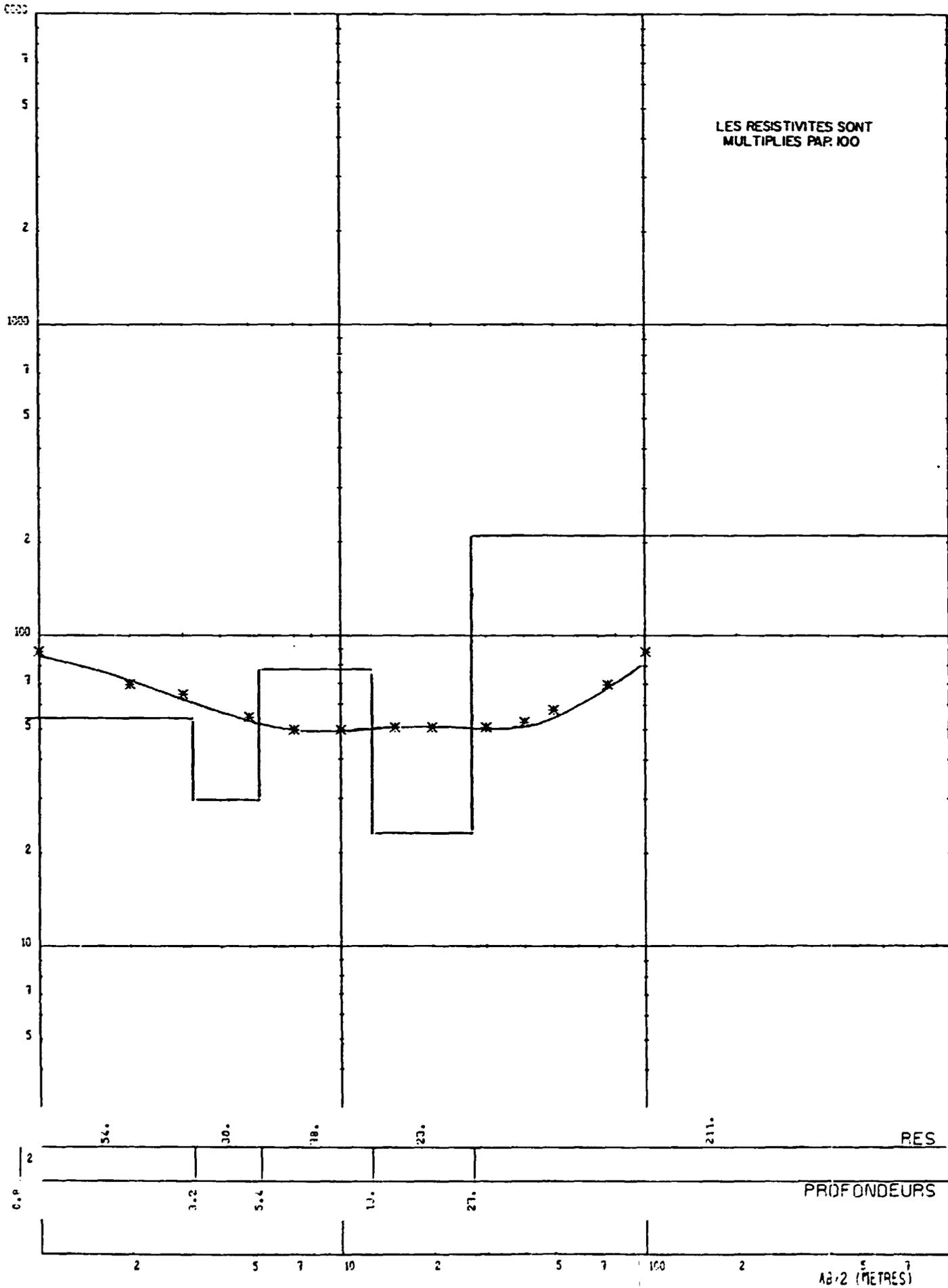
PROFONDEURS

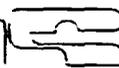
100 2 5 100 2 5 100 2



VICTOR

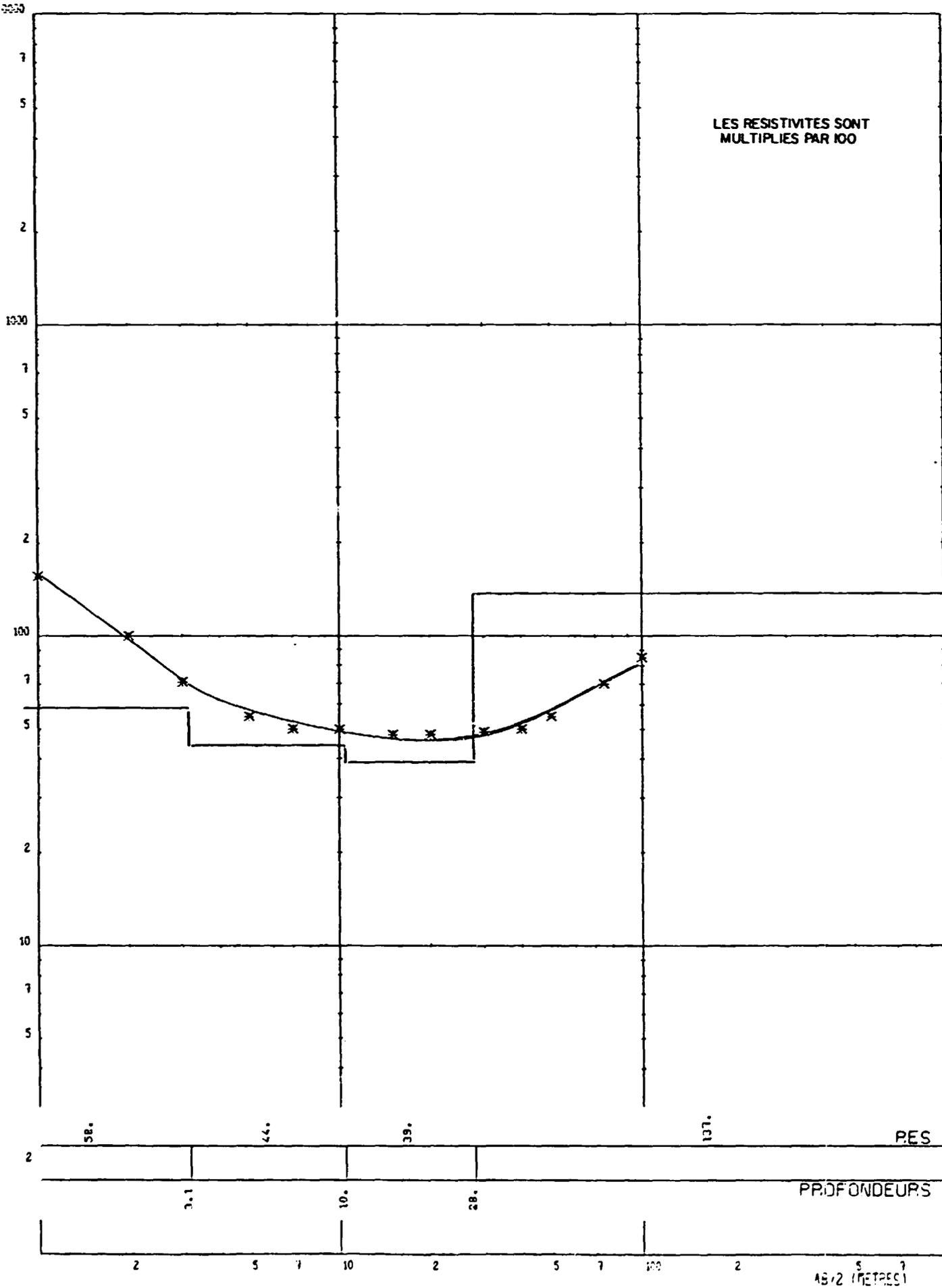
LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIES PAR 100





VICTOR

LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIES PAR 100



58.

44.

39.

137.

RES

3.1

10.

28.

PROFONDEURS

2

5

7

10

2

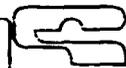
5

7

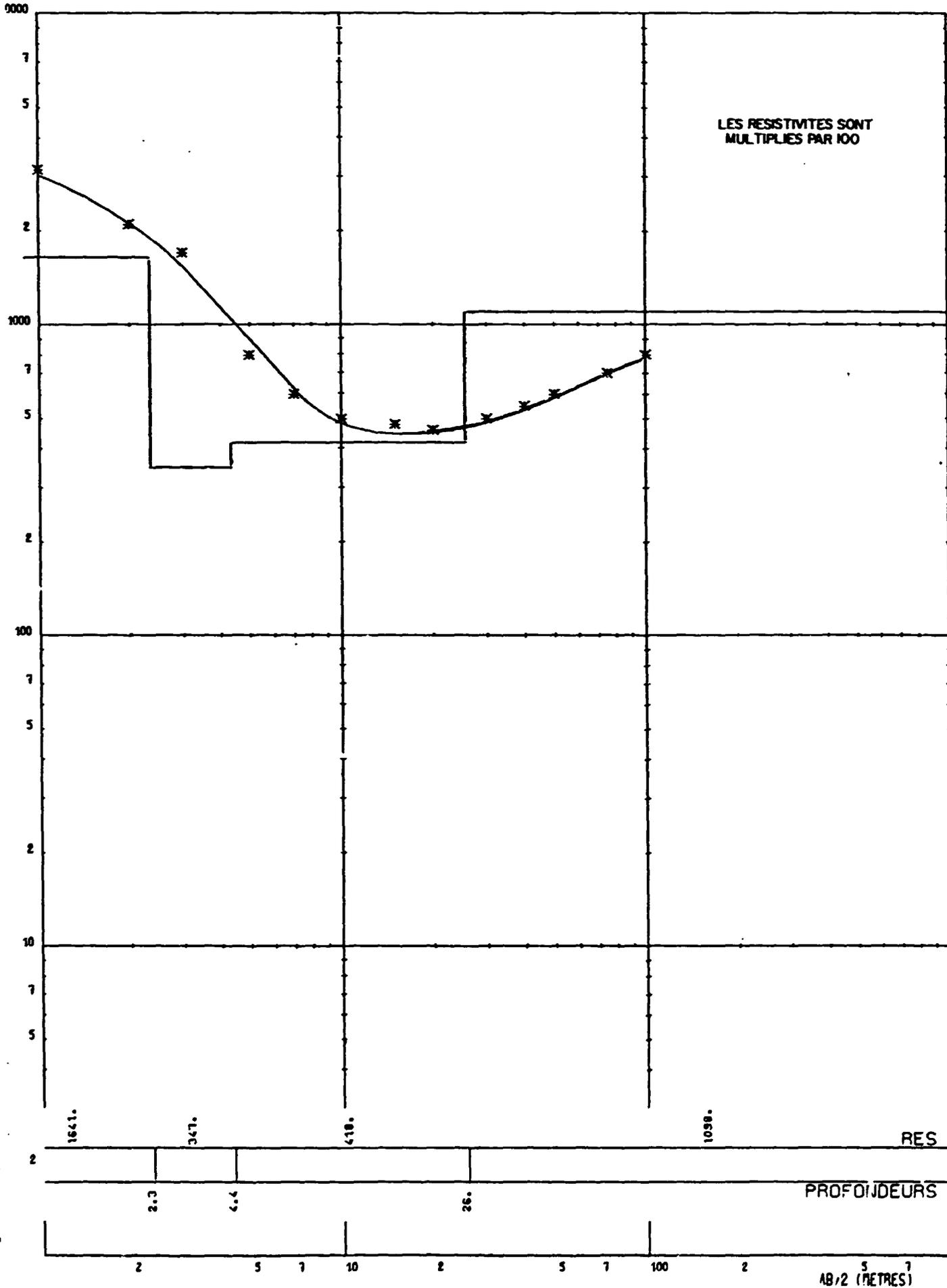
100

2

AS/2 (METRES)



VICTOR



RESISTIVITES OHM.M

RES

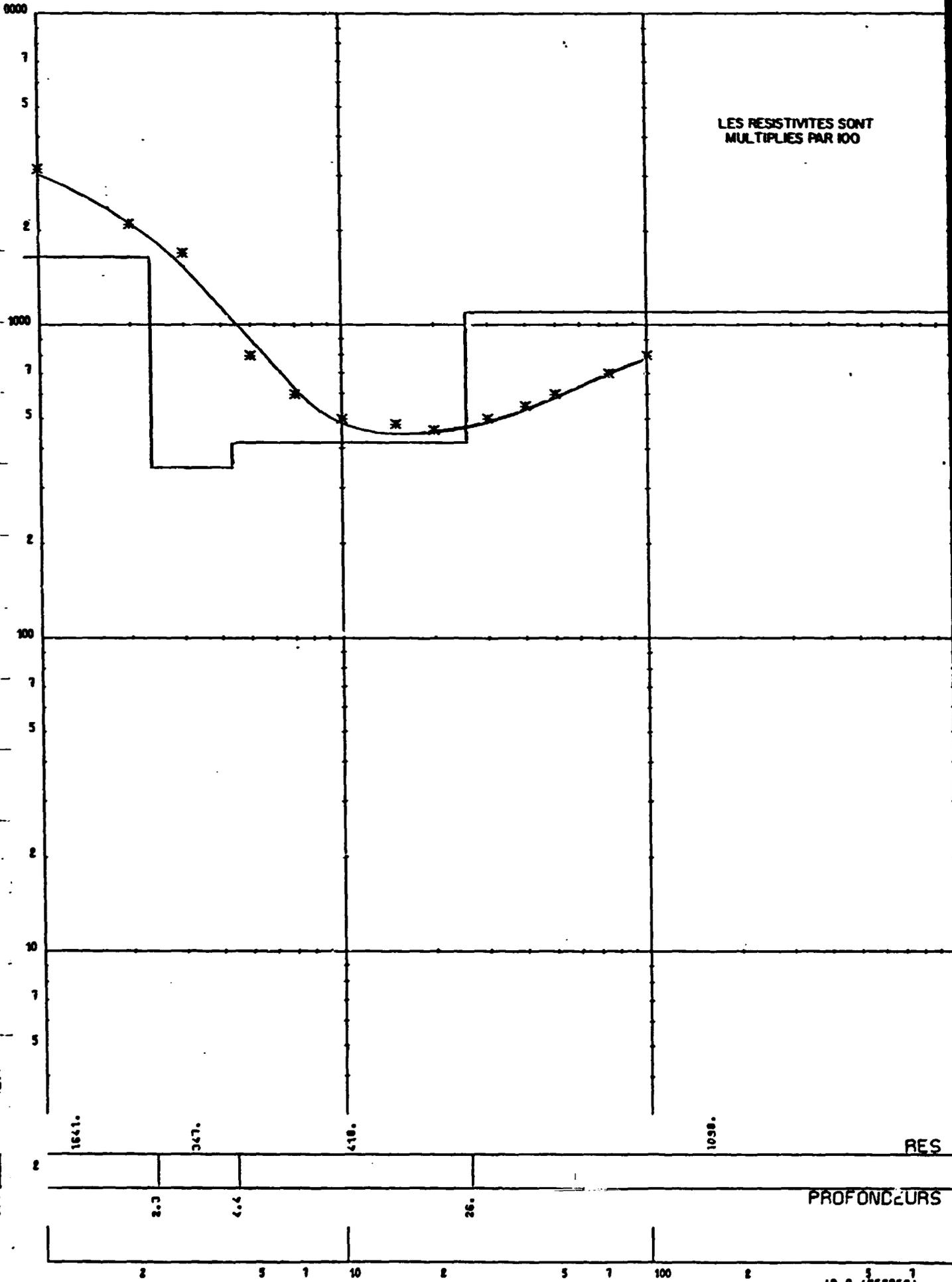
PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



COURBE IDENTIFIEE _____

VICTOR



1641.

347.

410.

1038.

RES

2.7

4.4

26.

PROFONDEURS

2

5

1

10

2

5

1

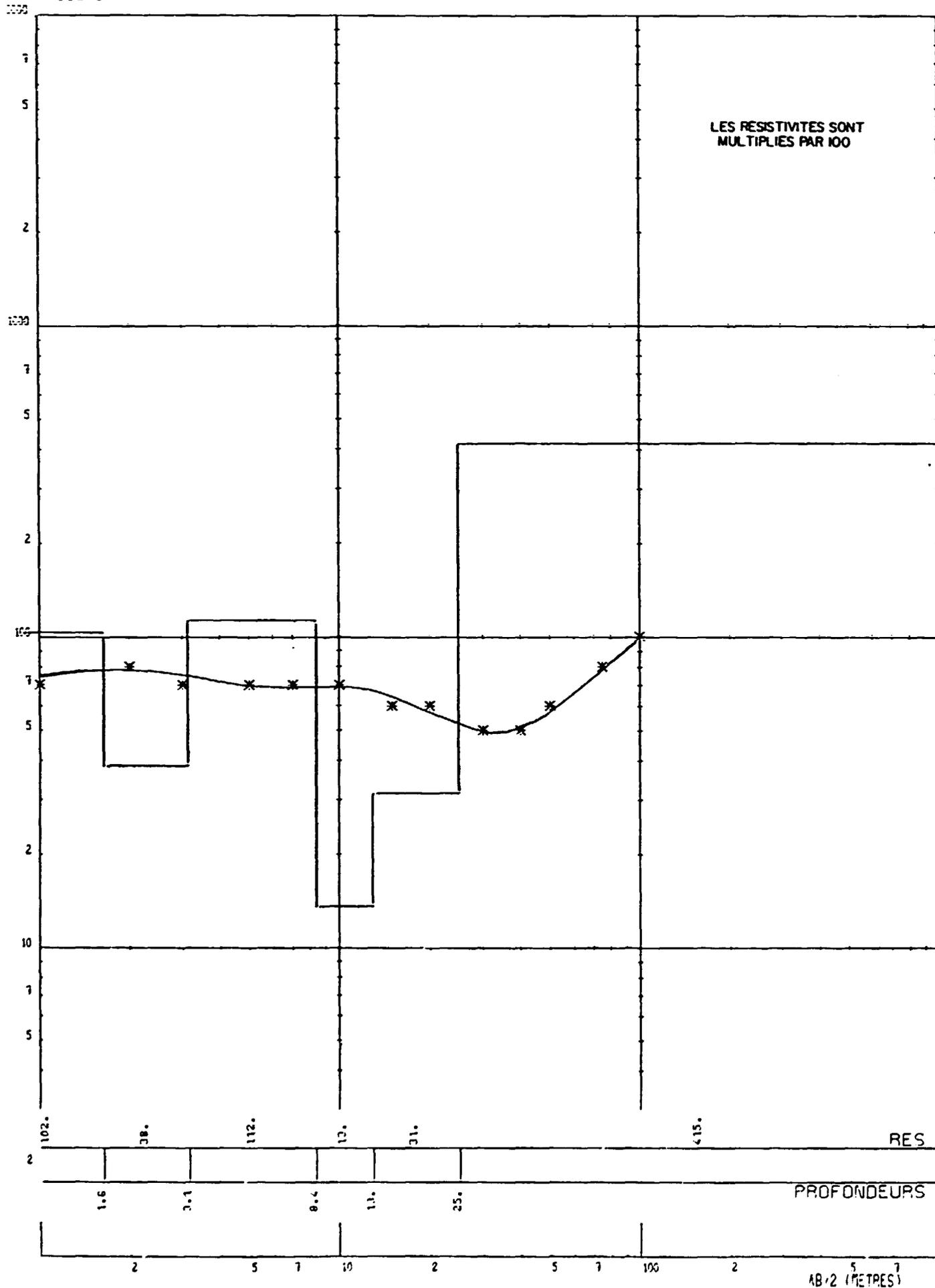
100

2

10.2 (METERS)



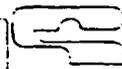
VICTOR



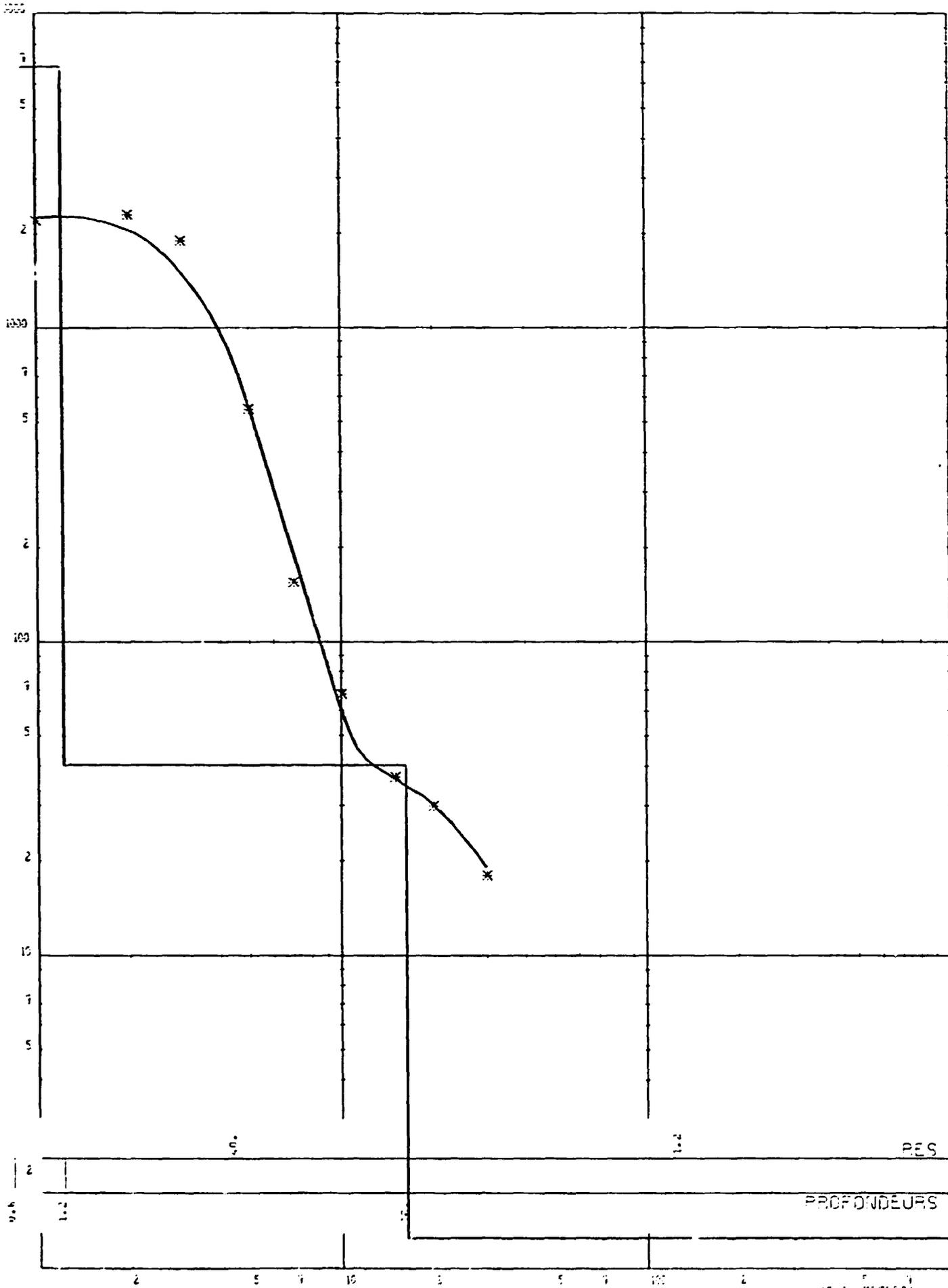
RES

PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



VICTOR

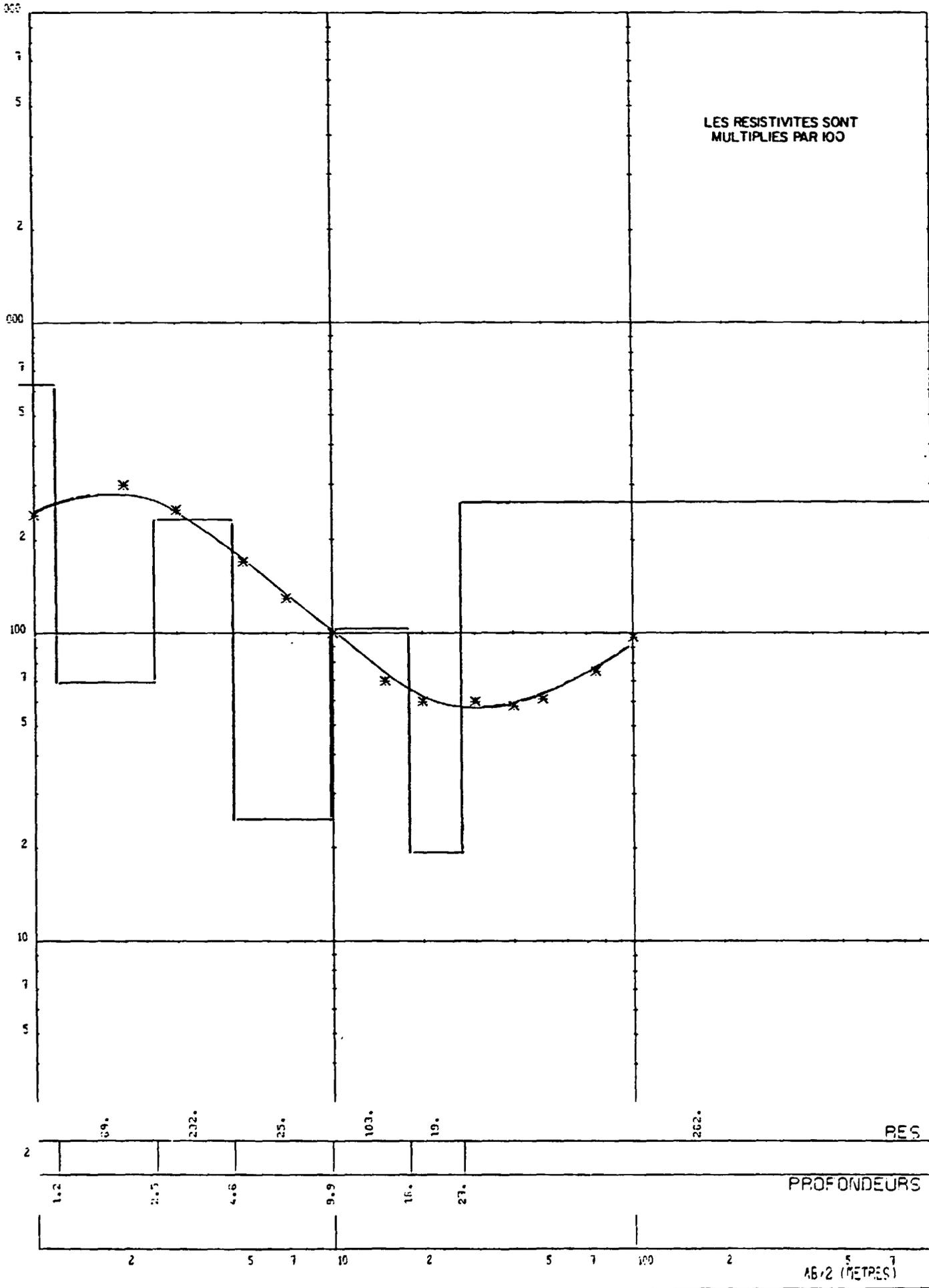


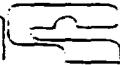
PROFONDEURS

RES

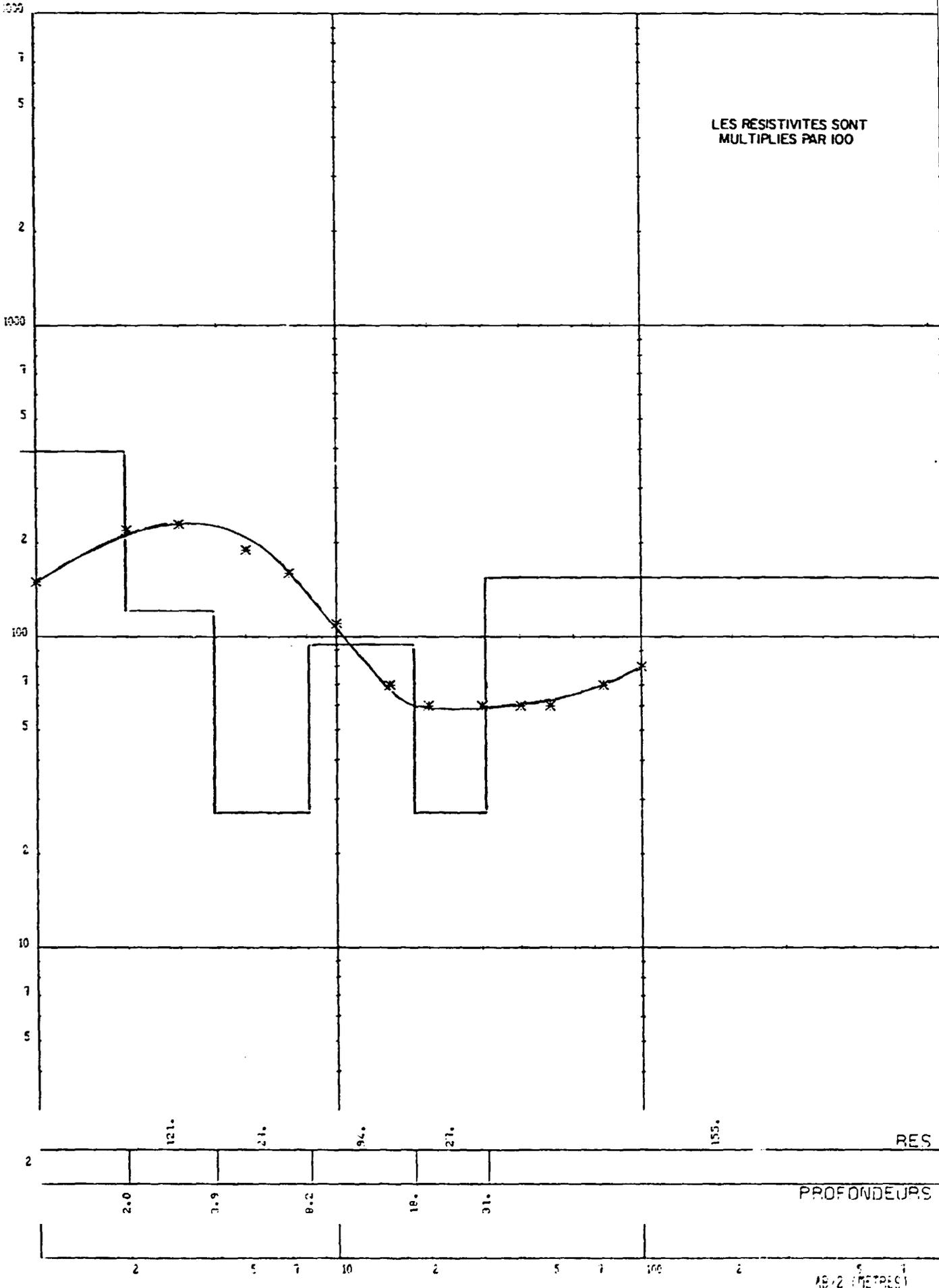


VICTOR





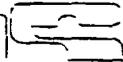
VICTOR



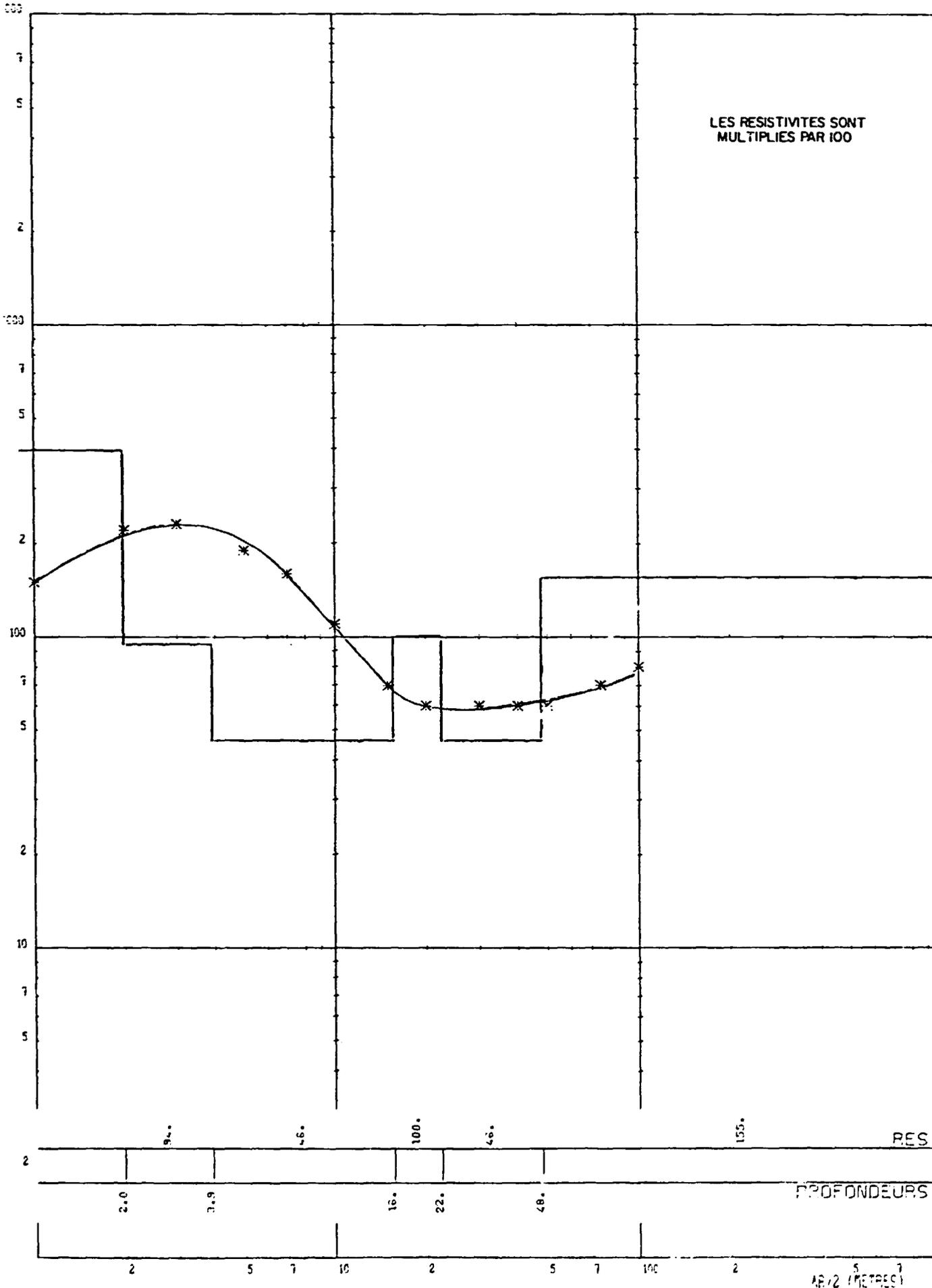
RES

PROFONDEURS

10/2 (METRES)



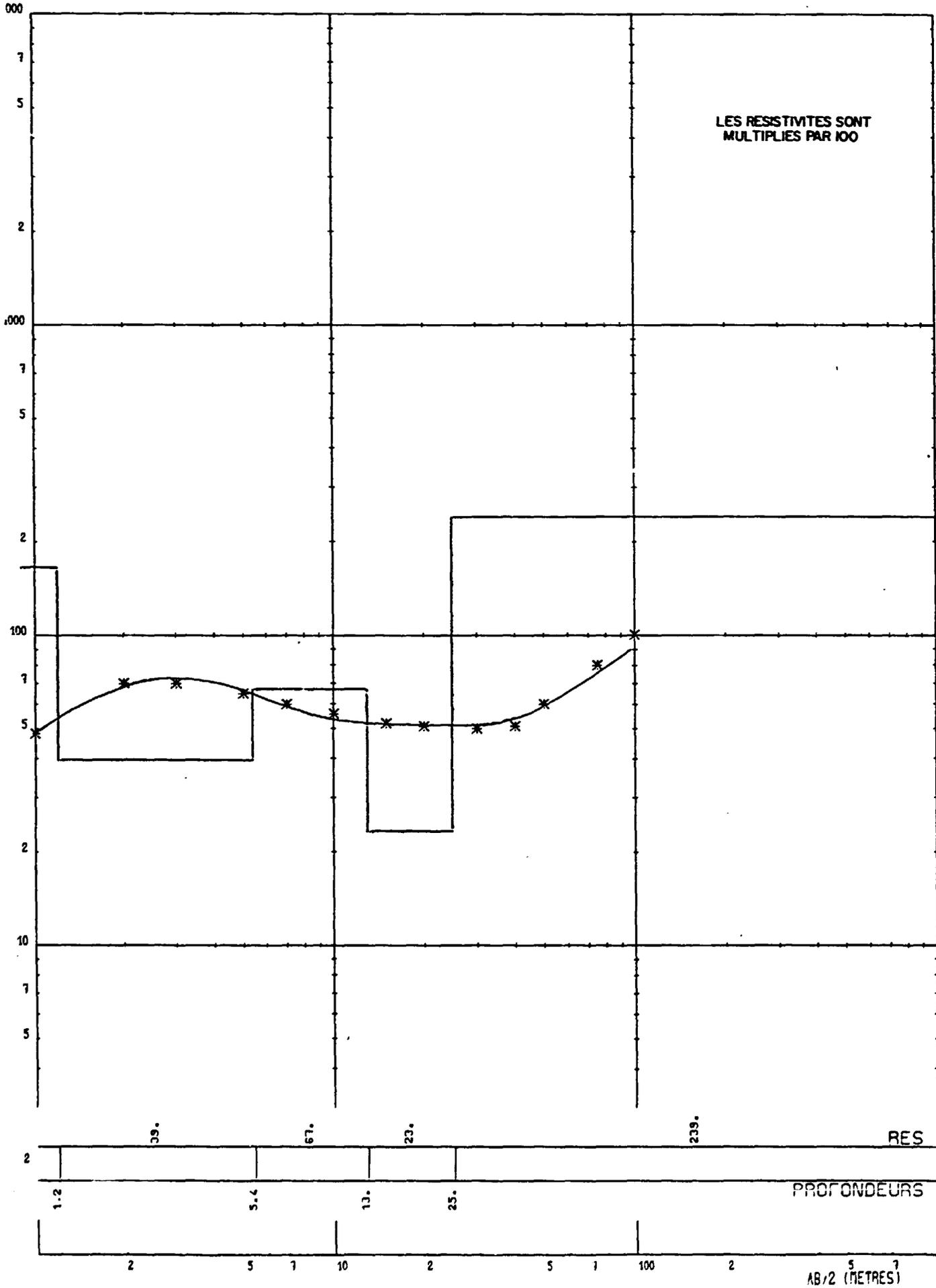
VECTOR





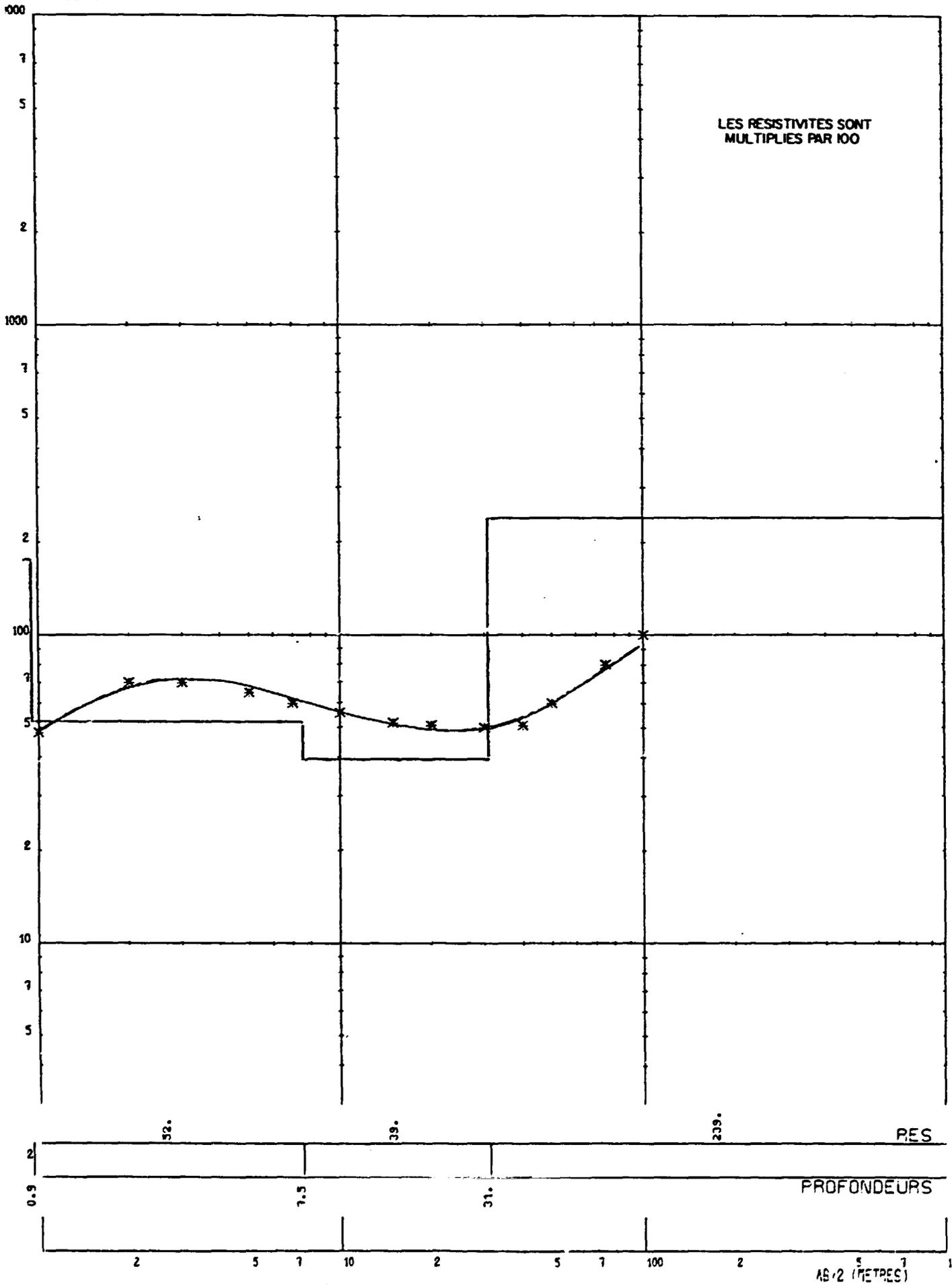
VICTOR

LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIES PAR 100





VICTOR

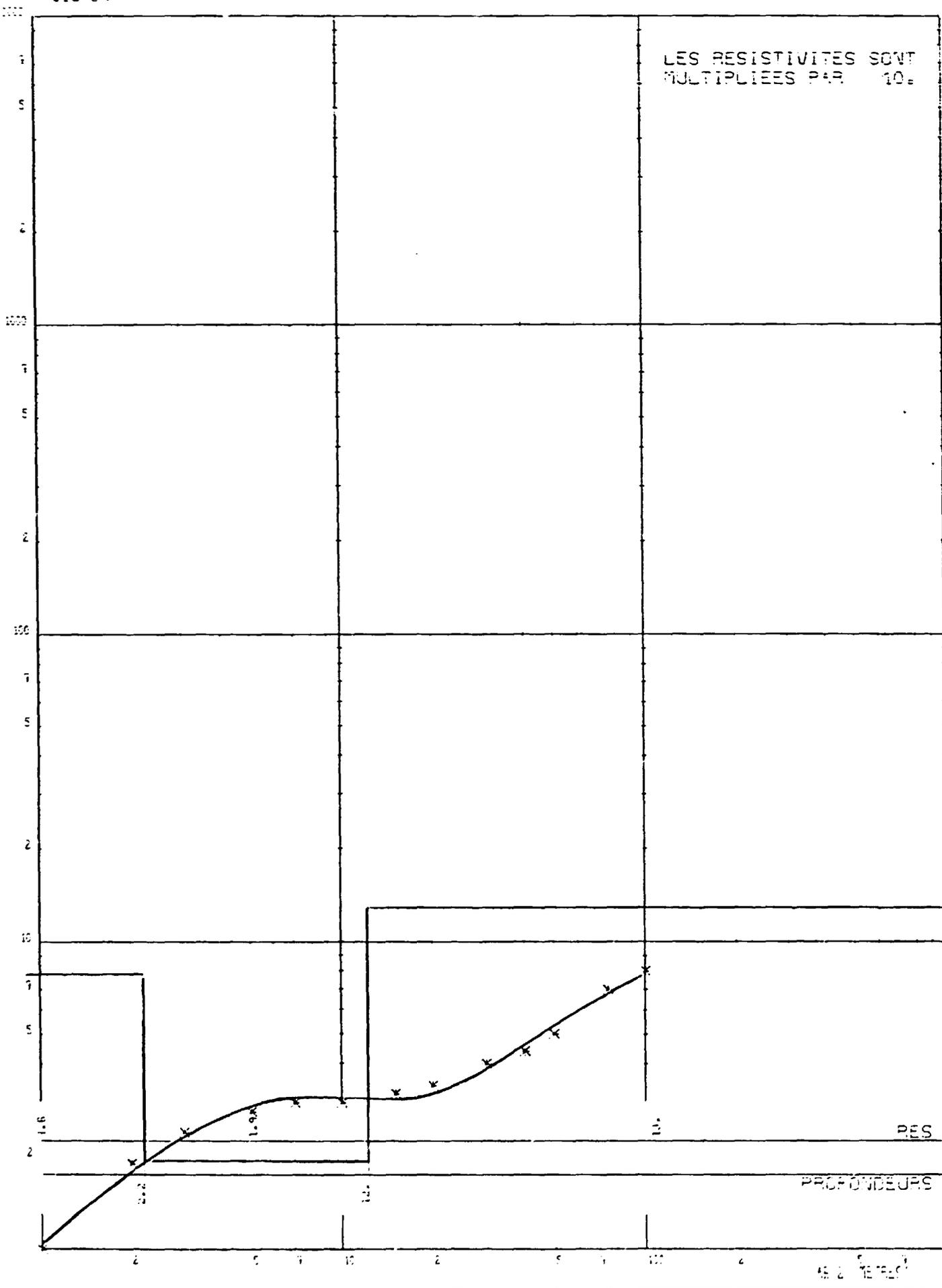




COURS IDENTIFIEE

VICTOR

LES RESISTIVITES SONT
MULTIPLIEES PAR 10.

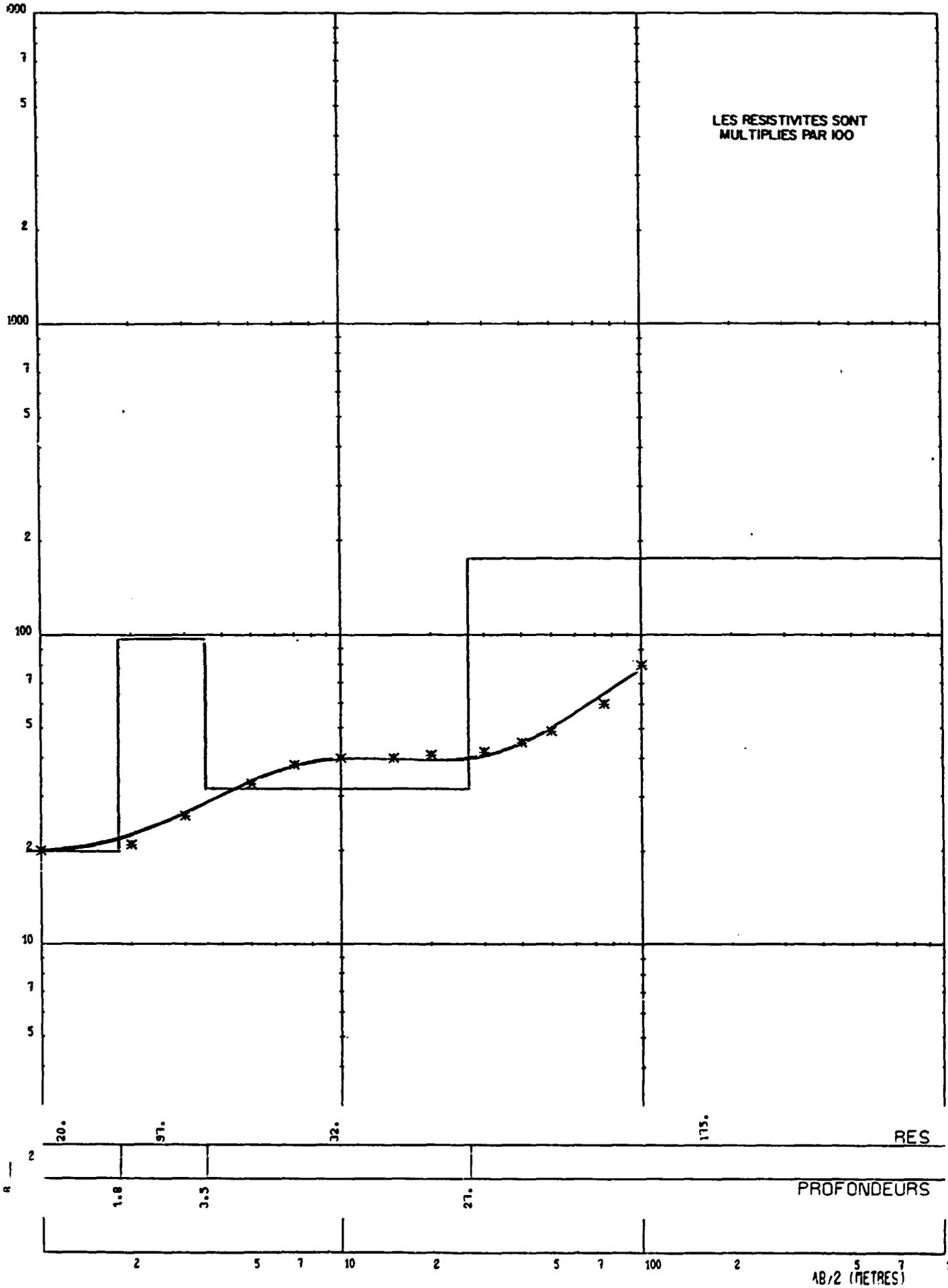


PROFONDEURS

RES



VICTOR



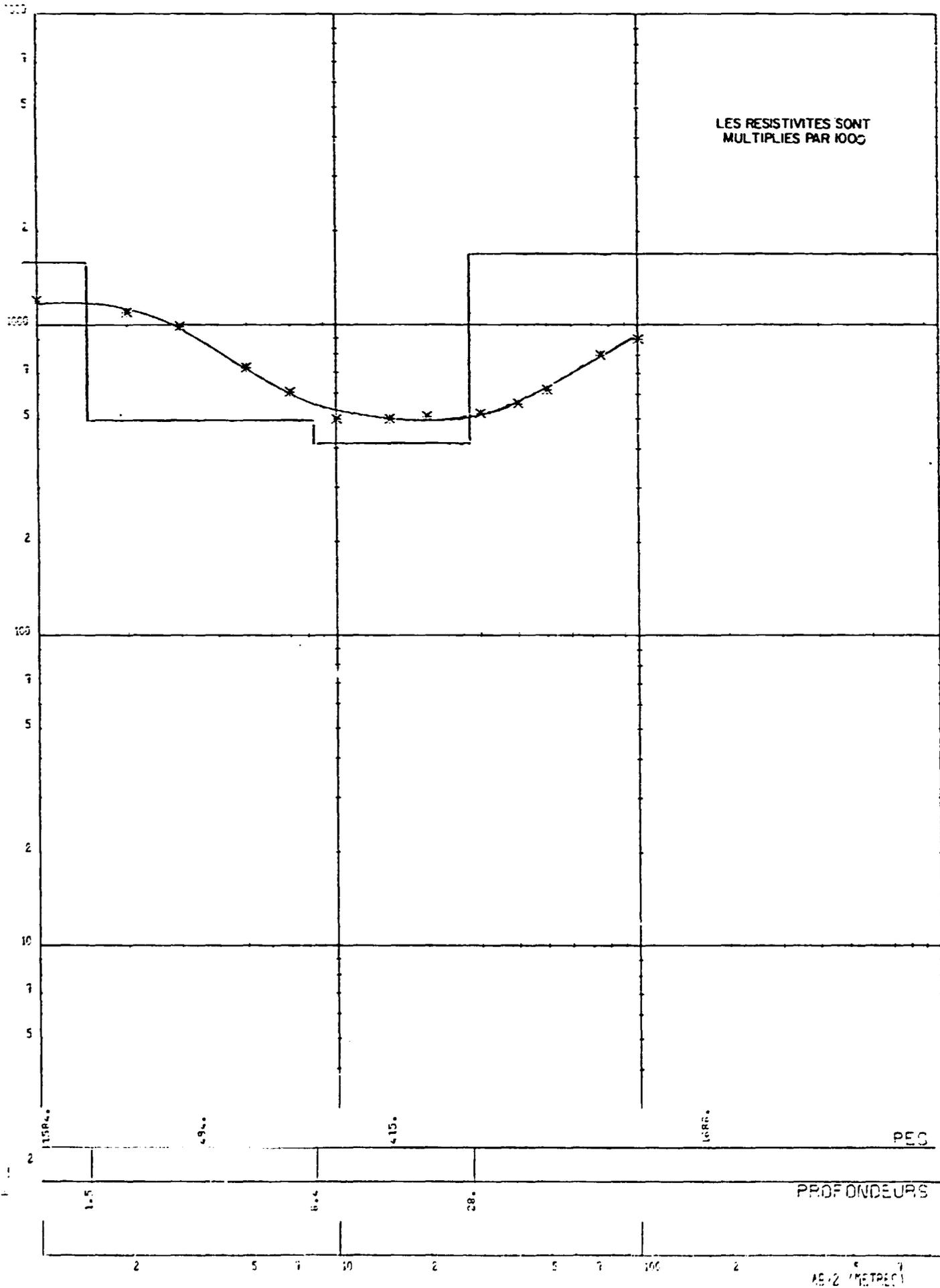
RES

PROFONDEURS

AB/2 (METRES)



VICTOR



1158.

49.

415.

1486.

PEC

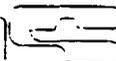
1.5

6.4

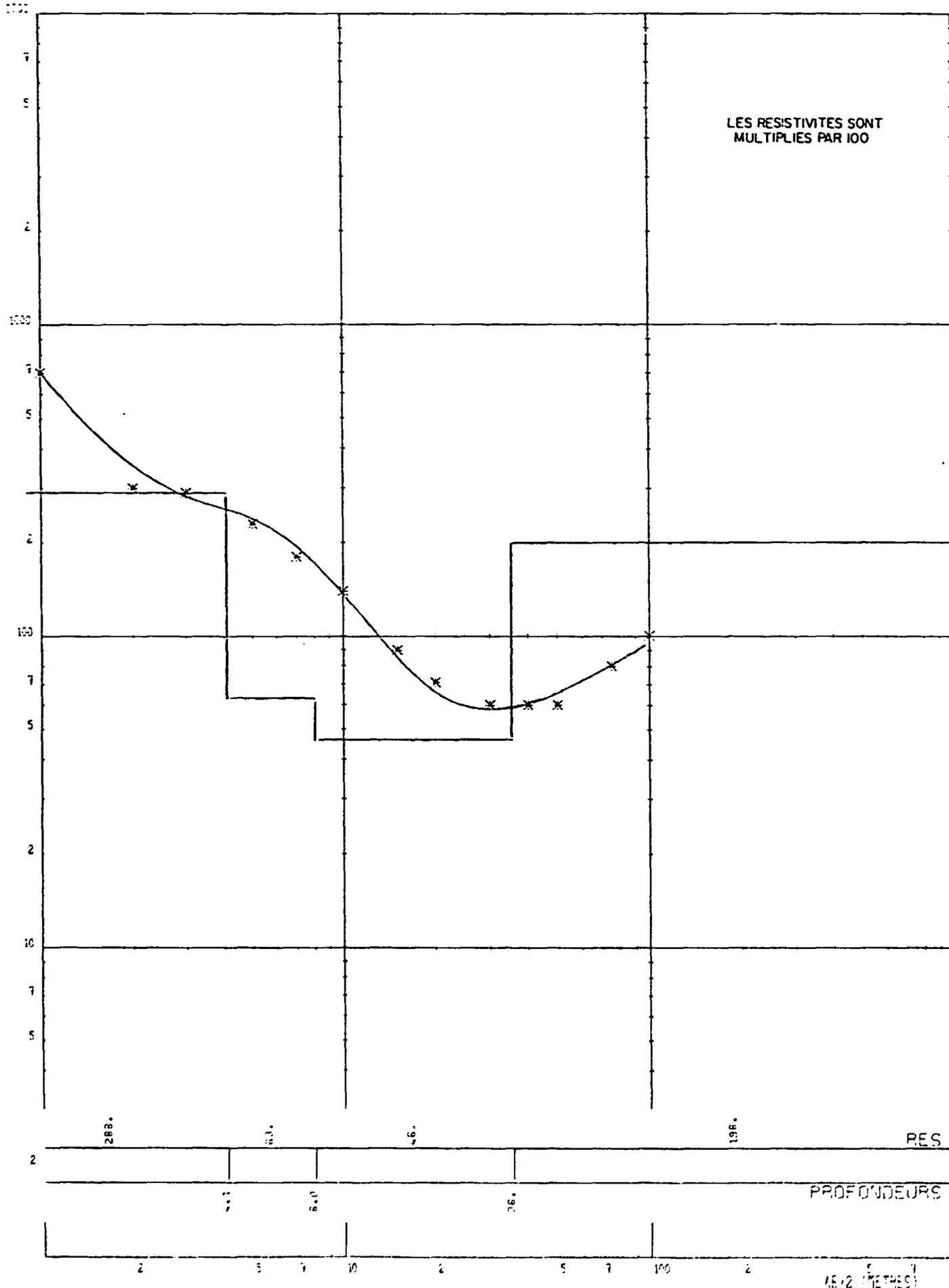
28

PROFONDEURS

MÈTRES



VICTOR



288.

5.3.

4.6.

196.

RES

...

5.0

76.

PROFONDEURS

2

3

7

10

2

5

7

100

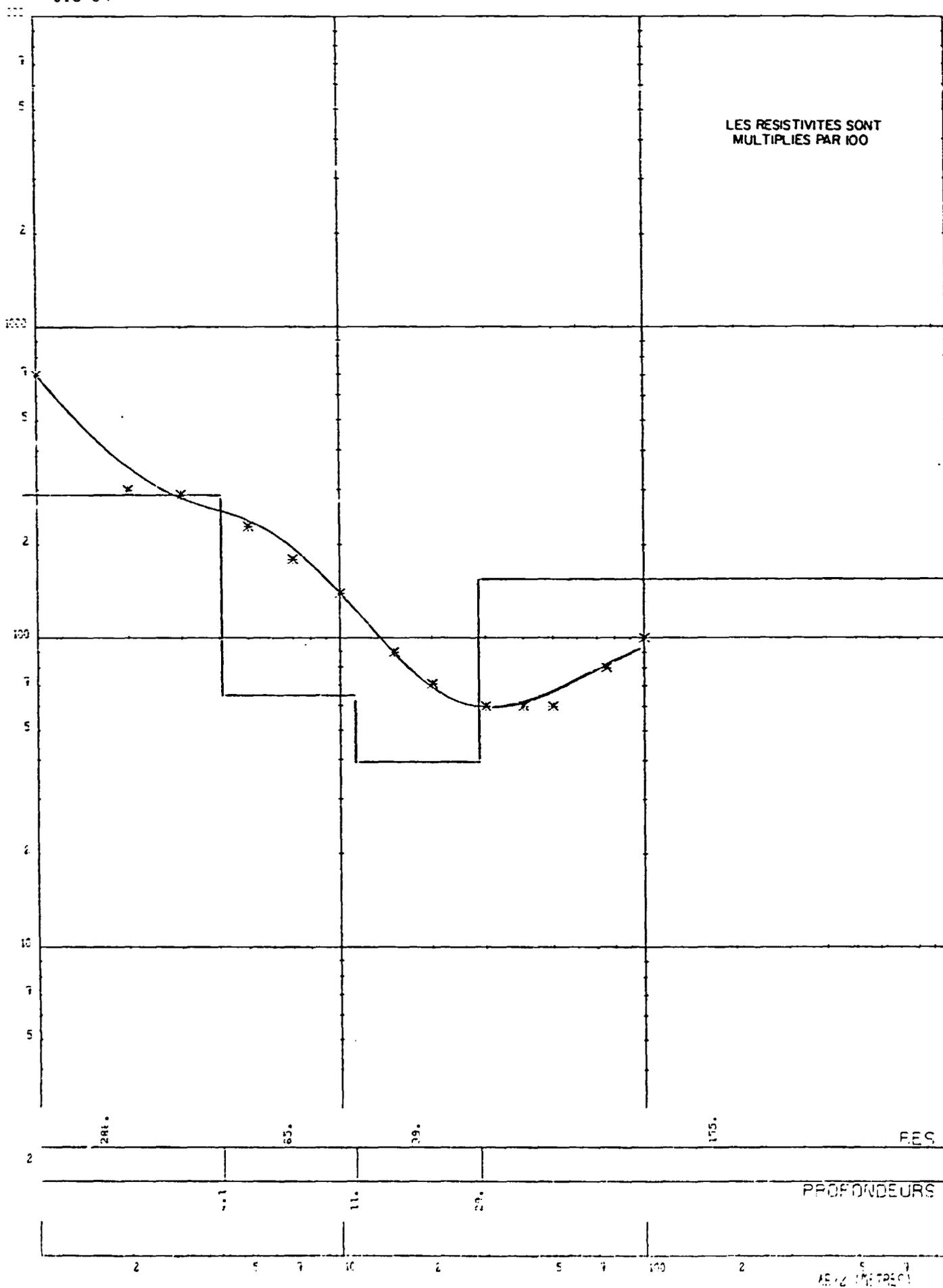
2

15.2 METRES

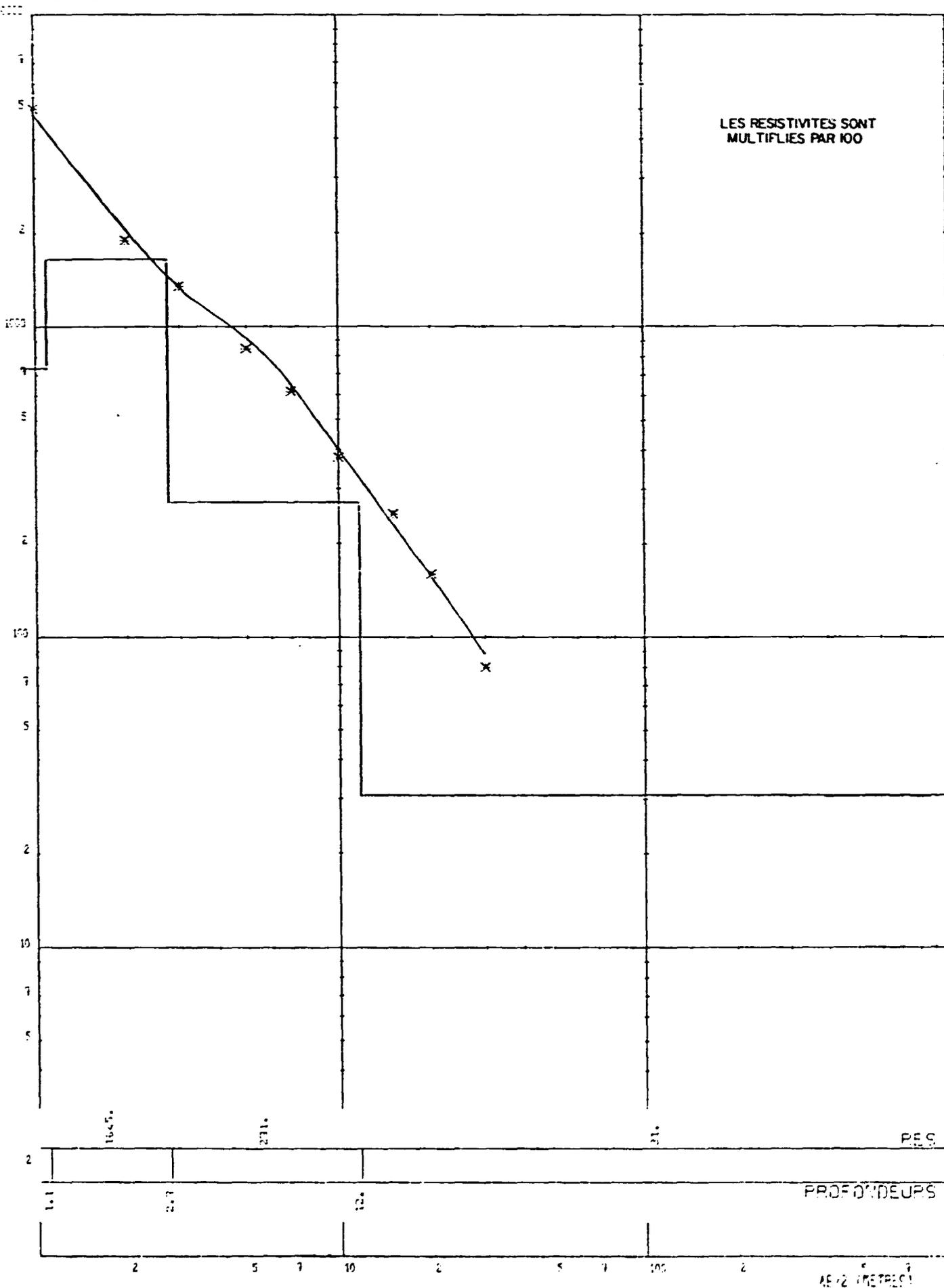
COURSE IDENTIFIEE

VICTOR

LES RESISTIVITES SONT MULTIPLIES PAR 100

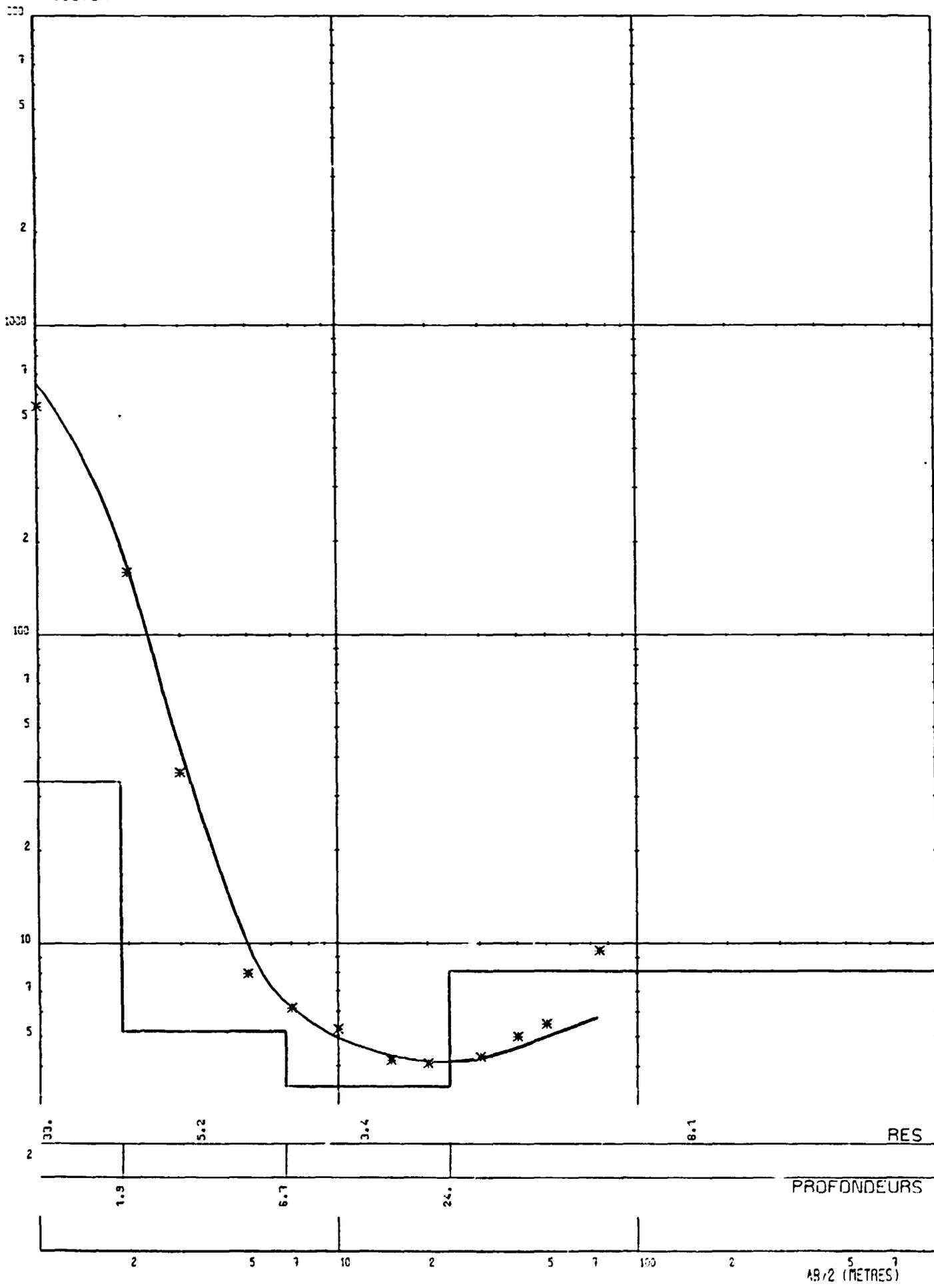


VICTOR



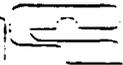


VICTOR

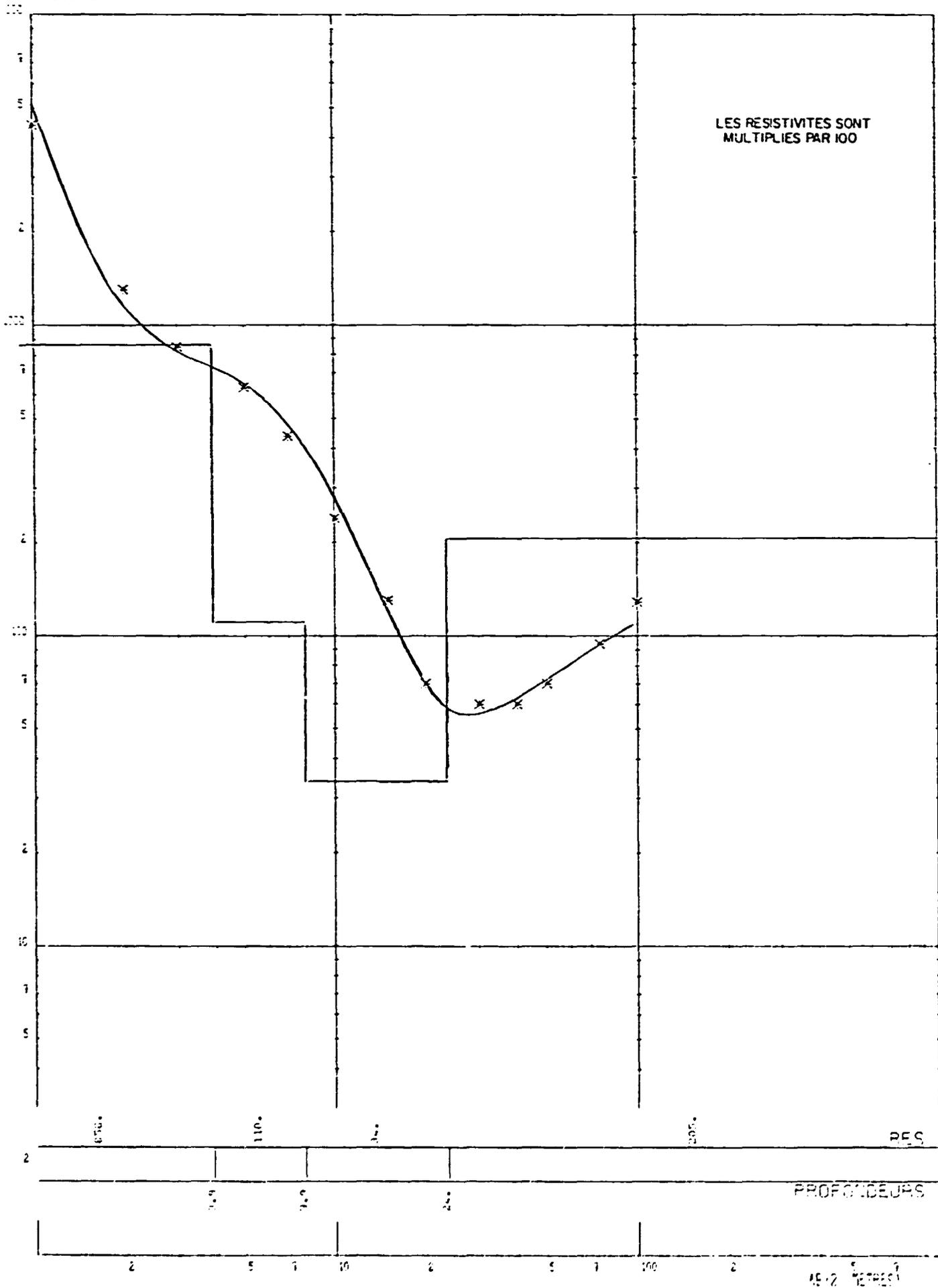


PROFONDEURS

100 2 5 7 10 (METRES)

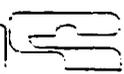


VICTOR

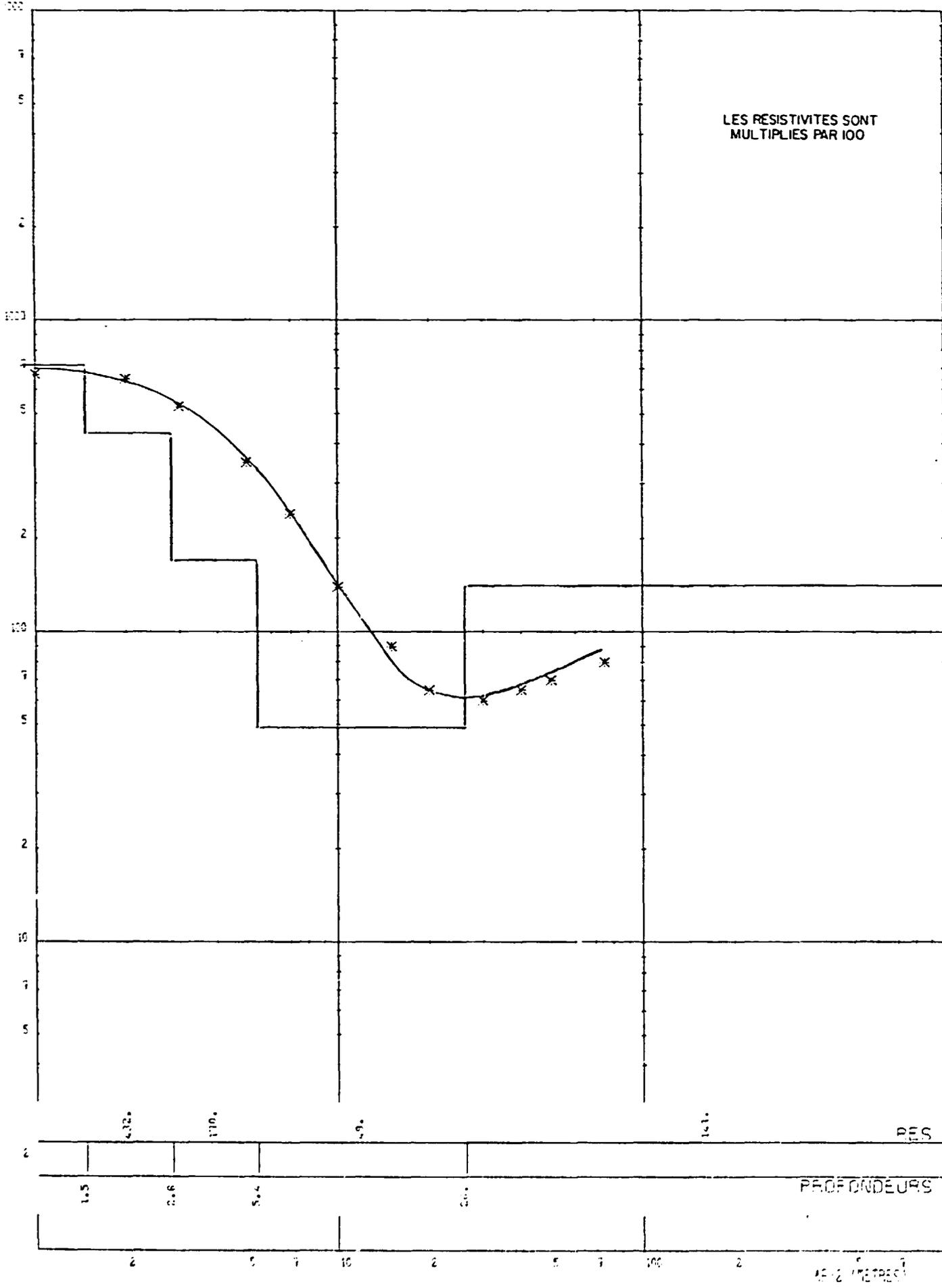


PROFONDEURS

RES



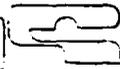
VICTOR



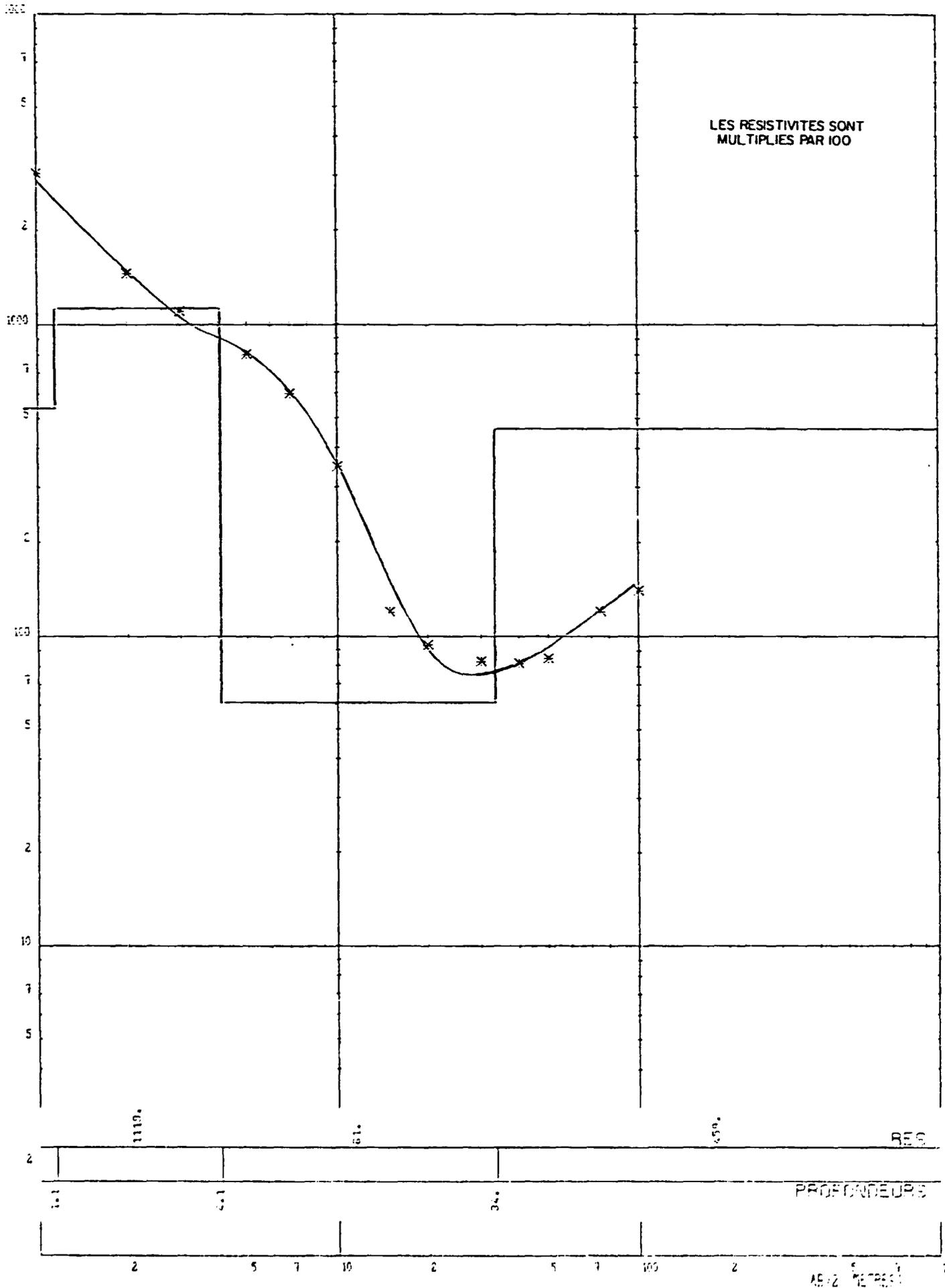
RES

PROFONDEURS

100 METRES



VICTOR



1119.

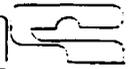
61.

659.

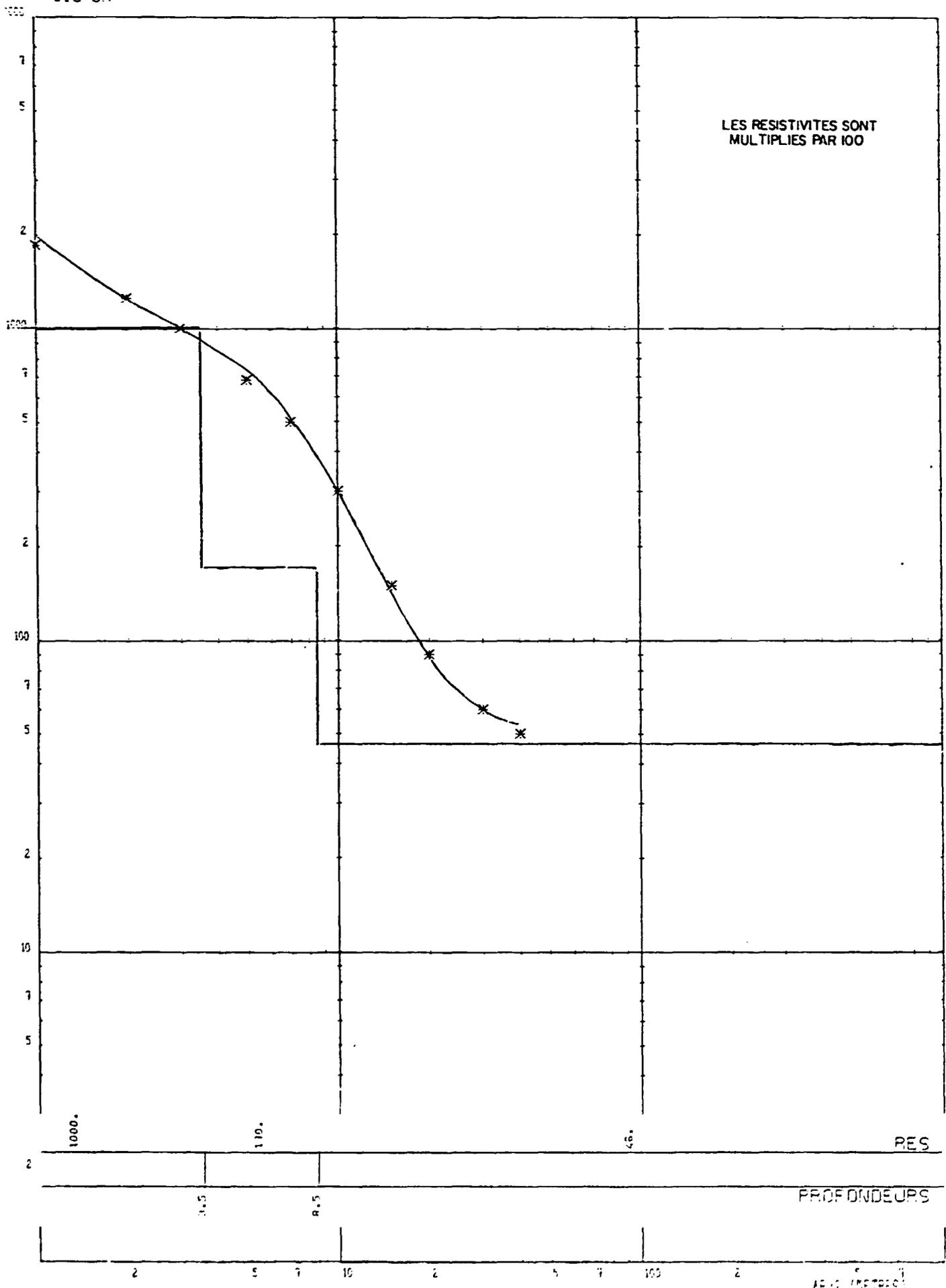
RES

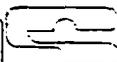
PROFONDEURS

100 METRES

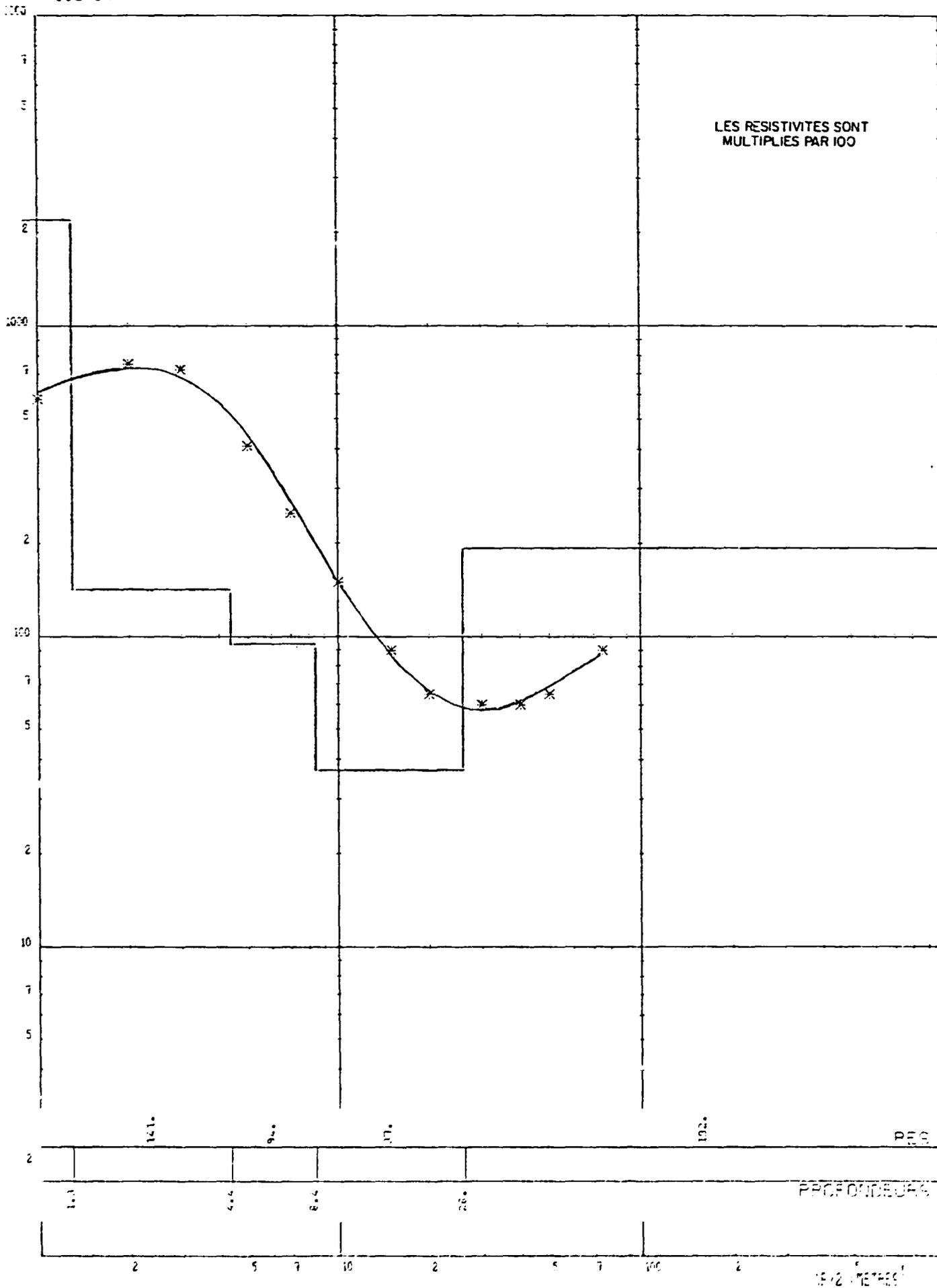


VICTOR





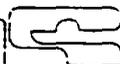
VICTOR



RES

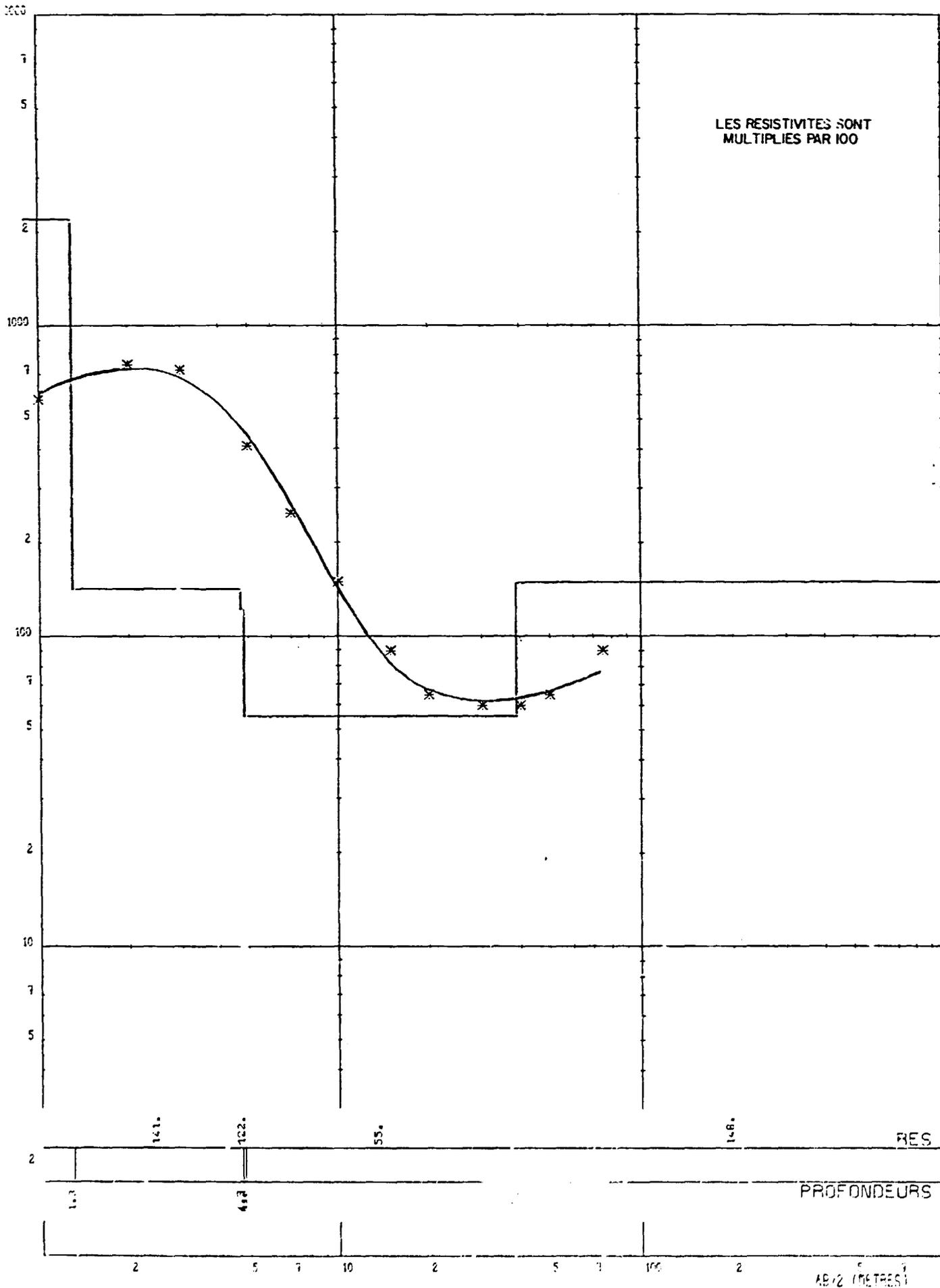
PROFONDEURS

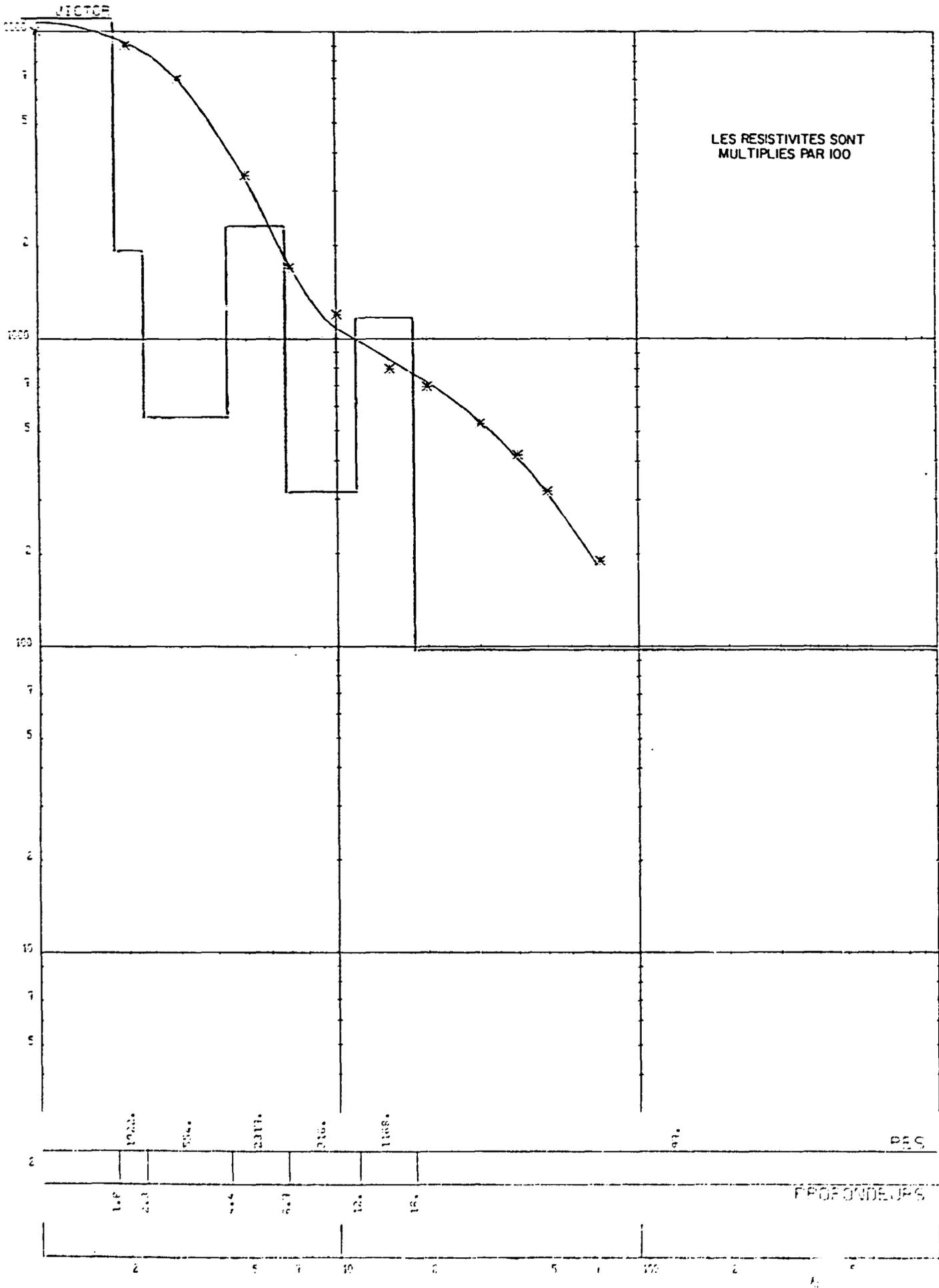
10/2 METRES

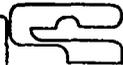


COURSE IDENTIFIEE _____

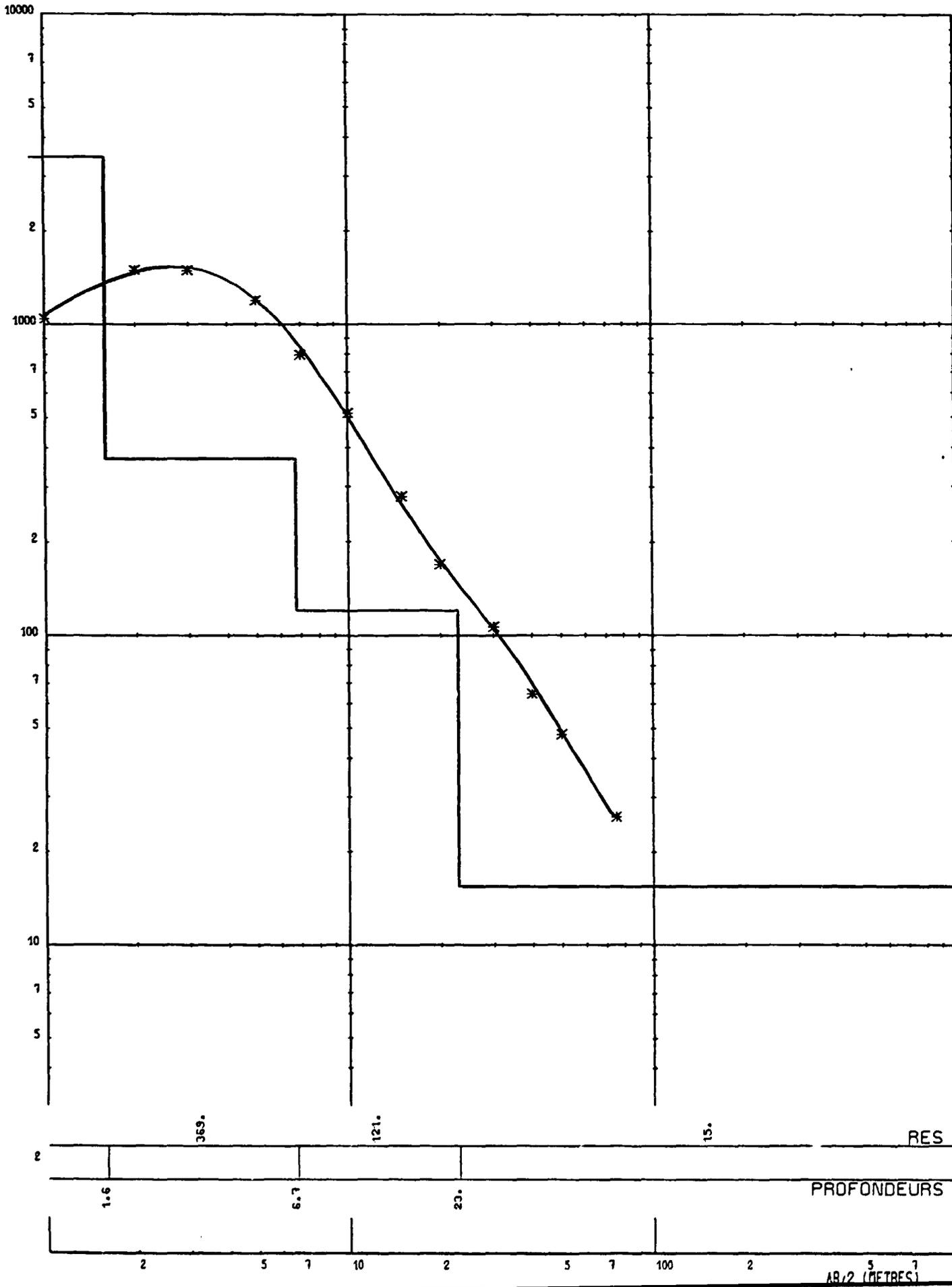
VICTOR

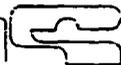




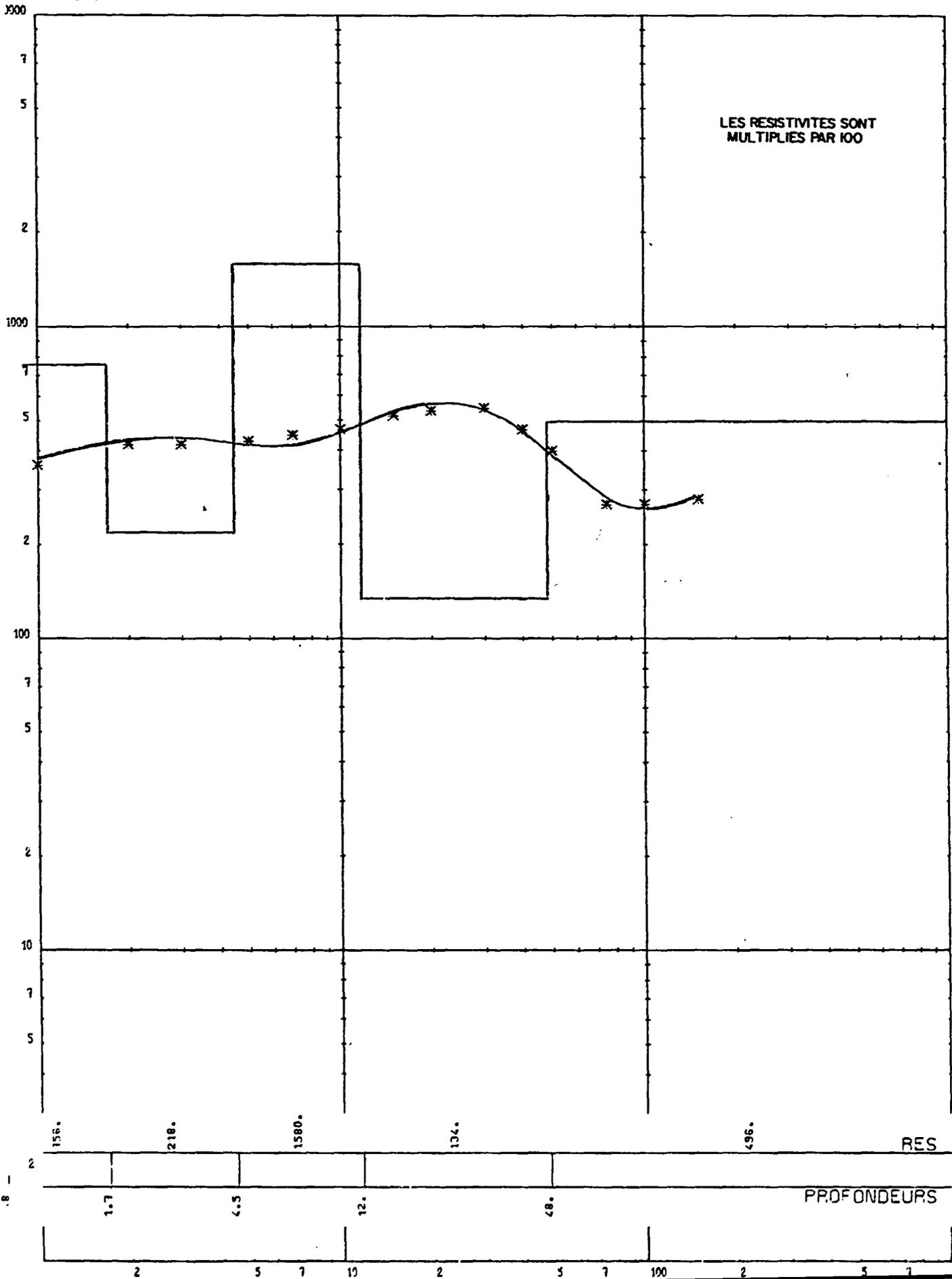


VICTOR





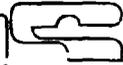
VICTOR



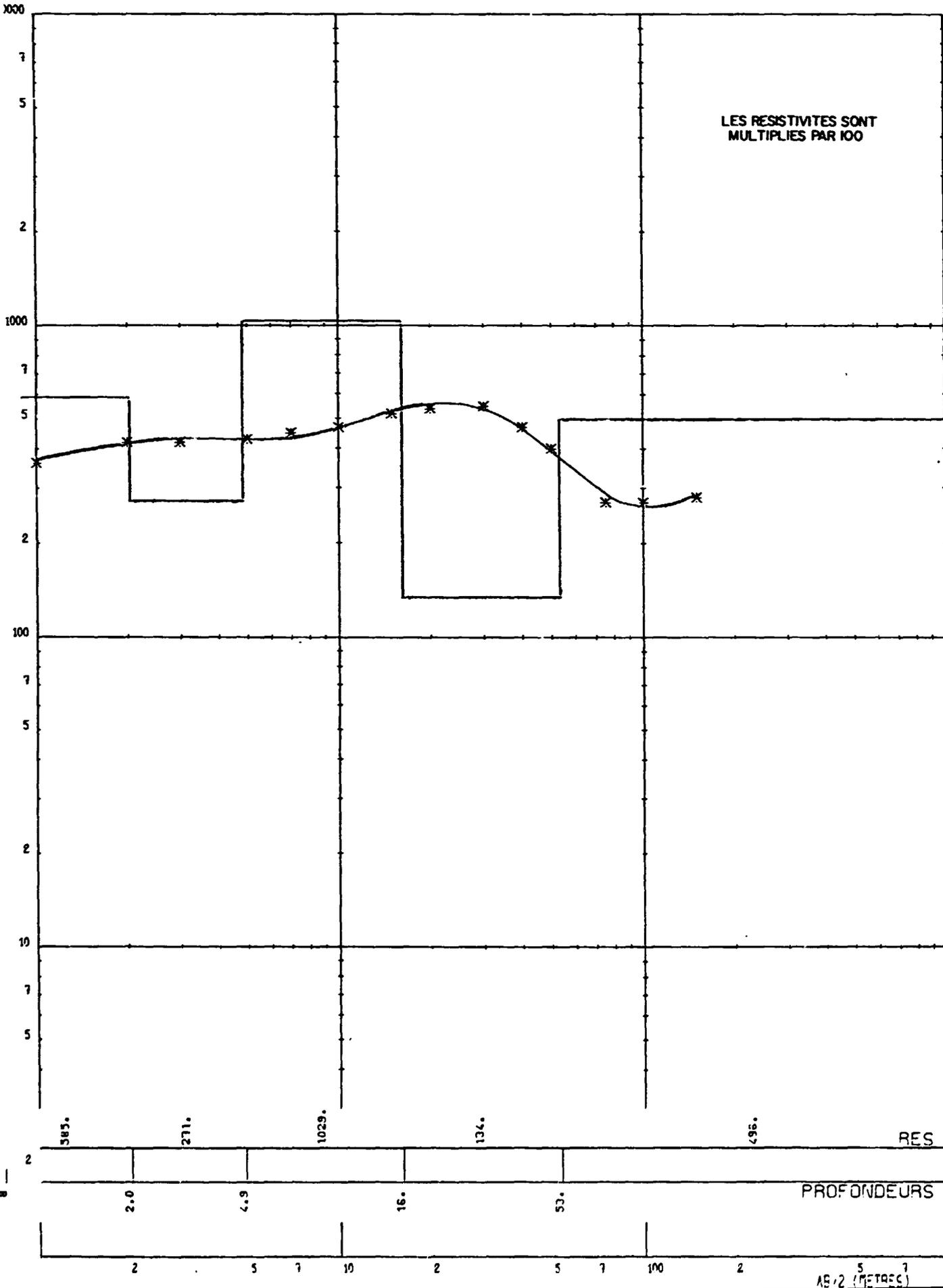
156. 218. 1580. 134. 496. RES

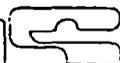
2 1.7 4.5 12. 48. PROFONDEURS

2 5 7 10 2 5 7 100 2 5 7 1000

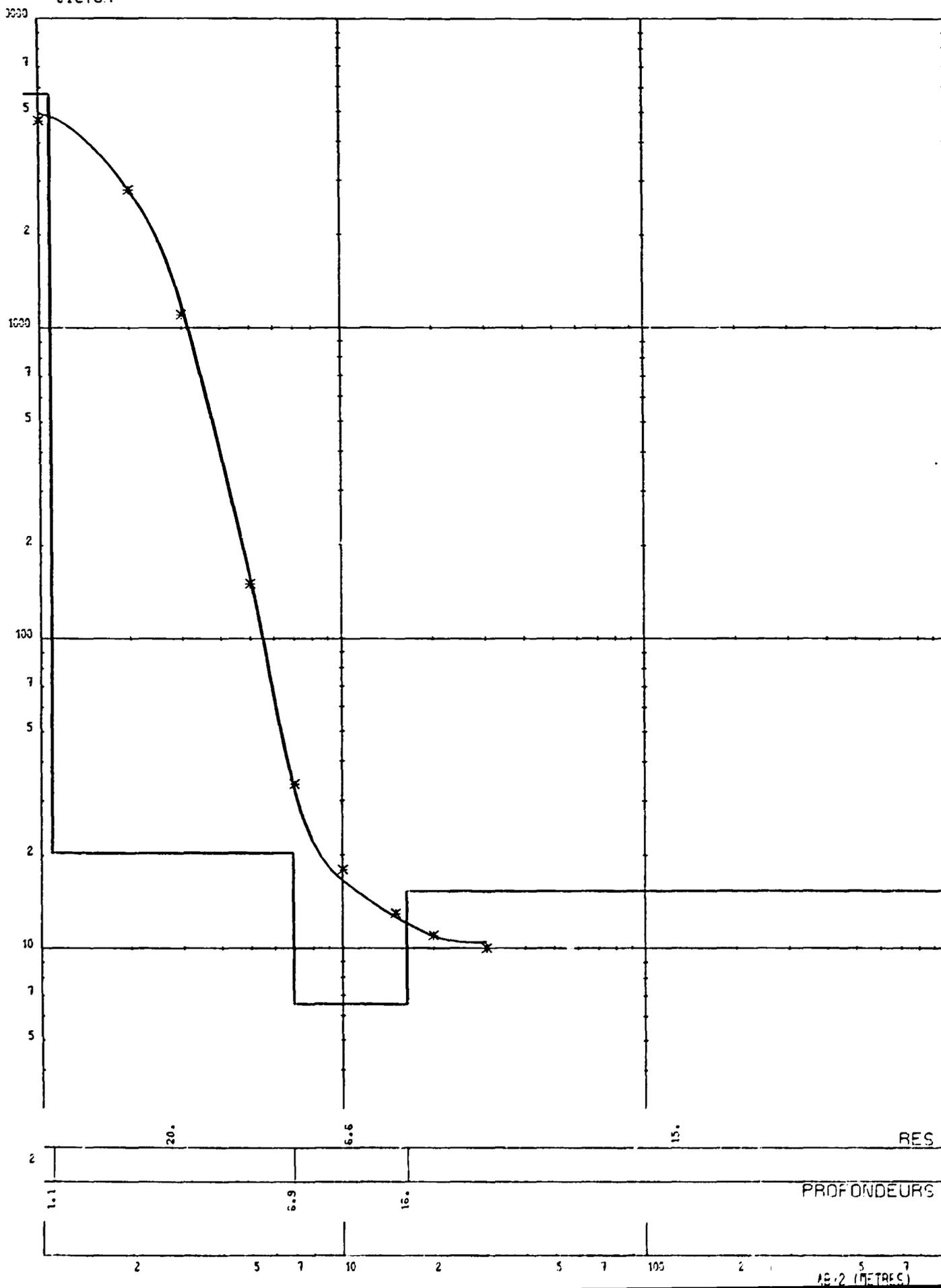


VICTOR





VICTOR

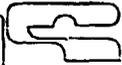


RESISTIVITES MONTAT

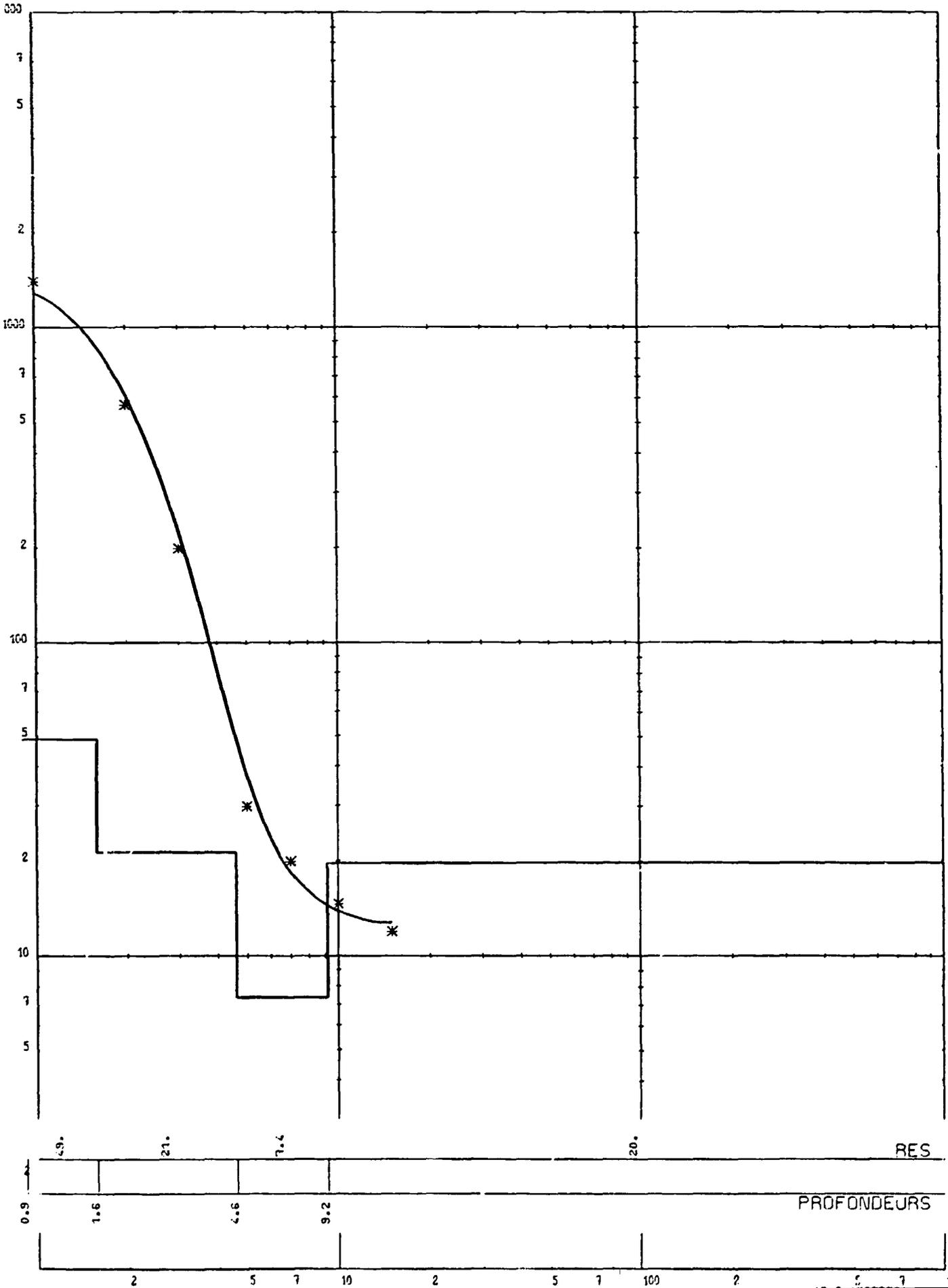
RES

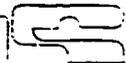
PROFONDEURS

1:2 (METRES)

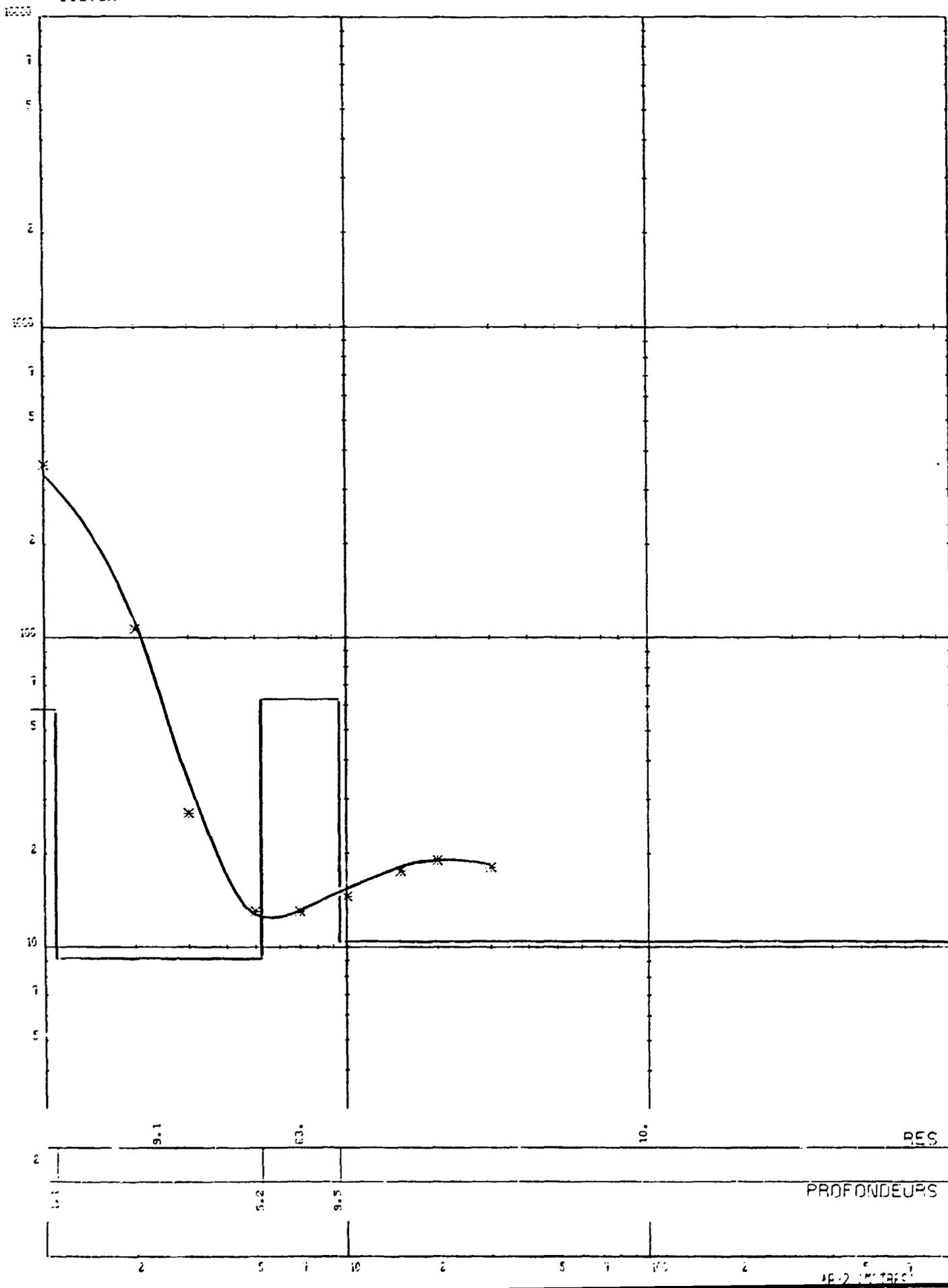


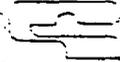
VICTOR



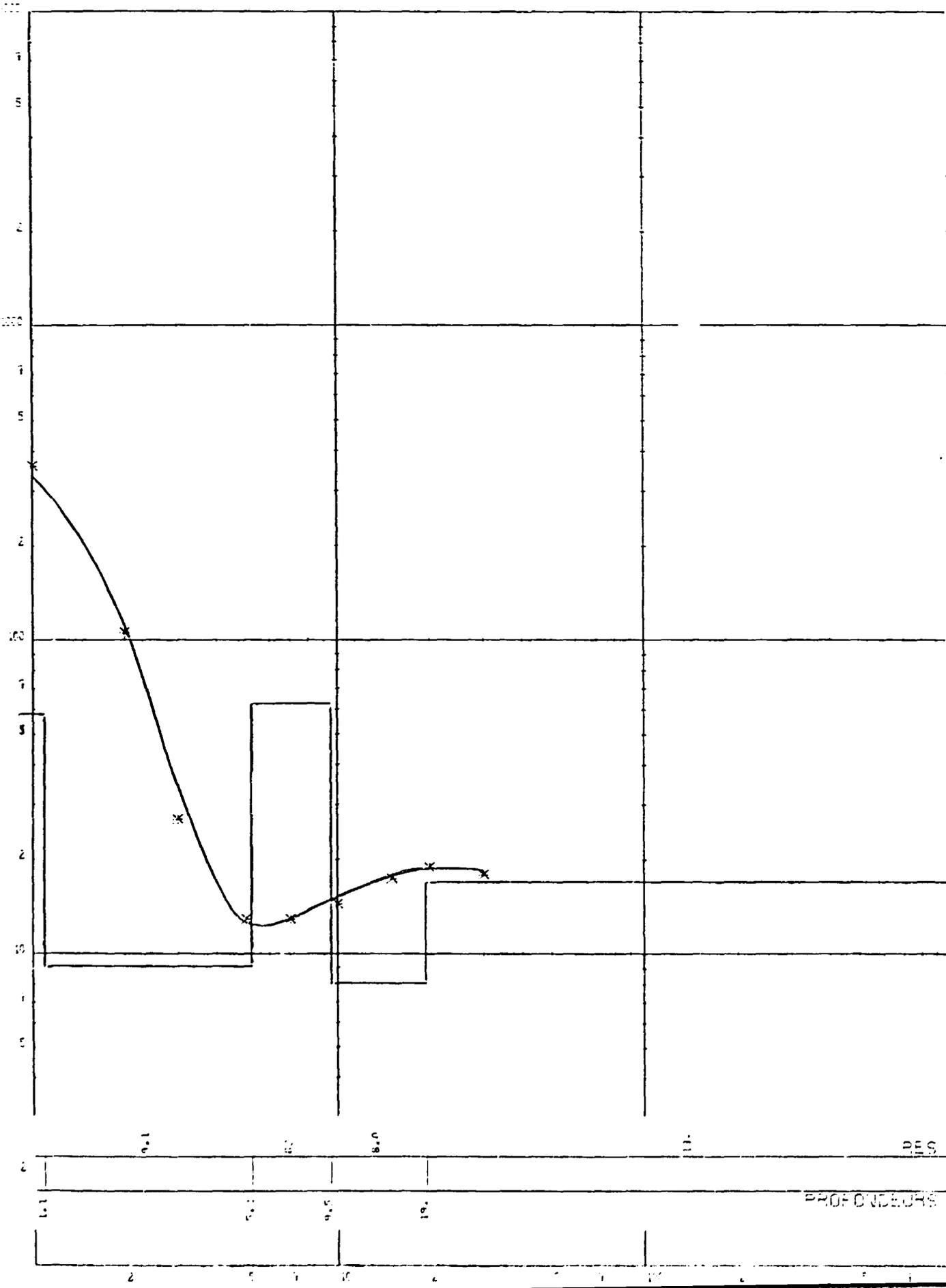


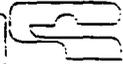
VICTOR



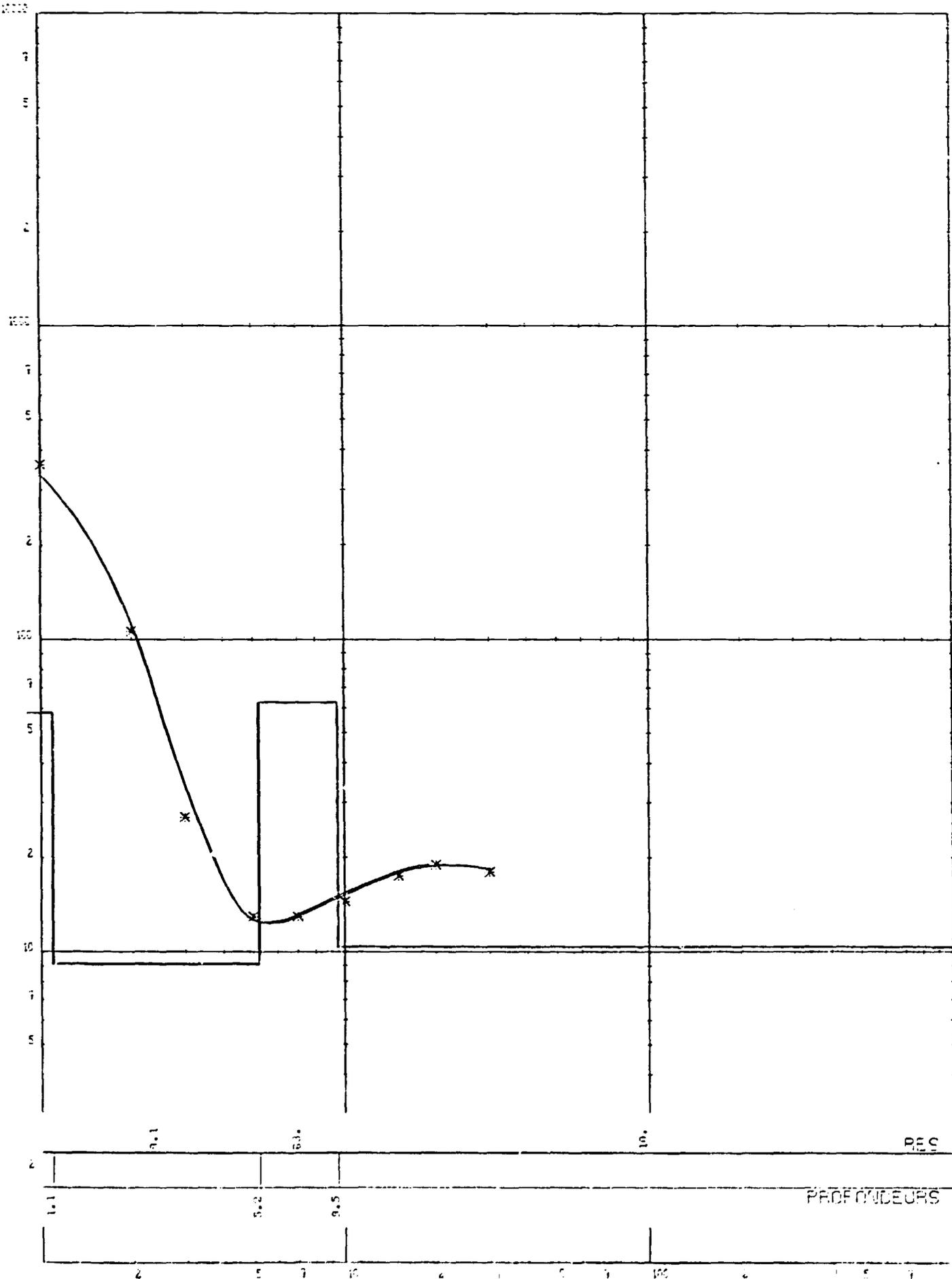


VICTOR



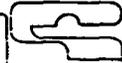


VICTOR

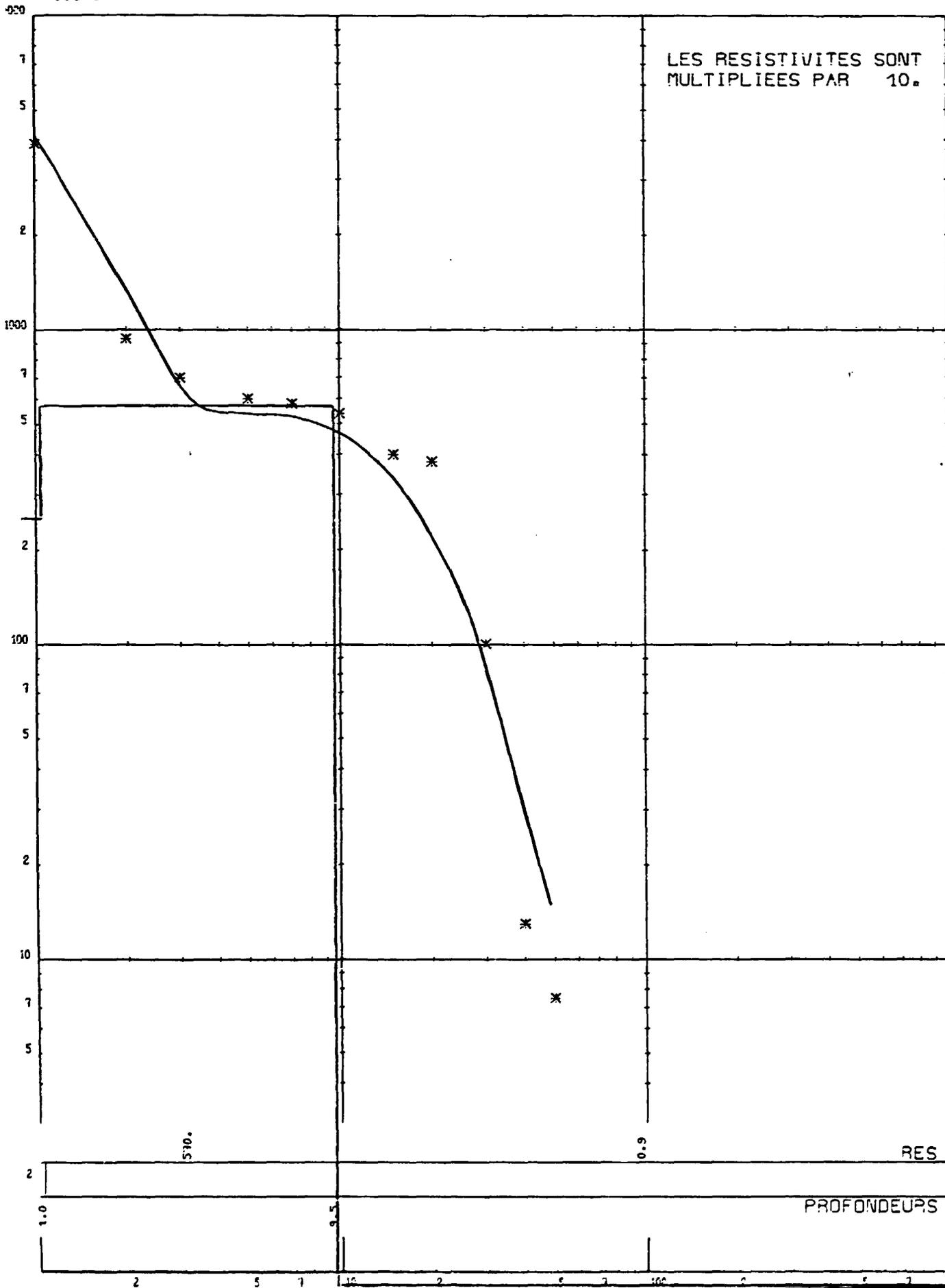


RES

PROFONDEURS

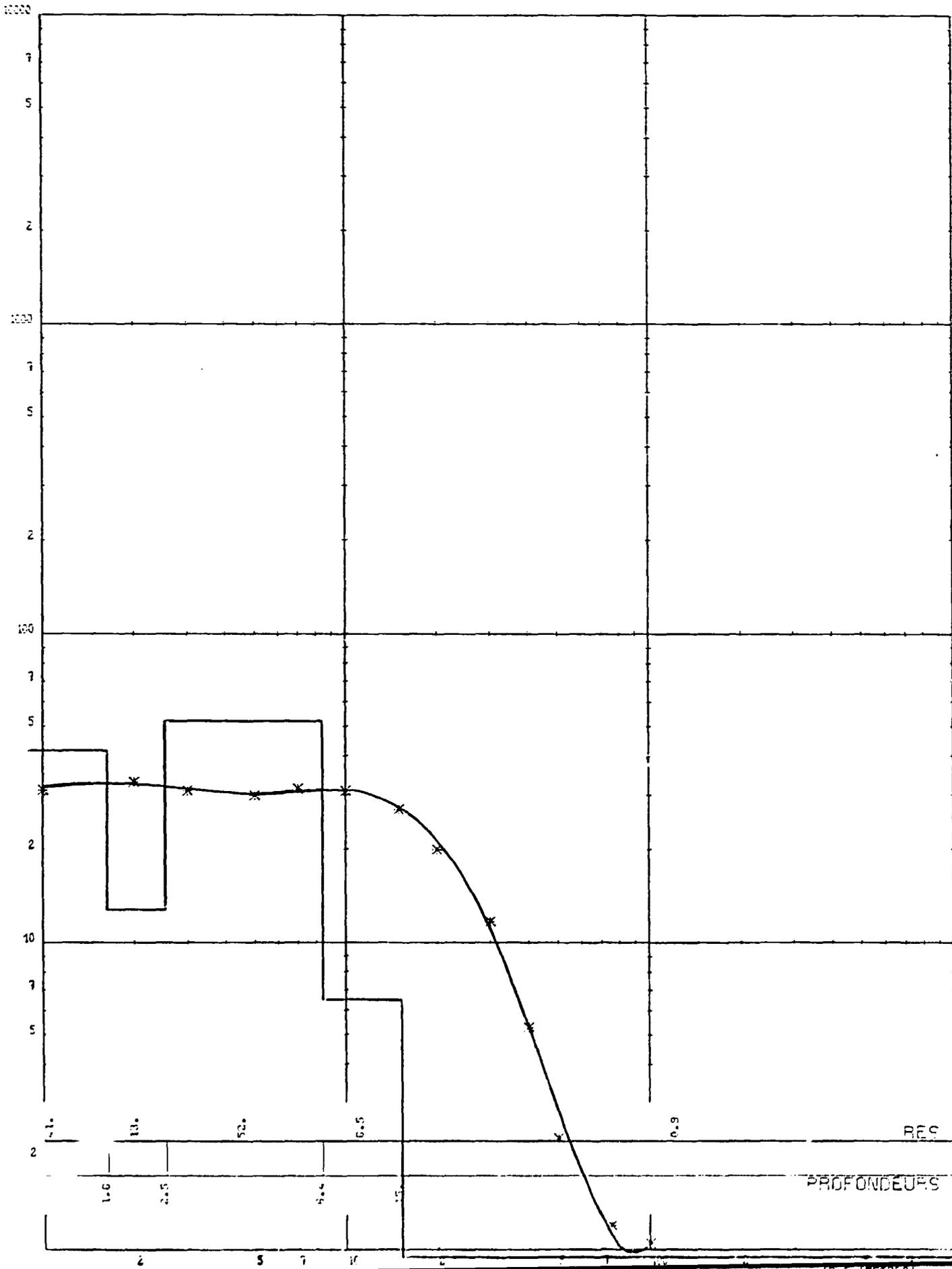


VICTOR





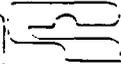
VECTOR



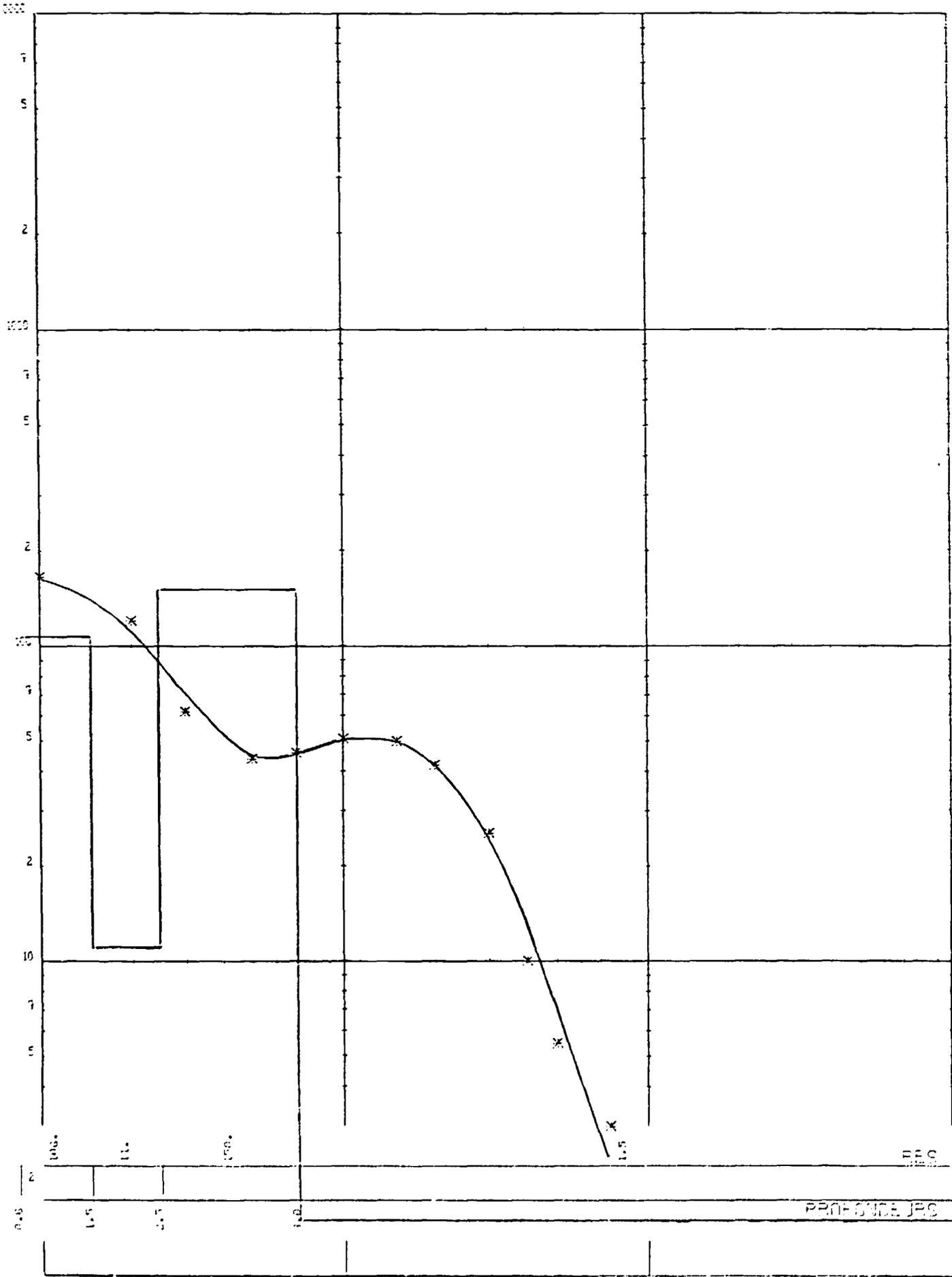
RECHERCHES OCEAN

RES

PROFONDEURS



VITOPOR



ERC

PROFESOR JPC

445

RESURES EXPERIMENTALES * * *

COURBE IDENTIFIEE _____

MBEUBEUSSE

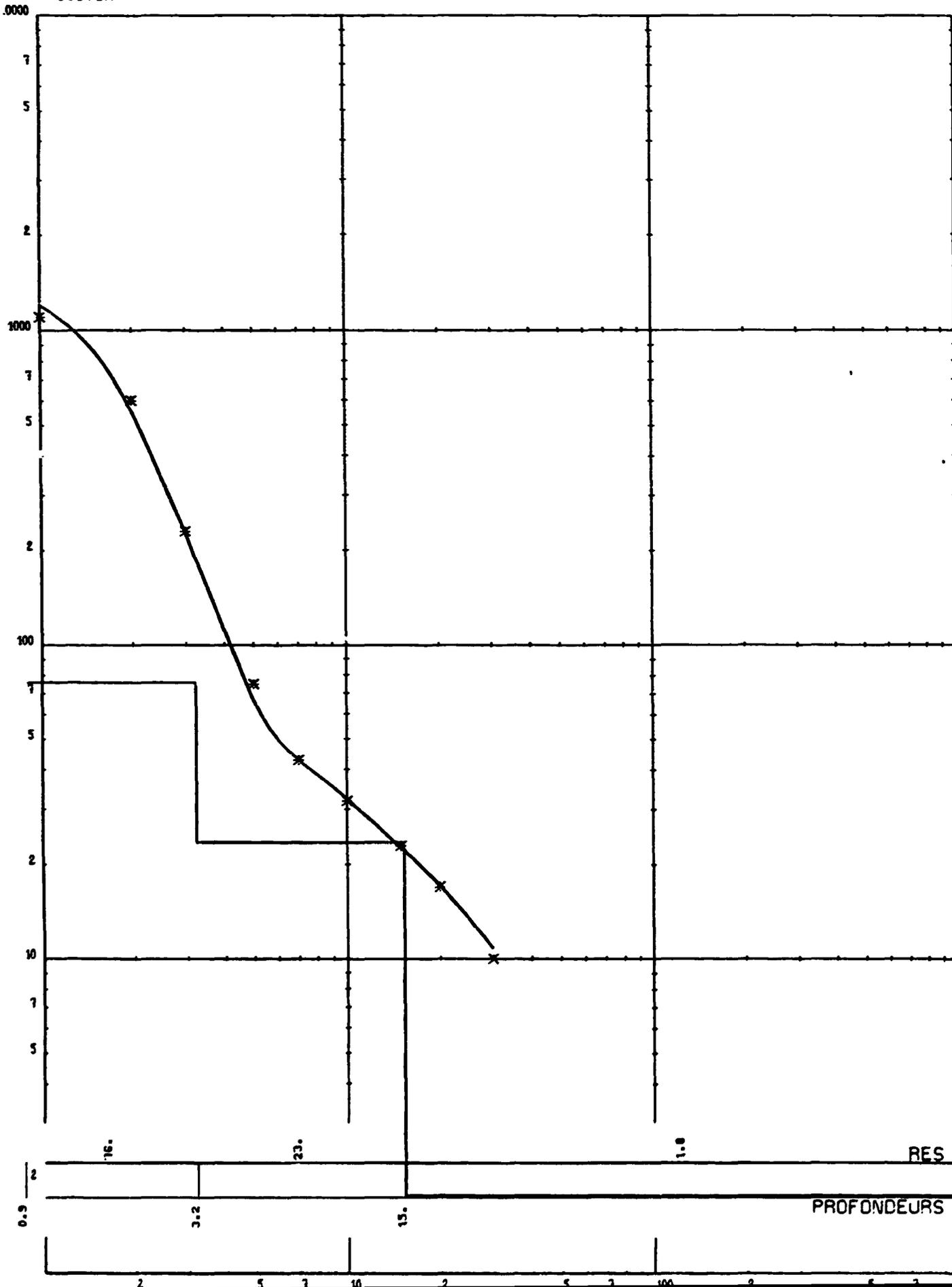
SE36



C.P.C.F. MERIZON
GROUPE STION

RESISTIVITES UNITAI

VICTOR

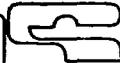


RESJES EXPERIMENTALES * * *

COURSE IDENTIFIEE _____

MBEUBEUSSE

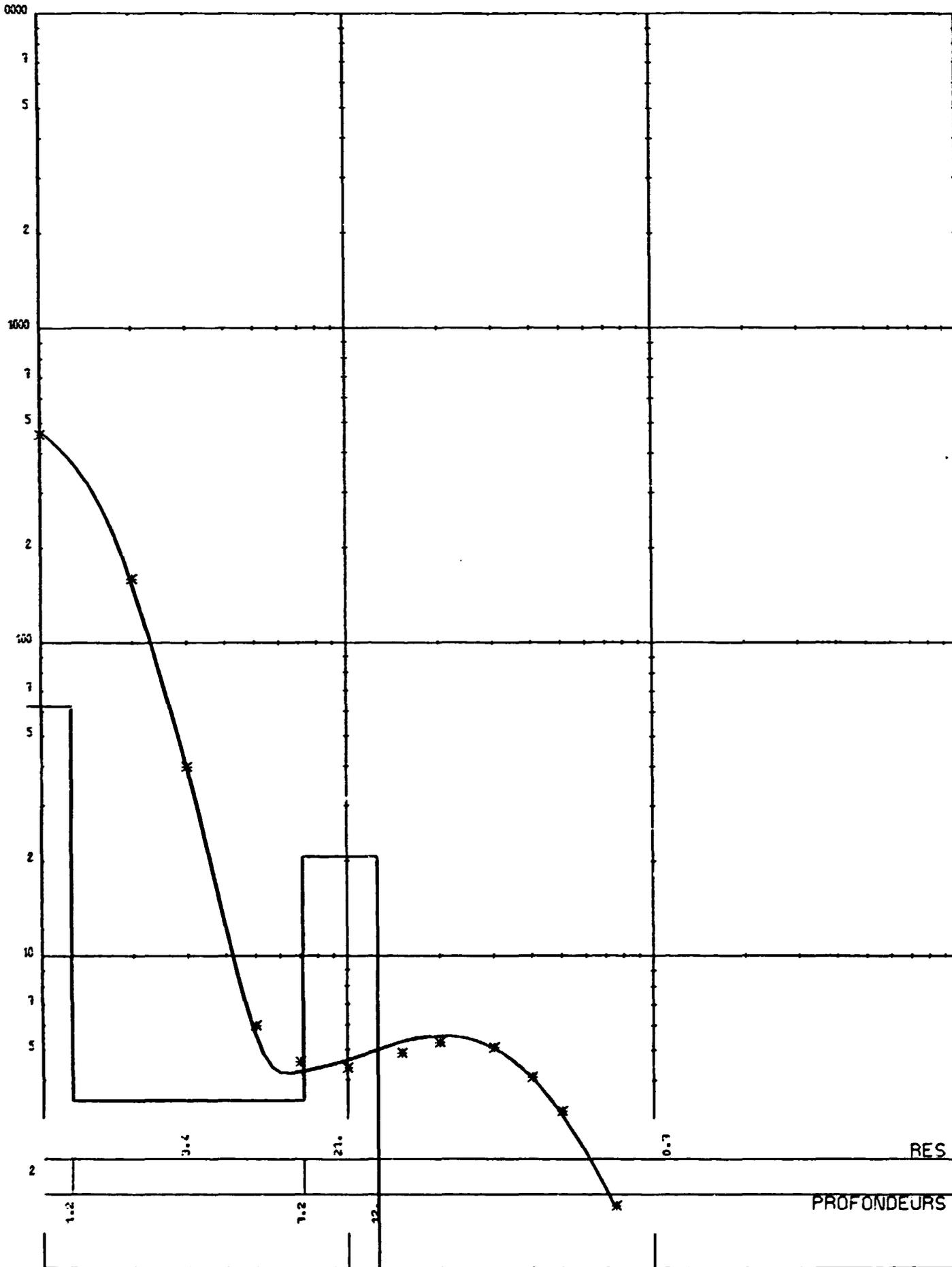
SE37



C.P.C.F. HORIZON

GROUPE STROM

VICTOR



UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

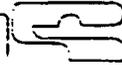
0.1

MEURES EXPERIMENTALES * * *

COURSE IDENTIFIEE _____

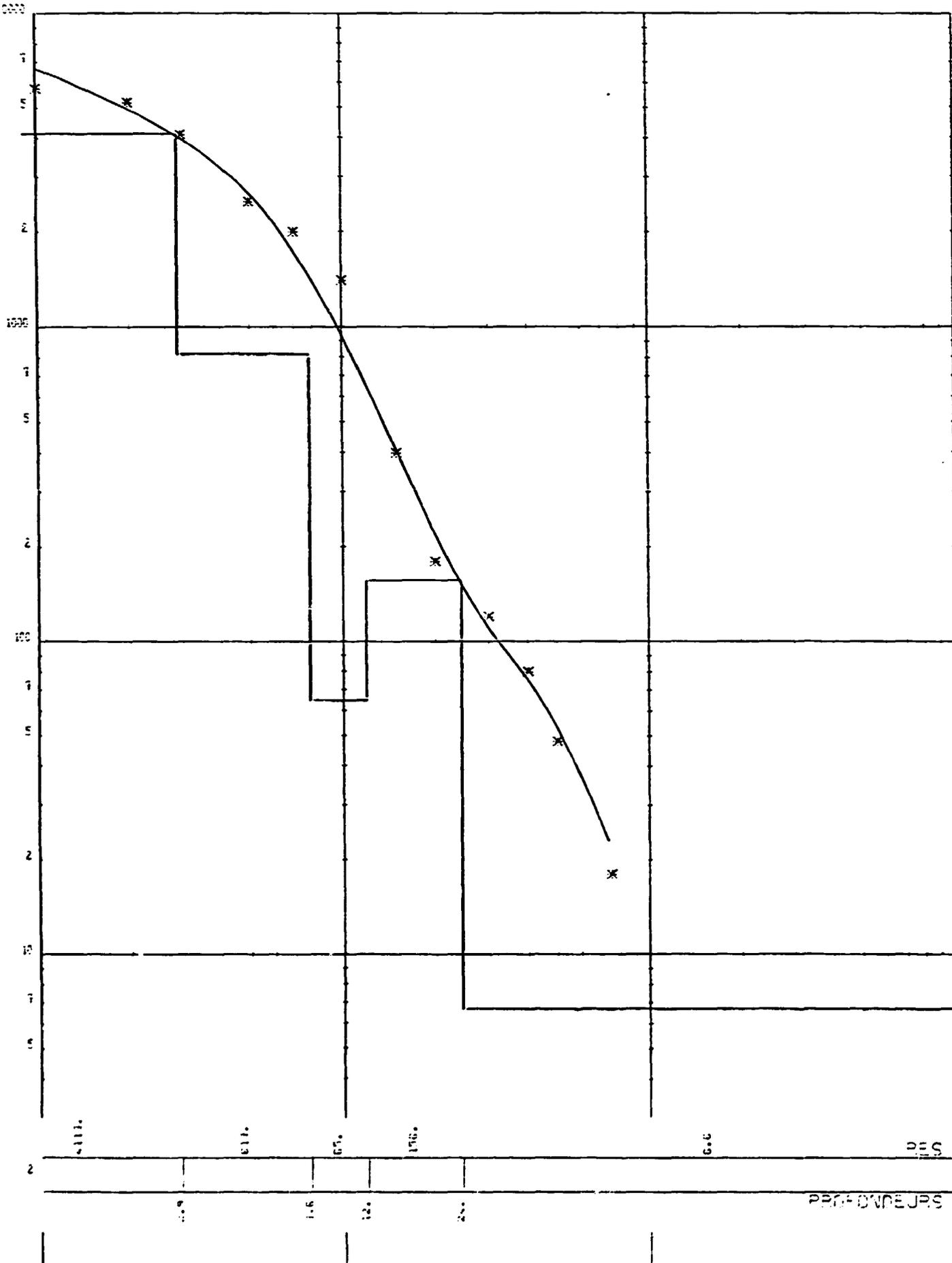
MBEUBEUSSE

SE38



CAPITAINE MERLON
GROUPE FLUX

VICTOR

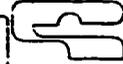


MEURES EXPERIMENTALES * * *

COUPE IDENTIFIEE _____

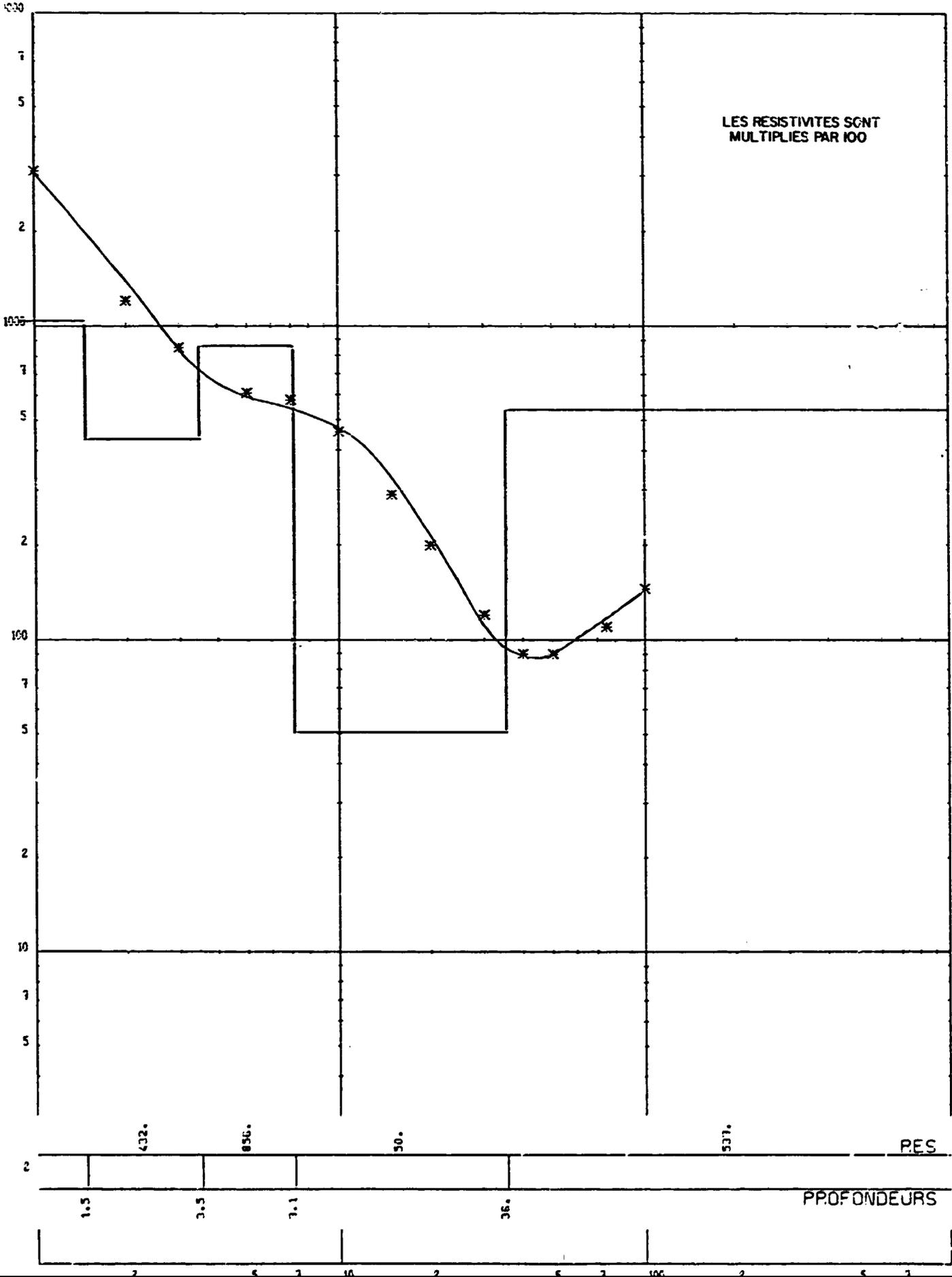
MBEUBEUSSE

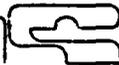
SE39



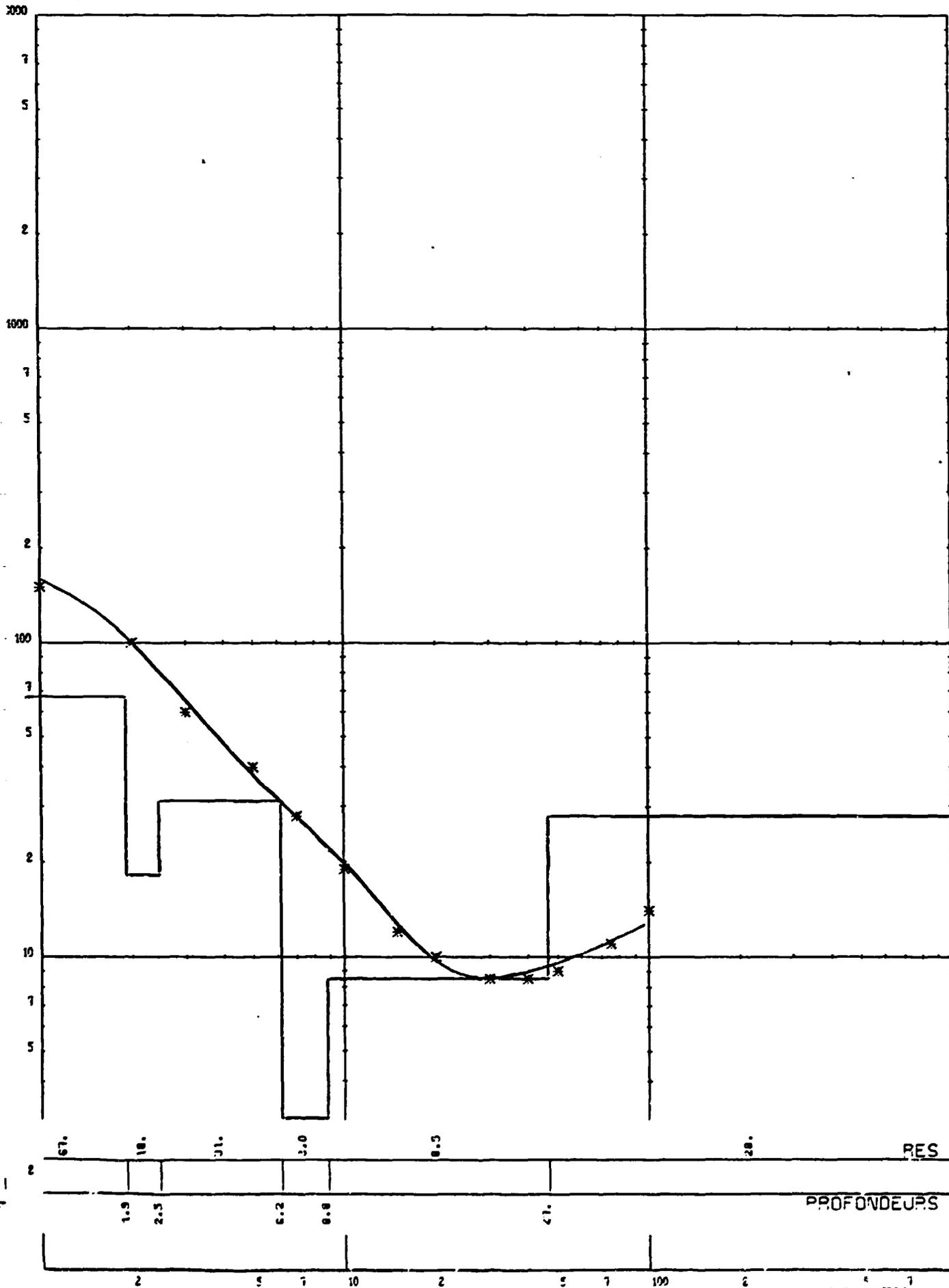
C.P.C.F. HORIZON
GROUPE SIMOR

VICTOR





VICTOR



PROSPECTION ELECTRIQUE EN COURANT CONTINU

II.1 - Principes des mesures des sondages électriques

Réalisation des sondages électriques

On injecte le courant électrique (quelques dizaines de milliampères) dans le sol par le circuit (A, B, sol). Il se crée un réseau d'équipotentiels, dont deux courbes en particulier qui arrivent à la surface en M et N (M et N étant des piquets pouvant être placés n'importe où). La connaissance de $V = V_m - V_n$, de I et de la géométrie du dispositif AMNB (appelé quadripôle) permet de calculer la résistivité moyenne d'une certaine masse de terrain, située en gros suivant la verticale de MN. La profondeur intéressée dépend de la longueur AB, des résistivités des sols et de leur répartition.

Lorsque AB est très petit, cette résistivité "moyenne", appelée résistivité apparente, dépendra principalement des terrains superficiels.

Lorsque AB devient grand, l'influence des terrains superficiels s'estompe, et ce sont les terrains plus profonds qui ont un poids de plus en plus grand dans la valeur de la résistivité apparente.

On conçoit dès lors que la connaissance de la loi : résistivité apparente en fonction de la longueur AB, peut conduire à déterminer dans certaines limites la fonction de répartition avec la profondeur. C'est sur ce principe qu'est basée l'exécution d'un sondage électrique :

- Par commodité, on prend un quadripôle AMNB linéaire et symétrique (A et M ayant pour image B et N par rapport au centre O du dispositif)
- Dans le dispositif Schlumberger, MN est très petit par rapport à AB

- On fait varier la longueur AB de 0 mètre à x mètres, x dépendant du problème posé et suivant un pas de mesure croissant (par exemple AB = 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30, 50 m, etc ...). Pour chaque longueur AB, on mesure I et V, la résistivité apparente étant égale à $\rho_a = K \frac{V}{I}$ avec $K = f(AMNB)$
- Pour des raisons de commodité, on est amené aussi à faire croître la valeur de MN, ce qui est pratiquement sans influence sur ρ_a .

On a ainsi déterminé la courbe $\rho_a = f\left(\frac{AB}{Z}\right)$ qui est le document objectif soumis à l'interprétation, et appelé courbe de sondage électrique de terrain.

Interprétation

L'interprétation des sondages électriques suppose avant tout qu'on se place dans le cas d'un terrain tabulaire horizontal ou subhorizontal, au sein duquel les diverses couches sont homogènes et isotropes.

Principe

Le principe général de l'interprétation consiste à trouver ou à calculer une courbe modèle superposable à la courbe de terrain. La superposition étant satisfaisante, les paramètres ayant servi au calcul de la courbe modèle constituent une solution de la courbe de terrain. Comme plusieurs solutions peuvent donner la même courbe, il s'ensuit plusieurs solutions géophysiques. Le choix d'une courbe modèle se fait :

- soit par sélection dans un catalogue de courbes précalculées,
- soit par sélection dans une série de courbes calculées à l'ordinateur pour le cas particulier étudié (programme C.P.G.F. ELECTRA),
- soit directement par l'ordinateur, la sélection et l'optimisation se faisant au sein de programme de calcul, de proche en proche, en faisant varier au cours d'itérations successives, les épaisseurs et résistivités (programme C.P.G.F. ELECTRA).

Ce dernier type de programme est très souple puisqu'on peut guider le calcul vers une solution géologique acceptable en faisant varier sélectivement certains paramètres plus que d'autres et en imposant des limites de variations à ces paramètres.

Les solutions trouvées restent multiples mais se groupent suivant des lois bien connues qui respectent la constance de certaines combinaisons de paramètres.

Cas général de l'indétermination

- D'une façon générale, moins une couche est épaisse et profonde et moins sa résistivité avec les terrains encaissants est contrastée, moins elle aura de chances de se voir sur une courbe de sondages électriques.
- De plus, le sondage électrique peut ne faire apparaître que le groupement de plusieurs couches sans faire la part des unes et des autres, et ceci d'autant plus que leurs épaisseurs seront faibles et leurs résistivités peu contrastées. Une application importante de cette réserve est le sondage électrique exécuté dans une plaine alluviale avec une tranche de graviers secs hors nappe.

Soit e_s , c_s et e_m , c_m les épaisseurs et résistivités des graviers secs et sous nappe. Si e_s n'est pas trop grand devant e_m (par exemple, $e_s = \frac{e_m}{2}$ à e_m), le sondage électrique donne une couche résistante englobant tous les graviers, qu'ils soient sous nappe ou hors nappe et caractérisés par $R = e_g \times c_g = e_s \times c_s = e_m \times c_m$.

Pour trouver e_m et c_m , il faut avoir une idée des autres paramètres ou des relations qui lient ces paramètres entre eux.

Interprétation géologique - Solution partielle des indéterminations

Les indéterminations géophysiques peuvent être levées par l'apport d'éléments géologiques :

- des coupes de sondages ou de puits,
- une bonne connaissance de la stratigraphie,
- une bonne connaissance générale de la géologie du site étudié.

La connaissance du niveau de la nappe apporte un élément pour la solution du problème sec-mouillé.

- . Dans le cas d'une étude en site sédimentaire, la géologie générale de la région et la connaissance approchée des épaisseurs de diverses couches permettent d'établir des coupes géologiques où les couches caractérisées par leur résistivité sont ainsi déterminées en nature et en épaisseur. En général, plusieurs sondages d'étalonnage sont nécessaires.
- . Dans le cas de la recherche d'un substratum résistant surmonté d'argile ou de limons, on détermine en chaque point de sondage électrique le quotient $\frac{e}{\rho}$ de la couche d'argile. Un étalonnage est alors nécessaire pour déterminer au moins en un point, la position du substratum, donc e , et par la suite ρ . On peut déterminer e en chaque point de sondage électrique, ρ étant supposée constante et égale à la valeur donnée par l'étalonnage.

ANNEXE E

_ Forage des piézomètres PZ1, PZ2, PZ3.

Rapports d'exécution

ANNEXE E1

Rapport d'exécution du piézomètre 1

S O M M A I R E

- 1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

- 2 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LITHOLOGIQUES
 - 2.1 - Coupe technique
 - 2.2 - Coupe géologique sommaire

- 3 - DEVELOPPEMENT

- 4 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le piézomètre P1 de Mbeubeuss se trouve à 3 km au N.E. du village de MALIKA.

Région : DAKAR
Village : MALIKA
Lieu-dit : MBEUBEUSS
Coordonnées : AT : X = 68.425,12 m
Y = 58.437,80 m
Z = + 6.48 m

2 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LITHOLOGIQUES

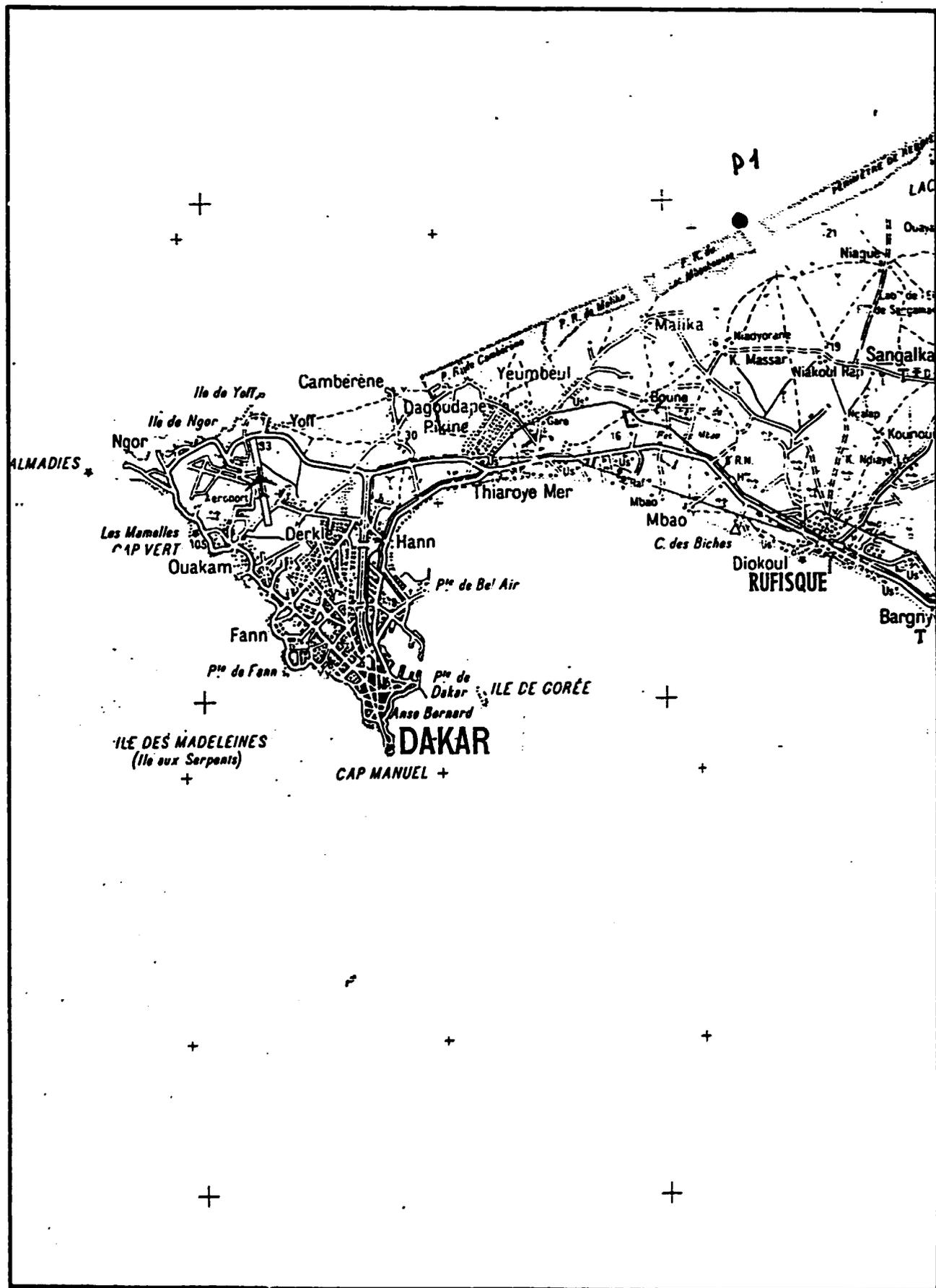
Le piézomètre P1 de Mbeubeuss a été réalisé du 10/08/90 au 16/08/90 par la société SASIF y compris la phase de développement (nettoyage à l'Air Lift). Le calendrier d'avancement des travaux est reporté à la figure 2. L'ensemble des caractéristiques de l'ouvrage sont reportées sur le logiciel ACTIF du BRGM ainsi que la coupe géologique et technique.

2.1 - Coupe technique

Le piézomètre P1 de Mbeubeuss a été réalisé au battage avec un SR 200 par la SASIF.

M BEUBEUSS

CROQUIS DE SITUATION



P 1_ MBEUBEUSS

CROQUIS DE SITUATION

PIEZO SITUE A ≈ 70 M A L'OUEST
DE LA PISTE ALLANT A LA MER

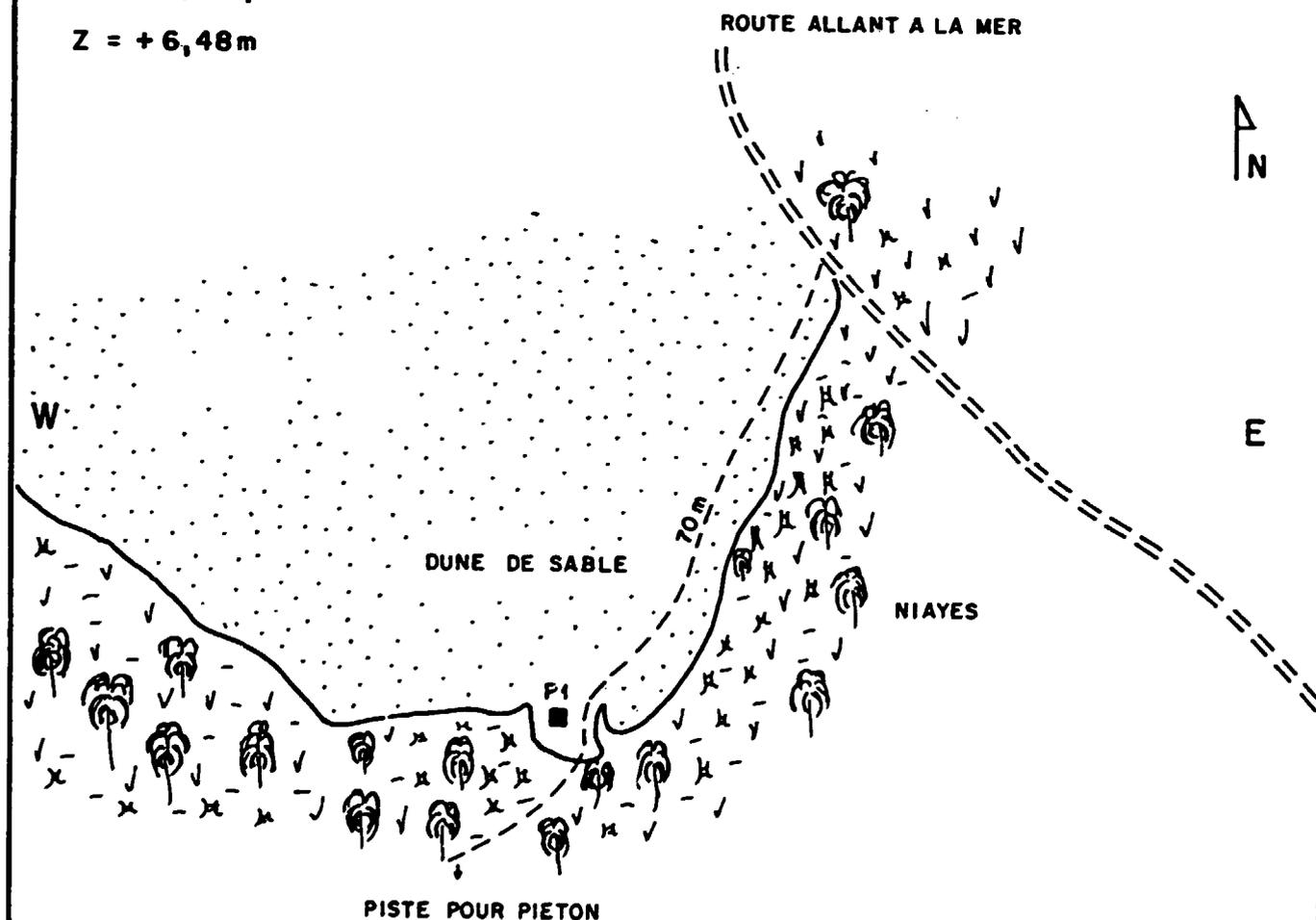
P 1

Coordonnées AT

X = 68.425,12m

Y = 58.437,80 m

Z = +6,48m



Les caractéristiques du piézomètre sont les suivantes :

. Diamètre de foration :

- de 0.00 à 18.00 m : 6"1/2
- de 18,00 à 35,00 m : 5"1/2

. Equipement du piézomètre :

- de +1.00 à 5,00 m : PVC plein de ø 2" 1/2
- de 5,00 à 18,00 m : Crépines PVC ø 2" 1/2
Ouverture 1 mm enroulé de
toile moustiquaire plastique
maille 0,5 mm
- de 18,00 à 20,00 m : Tube plein PVC de ø 2"1/2
avec bouchon de pied (tube
décanteur).

Un massif de gravier Basalte calibré, de ø 0.7-1.4 mm, a été mis en place dans l'annulaire, de 2,00 m à 20,00 m. Le piézomètre a été remblayé de 20,00 m à 35,00 m.

La tête de la chambre de pompage a été cimentée de 0 à 2,00 m de profondeur.

2.2 - Coupe géologique sommaire

- 0,00 à 4,00 m : sable dunaire brunâtre
 - 4,00 à 10,00 m : sable vaseux noir
 - 10,00 à 22,00 m : sable gris clair
 - 22,00 à 31,00 m : sable argileux
- } sables cu
} quaternaire
}

La stratigraphie a été dressée à partir des échantillons recueillis pendant la foration. Les coupes lithologique et technique sont fournies ci-après ainsi que les tableaux résumant les caractères techniques de l'ouvrage.

DESCRIPTION DU TROU NU

Diamètre (mm)	Profondeur/sol (m)	Mode de foration	Fluide utilisé
165	0.00 - 20.00	Battage	Eau claire
140	20.00 - 35.00	Battage	Eau claire

TUBAGES

Type de tube	∅int. (mm)	Profondeur (m) sup. - inf.	Nature du tube	Epaisseur tube (mm)
Tube plein	63	+ 0.01 - 5.00	P.V.C. lisse	
Crépine n°1	63	5.00 - 18.00	P.V.C. lisse	
Tube plein	63	18.00 - 20.00		
Bouchon de pied	63	20.00 - 20.00		

CARACTERISTIQUES DES CREPINES

N°	Type de crépine	Slot (mm)	Vide (%)	Centreurs
1	Fentes			

ANNULAIRES

ESPACE ANNULAIRE EXTERNE (entre trou nu et tubage externe)

Profondeur/sol		Type d'annulaire	Nature (et texture)	Granulométrie (mm - mm)
sommet	base			
0.00	2.00	Cimentation	Ciment	0.7 - 1.4
2.00	20.00	Massif filtrant	Basaltique (Concassé)	
20.00	35.00	Remblai	Tout-venant	

POMPAGES D'ESSAI

Niveau au repos : 5.64 m/repère (14/08/90) Repère / sol : 0.00 m

3 - DEVELOPPEMENT

Il a été procédé à un soufflage en vue du nettoyage de l'ouvrage, le 11/08/90, d'une durée de 3 heures.

Le soufflage s'est achevé après obtention d'une eau claire et absence de particules fines.

Le niveau statique est égal à 5,64 m par rapport au sol.

4 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

Plusieurs mesures de la résistivité et du Ph de l'eau ont été effectuées pendant la foration du piézomètre.

Le tableau des valeurs enregistrées ainsi que la courbe de résistivité sont fournis ci-après.

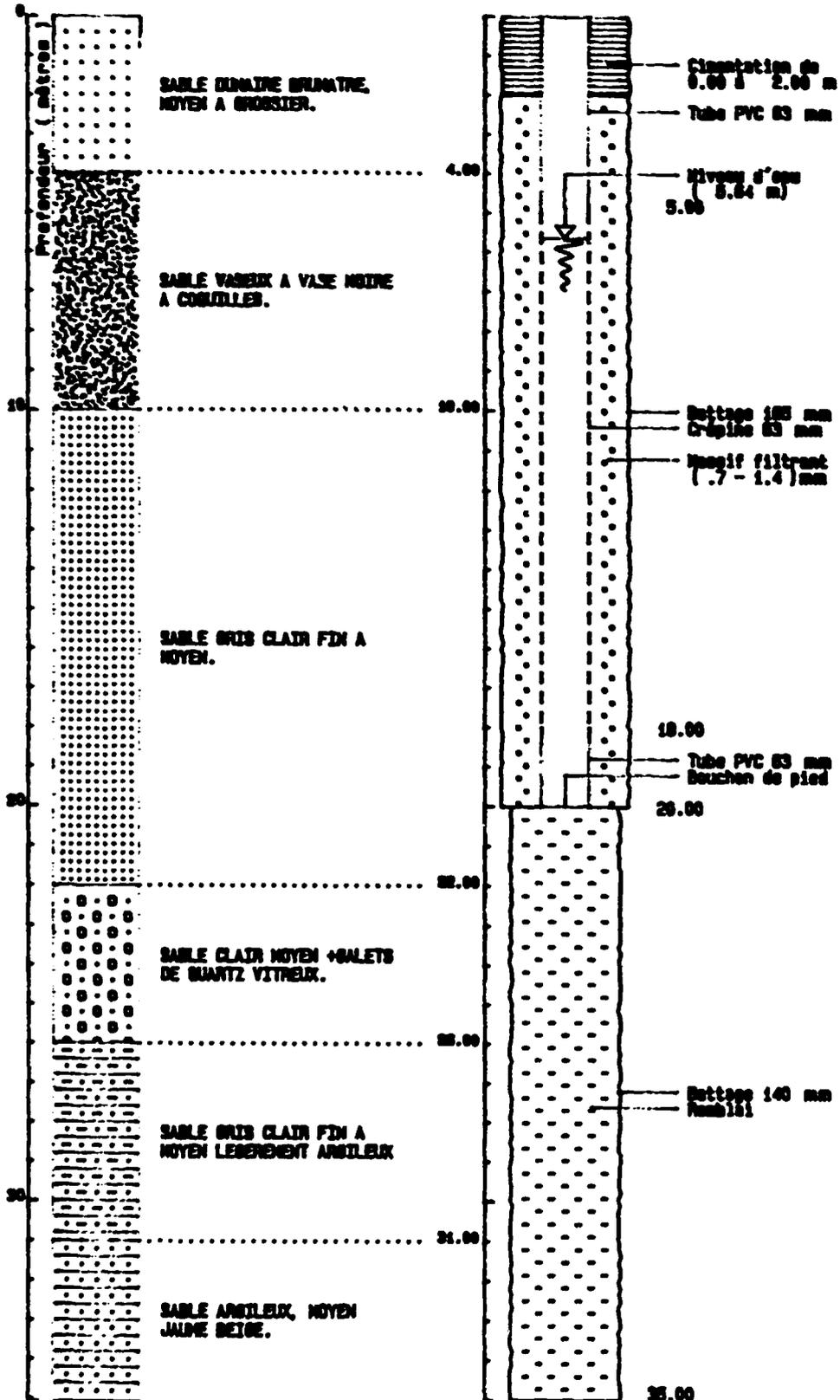
Le niveau de l'eau salée se situe à 27 m de profondeur.

Département : DAKAR
 Village : MALIKA

N° classement : 00/0P/0001

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 10/08/90

Fin : 14/08/90

PIEZOMETRIE

NS/sol : 5.64 m

Rep/sol : 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

Cote : -5.64 m
piézo

Hauteur tube : 1,07 m

\approx sol = 5.41

P1.MBEUBEUSS

COURBE DE RESISTIVITE

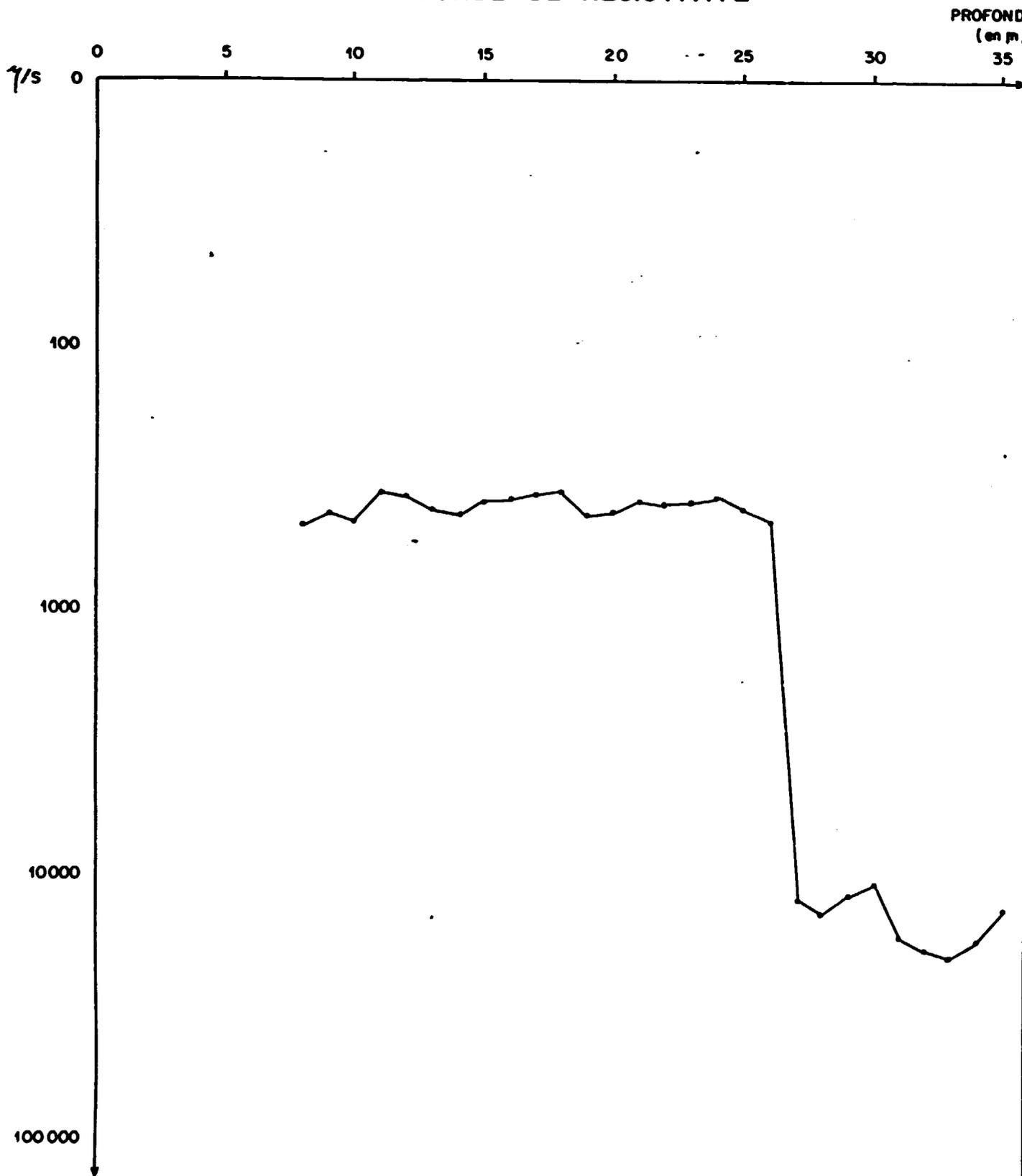


Tableau de mesure du PH et de la Résistivité

Profondeur (m)	PH	Conductivité (μS)
Eau douce		
8	7,96	788
9	8,20	728
10	8,14	750
11	8,22	654
12	8,14	676
13	8,21	713
14	8,34	727
15	8,16	676
16	8,25	675
17	8,00	666
18	8,14	660
19	8,12	744
20	7,87	727
21	7,94	680
22	7,83	690
23	7,78	694
24	8,31	681
25	8,21	705
26	8,00	746
Eau salée		
27	7,56	17.500
28	7,49	22.600
29	-	16.100
30	7,72	10.300
31	7,67	30.300
32	7,73	35.400
33	7,84	37.300
34	7,78	32.200
35	7,81	21.300

ANNEXE E2

Rapport d'exécution du piézomètre 2

S O M M A I R E

- 1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

- 2 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LITHOLOGIQUES
 - 2.1 - Coupe technique
 - 2.2 - Coupe géologique sommaire

- 3 - DEVELOPPEMENT

- 4 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le piézomètre P.2 de MBEUBEUSS se trouve à 1,5 km du Sud-Est du village de MALIKA.

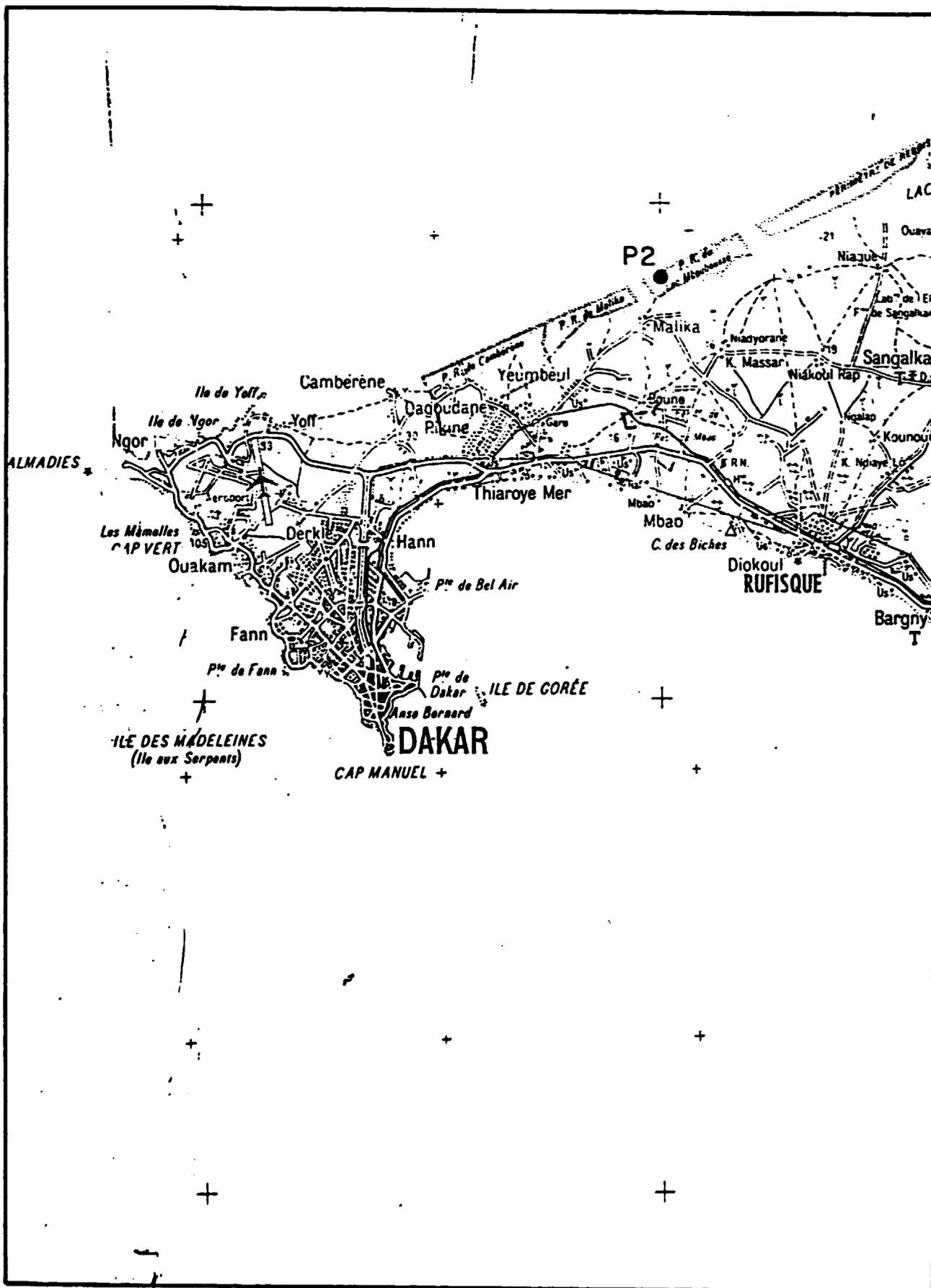
Région	:	DAKAR
Village	:	MALIKA
Lieu-dit	:	MBEUBEUSS
Coordonnées AT	:	X = 67.960,34 m Y = 56.877,45 m Z = + 3,03 m

2 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LITHOLOGIQUES

Le piézomètre P.2 de MBEUBEUSS a été réalisé du 26/07/90 au 09/08/90 par la société SASIF, y compris la phase de développement (nettoyage à l'air lift). Le calendrier d'avancement des travaux est reporté à la figure 2. L'ensemble des caractéristiques de l'ouvrage sont reportées sur le logiciel ACTIF du BRGM, ainsi que la coupe géologique et technique.

M BEUBEUSS

CROQUIS DE SITUATION



P2 - MBEUBEUSS

CROQUIS DE SITUATION

SITE SITUE A 1,5 KM A L'EST
DE MALIKA

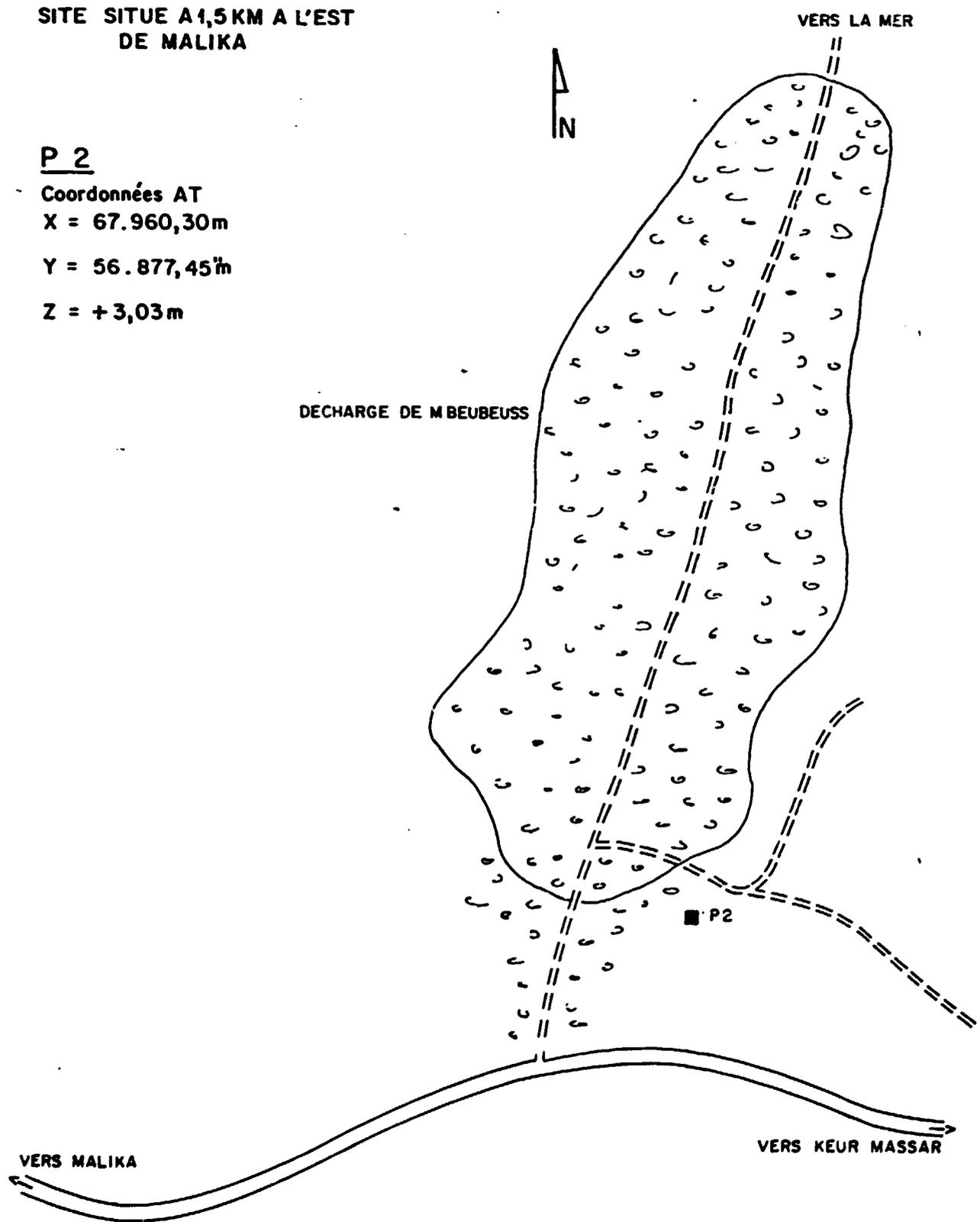
P 2

Coordonnées AT

X = 67.960,30m

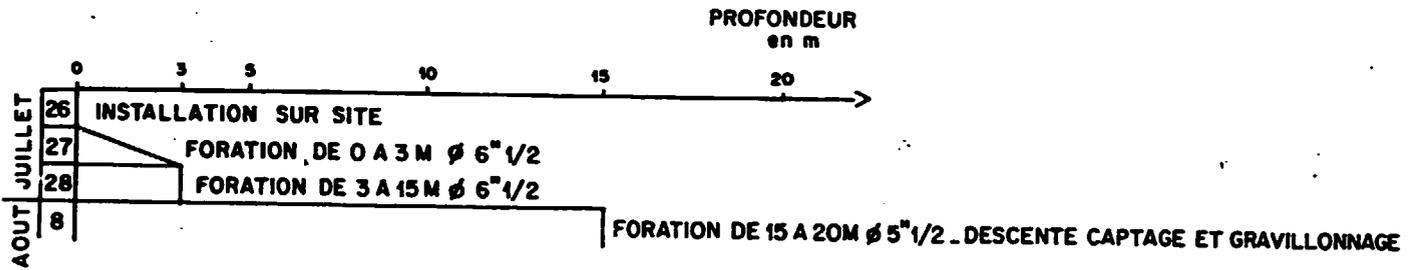
Y = 56.877,45m

Z = +3,03m



P2 - MBEUBEUSS

DIAGRAMME D'AVANCEMENT DES TRAVAUX



2.1 - Coupe technique

Le piézomètre P.2 de MBEUBEUSS a été réalisé au battage avec un SR 200 par la SASIF. Les caractéristiques techniques du piézomètre sont les suivantes :

. Diamètre de Foration :

- de 0.00 à 15 m : 6"1/2

- de 15 à 20 m : 5"1/2

. Equipement du piézomètre P.2 de Mbeubeuss

- de +1.00 à 1,00 m : PVC plein de \varnothing 2"1/2

- de 1.00 à 19,00 m : Crépines PVC 2"1/2-ouverture 1 mm enroulé de toile moustiquaire plastique, maille 0,5 mm

- de 19 à 20,00 m : Tube plein PVC \varnothing 2"1/2 avec bouchon de pied (tube décan-teur).

Un massif de gravier Basalte calibré de \varnothing 07-1.4 mm, a été mis en place dans l'annulaire, de 2 m à 15 m.

2.2 - Coupe géologique sommaire

. 0,00 à 4,00	: sable fin à moyen, gris à marron	} sables
. 4,00 à 9,00	: sable fin gris clair	} du
. 9,00 à 15,00	: sable fin à moyen légèrement argileux	} quater-
. 15,00 à 20,00	: sable très légèrement argileux, fin à moyen	} naire

La stratigraphie a été dressée à partir des échantillons recueillis pendant la foration. La coupe lithologique et technique sont fournies ci-après, ainsi que les tableaux résumant les caractères techniques de l'ouvrage.

3 - DEVELOPPEMENT

Il a été procédé à un soufflage en vue du nettoyage de l'ouvrage le 18/08/90, d'une durée de deux (2) heures.

Le soufflage s'est achevé après obtention d'une eau claire et absence de particules fines.

DESCRIPTION DU TROU NU

Diamètre (mm)	Profondeur/sol (m)	Mode de foration	Fluide utilisé
165	0.00 - 15.00	Battage	Eau claire
140	15.00 - 20.00	Battage	Eau claire

TUBAGES

Type de tube	Ø int. (mm)	Profondeur (m) sup. - inf.	Nature du tube	Epaisseur tube (mm)
Tube plein	63	+0.01 - 1.00	P.V.C. lisse	
Crépine n°1	63	1.00 - 19.00	P.V.C. lisse	
Tube plein	63	19.00 - 20.00	P.V.C. lisse	
Bouchon de pied	63	20.00 - 20.00		

CARACTERISTIQUES DES CREPINES

N°	Type de crépine	Slot (mm)	Vide (%)	Centreurs

ANNULAIRES

ESPACE ANNULAIRE EXTERNE (entre trou nu et tubage externe)

Profondeur/sol		Type d'annulaire	Nature (et texture)	Granulométrie (mm - mm)
sommet	base			
0.00	4.00	Cimentation	Ciment	
4.00	20.00	Massif filtrant	Basaltique (Concassé)	0.7 - 1.4

POMPAGES D'ESSAI

Niveau au repos : 2.14 m/repère (09/08/90)
 Début des pompages le 09/08/90 à 0 h 0 mn

Repère / sol : 0.00 m
 N.P. initial : 2.14 m

Le niveau statique est égal à 2,14 m par rapport au sol.

4 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

Plusieurs mesures de résistivité et de Ph ont été effectuées pendant la foration du P.2. Le tableau des valeurs enregistrées ainsi que de la courbe de résistivité sont fournis ci-après.

Le niveau de l'eau salée se situe à 18 m de profondeur.

Département : DAKAR

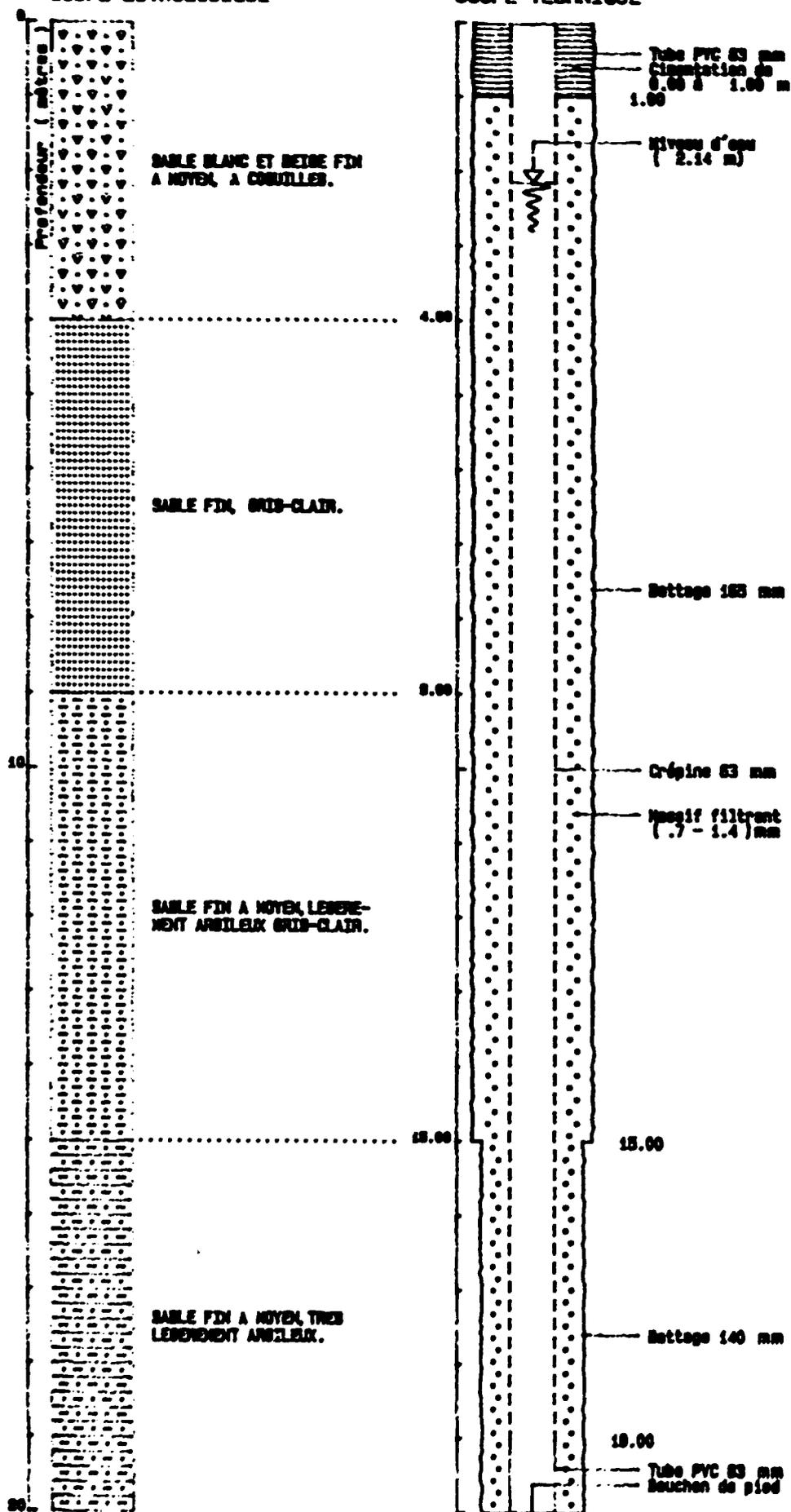
N° classement : 00/OP/G002

Village : MALIKA

Désignation : PIEZO

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 26/07/90

Fin : 09/08/90

PIEZOMETRIE

NS/sol : 2.14 m

Rep/sol : 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

Cote : -2.14 m
piézo

Hauteur tube : 1,08 m

\approx sol - 1.95

P2.MBEUBEUSS

COURBE DE RESISTIVITE

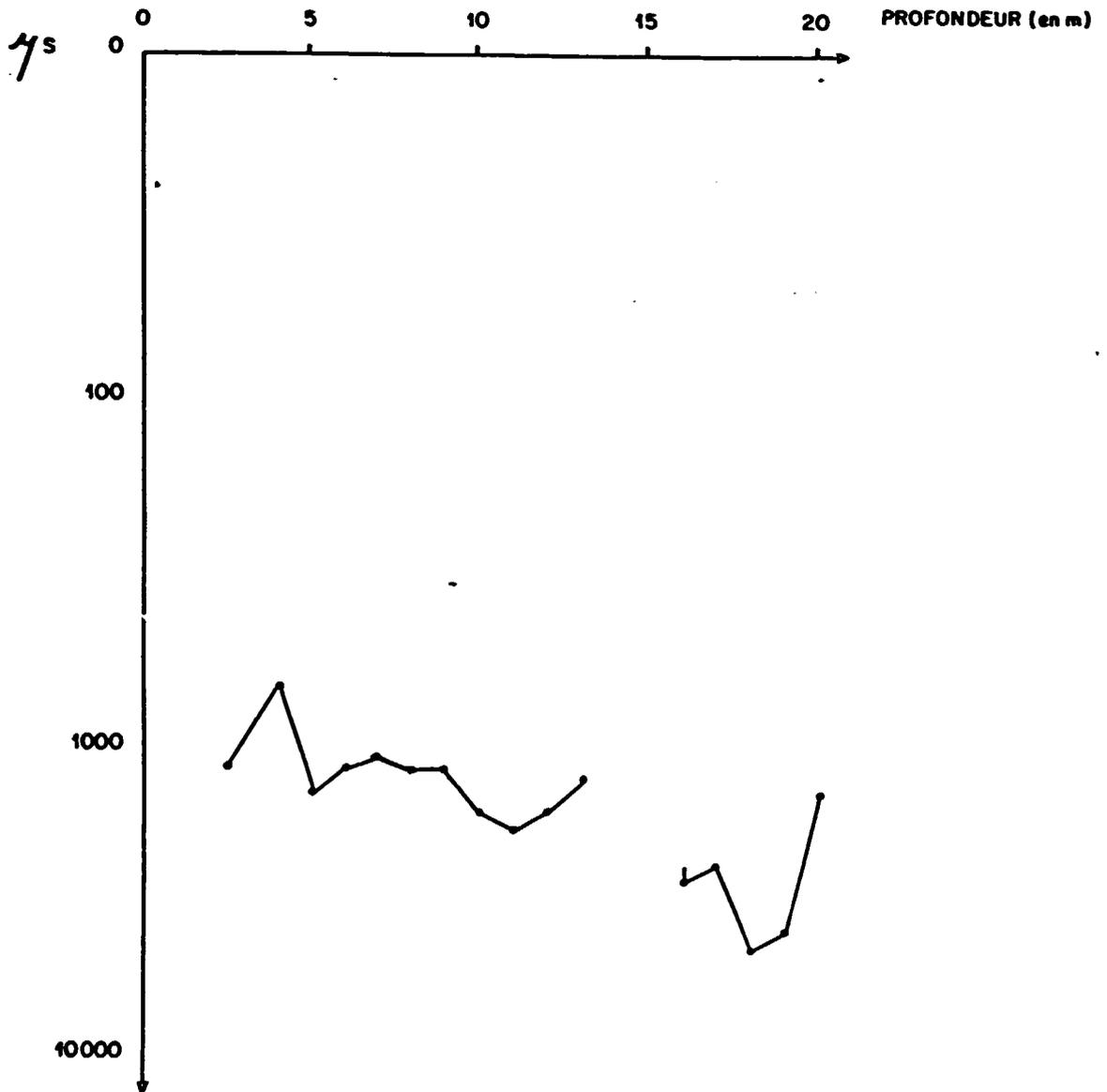


Tableau de mesure du PH et de la Résistivité

Profondeur (m)	PH	Conductivité (μ)
2,50	6,60	1.350
4,00	7,07	8.200
5,10	6,60	2.240
6	7,18	1.450
7	7,20	1.364
8	7,21	1.443
9	7,27	1.480
10	7,16	<u>2.880</u>
11	7,16	3.200
12	7,27	2.880
13	7,31	1.810
-	7,25	<u>3.960</u>
16	7,50	4.950
17	7,65	3.230
18	8,28	6.740
19	8,34	6.230
20	7,73	<u>2.610</u>

ANNEXE E3

Rapport d'exécution du piézomètre 3

S O M M A I R E

- 1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE
- 2 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LITHOLOGIQUES
 - 2.1 - Coupe technique
 - 2.2 - Coupe géologique sommaire
- 3 - DEVELOPPEMENT
- 4 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le piézomètre de MBEUBEUSS (P.3) se trouve à 1,5 km à l'Est du village de MALIKA.

Région : DAKAR

Village : MALIKA

Lieu-dit : MBEUBEUSS

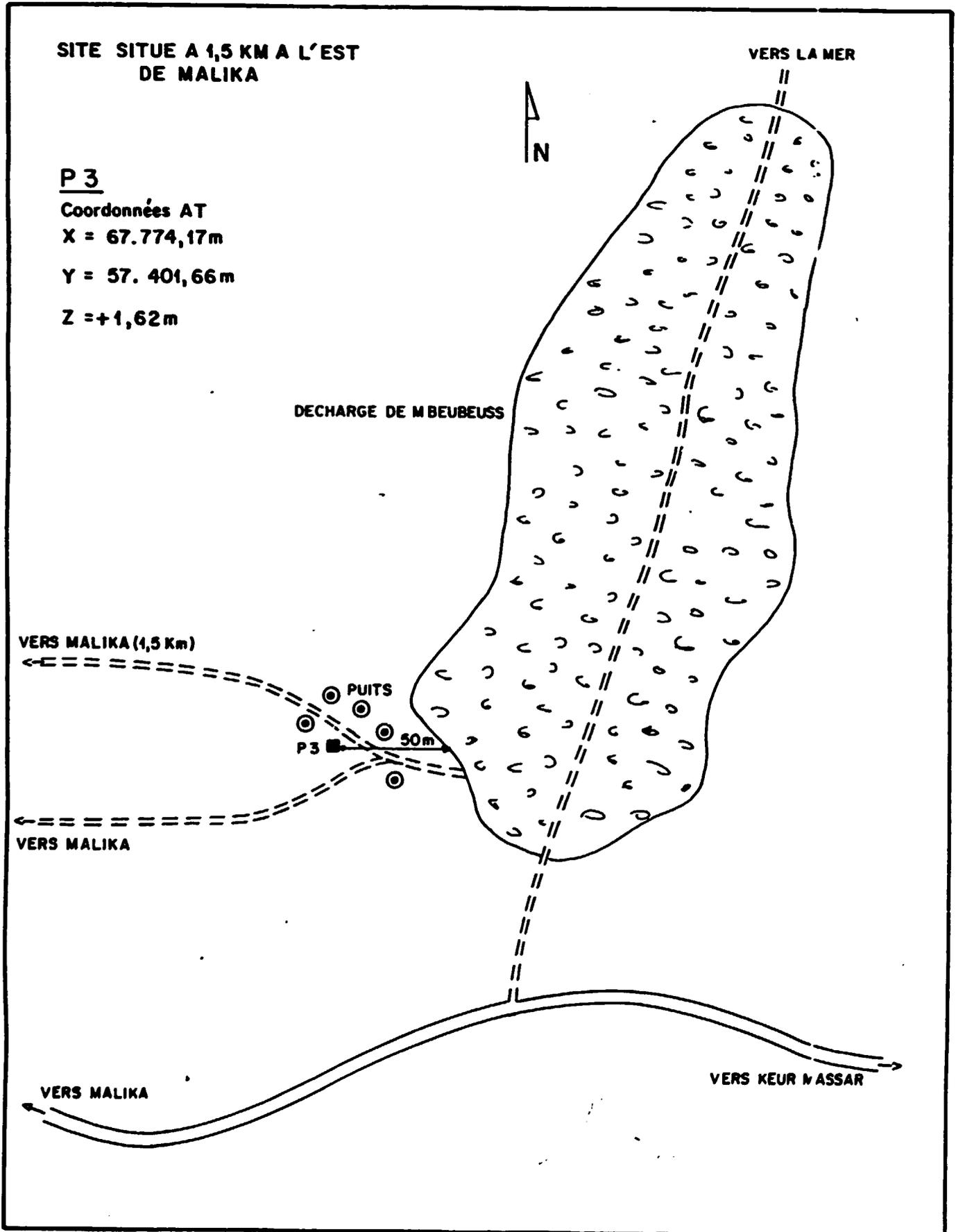
Coordonnées AT : X = 67.774,17 m
Y = 57.401,66 m
Z = + 1,62 m

2 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LITHOLOGIQUES

Le piézomètre P3 de MBEUBEUSS a été réalisé du 30/07/90 au 07/08/90 par la société SASIF, y compris la phase de développement (nettoyage à l'air lift). Le calendrier d'avancement des travaux est reporté à la figure 2. L'ensemble des caractéristiques de l'ouvrage sont reportées sur le logiciel "ACTIF" du BRGM, ainsi que la coupe géologique et technique.

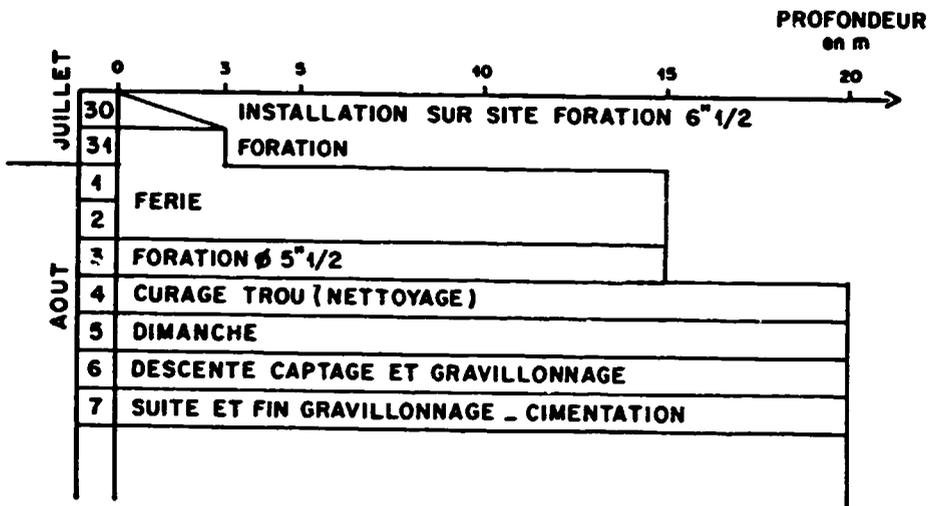
P3_ MBEUBEUSS

CROQUIS DE SITUATION



P3 - MBEUBEUSS

DIAGRAMME D'AVANCEMENT DES TRAVAUX



2.1 - Coupe technique

Le piézomètre P.3 de MBEUBEUSS a été réalisé au battage avec un SR 200 par la SASIF.

Les caractéristiques techniques du piézomètre sont les suivantes :

. Diamètre de foration

- de 0,00 à 18,00 m : 6" 1/2
- de 18,00 à 20,00 m : 5" 1/2

. Equipement du piézomètre

- de + 1,00 à 2,00 m : PVC plein de \varnothing 2" 1/2
- de 2,00 à 15,00 m : Crépines PVC \varnothing 2"1/2 - ouverture 1 mm enroulé de toile moustiquaire plastique, maille 0,5 mm
- de 15,00 à 20,00 m : Tube plein PVC 2"1/2 de \varnothing avec bouchon de pied (tube décanteur).

Un massif de gravier de Basalte calibré, de \varnothing 0.7-1.4 mm, a été mis en place dans l'annulaire, de 2,00 m à 20,00 m.

La tête de la chambre de pompage a été cimentée de 0 à 2,00 m de profondeur.

DESCRIPTION DU TROU NU

Diamètre (mm)	Profondeur/sol (m)	Mode de foration	Fluide utilisé
165	0.00 - 18.00	Battage	Eau claire
140	18.00 - 20.00	Battage	Eau claire

TUBAGES

Type de tube	øint. (mm)	Profondeur (m) sup. - inf.	Nature du tube	Epaisseur tube (mm)
Tube plein	63	+ 0.01 - 2.00	P.V.C. lisse	
Crépine n°1	63	2.00 - 15.00	P.V.C. lisse	
Tube plein	63	15.00 - 20.00	P.V.C. lisse	
Bouchon de pied	63	20.00 - 20.00		

CARACTERISTIQUES DES CREPINES

N°	Type de crépine	Slot (mm)	Vide (%)	Centraurs
1	Fentes			

ANNULAIRES

ESPACE ANNULAIRE EXTERNE (entre trou nu et tubage externe)

Profondeur/sol		Type d'annulaire	Nature (et texture)	Granulométrie (mm - mm)
sommet	base			
0.00	2.00	Cimentation	Ciment	0.7 - 1.4
2.00	20.00	Massif filtrant	Basaltique (Concassé)	

POMPAGES D'ESSAI

Niveau au repos : 1.34 m/repère (07/08/90) Repère / sol : 0.00 m
 Début des pompages le 07/08/90 à 0 h 0 mn N.P. initial : 1.34 m

2.2 - Coupe géologique sommaire

- 0,00 à 4,00 m : sable fin à moyen, gris clair)
- 4,00 à 12,00 m : sable légèrement argileux) sables du
- 12,00 à 16,00 m : sable marron + ou - argileux) quaternaire
- 16,00 à 20,00 m : sable très argileux, marron)

La stratigraphie a été dressée à partir des échantillons recueillis pendant la foration. La coupe lithologique et technique sont fournies ci-après, ainsi que les tableaux résumant les caractères techniques de l'ouvrage.

3 - DEVELOPPEMENT

Il a été procédé à un soufflage en vue du nettoyage de l'ouvrage d'une durée de 2 heures, le 18/08/80.

Le développement s'est achevé après obtention d'une eau claire et absence de particules fines.

Le niveau statique est égal à 1,34 m par rapport au sol.

4 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

Plusieurs mesures de résistivité et du Ph de l'eau ont été effectuées pendant la foration du P.3. Le tableau des valeurs ainsi que les courbes de résistivité sont fournis à la page suivante.

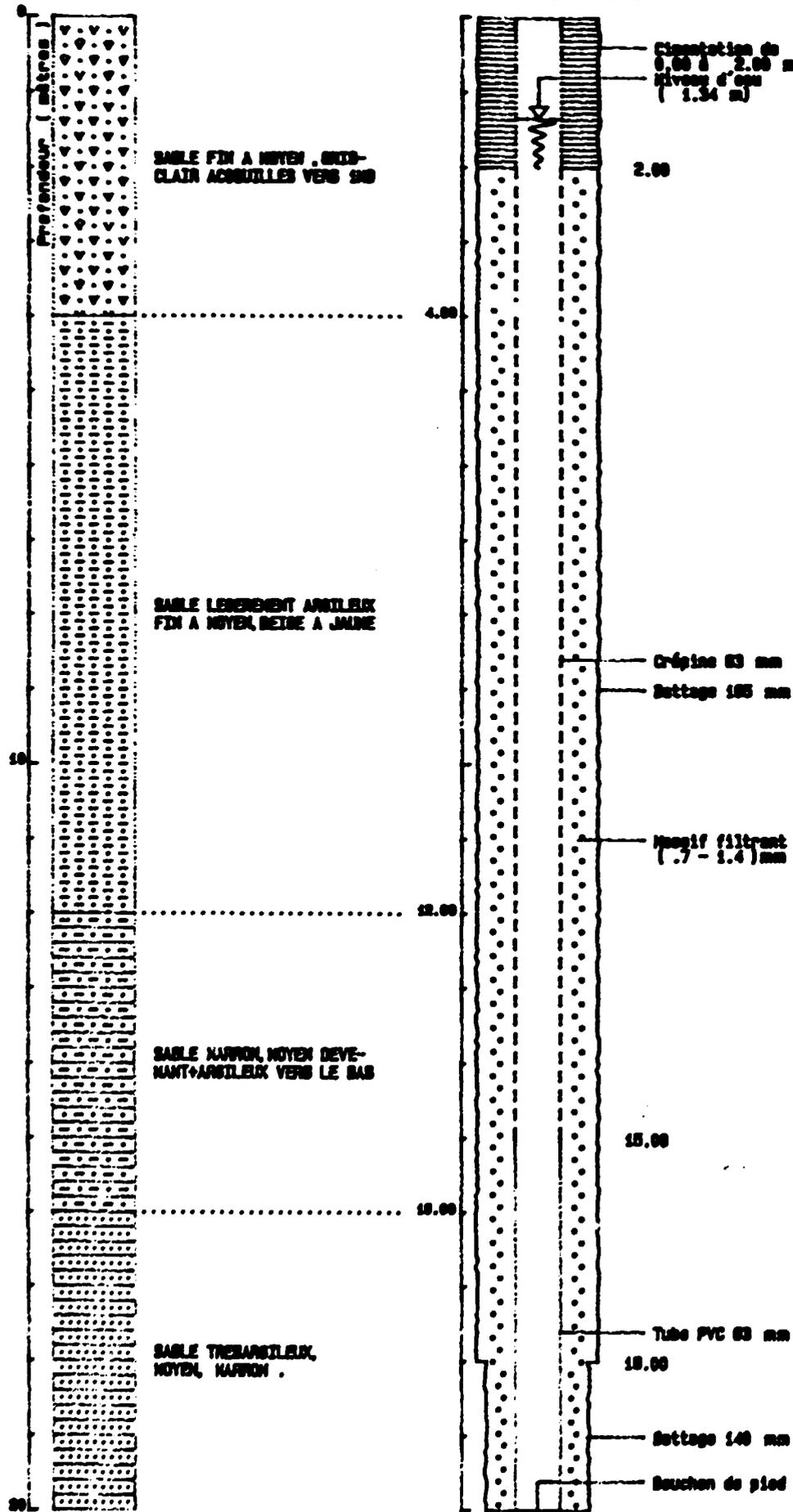
Le niveau de l'eau salée se situe à 12,00 m de profondeur.

Département : DAKAR
 Village : MALIKA

N° classement : 00/OP/0003
 Désignation : PIEZO

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 30/07/90

Fin : 07/08/90

PIEZOMETRIE

NS/sol : 1.34 m

Rep/sol : 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

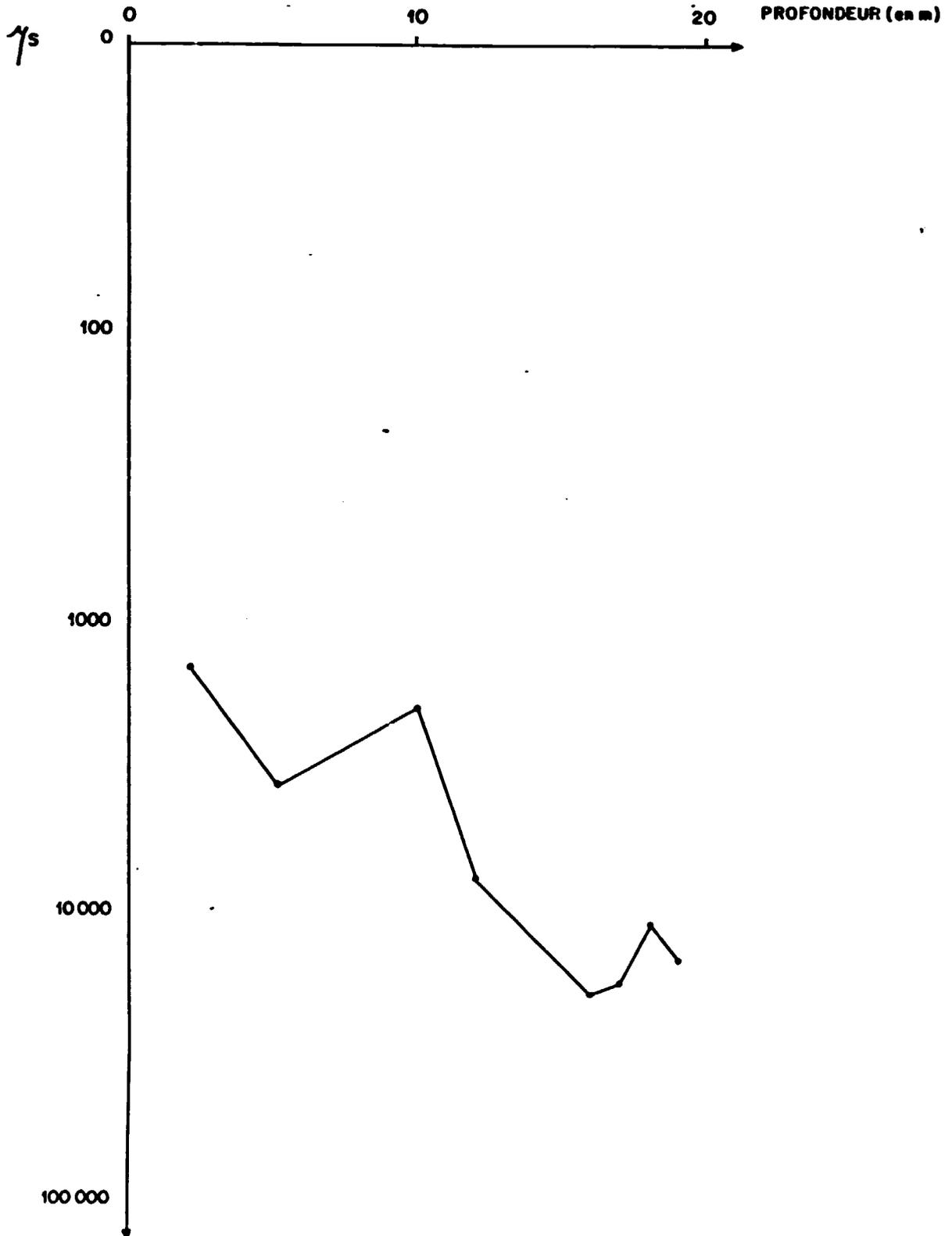
Cote : -1.34 m
 piézo

Hauteur tube : 0,82 m

Zsol = 0,8

P3. MBEUBEUSS

COURBE DE RESISTIVITE



P.3 DE MBEUBEUSS

Tableau de mesure du PH et de la Résistivité

Profondeur (m)	PH	Conductivité (μ s)
2	6,90	2.390
5	6,90	6.480
10	7,64	3.800
12	6,90	8.750
16	7,38	37.200
17	7,83	35.000
18	8,00	10.400
19	8,20	25.030

Sulfats 5800

ANNEXE F

Modélisation mathématique

MODELE NUMERIQUE

1. Généralités

2. Calage du modèle

2.1 - Calage en régime permanent "non influencé"

2.2 - Calage en régime permanent avec pompage

2.3 - Conclusions partielles

3. Simulations

3.1 - En régime permanent

3.2 - En régime transitoire

3.3 - En régime dispersif

4. Conclusions

MODELE NUMERIQUE

1 - GENERALITES

Afin de préciser les conditions d'alimentation de la nappe dunaire dans le secteur de M'BEUBEUSSE et les relations existantes entre les lacs et les captages de la ville de DAKAR, nous avons élaboré un modèle numérique simple (aquifère monocouche régime semi-captif) de la nappe.

Nous avons utilisé les versions en permanent, transitoire et dispersif du code HYDROPOL 90 de CPGF-HORIZON. Ce modèle élaboré comporte 484 mailles de 500 x 500 m de côté, son emprise est illustrée par la figure 1.

2 - CALAGE DU MODELE

On ne dispose que de très peu d'éléments pour caler objectivement ce modèle, ce qui nous a conduit à retenir les hypothèses suivantes :

- Les rivages marins Nord et Sud-Est sont maintenus à un potentiel imposé + 0 m,
- les limites Est et Ouest sont maintenues au potentiel de la carte piézométrique "moyenne" dont nous avons disposé (carte hydrogéologique de A. MARTIN),
- le champ de transmissivité a été obtenu en discrétisant à la maille de 500 x 500 m la carte existante (carte des variations des transmissivités en Annexe A),
- l'implantation de la zone de captage a été arrêtée en regroupant les ouvrages actifs dans les mailles adéquates et un débit exploité a été réparti de façon homogène entre ces mailles,
- les lacs couvrent 2,75 km²

La figure 2 illustre la structure du modèle.

2.1 - Calage en régime permanent "non influencé"

La zone de captage n'étant pas en service, ce calage vise à restituer la piézométrie "naturelle" de la nappe soumise à une infiltration efficace de 150 mm/an et à une évaporation de 150 mm/an

sur les lacs. La pluviométrie efficace a été obtenue par différence entre la pluviométrie moyenne (470 mm) et l'évapotranspiration moyenne (320 mm). L'évaporation sur les lacs a été estimée à partir de données bibliographiques - (Rapport OMS).

Le bilan global du système modélisé s'établit comme suit :

- Précipitation efficace	: +0,488 m ³ /s
- Evaporation sur les lacs	: -0,137 m ³ /s
- Alimentation aux limites du modèle	: +0,075 m ³ /s
- Débit sortant aux limites du modèle	: -0,426 m ³ /s

La piézométrie obtenue est illustrée par la figure 3. On observe une crête piézométrique à la cote +5 m au droit de KEUR MASSAR en bon accord avec la piézométrie de référence.

L'évaporation sur le lac M'BEUBEUSSE se traduit par un rabattement jusqu'à la cote -0,7 m et sur les 95 l/s évaporés dans le lac principal ; 98 % proviennent de la nappe et seulement 2 % du front marin.

2.2 - Calage en régime permanent avec pompage

Les données d'infiltration et d'évaporation sont identiques, mais on impose un pompage de 0,125 m³/s (10 800 m³/jour) sur la zone de captage. En fait, on simule l'exploitation de 5 puits à 25 l/s en pompage continu. Ce nouveau bilan s'établit comme suit :

Précipitation efficace	: +0,488 m ³ /s
Evaporation lac	: -0,137 m ³ /s
Pompage	: -0,125 m ³ /s
Alimentation aux limites	: +0,078 m ³ /s
Débit sortant aux limites	: -0,304 m ³ /s

On constate que les 125 l/s prélevés sur la zone de captage proviennent pour l'essentiel des précipitations efficaces, puisque l'alimentation aux limites n'augmente que de 3 l/s, soit moins de 1 % des flux mobilisés.

La carte piézométrique obtenue est illustrée par la figure 4. On constate une cote minimum de -1,5 m dans l'environnement des puits Sud, là où la transmissivité est la plus médiocre. La courbe isopièze 0 m, suit sensiblement le tracé observé sur la carte de référence. Le rabattement

induit par les pompages est illustré sur la figure 5. La nappe est rabattue entre 3 et 4 m sur les 5 km où sont situés les puits de captages.

2.3 - Conclusions partielles

Le champ de transmissivité retenu, ainsi que les hypothèses d'alimentation, semblent à même de restituer une piézométrie proche de celle observée (au moins à l'échelle de ce modèle). Il faut cependant signaler qu'il s'agit là d'un régime permanent obtenu à partir d'hypothèses moyennes d'infiltration et d'évaporation.

3 - SIMULATIONS

3.1 - En régime permanent

Afin de simuler les conditions d'influence maximum de la zone des lacs sur les captages de DAKAR, on a simulé une situation nappe "haute" en éliminant l'évaporation sur les lacs. Ce bilan de la nappe est le suivant :

- Précipitation efficace : 0,501 l/s
- Pompage : -0,125 l/s
- Alimentation aux limites : 0,062 l/s
- Sortie aux limites : -0,438 l/s

La piézométrie est illustrée par la figure 6 et la figure 7 permettant de visualiser le cône de rabattement induit dans la nappe par l'évaporation des lacs.

La figure 6 montre clairement que, même en condition de piézométrie haute, la zone des lacs n'alimente pas celle des captages.

3.2 - En régime transitoire

Afin de disposer d'une vision plus réaliste de l'évolution piézométrique, on a réalisé une simulation en régime transitoire avec les hypothèses d'infiltration et d'évaporation suivantes :

	Zone des lacs		Ensemble du modèle	
	Infiltration	Evaporation	Infiltration	Evaporation
"Saison" des pluies (juillet-août)	0	2,5 mm/j	7,5 mm/j	0
"Saison" sèche (Septembre-juin)	0	4 mm/j	0	0,9 mm/j

La figure 8 montre l'évolution de la piézométrie dans la zone centrale du modèle (maille 7-25) sur une simulation de 2 ans. Nous avons également reporté sur ce diagramme la position dans le temps des différentes cartes de nappe présentées.

- Situation fin octobre (carte 9)

La nappe est en décrue. La zone des lacs est en très légère dépression en-dessous du niveau de la mer.

- Situation fin décembre (carte 10)

La décrue de la nappe s'amplifie, la zone des lacs se creuse sensiblement (cote -21), de même que la zone de captage.

- Situation fin juin (carte 11)

La situation est pratiquement stabilisée, la dépression dans le lac M'BEUBEUSSE atteint -1,5 m par rapport au niveau de la mer, et le niveau rabattu dans la zone des puits, -3,5 m. A ce moment, plus de 1 920 m³/j provenant du front marin pénètrent dans le lac M'BEUBEUSSE, alors qu'il n'y en avait que 325 m³/j à la fin du mois de janvier et qu'à la fin octobre, la nappe alimentait encore la mer.

- Situation fin août (carte 12)

A la fin de la saison pluvieuse, la nappe est à son maximum. Dans la zone des lacs, il existe une crête piézométrique à +12 entre la mer et les lacs, où le niveau de la nappe est proche de la cote 0. On notera que ce niveau est plus bas que celui obtenu lors de la simulation en régime permanent, sans évaporation sur le lac (le niveau dans le secteur central du lac de M'BEUBEUSSE était alors à +1,5 m).

Conclusion partielle

Les simulations réalisées en régime transitoire confirment la présence d'une crête piézométrique entre la zone des puits et le lac M'BEUBEUSSE, crête qui s'oppose donc à un transfert d'eau entre la zone des lacs et les captages.

3.3 - Simulation en régime dispersif

A titre exploratoire (nous ne disposons en effet d'aucune information sur les paramètres de dispersion et de porosité cinématique dans cet aquifère). On a réalisé deux simulations en régime dispersif, afin de visualiser la propagation d'une contamination que nous avons située "a priori" à l'extrémité Ouest du lac M'BEUBEUSSE (figure 13). Nous avons supposé que la nappe était dans 4 mailles (1 km^2) contaminée avec un toxique se comportant comme l'eau et contenant dans la nappe une concentration de 1 000.

On a ensuite suivi l'évolution de cette zone "contaminée" pendant 3 ans, en considérant deux situations extrêmes d'écoulement : nappe basse avec évaporation sur les lacs et nappe haute sans évaporation. Les figures 14 (a et b) et 15 (a et b) illustrent la situation de la contamination après 3 ans. On constate que dans les deux cas, aucun transfert en direction de la zone de captage ne semble se produire.

La dilution est très importante puisqu'elle atteint un facteur 10^5 dans les mailles, située à 1,5 km de la zone contaminée (dans la direction du centre du lac).

On observe une légère différence entre les deux simulations : dans le cas de la nappe "haute", la composante principale dans la propagation de la "contamination" se dirige vers la mer, alors que par la nappe "basse", elle se dirige vers le lac.

4 - CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La modélisation mathématique réalisée reste sommaire, puisqu'elle prend en compte des données d'ordre général, issues d'études anciennes. En considérant ces paramètres, nous obtenons une situation relativement réaliste en ce qui concerne les cartes piézométriques obtenues, les battements de la nappe en différents points. Ces simulations, compte tenu du caractère général qu'elles présentent, permettent de conclure sur :

- L'alimentation des lacs par la mer en basses eaux, le flux s'inversant en période de hautes eaux, du lac vers la mer,

- La présence d'une crête piézométrique entre le lac et la zone de captage, empêchant tout transfert de polluant du lac vers les captages.

Ces conclusions peuvent bien sûr être modifiées en changeant les hypothèses de départ. Les simulations pourront être reprises avec :

- des données piézométriques réactualisées sur l'ensemble de la zone et en particulier sur la zone de captage de THIROYE,
- des données précises sur la situation et les débits prélevés,
- des données météorologiques différenciées par zones (captages, lacs ...).

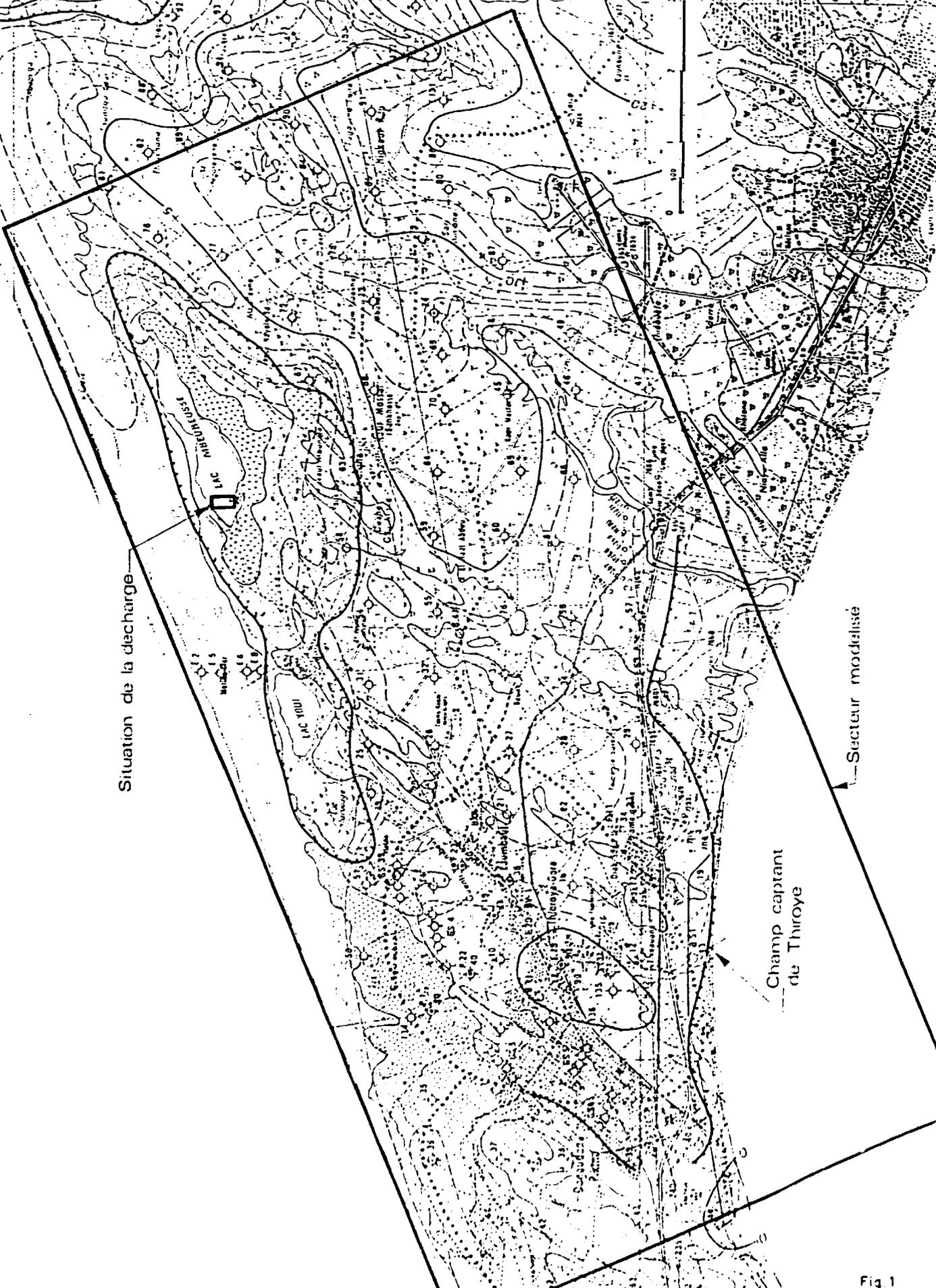


Fig 1

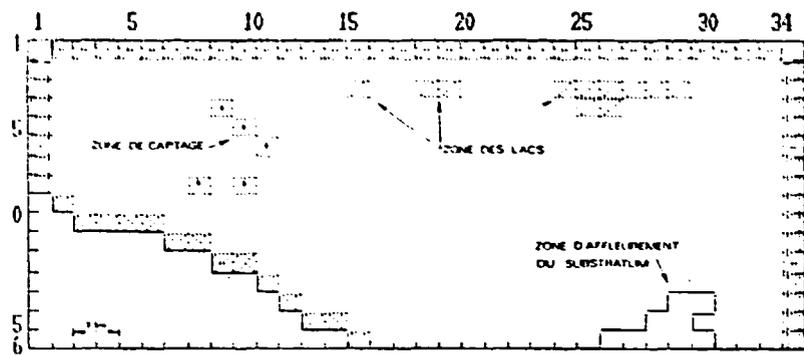


Fig. 2

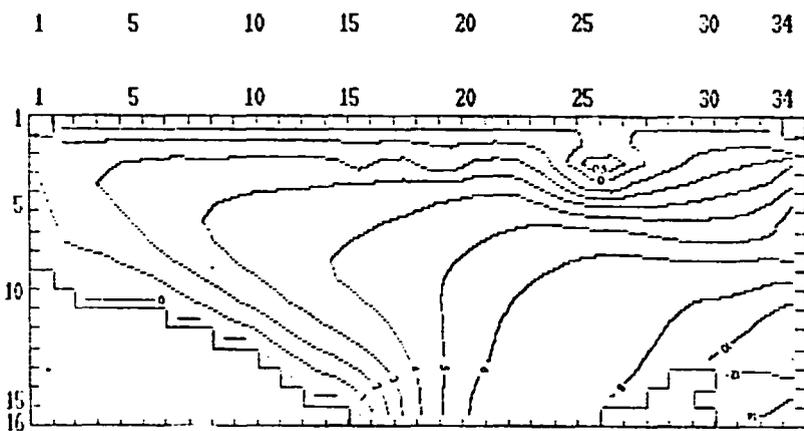


Fig. 3

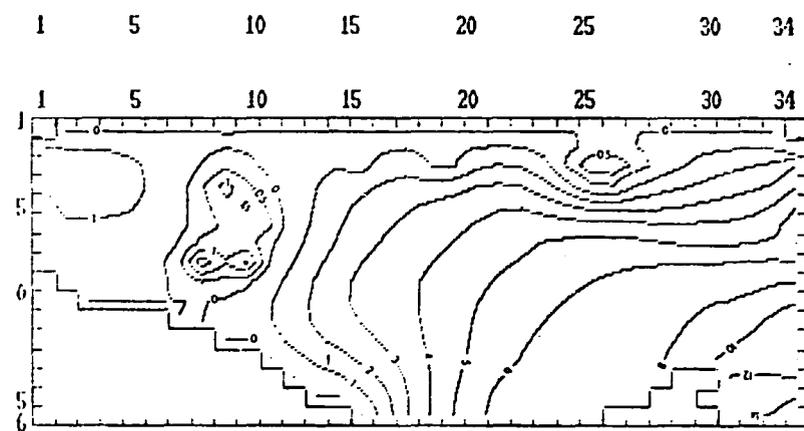


Fig. 4

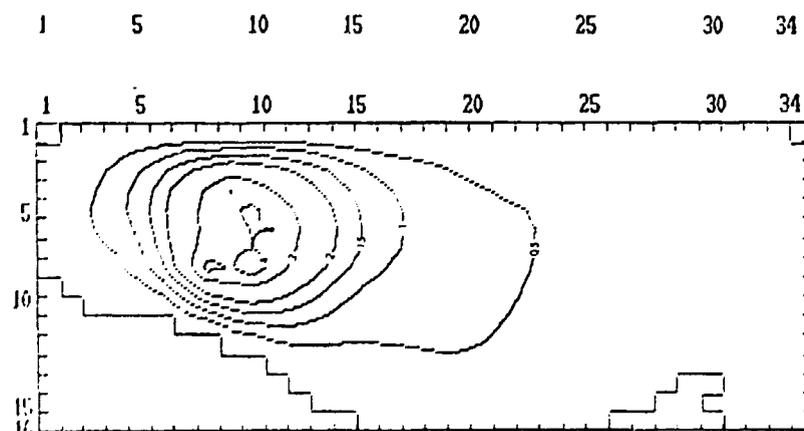


Fig. 5

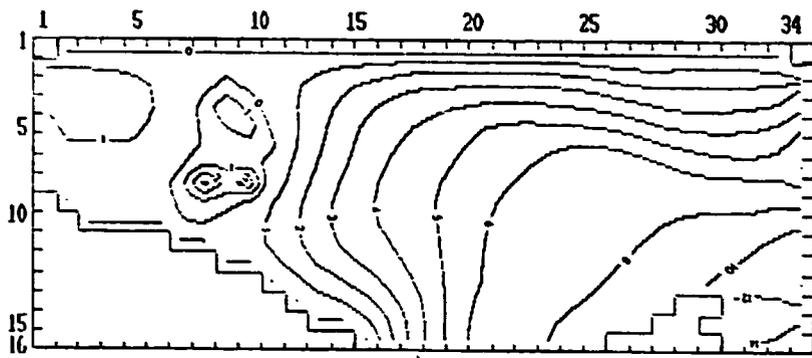


Fig. 6

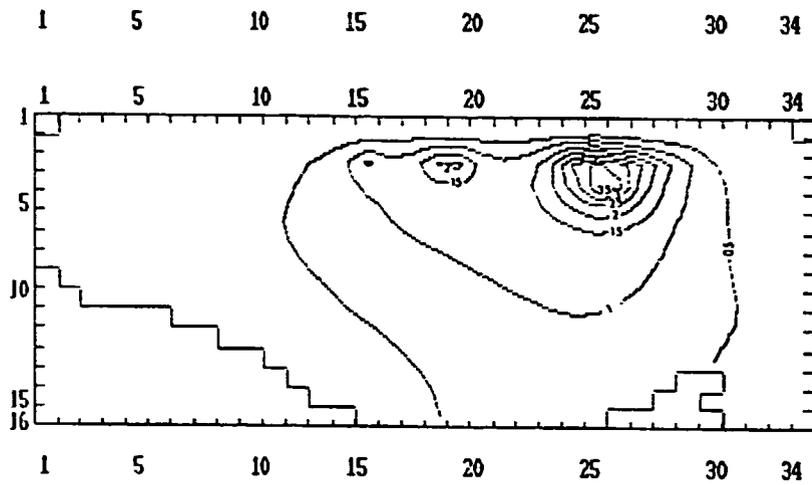


Fig. 7

NAPPE DE MBEUBESSE

Evolution piezometrique (maille 7-15)

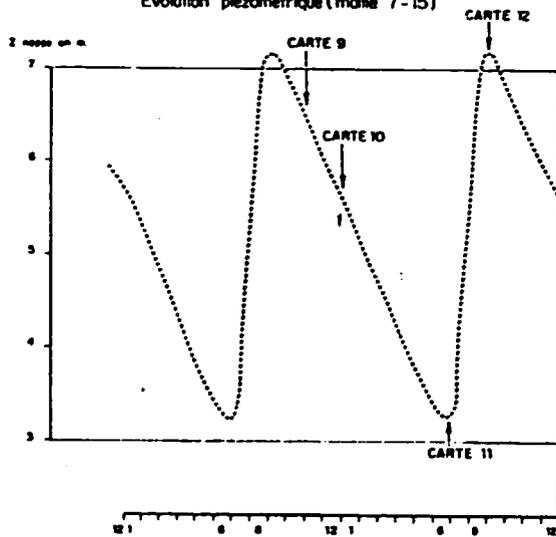


Fig 8

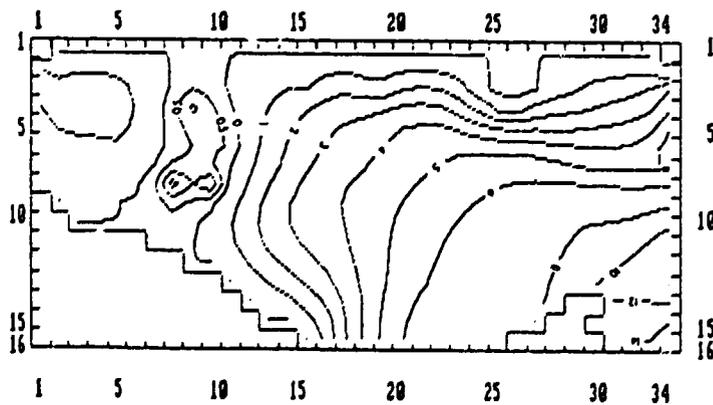


Fig. 9

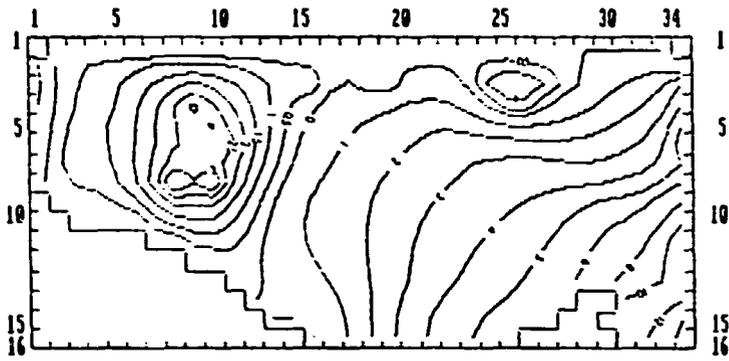


Fig. 10

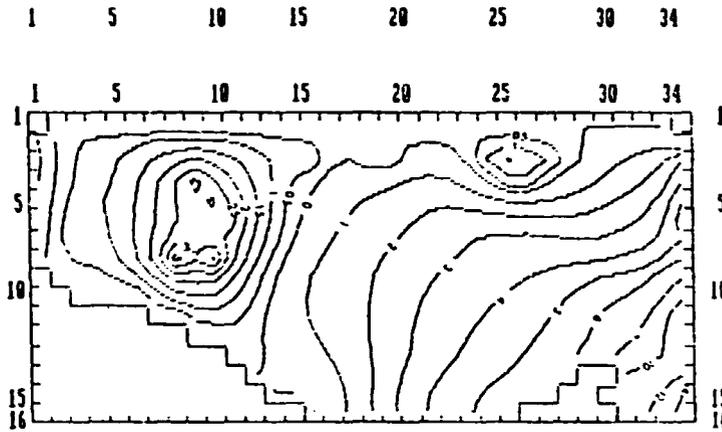


Fig. 11

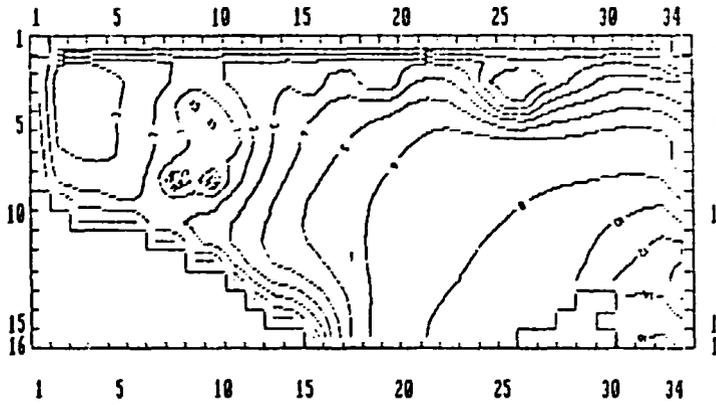


Fig. 12

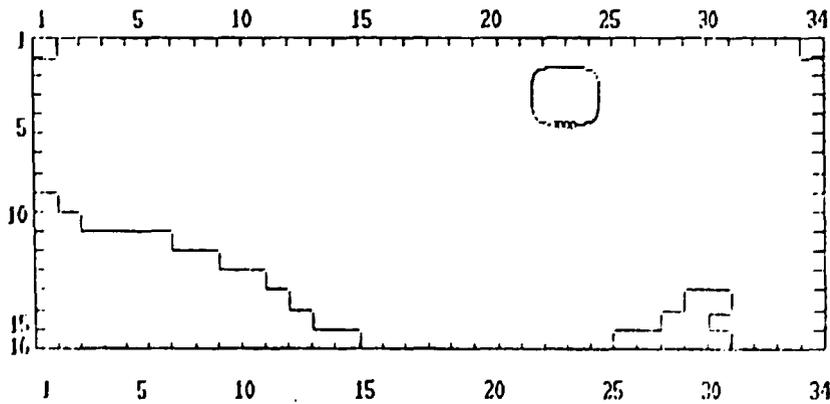


Fig. 13

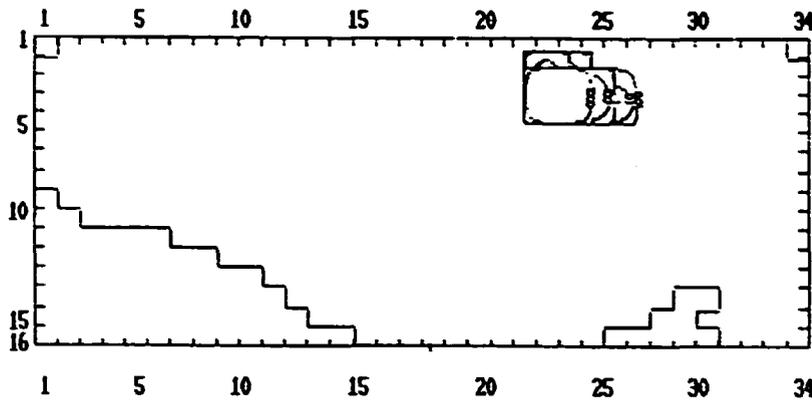


Fig. 14 a

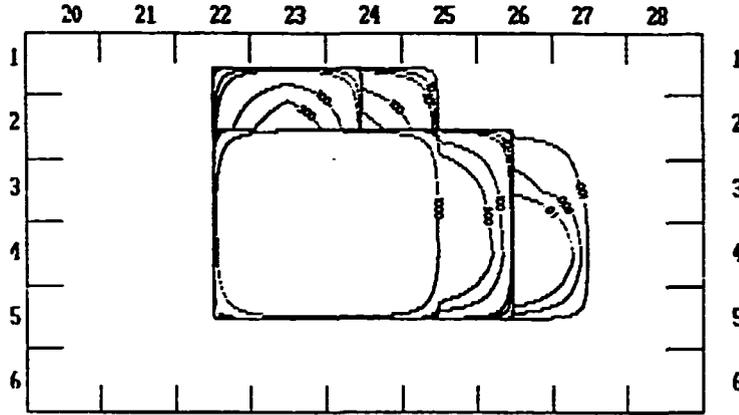


Fig. 14 b

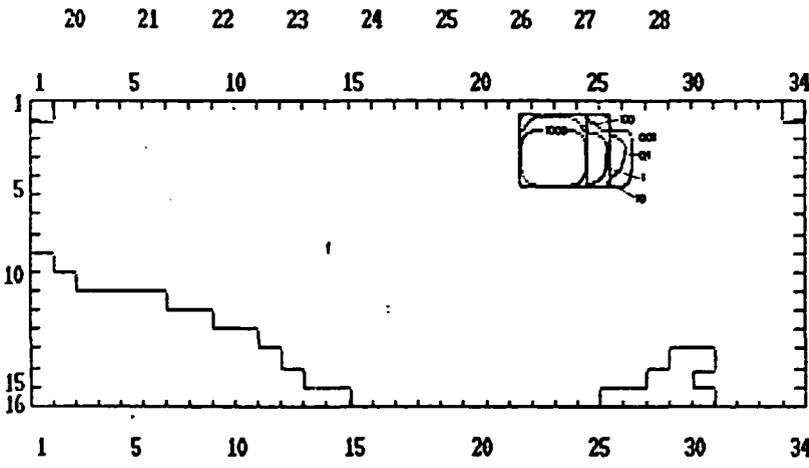


Fig. 15 a

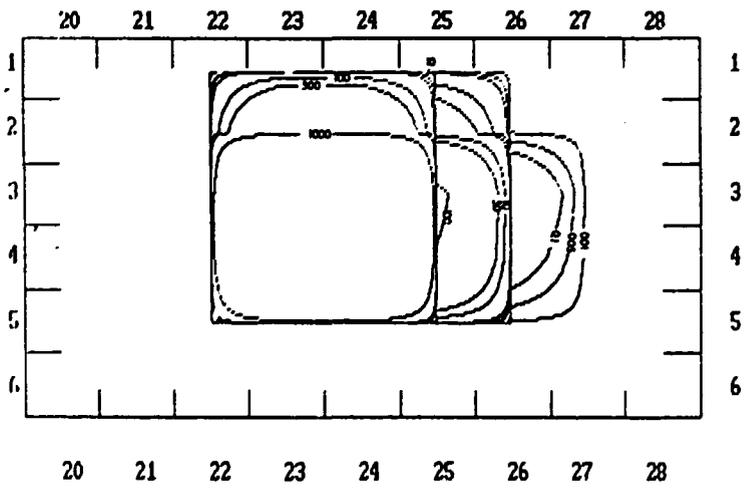


Fig. 15 b

ANNEXE G

ETUDE DE L'ELIMINATION DES DECHETS A DAKAR ET DE LEUR POUVOIR POLLUANT SUR LA DECHARGE

- **G1 : Résultats d'analyses du compost de la décharge**
- **G2 : Norme Française X 31210. sept 1988. déchets , essai lixiviation**
- **G3 : Résultats d'analyses des points de prélèvement E1, E2, E3, E4,
prélèvements complémentaires - Présentation photographique
des points de sondage**

ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Boîte Postale N° 1386 - DAKAR
(République du Sénégal)
Téléphone 21.34.80/22.34.76
22.58.64/22.43.07
Télex 468 SG

ANALYSES DE SOLS

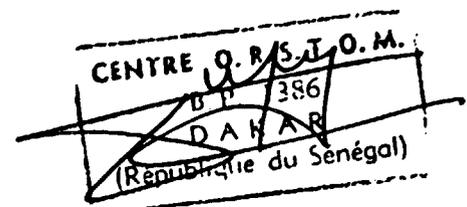
dossier N° : 1848
UR : EXT
demandeur : BUREAU VERITAS
ref.dossier: sol ref 15

N° échantillon : 1
Réfèrence échantillon : 15

Analyses:

* pH	eau		8.2
	KCl		7.7
* granulométrie	argile	%	3.7
	limon fin	%	4.0
	limon gros.	%	2.7
	sables fin	%	26.2
	sables gros.	%	53.3
* matière org.	Carbone	%	3.50
	Azote	%	0.42
	C/N		8.2
	M.O	%	6.03
* phosphore	P2O5 total	%	0.86
* Humidité		%	15.6

Dakar le 31/08/90



ANNEXE G2

Norme Française X 31. 210

de Septembre 1988

Déchets

Essai de Lixiviation

normalisation française

X 31-210
Septembre 1988

Déchets Essai de lixiviation

E : Waste — Leaching of waste
D : Abfälle — Prüfung der Abfallauslaugung

Norme expérimentale publiée par l'afnor en septembre 1988.

Les observations relatives à la présente norme expérimentale doivent être adressées à l'afnor avant le 30 septembre 1990.

correspondance Absence, à la date de publication de la présente norme, de norme internationale sur le même sujet.

analyse La présente norme expérimentale s'adresse à tous ceux qui sont concernés par la caractérisation des déchets au moyen de l'essai de lixiviation (industriels, laboratoires, exploitants de décharge, administrations, etc.). Elle a essentiellement pour but d'édicter des recommandations, qui restent parfois générales du fait de la diversité des situations rencontrées, pour une bonne pratique de l'essai tant dans sa phase préparatoire (échantillonnage sur site) que dans celle de la réalisation elle-même (préparation de l'échantillon pour essai, procédures de lixiviation en fonction des objectifs poursuivis lors des caractérisations des lixiviats).

descripteurs Thésaurus International Technique : déchet, essai de lixiviation, échantillonnage, échantillon, spécification, procès-verbal d'essai.

modifications

corrections

Membres de la commission de normalisation chargée de l'élaboration du présent document

Président : M. CABRIDENC

Secrétaire : M. DE SAXCÉ — AFNOR

M. AUGER
M. BILLARD

M. BOSSAND
M. BOUTONNET
M. COLIN

M. COSTE
M. CYRLEWSKI
M. DECHELETTE
M. GAILLOT

M^{me} GIROUD
M. GRAVIER
M. GRENET

M. JEANNOT

M. KLEIN
M. LACAZE
M. LAHEYNE

LM D S.A.
AGENCE NATIONALE POUR LA
RÉCUPÉRATION ET L'ÉLIMINATION
DES DÉCHETS
ELF FRANCE
ATOCHEM
INSTITUT DE RECHERCHES HYDRO-
LOGIQUES
APAVE LYONNAISE
ASPRODET
LECES
MINISTÈRE ENVIRONNEMENT —
DEPPR
CEMAGREF
CENTRE TECHNIQUE DU PAPIER
MINISTÈRE ENVIRONNEMENT —
DEPPR
LABORATOIRE MUNICIPAL — VILLE
DU HAVRE
LECES
INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE
SNEA

M. LARBAIGT

M. LEPAILLEUR
M^{me} LINTIGNAT
M. MEUNIER
M. de MONTLEAU
M. NAVARRO
M. PILLAY

M. POINTET
M. ROCRELLE

M. ROULIER
M^{me} ROULPH

M^{me} RYSER
M. SCHWENDIMANN
M. SIMOND
M^{me} VASSEUR

M. WICKER

AGENCE DE BASSIN RHÔNE MÉDI-
TERRANÉE CORSE
IRCHA
CEMAGREF
INSTITUT PASTEUR DE LYON
UGINE SAVOIE
INSA LYON
AGENCE NATIONALE POUR LA
RÉCUPÉRATION ET L'ÉLIMINATION
DES DÉCHETS
SNEA
RHÔNE-POULENC
INDUSTRIALISATION
CEMAGREF
ÉCOLE NAT. SUP. TECH. IND. MINES
D'ALÈS
CTIF
SOLLAC
UNED
CENTRE SCIENCES
ENVIRONNEMENT
UNED

AVANT-PROPOS

La caractérisation des déchets constitue un élément indispensable de l'appréciation des possibilités de mise en décharge et des risques potentiels qu'elle peut comporter. Les caractéristiques des déchets admissibles (composition, teneur en éléments toxiques, teneur en eau, etc.) doivent être telles qu'elles ne mettent pas en péril les capacités de rétention et de destruction du milieu récepteur, compte tenu des garanties de sécurité offertes par ce milieu (nature du sol, hydrogéologie, perméabilité, etc.).

Le principal risque de pollution réside dans l'entraînement, par les eaux, d'éléments polluants contenus dans les déchets. La caractérisation des déchets doit donc privilégier l'étude des interactions entre l'eau et le déchet. Toutefois, l'essai de lixiviation décrit dans la présente norme est mis en œuvre dans des conditions qui sont conventionnelles. Il s'agit essentiellement des opérations de broyage de certains déchets qui peuvent avoir pour conséquence un comportement de l'échantillon lors de l'essai très peu représentatif de l'évolution réelle du déchet dans l'environnement. Il est donc impératif de garder à l'esprit que les résultats d'essai obtenus par l'application de la présente norme ne peuvent être substitués aux études d'impact sur l'environnement quand elles sont nécessaires.

SOMMAIRE

	Page
1 OBJET	4
2 DOMAINE D'APPLICATION	4
3 DÉFINITIONS	4
4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	5
 SECTION 1 : RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR L'ÉCHANTILLONNAGE DES DÉCHETS AU NIVEAU DE LEUR PRODUCTION OU DE LEUR SITE DE DÉPÔT (ÉCHANTILLONNAGE SUR SITE)	 5
1.1 Objet	5
1.2 Règles générales	6
1.3 Recommandations pour l'élaboration des procédures d'échantillonnage sur site	6
1.3.1 Méthodes de prélèvement en fonction des situations rencontrées	6
1.3.2 Réalisation d'un échantillon représentatif	8
 SECTION 2 : PROCÉDURES DE PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON POUR ESSAI (ÉCHANTILLONNAGE AU LABORATOIRE)	 8
2.1 Objet	8
2.2 Règles générales	9
2.3 Procédures d'échantillonnage	9
2.3.1 Matériaux solides de granulométrie inférieure ou égale à 4 mm	9
2.3.2 Matériaux solides comportant une fraction de granulométrie supérieure à 4 mm	10
2.3.3 Matériaux solides de granulométrie supérieure à 4 mm	11
2.3.4 Matériaux boueux fluides	11
2.3.5 Matériaux pâteux	12
 SECTION 3 : PROCÉDURES D'ESSAI DE LIXIVATION	 12
3.1 Objet	12
3.2 Principe	12
3.3 Procédures opératoires élémentaires	13
3.3.1 Procédures de traitement préalable éventuel de l'échantillon pour essai	13
3.3.2 Procédure de mise en contact déchet/solution de lixiviation	13
3.3.3 Procédure de séparation du lixiviat et du déchet résiduel	14
3.4 Définition de l'essai de lixiviation en fonction des objectifs recherchés	15
3.4.1 Essai de lixiviation en vue de l'évaluation de la fraction immédiatement soluble d'un déchet	15
3.4.2 Essai de lixiviation en vue de l'évaluation ou du contrôle de la qualité d'un déchet	15
3.4.3 Essai de lixiviation en vue de l'évaluation du comportement à la lixiviation des éléments polluants contenus dans un déchet et de la fraction soluble cumulée	15
 SECTION 4 : PROCÈS-VERBAL D'ESSAI	 15
4.1 Objet	15
4.2 Contenu du procès-verbal d'essai	15
4.2.1 Échantillonnage sur site	15
4.2.2 Préparation de l'échantillon pour essai	16
4.2.3 Réalisation de l'essai de lixiviation	16
4.2.4 Données quantitatives nécessaires à la caractérisation des lixiviats	17

1 OBJET

La présente norme expérimentale décrit un essai de lixiviation des déchets permettant l'obtention, dans les conditions définies dans la présente norme, d'une fraction solubilisée dans des solutions aqueuses se prêtant à des caractérisations analytiques.

Elle n'a pas pour objet de définir la nature des analyses et des essais qui sont réalisés sur les lixiviats. Du fait des conditions opératoires conventionnelles retenues (par exemple le broyage de l'échantillon) l'essai décrit ne peut être considéré comme un essai suffisant pour, à lui seul, déterminer le comportement et l'impact des déchets.

Elle comprend les quatre sections suivantes :

Section 1 : Recommandations générales pour l'échantillonnage des déchets au niveau de leur production ou de leur site de dépôt (échantillonnage sur site) ;

Section 2 : Procédures de préparation de l'échantillon pour essai (échantillonnage au laboratoire) ;

Section 3 : Procédures d'essai de lixiviation ;

Section 4 : Procès-verbal d'essai.

2 DOMAINE D'APPLICATION

La présente norme expérimentale s'applique à des déchets prélevés à l'état solide, quelque soit le degré de division de la matière, pâteux ou boueux. Elle ne s'applique pas aux déchets et aux effluents liquides. Les résultats de la caractérisation du lixiviat obtenu par l'essai ne permettent pas d'évaluer les performances de traitement de solidification de déchets liquides ou boueux ni d'évaluer les risques de pollution des eaux par des déchets massifs en place. Dans ce cas, ces évaluations doivent être faites selon des procédures particulières qui sortent du cadre de la présente norme.

3 DÉFINITIONS

Pour les besoins de la présente norme les définitions suivantes s'appliquent :

3.1 Déchet : matériau, quelle que soit son origine, dont le rejet ou le dépôt dans le milieu naturel est réalisé ou envisagé.

Remarque : cette définition est en concordance avec celle donnée dans la loi du 15 juillet 1975 sur l'élimination des déchets et la récupération des matériaux (Journal Officiel du 16 juillet 1975).

3.2 Essai de lixiviation : extraction liquide-solide, dans les conditions définies dans la présente norme (voir section 3), d'un échantillon de déchet par une solution aqueuse.

Selon les objectifs recherchés, l'essai peut comprendre une ou plusieurs extractions successives.

3.3 Lixiviat : solution contenant les éléments solubilisés ou entraînés au cours de l'essai de lixiviation sur laquelle sont effectuées les caractérisations analytiques (par exemples analyses physico-chimiques, essais écotoxicologiques).

3.4 Échantillonnage sur site : ensemble des opérations réalisées au niveau de la production ou du dépôt d'un déchet pour constituer un échantillon le plus représentatif possible et transportable au laboratoire (en général de quelques kilogrammes à quelques centaines de kilogrammes).

Remarque : l'échantillonnage sur site pourra comporter plusieurs étapes (primaire, secondaire...) consistant pour la première à diviser la matière à échantillonner, pour les suivantes à diviser la matière provenant de l'étape précédente, afin d'en réduire la masse en conservant ses propriétés de représentativité.

3.5 Échantillon représentatif : un échantillon sera dit représentatif lorsque pour une propriété ou des propriétés que l'on veut mesurer, il manifeste les mêmes caractéristiques que la matière dont il est issu.

3.6 Échantillonnage au laboratoire : ensemble des opérations de traitement et de division de l'échantillon prélevé sur site (3.4) permettant d'obtenir l'échantillon pour essai dont la quantité (100 g ou 1 l) et l'état physique (notamment granulométrie) se prêtent à la réalisation de l'essai de lixiviation décrit dans la présente norme.

4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Le présent chapitre fournit des éléments de bibliographie qui peuvent être utiles soit à la connaissance des problèmes généraux liés aux déchets, soit pour compléter les informations figurant dans la présente norme concernant les techniques et le matériel d'échantillonnage.

4.1 Analyse et caractérisation des déchets industriels — Cahiers techniques de la Direction de la Prévention des Pollutions - N° 12 — 1984 — Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets.

4.2 Guide pour l'élimination et la valorisation des déchets industriels — Cahiers techniques de la Direction de la Prévention des Pollutions — N° 8 (deuxième édition) — 1984 — Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets.

4.3 Lettre-circulaire du 16 octobre 1984 relative à la mise en décharge des déchets industriels (Ministère de l'Environnement — Direction de la Prévention des Pollutions — Service des déchets, Service de l'Environnement industriel).

4.4 ISO 8213 Produits chimiques à usage industriel — Techniques de l'échantillonnage — Produits chimiques solides de petite granulométrie et agglomérats grossiers (1986).

4.5 ISO 3083 Minerais de fer — Préparation des échantillons — Méthode manuelle (1986).

SECTION 1 : RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR L'ÉCHANTILLONNAGE DES DÉCHETS AU NIVEAU DE LEUR PRODUCTION OU DE LEUR SITE DE DÉPÔT (ÉCHANTILLONNAGE SUR SITE)

1.1 Objet

La nécessité de mieux connaître des déchets, notamment par la réalisation d'essais de lixiviation, concerne souvent des masses importantes de matière soit en cours de génération (par exemple production plus ou moins continue par un process industriel), soit à l'état de stockage ou de dépôt (par exemple : tas, lagune, crassier etc.).

La réalisation des essais de lixiviation s'effectuant au laboratoire sur un échantillon de faible masse (100 g), il importe pour la validité des conclusions tirées des résultats que cet échantillon soit représentatif de l'ensemble de la matière concernée.

La présente section a pour objet d'édicter des recommandations générales pour la procédure de prélèvement et d'échantillonnage qui, appliquée sur le site de production ou de stockage du déchet, doit permettre de constituer un échantillon manipulable et transportable au laboratoire.

Si la diversité des situations interdit en effet la définition d'un protocole précisé dans ses moindres détails et d'application générale, il est nécessaire de respecter quelques règles fondamentales ou de suivre quelques recommandations issues de l'expérience.

1.2 Règles générales

1.2.1 L'échantillonnage sur site et l'acheminement au laboratoire de l'échantillon sont de la responsabilité de l'opérateur qui le réalise. Celui-ci doit être clairement identifié sur un bulletin de prélèvement accompagnant les échantillons (voir 4.2.1). Il est souhaitable que l'échantillonnage sur site soit réalisé en liaison avec le laboratoire qui aura à traiter ultérieurement les échantillons.

1.2.2 La connaissance de la procédure d'échantillonnage constitue une information indispensable qui doit figurer au procès-verbal d'essai (voir section 4). Il est donc nécessaire que celle-ci donne lieu à un procès-verbal de prélèvement, soit par référence à un protocole précis préétabli et adapté à la situation locale, soit par une description directe.

La section 4 de la présente norme (4.2.1) indique les informations que doit comporter le procès-verbal de prélèvement.

1.2.3 L'échantillonnage sur site doit être conduit différemment selon qu'il a pour objet d'aboutir à l'obtention d'un échantillon représentatif moyen unique, ou à l'obtention d'un ensemble d'échantillons caractéristiques de l'ensemble de la distribution des propriétés.

1.2.4 L'évolution des échantillons entre les opérations de prélèvement sur site et le traitement des échantillons au laboratoire peut biaiser les résultats des essais de lixiviation dans le cas de déchets à caractère évolutif (fermentescibles, volatils, polymérisables...). Il est donc nécessaire de préciser la date de réalisation des diverses opérations successives et de prendre toutes les mesures nécessaires pour freiner ou limiter les conséquences de cette évolution.

1.3 Recommandations pour l'élaboration des procédures d'échantillonnage sur site

Deux cas sont fondamentalement à distinguer :

- l'échantillonnage sur un dépôt, quelle que soit la forme de celui-ci (cuve, lagune, tas,...),
- l'échantillonnage sur un flux de matière continu (écoulement boueux, bande transporteuse) ou discontinu.

Chaque fois que possible on préférera l'échantillonnage sur un flux à celui sur un dépôt. Il est possible, lorsqu'un dépôt est manipulable, de se mettre dans les conditions d'un flux, par reprise de la matière.

1.3.1 Méthodes de prélèvement en fonction des situations rencontrées

Le tableau ci-dessous donne un aperçu général sur les méthodes de prélèvement recommandées en fonction des différentes situations rencontrées.

Dans tous les cas, il est nécessaire de s'assurer que le matériel utilisé pour réaliser les prélèvements n'entraîne pas de contamination des échantillons.

	État physique du déchet	Méthodes recommandées
Intervention sur les flux	Fluide homogène	<ul style="list-style-type: none"> — Prélèvement par pompage continu proportionnel au débit à échantillonner. — Prélèvement par sectionnement discontinu de la veine fluide à fréquence élevée et proportionnelle au débit à échantillonner.
	Fluide non homogène	<ul style="list-style-type: none"> — Même méthode que ci-dessus mais avec homogénéisation par agitation mécanique au niveau du point de pompage. — Utilisation préférentielle d'un dispositif de sectionnement de la veine fluide pompée, de conception minimisant les problèmes de colmatage. — Utilisation d'un échantillonneur automatique de pulpe.
	Boueux concentré ou pâteux	<ul style="list-style-type: none"> — Prélèvement de la totalité de la veine pendant une fraction du temps déterminée à partir de la variabilité du déchet. — Exceptionnellement et en dernier recours : homogénéisation en ligne par mélangeur statique monté sur conduite à alimentation forcée et prélèvement continu d'une fraction de la veine à un débit proportionnel à celui à échantillonner.
	Solide pulvérulent	<ul style="list-style-type: none"> — Échantillonneur rotatif. — Prélèvement discontinu sur bande transporteuse.
	Solide grossier	<ul style="list-style-type: none"> — Échantillonneur à cuillère ou à godet. — Prélèvement discontinu sur bande transporteuse.
Intervention sur les dépôts manipulables	Fluide ou boueux	<ul style="list-style-type: none"> — Reprise par pompage, application des méthodes d'intervention sur les flux (voir ci-dessus).
	Solide	<ul style="list-style-type: none"> — Reprise par pelletage, application des méthodes d'intervention sur les flux (voir ci-dessus).
Intervention sur les dépôts non manipulables	Fluide ou boueux	<ul style="list-style-type: none"> — Dépôt de petite taille (fosse) : homogénéisation mécanique et réalisation de prélèvements sous agitation. — Dépôt de grande taille (lagune) : réalisation de prélèvements localisés suivant une maille à 2 dimensions; utilisation d'un tube plongeur à obturation par la base; utilisation possible de flacons plongeurs à ouverture retardée dans le cas d'un milieu fluide homogène.
	Solide	<ul style="list-style-type: none"> — Dépôt superficiel (peu profond) : réalisation de prélèvements localisés suivant une maille à 2 dimensions ; prélèvement par tarière. — Dépôt épais : forage et réalisation de carottages sur toute la hauteur du dépôt, reconstitution d'échantillons à partir de chaque carotte en tenant compte de la géométrie du dépôt (pondération en fonction de la hauteur).

1.3.2 Réalisation d'un échantillon représentatif

1.3.2.1 Un échantillon moyen représentatif est constitué à partir de plusieurs échantillons élémentaires. La fréquence de prélèvement dans le temps (cas d'un flux) ou la distance entre prélèvements dans l'espace (cas d'un dépôt), qui déterminent le nombre d'échantillons élémentaires à utiliser, doivent être fonction de la variabilité du déchet dans le temps ou l'espace. En l'absence de l'utilisation de critères rigoureux qui nécessitent une caractérisation intermédiaire de nombreux échantillons, il est possible d'utiliser des repères empiriques (aspect visuel de la matière, odeur,...) ou de tirer parti des informations disponibles sur le processus générateur du déchet ou le mode de constitution du dépôt. Il en est de même pour le prélèvement d'échantillons susceptibles de présenter des caractéristiques extrêmes.

1.3.2.2 En l'absence de structure organisée (par exemple stratification, symétrie...) dans le dépôt ou dans la production du déchet, il est indifférent de localiser les échantillons élémentaires sur une base régulière (prélèvements à intervalles constants) ou aléatoire. Lorsqu'une structure peut être identifiée, il y a intérêt à définir des sous-ensembles du lot à échantillonner, de faire porter une opération d'échantillonnage sur chacun d'eux et de traiter ensuite séparément les échantillons.

1.3.2.3 Il est nécessaire, pour constituer l'échantillon représentatif, que les échantillons élémentaires soient utilisés au prorata des quantités de matière dont il proviennent (par exemple : au prorata des débits instantanés lorsqu'on opère sur des flux ou au prorata de l'épaisseur locale des dépôts). Dans le cas de l'échantillonnage des dépôts, il est nécessaire que les prélèvements soient effectués tout au long des 3 dimensions de l'espace et couvrent notamment toute l'épaisseur ou la profondeur.

1.3.2.4 La taille de l'échantillon final issu des opérations d'échantillonnage sur site est en toute rigueur déterminée par l'hétérogénéité de la matière étudiée et notamment par la taille des fragments constitutifs. Comme en pratique il est difficile de transporter plus de quelques kilogrammes à quelques centaines de kilogrammes, il peut s'avérer nécessaire de fragmenter sur place des morceaux de matériau. Il faut alors respecter les contraintes de représentativité lors de la constitution de l'échantillon.

L'application des procédures de préparation de l'échantillon pour essai décrite dans la section 2 de la présente norme nécessite que l'échantillon prélevé sur site soit d'une masse d'au moins 2 kg ou d'un volume d'au moins 2 l pour les échantillons boueux fluides.

La masse de l'échantillon prélevé sur site doit être mesurée et le résultat consigné dans le procès-verbal d'essai.

1.3.2.5 Lorsque la matière est manipulable, des réductions de taille de l'échantillon peuvent être effectuées par division par manutention : quartage, pelletage alterné, pelletage fractionné.

Ce dernier mode est recommandé pour diviser les masses les plus importantes.

1.3.2.6 Dans le cas des matériaux solides, la largeur de l'outil de prélèvement doit être, dans la mesure du possible, au moins 4 fois plus importante que la taille des fragments les plus volumineux.

1.3.2.7 Lorsque les conditions de prélèvement et d'échantillonnage violeront nettement et par nécessité les règles générales précédentes, la matière prélevée constituera un «specimen», par définition non représentatif. Il est alors nécessaire de l'indiquer au procès-verbal de prélèvement afin d'en tenir compte dans l'interprétation des résultats.

SECTION 2 : PROCÉDURES DE PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON POUR ESSAI (ÉCHANTILLONNAGE AU LABORATOIRE)

2.1 Objet

La présente section a pour objet de définir les procédures à appliquer pour obtenir, à partir de l'échantillon de déchet prélevé conformément aux recommandations de la section 1 et transporté depuis son site de production ou de dépôt jusqu'au laboratoire, la matière sur laquelle sera effectué l'essai de lixiviation.

Ces procédures sont applicables à des échantillons prélevés sur site d'une masse d'au moins 2 kg ou d'un volume d'au moins 2 l pour les échantillons boueux fluides.

2.2 Règles générales

2.2.1 Les modalités de l'échantillonnage au laboratoire sont décidées par le laboratoire chargé de la réalisation de l'essai sur la base des procédures décrites dans la présente section. Il est souhaitable que, dans toute la mesure du possible, ce soit le même opérateur qui assure les 3 fonctions : échantillonnage au laboratoire, réalisation de l'essai de lixiviation, caractérisation au moins élémentaire des lixiviats.

2.2.2 En dehors du cas des échantillons solides pulvérulents, l'échantillonnage au laboratoire est constitué par une succession d'opérations de prélèvement (généralement réduction de taille des fragments, division de la matière). Ces opérations de division sont menées de façon à éviter toute ségrégation de cette matière. Pour cela, l'échantillon divisé doit être représentatif de l'échantillon dont il est issu sur le plan de la granulométrie (ce qui peut être vérifié et éventuellement corrigé).

2.2.3 Les propriétés de la matière (plasticité, adhérence...) peuvent rendre difficile ou impossible la mise en œuvre des procédures décrites, notamment en ce qui concerne les étapes de réduction de taille de fragments et de division de la matière. Dans ce cas, une autonomie et une initiative suffisantes peuvent être laissées au laboratoire chargé de réaliser l'essai. En contrepartie celui-ci doit spécifier, dans le procès-verbal d'essai, le mode opératoire suivi lorsqu'il diffère de celui fixé par la présente norme.

2.2.4 Compte tenu de l'éventualité d'avoir à recommencer l'essai, du fait, par exemple, d'incident pouvant survenir lors de sa réalisation, il est recommandé de préparer plusieurs échantillons pour essais.

2.3 Procédures d'échantillonnage

En fonction de l'état physique de l'échantillon de départ, suivre l'une des procédures suivantes.

2.3.1 Matériaux solides de granulométrie inférieure ou égale à 4 mm

Dans le cas où aucun fragment de l'échantillon n'est de granulométrie supérieure à 4 mm, suivre le mode opératoire suivant.

2.3.1.1 Principe

Succession de divisions de l'échantillon, séparées par une opération d'homogénéisation manuelle du matériau, jusqu'à obtention de 100 g d'échantillon.

2.3.1.2 Appareillage

- Pelle ou cuillère de capacité de l'ordre de 500 g de matériau,
- pelle ou cuillère de capacité de l'ordre de 50 g de matériau,
- diviseur à lames d'ouverture > 16 mm ou tout dispositif considéré comme équivalent.

2.3.1.3 Mode opératoire

2.3.1.3.1 Échantillons de masse supérieure à 16 kg

Effectuer successivement les opérations suivantes :

- a) division de l'échantillon par une ou plusieurs opérations successives de pelletage fractionné dégénéré d'ordre 10 (voir 2.3.1.3.4) jusqu'à obtention de la masse immédiatement supérieure à 1,600 kg ;
- b) prise d'une partie aliquote de 1,600 kg puis réalisation de divisions binaires par utilisation d'un diviseur à lames (voir 2.3.1.3.6) jusqu'à obtention de 100 g de matériau constituant la prise d'essai pour l'essai de lixiviation.

2.3.1.3.2 Échantillons de masse comprise entre 3,2 kg et 16 kg

Effectuer successivement les opérations suivantes :

- a) division binaire de l'échantillon par une ou plusieurs opérations successives de pelletage alterné (voir 2.3.1.3.5) jusqu'à obtention de la masse immédiatement supérieure à 1,6 kg.
- b) application de la procédure décrite en 2.3.1.3.1 b).

2.3.1.3.3 Échantillons de masse inférieure à 3,2 kg

Application de la procédure décrite en 2.3.1.3.1 b).

2.3.1.3.4 Division par pelletage fractionné dégénéré d'ordre 10

Mettre en tas l'échantillon prélevé sur site.

Homogénéiser manuellement le tas.

Reprendre le tas à l'aide de la pelle de taille adaptée (pelle de 500 g pour un échantillon prélevé sur site de masse > 16 kg, pelle de 50 g en dessous) et déverser des pelletées aussi identiques que possible pour constituer deux tas :

- un tas recevant les pelletées d'ordre 1, 11, 21, ... j
- un tas recevant les autres pelletées.

Après épuisement du tas initial, le premier des tas ci-dessus constitue l'échantillon divisé subissant les manipulations ultérieures.

2.3.1.3.5 Division binaire par pelletage alterné

Mettre en tas l'échantillon prélevé sur site.

Homogénéiser manuellement le tas.

Reprendre à l'aide d'une pelle de 50 g et déverser des pelletées aussi identiques que possible pour constituer deux tas :

- un tas recevant les pelletées d'ordre 1, 3 $2j + 1$
- un tas recevant les pelletées d'ordre 2, 4 $2j$

Après épuisement du tas initial, l'un des tas ci-dessus constitue l'échantillon divisé subissant les manipulations ultérieures.

2.3.1.3.6 Division binaire à l'aide d'un diviseur à lames

Homogénéiser manuellement l'échantillon initial.

Prendre une partie aliquote de 1,600 kg et la verser sur l'ouverture du diviseur.

Le contenu d'un des deux bacs est soumis à une nouvelle division. Ce processus est encore répété deux fois, quatre opérations étant nécessaires pour obtenir un échantillon final de 100 g.

2.3.2 Matériaux solides comportant une fraction de granulométrie supérieure à 4 mm**2.3.2.1 Principe**

Tamisage de l'échantillon au tamis de 4 mm. Broyage à 4 mm du refus au tamis. Reconstitution de l'échantillon global et préparation de l'échantillon pour essai comme en 2.3.1.

2.3.2.2 Appareillage

Voir 2.3.1.2 et :

- tamis à mailles carrées d'ouverture de 4 mm,
- broyeur ou concasseur adapté à l'état du déchet, librement choisi par l'opérateur en fonction des caractéristiques du déchet.

2.3.2.3 Mode opératoire

Tamiser l'échantillon au tamis de 4 mm.

Faire subir au refus au tamis ainsi obtenu un broyage pendant la durée juste suffisante pour l'obtention d'un matériau de granulométrie inférieure à 4 mm.

Reconstituer l'échantillon global et procéder comme en 2.3.1.

2.3.3 Matériaux solides de granulométrie supérieure à 4 mm.

2.3.3.1 Principe

Broyage de l'échantillon jusqu'à une granulométrie inférieure à 4 mm et préparation de l'échantillon pour essai comme en 2.3.1.

2.3.3.2 Appareillage

Voir 2.3.1.2 et :

- broyeur ou concasseur adapté à l'état du déchet, librement choisi par l'opérateur en fonction des caractéristiques du déchet.

2.3.3.3 Mode opératoire

Broyer l'échantillon pendant une durée juste suffisante pour l'obtention d'un matériau d'une granulométrie inférieure à 4 mm.

Procéder ensuite selon 2.3.1.

Remarque : dans le cas de matériaux solides dont une fraction reste non réductible à une granulométrie inférieure à 4 mm lors des opérations de broyage prévues aux paragraphes 2.3.2 et 2.3.3, la masse de cette fraction doit être déterminée et consignée au procès-verbal d'essai. Dans la mesure du possible la fraction non réductible à 4 mm sera réincorporée, au prorata de sa proportion, dans l'échantillon destiné à l'essai.

Dans le cas contraire, elle fera l'objet d'une caractérisation particulière à définir au cas par cas en fonction de la finalité de l'essai.

2.3.4 Matériaux boueux fluides

2.3.4.1 Principe

Succession de divisions de l'échantillon par homogénéisation sous agitation et prélèvement manuels jusqu'à l'obtention d'un volume final de 1 l.

2.3.4.2 Appareillage

- Fût ou récipient cylindrique, à ouverture totale, de capacité totale de 100 ou 200 l,
- fût ou récipient cylindrique, à ouverture totale, de capacité totale de 15 l,
- agitateurs mécaniques rotatifs, de vitesse et de diamètre de pales adaptés à la mise en suspension totale du contenu des fûts ou des récipients ci-dessus,
- godets de prélèvement de capacité de 1 l et de 0,1 l.

2.3.4.3 Mode opératoire

2.3.4.3.1 Échantillons de volume > 10 l

Utiliser le fût à ouverture totale ayant servi au prélèvement sur site s'il est rempli aux environs des 3/4 ou à défaut transvaser la totalité de l'échantillon dans un fût ou un récipient cylindrique (2.3.4.2) de capacité adaptée et rempli au maximum aux 3/4.

Immerger l'agitateur rotatif et réaliser un brassage lent concernant l'ensemble de la masse fluide jusqu'à ce que l'échantillon présente un aspect le plus homogène possible.

Au delà de cette durée, poursuivre l'agitation et effectuer des prélèvements à l'aide du godet de 1 l pour constituer un sous-échantillon d'un volume de 10 l déversé dans le fût ou le récipient cylindrique de 15 l.

Mettre ce sous-échantillon en agitation jusqu'à ce qu'il présente un aspect le plus homogène possible, prélever sous agitation des échantillons élémentaires à l'aide du godet de 0,1 l jusqu'à remplissage d'une capacité de 1 l dont le contenu constitue l'échantillon final.

2.3.4.3.2 Échantillons de volume compris entre 2 l et 10 l

Placer l'échantillon dans un fût ou un récipient de 15 l.

Agiter jusqu'à ce qu'il présente un aspect le plus homogène possible et prélever sous agitation des échantillons élémentaires à l'aide du godet de 0,1 l jusqu'à remplissage d'une capacité de 1 l dont le contenu constitue l'échantillon final.

2.3.5 Matériaux pâteux

Les propriétés de la matière étant très contraignantes, le mode opératoire détaillé est laissé à l'initiative de l'opérateur dans le respect des règles générales (section 1, paragraphe 1.2 et section 2, paragraphe 2.2) avec obligation de décrire, dans le procès-verbal d'essai, la procédure utilisée.

À titre indicatif les techniques suivantes peuvent être envisagées :

- homogénéisation manuelle ou à l'aide d'un agitateur mécanique lent développant un fort couple de rotation,
- prélèvements manuels par tube plongeur à obturation manuelle ou dispositif de carottage adapté,
- division de la matière par extrusion.

Ces opérations doivent être menées jusqu'à l'obtention d'un échantillon homogène de 100 g. constituant l'échantillon final.

SECTION 3 : PROCÉDURES D'ESSAI DE LIXIVIATION

3.1 Objet

La présente section a pour objet de définir les modes opératoires des essais de lixiviation, c'est-à-dire des opérations de mise en contact du déchet avec une solution aqueuse et les opérations de séparation ultérieures permettant l'obtention du lixiviat.

Plusieurs procédures sont définies en fonction des objectifs recherchés :

- évaluation, dans les conditions définies dans la présente norme, de la fraction immédiatement soluble d'un déchet,
- évaluation ou contrôle, dans les conditions définies dans la présente norme, de la qualité d'un déchet,
- évaluation, dans les conditions définies dans la présente norme, du comportement à la lixiviation des éléments polluants contenus dans un déchet et de la fraction soluble cumulée.

3.2 Principe

Après traitement préliminaire éventuel de l'échantillon de laboratoire tel qu'obtenu au terme de l'une des procédures décrites à la section 2 de la présente norme, celui-ci est mis en contact sous agitation permanente et dans des conditions bien définies avec une solution aqueuse.

Au terme de l'opération le déchet résiduel et la solution, dite lixiviat, sont séparés et le lixiviat est disponible pour la réalisation d'analyses et d'essais dont la définition sort du cadre de la présente norme.

En fonction des objectifs recherchés le matériau résiduel peut être ensuite soumis à une ou plusieurs autres opérations de lixiviation successives aboutissant à la production de lixiviats qui pourront être étudiés séparément ou conjointement.

3.3 Procédures opératoires élémentaires

En général le mode opératoire comportera une succession d'opérations élémentaires appartenant aux catégories suivantes :

- traitement préalable éventuel de l'échantillon de laboratoire,
- détermination du résidu sec à 103 °C,
- mise en contact échantillon/solution de lixiviation,
- séparation du matériau résiduel et du lixiviat.

Le nombre et l'agencement de ces opérations seront fonction des objectifs recherchés tels que cités en 3.1 et une procédure-type globale est définie en 3.4 pour chacune de ces finalités.

Quelles que soient les manipulations effectuées sur l'échantillon pour essai, il convient de s'assurer que le matériel et les réactifs utilisés n'entraînent pas de contamination de la matière soumise à l'essai.

3.3.1 Procédures de traitement préalable éventuel de l'échantillon pour essai

Au terme des opérations décrites dans la section 2, l'échantillon pour essai peut se présenter sous l'une des formes suivantes :

- 100 g de matériau solide (2.3.1, 2.3.2 et 2.3.3),
- 1 l de matériau boueux fluide (2.3.4),
- 100 g de matériau pâteux (2.3.5).

3.3.1.1 *Traitement préalable des échantillons boueux fluides*

Dans le cas des échantillons boueux fluides non homogènes (séparation spontanée de phases sous l'influence de la gravité) centrifuger l'échantillon à au moins 2 000 g_n pendant au moins 15 min ou décanter pendant 24 h.

Séparer la phase liquide (ou les phases liquides) et la phase solide.

La phase liquide est pesée et conservée en vue des caractérisations analytiques envisagées, au même titre que les lixiviats.

La phase solide (avec l'eau qui l'imprègne) est homogénéisée et une partie aliquote de 100 g prélevée en vue de la mise en contact avec la solution de lixiviation.

Dans le cas des échantillons boueux fluides homogènes, prélever sous agitation, une partie aliquote de 100 g.

3.3.1.2 *Traitement préalable des échantillons pâteux*

Après homogénéisation, l'échantillon sera fragmenté le plus possible par tous moyens appropriés, laissés à la discrétion de l'opérateur (extrusion, lacération,...) qui décrira le mieux possible, dans le procès-verbal d'essais, le degré de division obtenu.

3.3.1.3 *Détermination du résidu sec*

Déterminer soit sur une partie aliquote d'un second échantillon pour essai dans le cas des matériaux solides, pâteux et boueux fluides homogènes, soit sur une partie aliquote de la phase solide obtenue en 3.3.1.1 pour les matériaux boueux fluides non homogènes, le résidu sec par séchage à l'étuve à 103 °C ± 2 °C jusqu'à masse constante ou au maximum pendant 24 h. Dans le cas où l'on n'obtient pas une masse constante au delà de cette durée, le mentionner au procès-verbal d'essai en précisant le temps de séchage et la masse obtenue correspondante.

3.3.2 Procédure de mise en contact déchet/solution de lixiviation

3.3.2.1 *Conditions générales de la mise en contact*

- Nature de la solution de lixiviation : eau déminéralisée de résistivité supérieure à 0,2 MΩ.cm,
- mise en contact déchet/solution sous agitation permanente,
- fréquence d'agitation : 60/min,
- durée de mise en contact : 16 h,
- température de mise en contact : ambiante du laboratoire.

3.3.2.2 Appareillage

- Flacon cylindrique hermétiquement bouché dont les caractéristiques se rapprochent le plus possible des suivantes :
 - volume : 1,5 l,
 - diamètre intérieur : 100 mm.

Les matériaux constituant le flacon doivent être adaptés et compatibles avec la nature du déchet étudié.

- Dispositif d'agitation : l'un des dispositifs suivants peut être utilisé (à préciser dans le procès-verbal d'essai) :
 - agitateur à rouleaux permettant la mise en mouvement du flacon ci-dessus placé horizontalement, autour de son grand axe, à une vitesse de 60 tr/min,
 - agitateur à plateau permettant la mise en mouvement alternatif linéaire, d'amplitude 3 cm, du flacon ci-dessus placé horizontalement, dans la direction de son grand axe, avec une fréquence d'agitation de 60/min.

D'autres dispositifs jugés d'efficacité équivalente peuvent être utilisés.

3.3.2.3 Mode opératoire

Introduire dans le flacon 1 l d'eau déminéralisée répondant aux spécifications indiquées en 3.3.2.1. Ajouter sous agitation manuelle 100 g de l'échantillon de laboratoire ayant subi éventuellement des procédures de traitement préalable décrites en 3.3.1 et mettre immédiatement le flacon en agitation à l'aide du dispositif défini en 3.3.2.2. Après 16 h d'agitation enlever le flacon et appliquer immédiatement la procédure de séparation décrite en 3.3.3.

Lors de mises en contact successives, la procédure ci-dessus est modifiée à partir de la deuxième lixiviation en remplaçant les 100 g d'échantillon par l'intégralité de la phase solide (culot de centrifugation et/ou gâteau de filtration) provenant de la séparation précédente qui est réhomogénéisée et dispersée manuellement dans la solution de lixiviation.

REMARQUE IMPORTANTE

Les caractéristiques du lixiviat dépendant non seulement du rapport masse de déchet/volume de solution mis en œuvre mais aussi de la géométrie du système de mise en contact et en particulier de la taille et du degré de remplissage du flacon, les spécifications des paragraphes 3.3.2.1, 3.3.2.2 et 3.3.2.3 doivent être rigoureusement suivies.

3.3.3 Procédure de séparation du lixiviat et du déchet résiduel

Au terme de l'opération de mise en contact (3.3.2) le contenu du flacon est soumis :

- soit directement à une filtration sur un filtre de diamètre moyen de pore de $0,45 \mu\text{m}$, précédée éventuellement d'une filtration grossière préalable sur filtre en papier plissé,
- soit à une centrifugation à au moins $2\ 000 g_n$ pendant une durée permettant l'obtention d'un lixiviat limpide ou dont la prolongation n'améliore plus la qualité de la séparation (en général 1 ou 2 périodes de 15 min) ; cette centrifugation doit être suivie d'une filtration dans les mêmes conditions que précédemment.

La phase aqueuse qui constitue le lixiviat proprement dit est disponible pour toutes opérations de caractérisation, après traitement préalable éventuel (élimination des colloïdes,...), en fonction des objectifs recherchés.

La phase solide (culot de centrifugation et/ou gâteau de filtration) est soit disponible pour d'autres opérations de lixiviation successives, soit récupérable pour caractérisation, notamment analytique.

3.4 Définition de l'essai de lixiviation en fonction des objectifs recherchés

La présente norme définit trois procédures d'essais de lixiviation en fonction des objectifs recherchés tels qu'indiqués en 3.1.

3.4.1 Essai de lixiviation en vue de l'évaluation de la fraction immédiatement soluble d'un déchet

L'essai comporte une seule mise en contact de l'échantillon avec la solution de lixiviation. Le lixiviat unique obtenu est soumis à caractérisation.

3.4.2 Essai de lixiviation en vue de l'évaluation ou du contrôle de la qualité d'un déchet

L'essai comporte au moins deux mises en contact successives de l'échantillon avec la solution de lixiviation. Le mélange des lixiviats obtenu est soumis à caractérisation.

3.4.3 Essai de lixiviation en vue de l'évaluation du comportement à la lixiviation des éléments polluants contenus dans un déchet et de la fraction soluble cumulée

L'essai comporte au moins 3 opérations successives de mise en contact de l'échantillon avec la solution de lixiviation.

Chacun des lixiviats obtenus fait l'objet d'une caractérisation analytique. Les résultats permettent de différencier des comportements de solubilisation décroissante, constante ou croissante au cours des mises en contact successives. Le cumul des résultats des caractérisations analytiques effectuées sur chaque lixiviat permet d'obtenir une évaluation de la fraction soluble cumulée.

La phase solide finale peut être soumise à analyse pour la détermination des espèces chimiques identifiées en concentration notable dans le dernier lixiviat.

SECTION 4 : PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

4.1 Objet

La présente section a pour objet de définir le contenu minimal du procès-verbal d'essai afin que celui-ci apporte toutes les informations nécessaires à l'interprétation des résultats de caractérisation des lixiviats.

4.2 Contenu du procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai comporte trois parties traitant respectivement de :

- l'échantillonnage sur site,
- la préparation de l'échantillon pour essai,
- la réalisation de l'essai de lixiviation proprement dit.

Il s'y ajoutera en pratique le procès-verbal des essais de caractérisation des lixiviats qui n'entrent pas dans le cadre de la présente norme.

4.2.1 Échantillonnage sur site

Le bulletin de prélèvement doit comporter les informations suivantes :

- identification de l'opérateur (nom, coordonnées),
- date du (des) prélèvement(s),
- description sommaire du site et identification des points de prélèvement :
 - dans le cas d'un échantillonnage sur dépôt :
 - . plan sommaire du site,
 - . localisation sur ce plan des points de prélèvements.

- dans le cas d'un échantillonnage sur flux (production ou transport) :
 - . identification du flux,
 - . localisation des points de prélèvement,
 - . date et heure de réalisation de chaque prélèvement élémentaire.
- dans tous les cas :
 - . nomenclature de repérage des échantillons transmis au laboratoire (numéros, repères....).
- description précise de la procédure de constitution des échantillons transmis au laboratoire :
 - critères de choix de la localisation (dans l'espace ou le temps) des prélèvements d'échantillons élémentaires,
 - mode de prélèvement (description et mode d'usage des instruments de prélèvement), masse des échantillons élémentaires,
 - mode de constitution des échantillons transmis au laboratoire à partir des prélèvements élémentaires :
 - . opérations de mélange ou homogénéisation,
 - . opérations de réduction de taille des fragments,
 - . opérations de division.
- mention des difficultés particulières rencontrées lors de l'échantillonnage,
- date et conditions d'expédition (conditionnement, mode de transport) des échantillons,
- poids des échantillons (et en supplément volume dans le cas des échantillons boueux fluides) prélevés sur site.

4.2.2 Préparation de l'échantillon pour essai

Le procès-verbal doit comporter les informations suivantes :

- nom de l'opérateur et coordonnées du laboratoire,
- date de réception au laboratoire de l'échantillon prélevé sur site,
- date de la préparation de l'échantillon pour essai,
- conditions de stockage entre les 2 dates précédentes,
- description de la procédure de constitution de l'échantillon pour essai :
 - référence aux paragraphes correspondant à la présente norme,
 - informations complémentaires sur les procédures mise en œuvre et le comportement du déchet :
 - . description des opérations de réduction de taille,
 - . description des opérations de division,
 - . etc.
 - description détaillée de procédures alternatives éventuelles.

4.2.3 Réalisation de l'essai de lixiviation

- nom de l'opérateur et coordonnées du laboratoire,
- objectif de l'essai (par référence aux paragraphes 3.4.1, 3.4.2 ou 3.4.3),
- date de réalisation de l'essai,
- description des procédures :
 - de traitement préalable de l'échantillon,
 - de l'opération de mise en contact échantillon/solution de lixiviation (en particulier mode d'agitation),
 - de séparation déchet résiduel/lixiviat par référence aux paragraphes correspondant de la présente norme, avec tous les compléments jugés utiles sur le comportement du déchet lors de la mise en œuvre et avec la description détaillée de procédures alternatives éventuelles.

4.2.4 Données quantitatives nécessaires à la caractérisation des lixiviats

— cas des déchets solides :

- résidu sec à 103 °C (voir 3.3.1.3).
- volume de chacun des lixiviats.
- importance de la fraction non réductible à une granulométrie inférieure à 4 mm (pourcentage de la masse brute).

— cas des déchets boueux fluides :

- résidu sec à 103 °C (voir 3.3.1.3).
- volume de chacun des lixiviats.
- si une séparation des phases a été effectuée (voir 3.3.1.1) importance de la phase liquide (en pourcent de la masse brute et en volume).

— cas des déchets pâteux :

- résidu sec à 103 °C,
- volume de chacun des lixiviats.

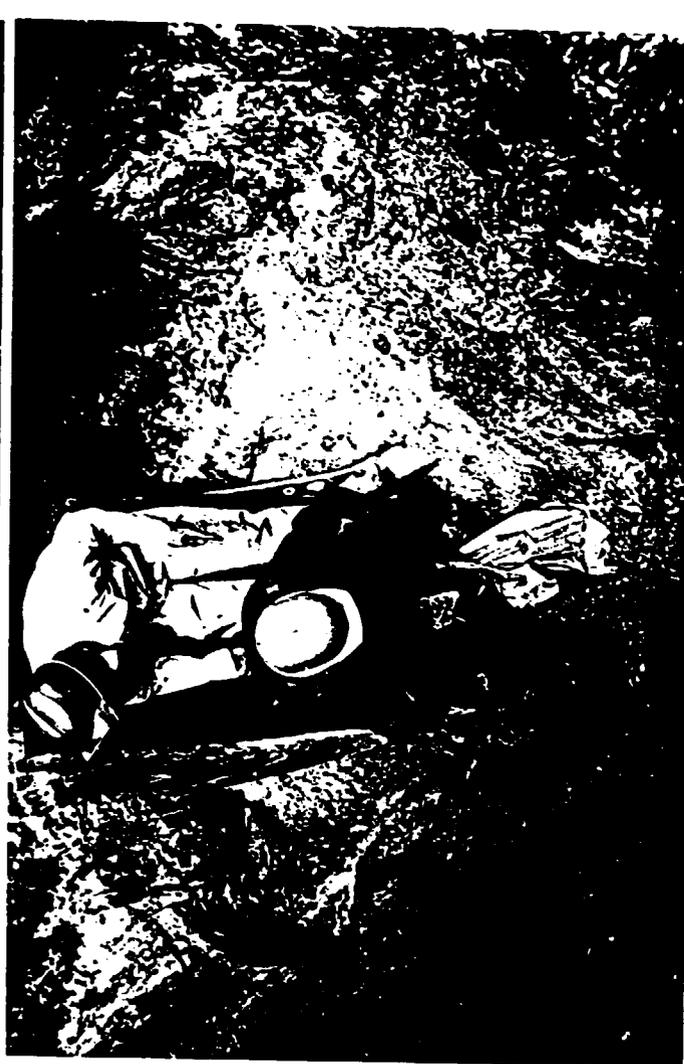
Remarque : le volume du dernier lixiviat ne doit pas être mesuré mais calculé comme étant égal au volume total de solution de lixiviation utilisée diminué des volumes des lixiviats obtenus précédemment.

ANNEXE G3

- **G3 : Résultats d'analyses des points de prélèvement E1, E2, E3, E4, prélèvements complémentaires - Présentation photographique des points de sondage**



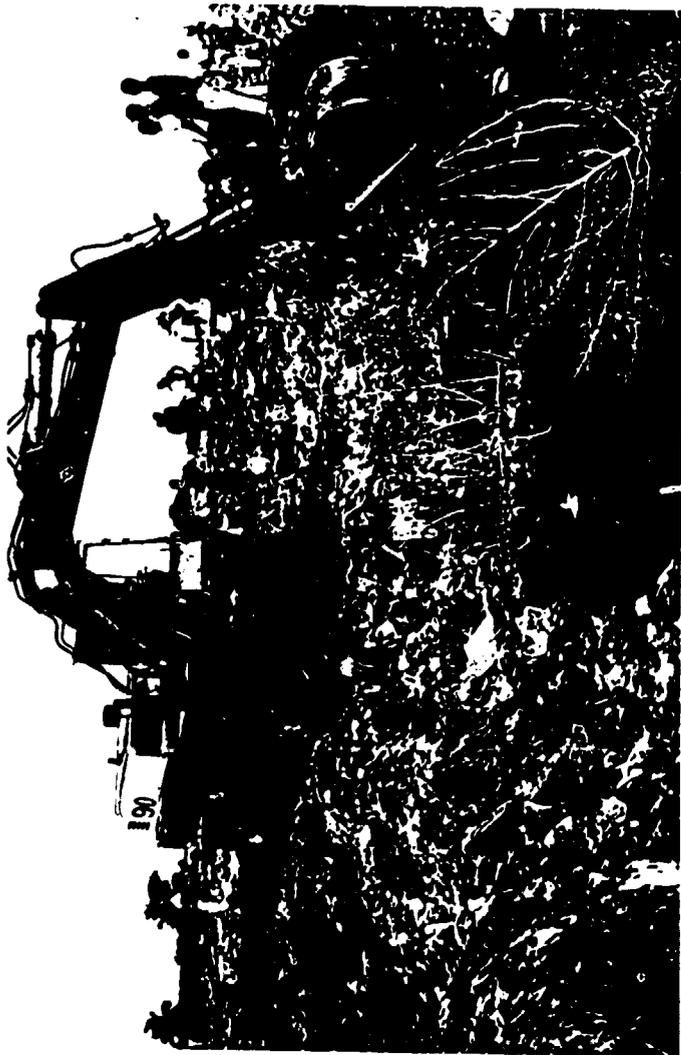
SONDAGE E1



SONDAGE E1
(Suite)



SONDAGE E2





**SONDAGE E2
(Suite)**



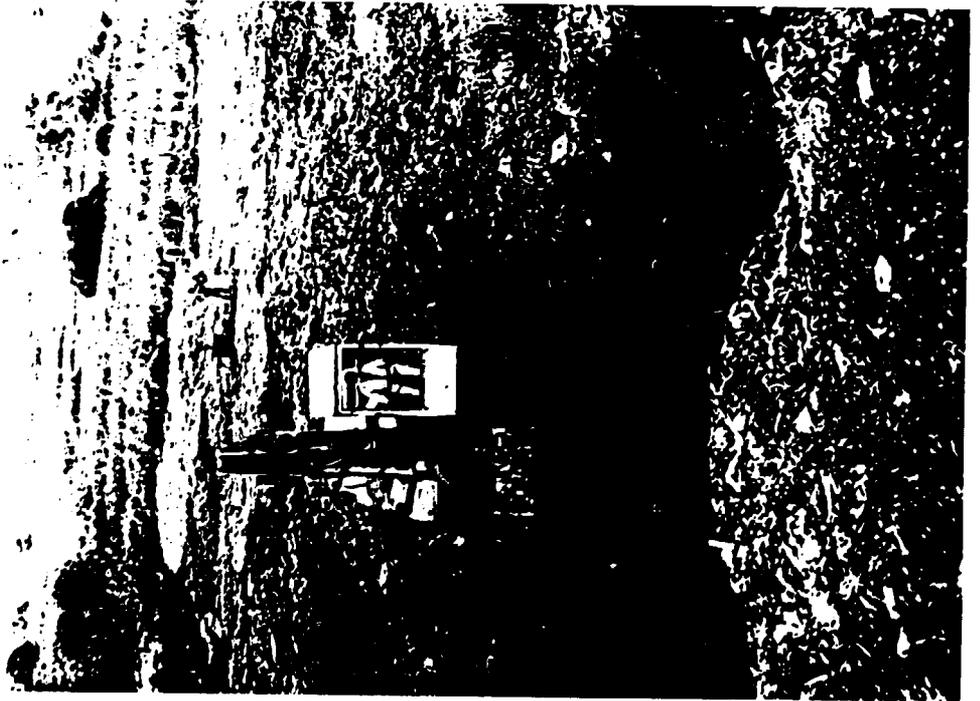
**SONDAGE E3
(Suite)**







SONDAGE E3

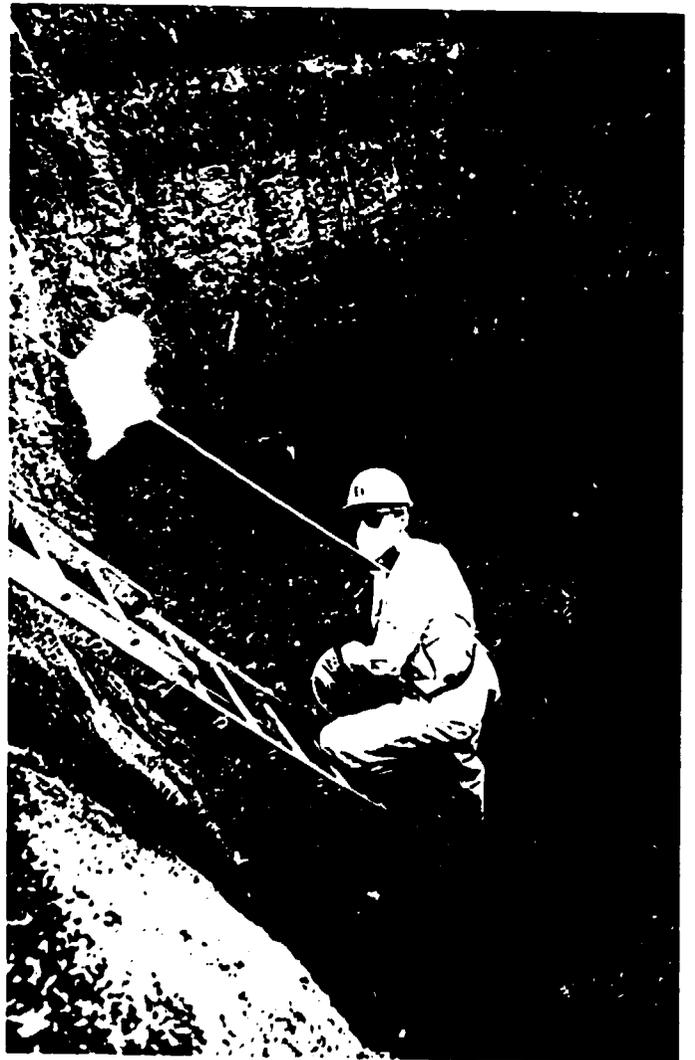


SONDAGE E4





SONDAGE E4 (Suite)



SONDAGES SUPPLEMENTAIRES



GOUDRONS



ORDURES MENAGERES "FRAICHES" 1

Sondage E1

Analyse des échantillons prélevés

DECHETS ET SOLS				
ANALYSE DECHETS OU SOL BRUTS		E1D1,2,3	E1D4	
		Humidité (%)	9,3	12,5
	Fraction soluble (%)	3,34	0,53	
	Perte au feu (%)	12,9	0,30	
	COT (g/kg)	62,0	0,70	
	NTK (g/kg)	5,85	<0,2	
	HC totaux (g/kg)	2,13	0,17	
TESTS DE LIXIVIATION (NF X31-210)	ANALYSE DES LIXIVIATS			
		pH	7	7,2
		Conductivité (µS/cm)	700	75
		Potentiel redox (mV)	220	325
		DCO (mg/l)	409	48
		COT (mg/l)	196	10,5
		HC totaux (mg/kg)	6,3	3,4
		Phénols (mg/l)	<0,2	<0,2
		CN ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02
		Pb (mg/l)	<0,2	<0,2
		Cd (mg/l)	<0,02	<0,02
		Cr (mg/l)	0,05	<0,05
		Hg (mg/l)	<0,0008	<0,0008
	QUANTITES EXTRAITES (mg/kg de déchet ou de sol)			
		DCO (mg/kg)	12270	1440
		COT (mg/kg)	5580	315
		HC totaux (mg/kg)	189	102
		Phénols (mg/kg)	ND	ND
		CN ⁻ (mg/kg)	ND	ND
		Pb (mg/kg)	ND	ND
	Cd (mg/kg)	ND	ND	
	Cr (mg/kg)	1,5	ND	
	Hg (mg/kg)	ND	ND	

EAUX	
E1I.1	
pH	7,8
Conductivité (µS/cm)	3800
Potentiel redox (mV)	315
DCO (mg/l)	302
COT (mg/l)	166
HC totaux (mg/kg)	5,6
Phénols (mg/l)	<0,2
CN ⁻ (mg/l)	<0,02
Pb (mg/l)	<0,2
Cd (mg/l)	<0,02
Cr (mg/l)	0,07
Hg (mg/l)	<0,0008

GAZ		
	E1G1	E1G2
CH ₄ (%)	<1	2
CO ₂ (%)	<1	2
H ₂ (%)	<0,5	<0,5
H ₂ S (%)	<0,1	<0,1
N ₂ + O ₂ (%)	>98	96
Tot. biogaz (%)	<2	4

ND : Non Détectable

Sondage E2

Analyse des échantillons prélevés

DECHETS ET SOLS							
ANALYSE DECHETS OU SOL BRUTS		E2GS	E2SSGS	E2D1	E2D2	E2SB	
	Humidité (%)	31,6	20,1	18,9	18,7	3,54	
	Fraction soluble (%)	1,60	0,79	1,39	1,21	0,19	
	Perte au feu (%)	90,6	8,7	8,7	12,1	0,23	
	COT (g/kg)	733	34,0	43,0	62,0	0,60	
	NTK (g/kg)	1,74	3,00	3,75	2,90	<0,2	
	HC totaux (g/kg)	432,7	0,53	0,49	6,62	0,18	
TESTS DE LIXIVIATION (NF X31-210)	ANALYSE DES LIXIVIATS						
	pH	7,3	7,3	7,6	7,4	6,7	
	Conductivité (µS/cm)	310	210	295	245	37	
	Potentiel redox (mV)	415	400	390	370	430	
	DCO (mg/l)	131	54	66	103	32	
	COT (mg/l)	15,5	10,6	12,8	12,6	6,7	
	HC totaux (mg/kg)	5,7	5,3	7,1	7,1	6,7	
	Phénols (mg/l)	-	-	<0,2	<0,2	<0,2	
	CN ⁻ (mg/l)	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	
	Pb (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	
	Cd (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
	Cr (mg/l)	-	-	0,07	0,05	<0,05	
	Hg (mg/l)	-	-	<0,0008	<0,0005	0,029	
	Sulfures (mg/l)	1,25	<0,2	-	-	-	
	Sulfates (mg/l)	11,1	6,3	-	-	-	
	Sulfites (mg/l)	<5	10	-	-	-	
	QUANTITES EXTRAITES (mg/kg de déchet ou de sol)						
	DCO (mg/kg)	3930	1620	1980	3090	960	
	COT (mg/kg)	465	318	384	378	201	
	HC totaux (mg/kg)	171	159	213	213	171	
	Phénols (mg/kg)	-	ND	ND	ND	ND	
	CN ⁻ (mg/kg)	-	ND	ND	ND	ND	
	Pb (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	
Cd (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND		
Cr (mg/kg)	-	ND	2,1	1,5	ND		
Iig (mg/kg)	-	ND	ND	ND	0,87		
Sulfures (mg/l)	37,5	-	-	-	-		
Sulfates (mg/l)	333	333	-	-	-		
Sulfites (mg/l)	ND	ND	-	-	-		

GAZ		
	E2G1	E2G2
CH ₄ (%)	13	<1
CO ₂ (%)	9	<1
H ₂ (%)	<0,5	<0,5
H ₂ S (%)	<0,1	<0,1
N ₂ + O ₂ (%)	78	>98
Tot. biogaz(%)	22	<2

ND : Non Détectable

Sondage E3

Analyse des échantillons prélevés

DECHETS ET SOLS					
ANALYSE DECHETS OU SOL BRUTS		E3D1	E3D2	E3D4	E3D5
	Humidité (%)	15,1	29,7	20,2	46,7
	Fraction soluble (%)	2,63	3,21	2,13	4,07
	Perte au feu (%)	11,9	20,1	5,30	25,7
	COT (g/kg)	63,0	84,0	5,20	55,0
	NTK (g/kg)	4,20	3,00	0,42	2,24
	HC totaux (g/kg)	0,61	0,58	0,18	0,21
TESTS DE LIXIVIATION (NF X31-210)	ANALYSE DES LIXIVIATS				
	pH	7,4	7,9	8,1	8,7
	Conductivité (µS/cm)	780	900	800	1600
	Potentiel redox (mV)	350	380	390	340
	DCO (mg/l)	231	603	17	183
	COT (mg/l)	81,7	130	13,4	37,3
	HC totaux (mg/kg)	6,4	4,6	5,0	9,4
	Phénols (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	CN ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Pb (mg/l)	<0,2	0,2	<0,2	<0,2
	Cd (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Cr (mg/l)	<0,05	0,08	<0,05	<0,05
	Hg (mg/l)	<0,0008	0,0032	<0,0008	<0,0008
	QUANTITES EXTRAITES (mg/kg de déchet ou de sol)				
	DCO (mg/kg)	6930	18090	510	5490
	COT (mg/kg)	2451	3900	402	1119
	H C totaux (mg/kg)	192	138	150	282
	Phénols (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
	CN ⁻ (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
	Pb (mg/kg)	ND	6	ND	ND
Cd (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	
Cr (mg/kg)	ND	2,4	ND	ND	
Hg (mg/kg)	ND	0,096	ND	ND	

EAUX	
E3L1	
pH	8,1
Conductivité (µS/cm)	10000
Potentiel redox (mV)	310
DCO (mg/l)	20300
COT (mg/l)	5000
HC totaux (mg/kg)	62,5
Phénols (mg/l)	<0,2
CN ⁻ (mg/l)	<0,02
Pb (mg/l)	0,7
Cd (mg/l)	0,03
Cr (mg/l)	3,13
Hg (mg/l)	<0,0008

GAZ	
	E3G1
CH ₄ (%)	18
CO ₂ (%)	11
H ₂ (%)	<0,5
H ₂ S (%)	<0,1
N ₂ + O ₂ (%)	71
Total biogaz (%)	29

ND : Non Détectable

Sondage E4

Analyse des échantillons prélevés

DECHETS ET SOLS					
ANALYSE DECHETS OU SOL BRUTS		E4D1	E4D2	E4D3,4	E4D5
	Humidité (%)	24,7	6,30	20,4	15,1
	Fraction soluble (%)	4,33	1,34	2,17	1,30
	Perte au feu (%)	15,8	1,79	11,8	1,03
	COT (g/kg)	77,0	3,40	59,0	1,70
	NTK (g/kg)	0,70	0,49	3,20	0,28
	HC totaux (g/kg)	0,63	0,18	0,90	2,5
TESTS DE LIXIVIATION (NF X31-210)	ANALYSE DES LIXIVIATS				
	pH	6,9	8	7,6	8,4
	Conductivité (µS/cm)	840	195	580	290
	Potentiel redox (mV)	230	360	390	335
	DCO (mg/l)	723	29	286	56
	COT (mg/l)	350	4,5	39,1	11,3
	HC totaux (mg/kg)	5,4	1,8	6,4	1,7
	Phénols (mg/l)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	CN ⁻ (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Pb (mg/l)	<0,2	<0,2	0,3	<0,2
	Cd (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Cr (mg/l)	<0,05	<0,05	0,06	<0,05
	Hg (mg/l)	<0,0008	<0,0008	0,025	0,0026
	QUANTITES EXTRAITES (mg/kg de déchet ou de sol)				
	DCO (mg/kg)	21690	870	8580	1680
	COT (mg/kg)	10500	135	1173	339
	HC totaux (mg/kg)	162	54	192	51
	Phénols (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
	CN ⁻ (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Pb (mg/kg)	ND	ND	9	ND	
Cd (mg/kg)	ND	ND	ND	ND	
Cr (mg/kg)	ND	ND	1,8	ND	
Hg (mg/kg)	ND	ND	0,75	0,0078	

EAUX	
E4L1	
pH	8,0
Conductivité (µS/cm)	8800
Potentiel redox (mV)	280
DCO (mg/l)	3100
COT (mg/l)	1750
HC totaux (mg/kg)	62,6
Phénols (mg/l)	<0,2
CN ⁻ (mg/l)	<0,02
Pb (mg/l)	0,3
Cd (mg/l)	0,02
Cr (mg/l)	0,54
Hg (mg/l)	<0,0008

GAZ	
	E4G1
CH ₄ (%)	<1
CO ₂ (%)	<1
H ₂ (%)	<0,5
H ₂ S (%)	<0,1
N ₂ + O ₂ (%)	>98
Total biogaz (%)	<2

ND : Non Détectable

Prélèvements complémentaires

(un déchet, une eau et deux gaz)

DECHETS ET SOLS		
ANALYSE DECHETS OU SOL BRUTS	Lagune goudrons	
	Humidité (%)	44,9
	Fraction soluble (%)	1,46
	Perte au feu (%)	21,8
	COT (g/kg)	85,0
	NTK (g/kg)	3,60
HC totaux (g/kg)	41,5	
TESTS DE LIXIVIATION (NF X31-210)	ANALYSE DES LIXIVIATS	
	pH	7,6
	Conductivité (µS/cm)	300
	Potentiel redox (mV)	390
	DCO (mg/l)	131
	COT (mg/l)	23,5
	HC totaux (mg/l)	3,9
	Sulfures (mg/l)	<0,2
	Sulfates (mg/l)	18,4
	Sulfites (mg/l)	14,9
	Pb (mg/l)	<0,2
	Cd (mg/l)	<0,02
	CALCUL DES QUANTITES EXTRAITES	
	DCO (mg/kg)	3930
	COT (mg/kg)	705
	HC totaux (mg/kg)	117
	Sulfures (mg/l)	ND
	Sulfates (mg/l)	552
	Sulfites (mg/l)	447
Pb (mg/l)	ND	
Cd (mg/l)	ND	

EAUX	
Lagune matières de vidange	
pH	8,1
Conductivité (µS/cm)	4000
Potentiel redox (mV)	300
DCO (mg/l)	785
COT (mg/l)	263
HC totaux (mg/kg)	80,5
Phénols (mg/l)	0,5
CN ⁻ (mg/l)	<0,02
Pb (mg/l)	<0,2
Cd (mg/l)	<0,02
Cr (mg/l)	0,12
Hg (mg/l)	0,0032

GAZ		
	OM1	OM2
CH ₄ (%)	8	3
CO ₂ (%)	8	3
H ₂ (%)	<0,5	<0,5
H ₂ S (%)	-	-
N ₂ + O ₂ (%)	86	94
Tot. biogaz (%)	14	6

ND : Non Détectable

ANNEXE H

Impacts de la décharge sur les eaux souterraines

- _ H1 : Tableau comparatif des normes relatives aux eaux de boisson**
- _ H2 : Résultats d'analyses au PZ1**
- _ H3 : Résultats d'analyses au PZ2**
- _ H4 : Résultats d'analyses au PZ3**
- _ H5 : Résultats d'analyses au PZ33**
- _ H6 : Recherche des pesticides et PCB**
- _ H7 : Analyses bactériologiques**
- _ H8 : Résultats d'analyses en différents points du site**
- _ H9 : Résultats d'analyses au lac.1**
- _ H10 : Résultats d'analyses des lixiviats**
- _ H11 : Questionnaires des enquêtes socio-économiques**

QUALITE DE L'EAU DE BOISSON

**TABLEAU COMPARATIF DES NORMES
PRINCIPAUX PARAMETRES PHYSICO-CIMIQUES**

PARAMETRES	NORMES FRANCAISES	NORMES EUROPE	NORMES O.N.S
PH (Sans unité)	6,5-9	6,5-8,5	6,5-8,5
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		1250(maxi)	
Calcium (mg/l)		100(guide)	
Mg (mg/l)	50	50(maxi)	
Na (mg/l)	150	100(maxi)	200
K (mg/l)	12	12(maxi)	
So4 (mg/l)	250	250(maxi)	400
Cl (mg/l)	250	200(maxi)	200
No3 (mg/l)	50	50(maxi)	44
No2 (mg/l)	0,1	0,1(maxi)	
NH4 (mg/l)	0,5	0,5(maxi)	
NTK (mg/l)	2		
Oxydabilité KMno4 DB05	5	5 50% teneur init. en O2 dissous	
As ($\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	50
Cd ($\mu\text{g}/\text{l}$)	5	5	5
CN ($\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	100
Cr ($\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	50
Hg ($\mu\text{g}/\text{l}$)	1	1	1
Ni ($\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	
Pb ($\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	50
Fe tot ($\mu\text{g}/\text{l}$)	200	300	300
Mn ($\mu\text{g}/\text{l}$)	50	50	100
Cu (mg/l)	1	0,05	1
Zn (mg/l)	5	0,1	5
P205 (mg/l)	5	2	
F (mg/l)	1,5	1,5	1,5
S ($\mu\text{g}/\text{l}$)	indécelable	absence	indécelable
Phenols ($\mu\text{g}/\text{l}$)	0,5	0,5	
Hydrocarbures ($\mu\text{g}/\text{l}$)	10		

RESULTATS D'ANALYSES D'EAU PIEZOMETRE N° 1

(Les résultats sont exprimés en mg/l sauf si indications)

Date et hauteur de prélèvement	18/09/90 surface	9/10/90 surface	7/11/90 surface	19/11/90 -10m	9/10/90 -20m
Paramètres					
T (° C)	29,3	30,5	25	31,3	28,5
PH (sans unite)	7,88	7,49	8,39	7,71	8,28
Conductivité (μ s/cm à 20 °)	452	427	578	482	503
O2 dissous	2,6	4,5	3,5	2,4	2,9
DCO		38			16
COT		5,5	4,2		3,8
DBO5		85(?)	35		
NH4		1,14			
NTK		<3			
No2	0,0099		0		
No3		36			
Po4	0,7	0,33			
So4	15			13	15
S-	0,008				
Ca		50			
Mg		13			
Na		34			
K		8			
Cl	63	53			
F	0,55			0,40	0,31
Fe tot	0,72			0,32	0,31
Cu	0,02			0,08	0,03
Zn	0,13			0,08	0,08
Ni	0,002			0,011	0,008
Mn	0				
Cr VI	0				
CN					
Phenols		<0,005			
Hydrocarbures (mg/kg)		0(?)	4,3		4,8

RESULTATS D'ANALYSES D'EAU PIEZOMETRE N° 2

(Les résultats sont exprimés en mg/l sauf si indications)

Date et lieu de prélèvement	18/09/90 surface	9/10/90 surface	19/11/90 surface	9/10/90 -10m
Paramètres				
T (° C)	28,4	30		29,7
PH (sans unite)	7,26	7,1	7,36	6,95
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20 °)	1700	1814	1612	2700
O2 dissous	3,4	4		2,6
DCO		68		
COT		20,3	17,2	
DBO5		15		
NH4		1,21		
NTK		<3		
No2	0,198			
No3		33		
Po4	0,24	0,1		
So4	135			300
S-	0,063	<0,2		
Ca		132		
Mg		32		
Na		163		
K		11		
Cl	290	259		
F	0,39			0,37
Fe tot	4,74			9,5
Cu	0,32			1,6
Zn	0,15			0,23
Ni	0,03			0,047
Mn	0	0,35		
Cr VI	0			
Cr tot		0,06		
Pb		0,145		
Cd		0,0155		
As		0,052		
Hg ($\mu\text{g}/\text{l}$)		<0,4		
CN		0,001		
Phenols		<0,05		
Hydrocarbures (mg/kg)		2,4/1	1,6	

RESULTATS D'ANALYSES D'EAU PIEZOMETRE N° 3

(Les résultats sont exprimés en mg/l sauf si indications)

Date et hauteur de prélèvement	18/09/90 surface	9/10/90 surface	7/11/90 surface	19/11/90 surface	9/10/90 - 10m
Paramètres					
T (° C)	27,3	35,6	27,9		38,1
PH (sans unite)	7,02	6,69	7,58	7,3	6,5
Conductivité (µs/cm à 20 °)	5800	9300	5600	10000	15600
O2 dissous	3,1	3,2	2,5		1,8
DCO		111	89		
COT		20	27,5	29,6	
DBO5		25			
NH4		2,47			
NTK		<3			
No2	0				
No3		26			
Po4	0,78	0,17			
So4	260				1050
S-	0,028	<0,2			
Ca		561			
Mg		267			
Na		1517			
K		59			
Cl		2411			
F	1,18				1,11
Fe tot	4,6				2,71
Cu	2,53				0,90
Zn	1,87				0,03
Ni	0,03				0,038
Mn	1,3	1,2			
Cr VI	0,02				
Cr tot		0,09			
Pb		<0,01			
Cd		0,0011			
As		0,056			
Hg (µg/l)		<0,4			
CN		0,003			
Phenols		<0,05			
Hydrocarbures (mg/kg)		15,9(?) / 1	1,1 / 1	1,7	

RESULTATS D'ANALYSES D'EAU PIEZOMETRE N° 33

(Les résultats sont exprimés en mg/l sauf si indications)

Date et hauteur du prélèvement	18/09/90 surface	9/10/90 surface	9/10/90 ~10m	19/11/90 3m/acc
Paramètres				
T (° C)	30,1	34,4	37	
PH (sans unite)	9,61	8,9	8,55	10
Conductivité (μ s/cm à 20 °)	243	210	203	252
OF dissour:	3,3	3,1	2,1	
DCO		47		
COT		6,2		2,7
DBO5		25		15
NH4		0,13		
NTK		<3		
No2	0,0132			
No3		41		
Po4	0,58	0		
So4	8		8	
S-	0,004			
Ca		11		
Mg		3		
Na		28		
K		4		
Cl		53		
F	0		0	
Fe tot	0,35		1,03	
Cu	0,06		0,08	
Zn	2,3		4,2	
Ni	0,007		0,008	
Mn	0			
Cr VI	0			
CN	0,002			
Phenols		0,668		
Hydrocarbures (mg/kg)		2,1/1		4,3

RECHERCHE DES PESTICIDES ET POLYCHLOROBIPHENYLS (P.C.B.)
SUR L'EAU DE LA NAPPE PHREATIQUE

Date du prélèvement : 9/10/90
Hauteur du prélèvement: surface

PESTICIDES ET PCB	PIEZOMETRE 2	PIEZOMETRE 3
Hexachlorobenzène	<15ng/l	<15ng/l
H.C.H. alpha	<15ng/l	<15ng/l
H.C.H. bêta	<20ng/l	<20ng/l
Lindane (H.C.H. gamma)	<15ng/l	<15ng/l
Heptachlore	<15ng/l	<15ng/l
Aldrine	<20ng/l	<20ng/l
Heptachlore époxyde	<20ng/l	<20ng/l
Endosulfan	<20ng/l	<20ng/l
Dieldrine	<20ng/l	<20ng/l
D.D.E.	<50ng/l	<50ng/l
Endrine	<20ng/l	<20ng/l
T.D.E. OU D.D.D. pp'	<50ng/l	<50ng/l
D.D.T. op'	<50ng/l	<50ng/l
D.D.T. opp'	<50ng/l	<50ng/l
Polychlorobiphényles (P.C.B.)	<1 µg/l	<1 µg/l

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES DE L'EAU DE LA NAPPE

Date du prélèvement : 30/08/90
Laboratoire d'analyse : Institut Pasteur - Dakar

N° Piezomètre et hauteur de prélèvement	PZ1 surface	PZ2 surface	PZ3 surface	PZ3 5 mètres	PZ33 surface
Paramètres					
Germes totaux par 100ml à 37° C	>10000	>10000	>10000	>10000	5600
E. COLI/100ml 44° c	≥ 10	0	≥ 10	≥ 10	0
Coliformes/100ml 37° c	>100	>100	>100	>100	0
Streptocoques fécaux ou Enterocoques/90ml à 37° C	7	3	3	2	0
Sulfite Reducteur par 20 ml 37° C	0	0	0	0	0
Staphylocoques 50 ml			>100		
Salmonelles 3 litres			0		

QUALITE DE L'EAU EN DIFFERENTS POINTS DU SITE DE M'BEUBEUSS

(valeurs en mg/l sauf si indications)

nr puits et c6enes	PUITS VILLAGE RECUPERATEUR	LAC 2	P3	F 4	C 103	C 20	C 30	C 36
param6tres	18/09/90	19/11/90	9/10/90	9/10/90	9/10/90	9/10/90	9/10/90	9/10/90
T (2C)	-	-	29,1	-	-	-	-	-
PH (sans unit6)	7,42	8,44	5,94	7,24	3,12	7,5	3,24	6,92
C (μ s/cm a 202C)	6200	19800	440	323	1484	3320	1177	1614
O2 dissous	-	-	6,2	-	-	-	-	-
No2	0,0099	0,003	-	-	-	-	-	-
No3	2,2	10,56	-	-	-	-	-	-
Po4	0,55	1,6	-	-	-	-	-	-
So4	2000	700	0	7	675	975	475	235
S	0,034	-	-	-	-	-	-	-
Fe tot	9,65	0,52	0,5	0,17	10,25	0,41	5,3	0,74
Cu	1,05	-	0,03	0,03	0,28	1,39	0,14	0,60
Zn	0,27	0,04	0,09	0,18	0,11	0,03	-	-
Mn	0	0,1	-	-	-	-	-	-
Ni	0,025	0,005	0,002	0	0,024	-	-	-
Cr VI	0	0,02	-	-	-	-	-	-
Cr	0,001	-	-	-	-	-	-	-
F	1,43	1,49	0,12	0,09	0,48	0,98	0,28	0,53
Hydrocarbures (ppm)	-	2	-	-	-	-	-	-

RESULTATS D'ANALYSES D'EAU

N° LAC 1

(Les résultats sont exprimés en mg/l sauf si indications)

DATE ET HAUTEUR DE PRELEVEMENT	
	19/11/90
PARAMETRES	-40CM
T (°C)	
PH (Sans unité)	7,16
Conductivité (µS/cm)	20800
DCO (mg/l)	
COT (mg/l)	126
DBO5	15
No2	0,033
No3	13,2
Po4	1,98
So4	225
F	1,87
Fe tot	1,99
Zn	0
Ni	0,005
Mn	0
Cr VI	0,01
Ct tot	0,27
Pb	1,7
Cd	0,18
Hydrocarbures (mg/kg)	2

RESULTATS D'ANALYSES D'EAU
 POINTS DE PRELEVEMENTS SOUS LA DECHARGE
 DE M'BEUBEUSS (LIXIVIATS)
 Date de prélèvement: 15 au 17 octobre 1990

(lors de la campagne de prélèvements de déchets-voir chapitre II § 4)

POINTS DE PRELEVEMENT	E 1	E 3	E 4
PARAMETRES			
PH (Sans unité)	7,8	8,15	8,05
Conductivité (µS/cm)	3800	10000	8800
Potentiel Redox (mV)	315	310	280
DCO (mg/l)	302	20300	3100
COT (mg/l)	166	5000	1750
Pb (mg/l)	< 0,2	0,7	0,3
Cd (mg/l)	< 0,02	0,03	0,02
Cr (mg/l)	0,07	3,1	0,54
Hg (µg/l)	< 0,8	< 0,8	< 0,8
Phenols (µg/l)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Hydrocarbures (mg/kg)	5,59	62,5	62,6

A N N E X E H 11

IMPACTS DE LA DECHARGE SUR LES POPULATIONS

- **QUESTIONNAIRE S'ADRESSANT AUX POPULATIONS ENVIRONNANTES.**
- **QUESTIONNAIRE S'ADRESSANT AUX MARAÎCHERS.**
- **QUESTIONNAIRE S'ADRESSANT AUX RECUPERATEURS.**

QUESTIONNAIRE S'ADRESSANT AUX POPULATIONS
VIVANT AUX ALENTOURS DE LA DECHARGE DE MBEUBEUSS

Question N° 1 :

Renseignements sur la personne interrogée :

- . Sexe : M. F.
- . Age :
- . Domicile :
- . Activité principale
- . Activité secondaire

Question N° 2 :

- Quelles sont les nuisances engendrées par l'exploitation de la décharge de MBEUBEUSS :
 - Trafic des camions
 - Envol objets légers
 - Odeurs
 - Fumées - poussières
 - Problèmes sociaux avec les personnes vivant sur la décharge.
 - Autres problèmes : Lesquels :

Question N° 2 :

- Où prélevez-vous l'eau pour votre consommation personnelle :
eau courante, robinet public, puits, autres.
- Qui est chargé de l'évacuation de vos ordures hors de la maison ?
- Où les déposez-vous ?

QUESTIONNAIRE S'ADRESSANT AUX MARAICHERS

Question N° 1 :

- Renseignement sur la personne interrogée :
 - Sexe : M. F.
 - Age :
 - Domicile :
 - Origine : DAKAR -----> Quartier
Autres
 - Depuis combien de temps travaillez-vous ici ?
 - Statut :
 - Patron
 - Employé
 - Combien de personnes avez-vous à charge ?

Question N° 2 :

- Surface d'exploitation
- Types de cultures selon la période de l'année.

Période	Types de Cultures	Surface Exploitée	Rendement à l'Hectare	Productions	Prix de Vente / Unité

- Utilisation de la Production :

Période	Production selon Type de Cultures	Auto Consommation	Vente	Excédent

. Causes de la commercialisation :

- Nourriture
- Matériel d'exploitation maraîchère
- Animaux
- Mariage - Familles
- Médicament
- Habillement
- Autres (précisez) :

. Lieu de vente de la production :

-
-
-

. Quels sont les frais de commercialisation (transport, emballage, etc ...) ?

..... F/Tonne et F/an

.../...

. Frais de production :

- Semences	F/Tonne	et	F/an
- Engrais	F/Tonne	et	F/an

- Main-d'oeuvre :

- Nombre de personnes employées :

- Période d'emploi

- Rémunération mensuelle

- Tâches

- Ethnie ou origine

- Les terrains vous appartiennent-ils ?

Si non, à qui appartiennent-ils ?

Quel est le prix de la location (ou autre mode de rémunération) ?

Question N° 3 :

- Quelle est votre source d'approvisionnement en eau ?

- pour les cultures

- pour votre consommation personnelle

- Combien de fois arrosez-vous chaque jour ?

- Quelles sont les substances que vous utilisez comme :

- engrais

Nature :

Quantité :

Période d'épandage :

- pesticide

Nature :

Quantité :

Période d'épandage :

- Trouvez-vous que l'eau des céanes change parfois d'aspect ?

Si oui, est-ce :

- couleur

- odeur

- autres : précisez :

- Avez-vous remarqué une baisse de production ces dernières années ? Si oui, à quelle période de l'année plus particulièrement :

- Pensez-vous que la décharge puisse avoir une influence néfaste sur vos jardins ?

- Quels sont les problèmes que vous posent actuellement la décharge ?

- Extension de la décharge et diminution des surfaces exploitées pour le maraîchage.

- Odeurs

- Bruits

.../...

- Objets légers emportés par les vents
 - Problèmes sociaux avec les récupérateurs.
 - Autres : précisez :

 - Vous ou votre famille, avez-vous des problèmes de santé ?
- Si oui, lesquels ?

Question 4 :

- Souhaiteriez-vous changer de métier ?
Si oui : lequel ?
- Souhaiteriez-vous vous associer avec d'autres maraichers ?

- Souhaiteriez-vous travailler ailleurs qu'à DAKAR - MALIKA ?
Si oui, où ?
- Souhaiteriez-vous diversifier vos types de cultures ?
Si oui, lesquelles et pourquoi ?

QUESTIONNAIRE S'ADRESSANT AUX RECUPERATEURS

DE MBEUBEUSS

Question N° 1 :

- Renseignements sur la personne interrogée :

- Sexe : M. F.

- Age :

- Domicile :

- Origine : - DAKAR -----> Quartier
- Autres villes ou villages

- Récupération est une activité saisonnière - permanente.

- Depuis combien de temps travaillez-vous sur la décharge de MBEUBEUSS ?

- Statut :

- Patron

- Employeur

Question N° 2 :

<u>Produits récupérés</u>	<u>Quantité Moyenne Journalière</u>	<u>Prix de Vente Moyen</u> précisez l'unité (tonne, kilo, m3)
Bouteilles en verre Bouteille en plastique Métaux ferreux Métaux non ferreux Plastique Bois Os Déchets organiques Chiffons Papiers Carton Cuir Autres : précisez :		

.../...

Question N° 3 :

- Revenu moyen :
 - par jour
 - par mois
 - par an

- Nombre de personnes à charge :

- Payez-vous des impôts ?
 - Montant :

- Avez-vous des liens de famille avec
 - Ceux qui travaillent avec vous ? Oui / Non
 - D'autres récupérateurs Oui / Non

- Comment s'organise la vente des produits récupérés ?
 - Vente directe (L'acheteur vient sur la décharge)
Oui / Non
 - Vente indirecte (intermédiaire) Oui / Non
 - Autres : précisez :

Question N° 4 :

- Où prélevez-vous l'eau potable pour votre consommation ?

- Où prélevez-vous l'eau pour vos besoins de toilettes et ménagers ?

- Où mangez-vous : matin - midi - soir ?

- Avez-vous des problèmes de santé ? Si oui, lesquels ?

- Quelqu'un de votre famille est-il malade ? Si oui, quelle maladie ?

.../...

Question N° 5 :

Quels sont vos principaux problèmes (Quatre au maximum) :

- Revenus insuffisants
- Marché de revente saturé
- Manque d'organisation
- Santé
- Hygiène
- Logement
- Nourriture
- Familiaux (enfants - femmes)
- Conditions de travail
- Autres (précisez) :

Question N° 6 :

- Souhaiteriez-vous vous spécialiser dans la récupération d'un seul produit Oui / Non ?

Si oui, lequel ?

- Souhaiteriez-vous changer d'activité ? Si Oui, laquelle ?

- Souhaiteriez-vous vous associer avec d'autres partenaires récupérateurs ?

- Souhaiteriez-vous être embauché dans une entreprise de récupération ?

Question N° 7 :

- Que doivent faire les pouvoirs publics pour améliorer votre situation ? (ex : aménagement de la décharge, logement, eau potable, etc ...).

-
-
-
-
-

ANNEXE I

**_ I1 : Circulaire Française du 11 mars 1987 relative à la mise
en décharge des résidus urbains**

**_ I2 : Instruction technique du 22 janvier 1980 et circulaire du
16 octobre 1984 relatives à la mise en décharge des
des déchets industriels**

ANNEXE I1

Extrait du Code Permanent Environnement et Nuisances

République Française

. Circulaire du 11 Mars 1987

**Mise en décharge contrôlée au Centre d'enfouissement technique
de résidus urbains.**

. Annexe 1 : Evaluation d'un site

. Annexe 2 : Contenu de l'étude d'impact.

traitement des résidus urbains qui fait appel à des techniques et des matériels modernes. Cependant, la valeur de ce procédé et la maîtrise des nuisances dépendent étroitement de la qualité des études préalables, de la rigueur dans l'exploitation, du réaménagement et de la surveillance du site après l'exploitation.

La circulaire du 9 mars 1973 portant instruction technique relative aux décharges contrôlées de résidus urbains a défini, dans les grandes lignes, les conditions d'aménagement et d'exploitation des décharges contrôlées de résidus urbains. Il est apparu indispensable de refondre complètement cette circulaire.

En effet, l'évolution du matériel et des techniques d'exploitation ainsi qu'une meilleure connaissance de la composition et du comportement des ordures ménagères sont autant de points ayant justifié cette révision.

Les circulaires du 22 janvier 1980 et du 16 octobre 1984 relatives à la mise en décharge de déchets industriels avaient déjà introduit un certain nombre de principes adaptés aux plus grandes décharges contrôlées de résidus urbains.

Après une large concertation avec notamment les exploitants publics et privés, de nouvelles dispositions techniques ont été adoptées pour garantir une meilleure protection de l'environnement. Elles concernent principalement :

- l'implantation et l'aménagement du site ;
- la maîtrise et le contrôle des eaux ; la gestion des gaz de fermentation ;
- le contrôle des déchets entrants afin d'éviter que des déchets industriels spéciaux ne soient acceptés dans les décharges contrôlées de résidus urbains ;
- l'aménagement et la surveillance post-exploitation.

L'instruction que je vous adresse ci-joint réunit l'ensemble des prescriptions d'ordre technique applicables aux décharges contrôlées de résidus urbains, qui relèvent de la rubrique 322 B 2 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. Cette instruction technique a été approuvée par le Conseil supérieur des installations classées lors de sa séance du 7 juillet 1986. Elle se substitue à la circulaire du 9 mars 1973 et au titre III de la circulaire du 22 février 1973 ; les prescriptions sont immédiatement applicables aux installations nouvelles et aux extensions d'installations existantes.

En ce qui concerne les installations existantes, les arrêtés préfectoraux d'autorisation élaborés sur la base de l'instruction technique du 9 mars 1973 pourront être complétés. Les installations les plus importantes dont la fermeture n'est pas envisagée à court terme devront faire l'objet de prescriptions renforçant la surveillance des eaux, le contrôle des déchets arrivant sur le site et, le cas échéant, la gestion des gaz de fermentation. Ces prescriptions pourront, bien entendu, être assorties de délais adaptés à chaque site.

Cette instruction technique, prise au titre de la loi relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, est accompagnée d'une note de commentaire explicitant certains des moyens que les exploitants peuvent choisir de mettre en œuvre,

suivant les caractéristiques du site et de l'exploitation, afin de respecter les prescriptions de votre arrêté préfectoral d'autorisation.

Je vous saurais gré de bien vouloir me faire part des difficultés qui pourraient surgir dans l'application de cette instruction.

**INSTRUCTION TECHNIQUE
RELATIVE À LA MISE
EN DÉCHARGE CONTRÔLÉE
- OU CENTRE
D'ENFOUSSEMENT TECHNIQUE -
DE RÉSIDUS URBAINS**

La présente instruction technique fixe les prescriptions à imposer dans les arrêtés préfectoraux d'autorisation de : décharges contrôlées - ou centre d'enfouissement technique - des résidus urbains, c'est-à-dire aux sites susceptibles de recevoir des ordures ménagères ou des déchets qui leur sont assimilables. Elle ne vise pas les décharges de déchets industriels spéciaux qui font l'objet des prescriptions prévues par la circulaire du 16 octobre 1984.

DOMAINE D'APPLICATION

L'instruction suivante s'applique aux décharges de résidus urbains relevant de la rubrique 322 B-2 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, soumise à autorisation préfectorale.

A ce titre, elle concerne la mise en décharge :

- des ordures ménagères ;
- des déchets ménagers encombrants ;
- des déblais et gravats ;
- des déchets commerciaux, artisanaux ou industriels banals assimilables aux ordures ménagères ;
- des déchets d'origine agricole ne présentant pas de danger pour la santé humaine et l'environnement ;
- des pneumatiques ;
- des mâchefers, des cendres et des produits d'épuration, refroidis, résultant de l'incinération des ordures ménagères ;
- des boues en provenance de l'assainissement urbain.

La présente instruction s'applique à toutes les installations nouvelles ou les extensions d'installations existantes. Pour les installations anciennes, les délais de mise en conformité sont fixés par arrêtés préfectoraux complémentaires, pris selon les formes de l'article 18 du décret du 21 septembre 1977.

TITRE PREMIER

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Article premier. - Caractéristiques de l'installation

L'arrêté d'autorisation indique les caractéristiques de l'installation. A ce titre, il précise :

- 1.1. La situation juridique de l'exploitant ;
- L'emplacement de la décharge (emprise) ;

**CIRCULAIRE
DU 11 MARS 1987**

*relative aux installations classées
pour la protection de l'environnement
Mise en décharge contrôlée
- ou centre d'enfouissement technique -
de résidus urbains
(J.O. du 11 avril 1987)*

*Destinataires : M^{me} et M. les Préfets,
commissaires de la République.*

La décharge contrôlée - ou centre d'enfouissement technique - est un procédé de

Les capacités moyennes journalière et annuelle de la décharge ;

Les autres installations présentes sur le site.

1.2. La nature et l'origine des déchets admissibles.

1.3. La liste des rubriques concernées de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Art. 2. - Implantation

L'implantation d'une décharge contrôlée ne pourra être autorisée que sur un site dont le coefficient de perméabilité naturelle de fond à saturation est inférieur à 1.10^{-6} m/s sur une épaisseur de substratum d'au moins 5 m garantissant ce coefficient en permanence.

L'implantation de l'installation doit être choisie de manière à s'intégrer à son environnement et à contribuer à prévenir les pollutions et nuisances. L'arrêté précise les conditions d'aménagement et d'exploitation nécessaires à cet égard.

Un éloignement d'au moins 200 m de toute habitation est imposé.

L'exploitant prendra les mesures appropriées pour préserver l'isolement du site.

Les terrains voisins peuvent être grevés de servitudes, notamment d'utilisation ou d'occupation des sols à l'intérieur d'un périmètre à définir si la nature, la vocation ou le mode d'occupation des lieux n'apportent pas les garanties nécessaires d'isolement avant le réaménagement. L'arrêté d'autorisation pourra conditionner la mise en service de l'installation à une convention de servitude entre les parties, publiée à la conservation des hypothèques, grevant les parcelles concernées.

TITRE II

AMÉNAGEMENTS

Art. 3. - Aménagements généraux

3.1. L'installation sera entourée d'une clôture réalisée en matériaux résistants et incombustibles d'une hauteur minimale de 2 m, empêchant l'accès au site. Un portail fermant à clef interdira l'accès de la décharge en dehors des heures d'ouverture.

L'arrêté d'autorisation peut imposer la constitution d'un écran visuel efficace.

3.2. L'exploitant mettra en place autour de la zone en exploitation un système permettant de limiter les envois d'éléments légers. L'exploitant procédera périodiquement au nettoyage des abords de l'installation.

3.3. Les voies de circulation intérieures et les accès à l'installation seront aménagés, dimensionnés et constitués en tenant compte du gabarit et de la charge des véhicules appelés à y circuler. L'entretien de la voirie devra permettre une circulation aisée des véhicules par tous les temps.

3.4. L'activité de la décharge ne devra pas nuire à la propreté de la voirie extérieure.

3.5. Un panneau de signalisation en matériau résistant portera de façon indélébile toute information utile (nom de l'exploitant, numéro et date de l'arrêté d'autorisation, heures d'ouverture).

Art. 4. - Aménagements relatifs à la prévention de la pollution des eaux

4.1. L'exploitant mettra en place un réseau de dérivation empêchant les eaux de ruissellement en provenance de l'amont du site d'atteindre la zone exploitée.

4.2. L'exploitant installera autour du site de la décharge un réseau de points de contrôle des eaux souterraines présentes sous la décharge.

L'arrêté d'autorisation précisera le nombre et l'emplacement de ces puits.

4.3. Les casiers seront aménagés de manière à réaliser un point bas vers lequel se dirigeront les eaux de percolation.

L'arrêté d'autorisation pourra prescrire d'autres aménagements relatifs au drainage des eaux de percolation.

4.4. Dans le cas où des travaux d'étanchéification du site doivent être réalisés, l'arrêté d'autorisation précisera les dispositions prévues à cet effet.

TITRE III

EXPLOITATION

Art. 5. - Mode d'exploitation

L'arrêté précise le mode d'exploitation de la décharge et le matériel utilisé pour les opérations liées à la mise en décharge.

Les déchets seront traités le jour même de leur arrivée sur le site et au plus tard le lendemain en cas d'indisponibilité du matériel.

Les déchets ne seront pas déversés sur un front d'avancement mais seront déposés en couches horizontales successives, de façon à remplir le casier préalablement préparé pour les recevoir. L'arrêté d'autorisation précise la dimension des casiers. En tout état de cause, les déchets ne seront jamais déversés d'une hauteur supérieure à 2 m. La hauteur des couches de déchets sera précisée par l'arrêté en fonction du mode d'exploitation et ne sera jamais supérieure à 2 m. Un casier prêt à l'emploi sera disponible en permanence, le nombre de casiers exploités simultanément ne sera jamais supérieur à deux.

La fréquence de mise en place des couches de couverture et leur épaisseur seront précisées par l'arrêté d'autorisation en fonction du mode d'exploitation.

Art. 6. - Contrôles

L'exploitant vérifiera que les déchets arrivant sur la décharge sont explicitement autorisés par l'arrêté d'autorisation.

Il devra toujours être en mesure de justifier l'origine, la nature et les quantités de déchets qu'il reçoit.

Pour tout apport de déchets, l'exploitant demandera et consignera dans un registre tenu à jour :

- l'origine et la nature des déchets ;
- le nom du transporteur ;
- le poids ou, à défaut, le volume des déchets ;
- la date et l'heure.

Pour les déchets ne provenant pas de la collecte des résidus urbains, l'exploitant consignera, en outre, le nom du producteur.

Pour les décharges recevant plus de 100 t par jour (moyenne journalière), un poste de contrôle sera mis en place pour effectuer une surveillance permanente des déchets entrants. Le contrôle quantitatif sera effectué par un pont-basculé implanté sur le site de la décharge.

Pour les décharges recevant moins de 100 t par jour, le pont-basculé est facultatif mais le contrôle quantitatif devra à minimum être réalisé par des évaluations validées par des pesées périodiques du chargement des véhicules accédant à la décharge.

Art. 7. - Suivi d'exploitation

L'exploitant tiendra un registre d'exploitation (plans) mentionnant les parcelles exploitées, les durées d'exploitation de chaque casier et la hauteur des déchets enfouis.

Art. 8. - Interdiction

Le brûlage de tout déchet à l'air libre est interdit sur la décharge.

Le chiffonnage est interdit.

L'entrée de toute personne sur la décharge ne se fera que sous la responsabilité de l'exploitant.

Art. 9. - Récupération

Les activités de récupération sur le site sont organisées sous la responsabilité exclusive de l'exploitant. Elles devront être mentionnées par l'arrêté d'autorisation. Elles ne pourront être admises que dans la mesure où les procédés utilisés permettent de prévenir les risques potentiels liés à cette activité.

Art. 10. - Nuisance

L'exploitant prendra les mesures nécessaires pour la lutte contre la prolifération des rats, des insectes et des oiseaux, en particulier pour ces derniers au voisinage des aérodromes.

Art. 11. - Odeurs

En cas de dégagement d'odeurs, la zone sera immédiatement traitée, de façon à supprimer les nuisances.

Art. 12. - Eaux de percolation

Des dispositifs appropriés pour le contrôle et le soutirage des eaux de percolation seront installés à la verticale du (des) point(s) bas, tel(s) que prévu(s) à l'article 4.4. En cours d'exploitation, l'exploitant mettra en œuvre toutes dispositions pour que la hauteur d'eau dans les déchets en fond de décharge ne dépasse pas 1 m.

Les eaux polluées collectées seront dirigées vers des bassins de stockage où il sera possible de contrôler leur qualité. L'arrêté d'autorisation précisera les conditions de rejet de ces effluents : points de rejet, débits et flux admissibles des rejets ainsi que la périodicité des contrôles.

L'exploitant pourra être autorisé à faire traiter à l'extérieur ses effluents et, dans ce cas, se tiendra étroitement informé des performances du traitement et en rendra compte à l'inspection des installations classées.

Art. 13. - Gaz

Dans toute décharge contrôlée compactée, l'exploitant mettra en place, au fur et à mesure de l'exploitation, un système de drainage des gaz de fermentation. L'arrêté d'autorisation précisera le traitement et la destination des gaz collectés.

Pour les décharges contrôlées non compactées, l'arrêté d'autorisation précisera les prescriptions relatives au drainage éventuel des gaz. L'arrêté d'autorisation pourra être complété dans ce sens en cas de dégagement d'odeurs dues au biogaz.

TITRE IV

AUTOSURVEILLANCE

Art. 14. - Eaux souterraines

Une autosurveillance de la qualité des eaux souterraines sera réalisée par l'exploitant. Les analyses porteront sur les paramètres physico-chimiques, biochimiques, bactériologiques précisés par l'arrêté d'autorisation. L'arrêté d'autorisation précisera la fréquence des transmissions des résultats des analyses effectuées à l'inspection des installations classées.

Art. 15. - Eaux superficielles

Une autosurveillance des eaux de ruissellement amont (cf. art. 4.1) sera réalisée. Les analyses porteront sur les paramètres pH et DCO. L'arrêté d'autorisation précisera la fréquence de transmission des résultats des analyses à l'inspection des installations classées.

Art. 16. - Bilan hydrique

Les principaux termes du bilan hydrique de la décharge seront contrôlés périodiquement.

Art. 17. - Gaz

Une autosurveillance de l'efficacité du système de drainage et d'élimination des gaz de fermentation sera effectuée par l'exploitant.

TITRE V

**PRÉVENTION
DES ACCIDENTS D'EXPLOITATION**

Art. 18. - Incendie

Des moyens efficaces seront prévus pour lutter contre l'incendie, en accord avec les services départementaux compétents, et seront précisés dans l'arrêté d'autorisation.

Une réserve de matériau de couverture sera notamment disponible en permanence sur le site.

Art. 19. - Éboulement

L'exploitant s'assurera de la stabilité des talus et digues et prendra toutes les mesures nécessaires (compactage, etc.) pour éviter les risques d'éboulements, notamment dans les zones de circulation d'engins ou de camions.

Art. 20. - Mesures à prendre

L'exploitant informera immédiatement l'inspection des installations classées en cas d'accident. Il lui indiquera les dispositions prises à titre conservatoire, telles que notamment les mesures ou travaux immédiats susceptibles de réduire les conséquences de l'accident.

TITRE VI

**AMÉNAGEMENT FINAL
ET PÉRIODE POST-EXPLOITATION**

Art. 21. - Aménagement final

Le plan du site à l'achèvement des dépôts devra être défini par l'exploitant. Le réaménagement des parcelles remblayées sera réalisé conformément au plan d'exploitation. En cas de reverdissement, le choix des espèces sera précisé.

La protection des déchets contre les infiltrations d'eaux pluviales sera prescrite par l'arrêté d'autorisation. La couverture finale aura notamment une épaisseur de 1 m minimum et une pente de 3 % minimum.

Art. 22. - Période post-exploitation

L'exploitant poursuivra, après l'achèvement des dépôts, les contrôles prévus à l'article 14. Leur étendue et leur fréquence pourront être aménagées et réduites au cours du temps selon les résultats obtenus lors des analyses périodiques. L'évacuation et le traitement des eaux de percolation recueillies seront également poursuivis par l'exploitant.

Il s'assurera, de même, de la pérennité du système de captation des gaz de fermentation prévu à l'article 13.

Art. 23. - Usage ultérieur du site

Le site devra faire l'objet d'un usage ultérieur compatible avec la présence de déchets et les propriétaires successifs devront en être informés par le biais éventuel d'une convention de servitude (cf. art. 2).

COMMENTAIRES

(Non publiés au JO)

A. Les déchets admissibles sur une décharge contrôlée de résidus urbains sont :

- les ordures ménagères telles qu'elles sont définies dans la circulaire du 21 octobre 1981 relative au service d'élimination des déchets des ménages et au modèle de contrat pour la collecte et l'évacuation des ordures ménagères (ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation), et rappelées ci-après :

a) les déchets ordinaires provenant de la préparation des aliments et du nettoyage normal des habitations et bureaux, débris de verre ou de vaisselle, cendres, feuilles, chiffons, balayures et résidus divers déposés même indument aux heures de la collecte, dans des récipients placés devant les immeubles ou à l'entrée des voies inaccessibles aux camions ;

b) les déchets provenant des établissements artisanaux et commerciaux, déposés dans des récipients dans les mêmes conditions que les déchets des habitations et bureaux ;

c) les produits du nettoyage des voies publiques, squares, parcs, cimetières et de leurs dépendances, rassemblés en vue de leur évacuation ;

d) les produits du nettoyage et débris des halles, foires, marchés, lieux de fêtes publiques, rassemblés en vue de leur évacuation ;

e) les déchets provenant des écoles, casernes, hôpitaux, hospices, prisons et de tous bâtiments publics, déposés dans des récipients dans les mêmes conditions que les déchets des habitations et bureaux ;

f) le cas échéant, tous objets abandonnés sur la voie publique ainsi que les cadavres des petits animaux.

NOTA. - Les déchets visés aux paragraphes b) et e) ci-dessus doivent être exclusivement limités aux déchets banals :

- les déchets ménagers encombrants, sous réserve qu'ils puissent être réduits par écrasement ;

- les déblais et gravats ;

- les déchets industriels et commerciaux solides banals assimilables aux ordures ménagères ;

- les déchets d'origine agricole, sous réserve que leur mise en œuvre n'entraîne pas de sujétion technique particulière pour l'exploitation de la décharge ;

- les pneumatiques, sous réserve qu'ils soient conditionnés sous une forme permettant d'éviter les vides.

Enfin, deux catégories de déchets nécessitent une attention particulière et leurs admissions devront être étudiées au cas par cas en fonction de leurs caractéristiques et de celles du site lors de l'instruction du dossier d'autorisation :

- les mâchefers, cendres et produits d'épuration refroidis, résultant de l'incinération des ordures ménagères.

Un test de lixiviation pourra être demandé pour définir l'admissibilité des cendres et produits d'épuration des fûts ;

- les boues en provenance de l'assainissement urbain.

Elles comprennent les boues stabilisées en provenance des stations d'épuration biologiques, les boues en provenance des stations d'épuration physico-chimiques, les boues résultant du traitement de l'eau potable, les graisses en provenance des bacs dégraisseurs, les boues de curage d'égout et les matières de vidange.

L'admission de boues issues de l'assainissement urbain ne pourra être autorisée que dans des conditions compatibles avec le bilan hydrique du site ; à cet effet, l'exploitant devra s'informer de la teneur en eau des boues.

Leur teneur en eau devra être inférieure à 70 %. Ces boues ne devraient pas apporter plus de 30 % d'eau libre par rapport à la masse totale des déchets admis en décharge (l'eau libre est la quantité de liquide exsudée quand le déchet est soumis à une pression uniformément répartie sur la masse de 1 bar).

Toutefois, l'admission de boues dont la teneur en eau est supérieure à 70 % pourra être envisagée à titre exceptionnel. Dans ce cas, afin de tenir compte de la capacité d'absorption des ordures ménagères, l'admission ne sera autorisée que dans la limite des quotas suivants :

- de 70 à 80 % de teneur en eau : 1 t de boue pour 5 t d'ordures fraîches ;

- de 80 à 90 % de teneur en eau : 1 t de boue pour 7 t d'ordures fraîches ;

- teneur en eau supérieure à 90 % : 1 t de boue pour 10 t d'ordures fraîches

L'admission devra tenir compte également des conditions climatologiques, notamment pour prévenir les odeurs (fortes chaleurs).

La répartition des boues dans l'ensemble des produits mis en décharge pourra faire l'objet de prescriptions particulières. Le remblaiement obtenu après leur mise en dépôt devra notamment permettre le roulage des engins.

Les déchets pulvérulents rentrant dans l'une des catégories de déchets admissibles ne pourront être admis en décharge que s'ils sont conditionnés ou mis en œuvre de façon à éviter les envois et les pollutions atmosphériques.

B. Les catégories de déchets suivantes ne devront en aucun cas faire l'objet d'une admission en décharge contrôlée de résidus urbains du fait de leurs caractéristiques chimiques ou physiques :

- les déchets générateurs de nuisances tels que visés par le décret du 19 août 1977 ;

- les déchets contaminés provenant des hôpitaux ou cliniques, les déchets infectieux ou anatomiques quelle qu'en soit la provenance, les déchets et les issues d'abattoirs ;

- les matières non refroidies dont la température serait susceptible de provoquer un incendie ;

- les déchets liquides, même en récipients clos.

C. La formule employée dans certains arrêtés : « L'admission de tout autre déchet se fera en accord avec l'inspection des installations classées » est inacceptable. L'admission d'une catégorie de déchets non prévue initialement doit faire l'objet d'une autorisation explicite par arrêté complémentaire.

TITRE PREMIER

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Article premier. - Caractéristiques de l'installation

L'arrêté d'autorisation doit tenir compte de certaines prescriptions contenues dans les circulaires du 22 janvier 1980 et 16 octobre 1984 relatives à la mise en décharge de déchets industriels, la circulaire du 22 juillet 1983 relative à l'information du public sur le fonctionnement des centres d'élimination des déchets, la circulaire du 24 janvier 1984 relative aux industries raccordées

Art. 2. Implantation

Le processus d'implantation d'une décharge contrôlée comporte :

- le choix d'un site satisfaisant tant pour la collectivité tout en présentant notamment

un maximum de sécurité sur le plan des risques de pollution des eaux superficielles ou souterraines ;

- la constitution du dossier de demande d'autorisation au titre de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement, et en particulier :

• les études hydrogéologique et géologique ;

• l'étude d'impact ;

• l'étude des dangers.

2.1. Le choix d'un site

Le choix d'un site nécessite l'examen de plusieurs critères de choix et la réalisation d'études détaillées.

Il est nécessaire de prendre en considération les critères de choix suivants :

- La quantité des déchets pouvant être admis sur le site : les impacts d'une décharge contrôlée varient notamment avec les quantités admises sur le site et afin d'éviter des abus on veillera, en cours d'exploitation, à respecter une limite supérieure des apports journaliers, déterminée préalablement (cf. titre II-1 : « Nature des déchets »).

- L'existence d'une source pérenne de matériaux de couverture : l'origine et les quantités de matériaux nécessaires à l'élaboration des couvertures intermédiaires et de la couche finale doivent être déterminées.

- L'existence d'un exutoire pour les eaux de percolation (le cas échéant) : les conditions d'admission dans ce milieu récepteur doivent être déterminées.

- L'aptitude du site à l'implantation d'un ouvrage de contournement des eaux de ruissellement.

- L'aptitude du site à l'aménagement d'une couverture finale favorisant le ruissellement.

- L'éloignement des habitations et des cours et plans d'eau.

En l'absence de textes réglementaires, les distances minimales suivantes seront respectées entre les limites de la décharge et les immeubles habités ou occupés par des tiers, terrains de sport et de camping : 200 m.

En cas de configuration exceptionnelle du site, cette distance minimale pourrait être modifiée.

- La distance d'éloignement des cours et plans d'eau sera fixée en fonction de l'étude hydrogéologique.

En aucune circonstance des résidus ne pourront être déchargés à proximité d'un cours ou plan d'eau, ni dans le lit majeur d'un cours d'eau.

Il est rappelé que le dépôt d'ordures ménagères est interdit dans les périmètres de protection immédiate des points de prélèvement d'eau souterraine destinée à l'alimentation humaine, ainsi que dans une bande de 55 m de large sur la rive des barrages-retenues créés pour l'alimentation en eau des collectivités.

- L'éloignement des aérodromes : cet éloignement est nécessaire par les risques de collision entre les aéronefs et les oiseaux attirés par les décharges. Ces collisions représentent un danger réel pour la vie humaine et les matériels. La circulaire DPP n° 557 du 9 février 1984 rappelle à cet effet la nécessité de consulter systématiquement les autorités aéronautiques (aviations civile et militaire).

Les conditions climatiques et géographiques : on choisira un site dont le bassin versant soit de surface aussi limitée que possible et bien orienté par rapport aux précipitations et vents dominants.

- La capacité de stockage du site.

- La distance des zones de collecte

- L'intégration dans le paysage

Pour éviter la pollution des eaux souterraines, il est essentiel de choisir des sites dont les caractéristiques hydrogéologiques sont favorables

Le coefficient de perméabilité sera mesuré en laboratoire ou *in situ* en veillant à ce que la mesure soit représentative de l'hétérogénéité des terrains rencontrés sur toute l'étendue du site. La méthode des doubles anneaux est recommandée (cf. annexe I)

Quel que soit le coefficient de perméabilité du site choisi ($< 1 \cdot 10^{-9}$ m/s), il sera nécessaire d'établir un bilan hydrique prévisionnel des entrées et des sorties d'eau de la décharge, afin de permettre une gestion satisfaisante des effluents liquides de la décharge. En effet, le problème de l'élimination des lessivats ne se pose pas seulement sur les sites imperméables mais aussi sur les sites semi-perméables. Or, s'attachera donc, avant la mise en exploitation du site, à évaluer les différents paramètres permettant d'établir le bilan hydrique prévisionnel.

En ce qui concerne le contenu des études de reconnaissance géologique et hydrogéologique et l'établissement du bilan hydrique prévisionnel, on se reportera à l'annexe I.

Sous certaines conditions (cf. 4.3 étanchéification), des sites ne satisfaisant pas aux critères définis ci-dessus pourront être retenus en procédant à une étanchéification. Dans ce cas, une attention particulière devra être apportée à la surveillance des eaux souterraines.

2.2. Les études.

2.2.1. Les études géologique et hydrogéologique.

Pour préciser ces études, le pétitionnaire procédera à tous les essais et mesures nécessaires dont les résultats devront être interprétés.

2.2.2. L'étude d'impact.

L'étude d'impact est destinée à montrer comment le demandeur a étudié son projet en ce qui concerne la protection de l'environnement et quelles dispositions de conception et d'exploitation il a prévu afin d'en prévenir ou d'en réduire les inconvénients. Elle doit, d'autre part, permettre un examen objectif et précis du projet par l'ensemble des parties intervenant dans la procédure d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées.

Le décret du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi du 9 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement définit les dispositions applicables à ces installations : les demandes d'autorisation doivent obligatoirement comprendre une étude d'impact dont le contenu est décrit dans le décret du 12 octobre 1977. La loi définit de manière générale le contenu de cette étude, mais dans son détail ce contenu varie nécessairement avec chaque type de projet : on trouvera en annexe II le contenu détaillé d'une étude d'impact d'une décharge contrôlée.

2.2.3. L'étude des dangers.

L'étude des dangers, prescrite par le décret du 21 septembre 1977 (Circ. du 28 décembre 1983 relative aux installations classées), exposera les mesures préventives et les dispositions d'intervention applicables en cas d'incident ou d'accident :

- pollutions accidentelles des eaux de surface ou souterraines ;
- écoulement de lessivats hors du site de la décharge ;
- risques aviaires encourus par la circulation aérienne ;
- incendies (par inflammation des déchets ou du bio-gaz) ;
- apport clandestin de déchets dangereux ;
- présence sur le site de déchets non admis-sibles ;
- risques de glissement de terrains, d'éboulement ou de tassement ;
- pluies torrentielles et risques d'érosion de la couverture ;
- rupture d'une digue de bassin de rétention ;
- défaillance du système d'étanchéification.

2.2.4. Autres éléments du dossier.

Le dossier devra contenir aussi toutes les études nécessaires au bon réaménagement du site et à sa gestion pendant sa période de post-activité. En particulier, un plan masse du site intégrant les phénomènes de tassement à l'issue des dépôts devra être présenté et les dispositions relatives à la gestion des eaux et à l'élimination à long terme des gaz devront être définies.

Par ailleurs, le dossier comprend également une demande d'autorisation, une carte de situation, un plan d'ensemble et un plan des abords, une notice relative à la conformité en matière d'hygiène et de sécurité du personnel.

TITRE II
AMÉNAGEMENTS

Art. 2 - Aménagements généraux

3.1. La clôture entourera soit la totalité du site, soit la partie du site en exploitation ; dans ce cas elle sera déplacée conformément au plan d'exploitation.

L'intégration dans le paysage de l'installation pourra nécessiter également de border le site d'une haie vive, d'un rideau d'arbres ou d'une levée de terre.

3.2. Afin de limiter les envols, des écrans mobiles de 3 m de haut ou tout autre moyen présentant des garanties équivalentes seront utilisés autour de la zone en exploitation.

3.3. Pour permettre une circulation aisée des véhicules par tous les temps, on prévoira la constitution de stocks de matériaux adaptés (gravois, mâchefers, tuiles cassées, graviers grossiers...).

Indépendamment de la voirie proprement dite et pour faciliter l'exploitation de la décharge, on pourra utilement prévoir une plate-forme de déchargement située à l'intérieur de la décharge, destinée à recevoir les apports des particuliers ou les apports de véhicules de collecte dans certains cas (heures de pointe, risques d'embourbement...).

3.4. Dans les grandes décharges, un poste de nettoyage des roues pourra être implanté.

Art. 4. - Aménagements relatifs à la prévention de la pollution des eaux

L'eau est le vecteur principal d'une pollution potentielle par les décharges contrôlées. En effet, si la gestion des eaux n'est pas effectuée convenablement, on peut redouter une pollution des eaux souterraines par infiltration et une pollution des eaux superficielles par fuites d'effluents hors de la décharge ou par migration des eaux de pluie souillées par les déchets.

Il y a donc lieu de limiter autant que possible l'interaction de l'eau avec les déchets tant par les aménagements destinés à la maîtrise de l'eau sur le site que par la définition des modalités d'enfouissement des déchets. Il est également nécessaire d'établir un bilan hydrique prévisionnel de la décharge, afin de permettre une gestion satisfaisante des effluents liquides.

4.1. On mettra en place un réseau de drainage externe ceinturant le site ou de digues de protection, empêchant les eaux de ruissellement provenant des terrains avoisinants plus élevés de pénétrer sur le site ; ce réseau sera contrôlé périodiquement.

Les eaux de surface collectées par ce réseau seront dirigées loin de la zone active de la décharge. Les eaux éventuellement présentes sur le site et non contaminées par les déchets seront aussitôt évacuées hors de la décharge.

4.2. Pour contrôler la qualité des eaux souterraines, il sera nécessaire d'abord d'installer autour du site un réseau de puits de contrôle (piézomètres) et ensuite de mettre en place un programme pluriannuel de surveillance de ce réseau par des prélèvements, des analyses et des mesures de niveau piézométrique périodiques.

La mise en place d'un réseau de contrôle devra être réalisée avant le dépôt de tout déchet, en tenant compte des résultats de l'étude d'impact concernant les reconnaissances hydrogéologiques. Ces données, ainsi que l'importance du site, décideront du nombre et de l'implantation des piézomètres à installer qui devront permettre de comparer la qualité des eaux avant et après la mise en dépôt des déchets. L'arrêté d'autorisation devra préciser les dispositions prises en ce domaine. A titre d'exemple, le réseau de contrôle suivant pourrait être envisagé, dans la mesure où il permet de réaliser des mesures représentatives :

- un piézomètre à l'amont hydraulique du site, et qui ne sera pas touché par une éventuelle migration de polluant, comme référence ;
- un piézomètre à l'aval hydraulique très proche de la zone de décharge, comme révélateur de l'impact immédiat de la décharge sur la nappe ;
- un ou plusieurs autres piézomètres plus en aval pour surveiller l'éventuelle migration du flux de pollution ;
- dans le cas où le tonnage reçu sur la décharge contrôlée est faible (10 t/j), le piézomètre aval pourra suffire.

Les puits, forages, sources, points de captage... existants pourront être utilisés dans le réseau piézométrique.

Les piézomètres devront être protégés contre les risques de détérioration. Ils devront être pourvus d'un couvercle coiffant maintenu fermé et cadenassé.

4.3. Des drains pourront être installés et orientés vers le point bas. En règle générale, les phénomènes de percolation génèrent un certain retard entre le moment du dépôt des déchets et celui où la collecte des effluents pollués devient nécessaire. Il en résulte donc une incertitude quant à la qualité et la quantité des lixiviats recueillis qui peut entraîner certaines difficultés dans la définition des procédés d'élimination de ces effluents. On étudiera, au cas par cas, le mode de traitement le plus approprié : élimination *in situ* dans un ouvrage de traitement prévu à cet effet, station d'épuration industrielle ou station d'épuration urbaine.

4.4. Dans certains cas, on réalise des travaux d'imperméabilisation de la base de la décharge. Des travaux d'étanchéification peuvent également être nécessaires pour la réalisation de bassins de stockage ou de traitement des effluents.

L'étanchéification peut se faire à l'aide de matériaux naturels compactés, mais elle peut également être réalisée par membrane de façon artificielle.

Si l'étanchéification naturelle ne semble pas devoir poser de problèmes majeurs dans la mesure où elle revient à modifier réellement le coefficient de perméabilité du sol, par l'interposition d'une couche plus ou moins épaisse d'une perméabilité très faible il n'en est pas de même de l'étanchéification artificielle pour laquelle diverses dispositions sont à observer :

- la mise en œuvre d'une membrane d'étanchéité devra être réalisée avec soin suivant un cahier des charges établi préalablement : réglage complet du site, étalonnage d'une couche de pose destinée à assurer une assise souple à la membrane, pose de la membrane qu'on choisira durable et résistante mécaniquement et chimiquement, en veillant particulièrement à la qualité des joints, étalonnage d'une couche de protection sur la membrane destinée à la protéger des déchets. La pose de la membrane fera l'objet d'un acte de réception ;
- la mise en place de dispositifs efficaces pour assurer une surveillance de la bonne étanchéité du dispositif en place (réseau de contrôle piézométrique, réseau de drainage segmenté des eaux percolant, le cas échéant, une identification rapide de la zone défectueuse, mise en place d'une double étanchéité...);
- un dispositif d'intervention en cas d'incident ou d'accident (puits utilisable pour un rabattement de nappes...);
- une attention particulière devra être apportée à la mise en œuvre de la couverture finale étanche et à la garantie de sa pérennité.

Dans le cas où des travaux d'étanchéification ont été réalisés, un dispositif de collecte et de traitement de la totalité des eaux de percolation sera installé. Cette structure drainante doit être opérationnelle pendant toute la durée de l'exploitation et jusqu'à épuisement des eaux de percolation après la mise en place d'une couverture étanche en fin d'exploitation.

NOTA. - Le procédé d'étanchéification artificielle par membrane est une technique nouvelle qui fait actuellement l'objet d'étu-

des dont les conclusions aboutiront à des dispositions à observer en complément des premières dispositions minimales indiquées ci-dessus.

TITRE III

EXPLOITATION

Art. 5. - Mode d'exploitation

L'exploitation des décharges contrôlées consiste en une technique d'enfouissement des déchets mise en œuvre par des engins adaptés conditionnant le type de la décharge. On distingue, d'une part, la décharge contrôlée traditionnelle où le régallage des déchets est assuré par un chargeur ou un bouteur à chaînes et, d'autre part, la décharge contrôlée compactée qui utilise un compacteur épandeur. Les décharges contrôlées avec broyage préalable nécessitent la mise en œuvre de moyens matériels et d'une technique d'exploitation différents.

• La décharge contrôlée traditionnelle est une technique de traitement des déchets développant le phénomène de fermentation aérobie, c'est-à-dire en présence d'air. En effet, le tassement obtenu par un chargeur ou un bouteur à chaînes est relativement faible et permet une bonne circulation d'air à travers les déchets, à condition de réaliser des couches d'épaisseur modérée. Il est cependant suffisant pour éviter la formation de vides ou générer des affaissements ultérieurs trop importants. La réalisation d'une couche de couverture intermédiaire empêche l'apparition de nuisances naturelles ou accidentelles. En effet, elle arrête les odeurs, évite les envols, empêche les larves de mouches de parvenir à l'extérieur et rend inaccessibles les déchets aux oiseaux et rongeurs.

Dans cette technique, les déchets seront déposés en couches successives d'épaisseur modérée et en tout cas inférieures à 2 m. Les déchets sont recouverts le jour même de leur mise en place par des matériaux inertes tels que terres ou gravats, sur une épaisseur de 20 à 30 cm.

Les couvertures intermédiaires doivent former des couches homogènes qui restent perméables à l'air et à l'eau, et constituer des surfaces de roulement praticables pour tous les véhicules et engins.

On disposera en permanence, sur le site même de la décharge, d'une réserve de matériaux de couverture équivalente à au moins huit jours de réserve, qui permettra d'ailleurs de servir, le cas échéant, à la lutte contre l'incendie.

• La décharge contrôlée compactée nécessite la réalisation de couches de déchets de faible épaisseur fortement compactées (50 cm environ). Le jour même de la mise en place des déchets, on procédera à un léger recouvrement avec un matériau inerte. Souvent la nécessité de réaliser une couverture intermédiaire est moindre que dans une décharge traditionnelle ; en effet, le degré de compactage élevé des déchets réduit le risque de nuisances. On réalisera hebdomadairement au moins, ou plus souvent, notamment si le site n'est pas suffisamment isolé ou en période estivale, une véritable couche de couverture d'une épaisseur de 10 à 30 cm (cf. prescriptions relatives aux couvertures intermédiaires pour la décharge traditionnelle).

• La décharge contrôlée d'ordures ménagères préalablement broyées, non fermentées, nécessite la réalisation de couches de déchets de faible épaisseur (50 cm environ), de façon à obtenir une fermentation aérobie rapide. Un délai de deux mois est nécessaire avant le dépôt d'une nouvelle couche de déchets. Cette durée correspond à peu près à la durée de fermentation des ordures broyées mises en couche d'épaisseur modérée. Pendant ce délai, la circulation des véhicules est interdite sur la couche déposée. Le jour même de la mise en place des déchets, on procédera à un léger recouvrement avec un matériau inerte. La nécessité de réaliser une couverture intermédiaire est moindre que dans une décharge traditionnelle ; le fractionnement des déchets et l'aération uniforme permettant une évolution rapide réduisent le risque de nuisances. Dans certains cas, suivant la disposition des lieux, il pourra être nécessaire de prescrire la réalisation d'une couverture intermédiaire (10 à 30 cm) en période estivale (cf. prescriptions relatives aux couvertures intermédiaires pour la décharge traditionnelle).

La technique d'exploitation dite de l'avancement utilisée autrefois doit être abandonnée au profit de la technique dite du casier ou de l'alcôve. Cette technique consiste à utiliser des aires de déversement de surface limitée (aire maximum : 3 000 à 5 000 m²) réalisées par creusement du terrain naturel (exploitation en tranchées) ou par élévation (exploitation en digues). L'ensemble de la décharge est ainsi divisée en casiers comblés successivement. Cette technique, qui permet de réduire considérablement la zone en exploitation par rapport à la technique de l'avancement, est plus satisfaisante sur le plan esthétique et sur celui de la prévention des pollutions et nuisances. Elle permet en effet une meilleure maîtrise des risques d'entraînement des éléments polluants en limitant la surface totale des déchets soumise à l'infiltration des eaux. Elle permet également une lutte plus efficace contre les odeurs et les animaux nuisibles. Elle permet en outre de procéder aisément au réaménagement du site au fur et à mesure de la progression de l'exploitation.

Art. 6. - Suivi d'exploitation

Le contrôle des déchets a notamment pour objectif d'éviter que les décharges contrôlées de résidus urbains ne reçoivent des déchets industriels spéciaux.

Les contrôles qualitatifs (*de visu* et celui effectué par le poste de contrôle implanté à l'entrée des sites recevant plus de 100 t/j) permettront de s'assurer que les déchets acceptés appartiennent exclusivement à la liste des déchets autorisés, et de vérifier l'absence de déchets prohibés. La procédure liée à ce contrôle restera cependant simple et rapide.

Art. 9. - Récupération

Les déchets arrivant sur une décharge contrôlée de résidus urbains peuvent faire l'objet d'une récupération. Celle-ci est réalisée à partir d'un tri qui peut revêtir plusieurs formes :

- centre de réception, ou déchetterie, dans une zone spécialement aménagée à cet effet, de différentes catégories de déchets en vue de leur valorisation éventuelle ;
- tri de certains matériaux contenus dans les résidus urbains par une installation au-

tomatique située sur le site de la décharge, permettant leur valorisation et tant que tels ou sous forme de combustible ;

- réception et tri manuel des déchets encombrants dans une zone aménagée à cet effet.

Si l'activité de récupération ne s'effectue pas dans des conditions conformes aux règles d'hygiène et de sécurité prescrites dans l'arrêté préfectoral, l'exploitant se verra exposé aux sanctions administratives et pénales prévues dans celui-ci.

Art. 10. Nuisances

Outre l'exploitation par la technique du casier et la mise en œuvre rapide de la couche de couverture, il convient de prendre les mesures suivantes :

- la dératisation peut être effectuée soit par le personnel responsable travaillant sur la décharge, qui aura toujours à sa disposition les produits raticides nécessaires (les employés de la décharge doivent être entraînés à reconnaître les signes d'invasion des rats), soit par une entreprise spécialisée qui se charge, par contrat, d'effectuer la surveillance des décharges par tout traitement approprié. L'inspecteur des installations classées pourra demander les factures afférentes à ces opérations ;

- la lutte contre les insectes, notamment pendant la saison chaude, se fera par l'utilisation d'un insecticide autorisé sous forme pulvérulente ou liquide. L'exploitant choisira l'insecticide et on limitera son utilisation à certaines périodes (canicule, présence excessive d'insectes...), en raison des risques présentés par les produits utilisés au regard de la pollution des eaux ;

- la lutte contre la prolifération des oiseaux devra faire l'objet d'un soin particulier, spécialement dans les zones présentant des risques aviaires. Outre les risques de collisions avec les aéronefs que peuvent entraîner les populations d'oiseaux présentes sur les décharges (mouettes, gélants, milans...), celles-ci peuvent être notamment à l'origine d'un déséquilibre de l'avifaune et de dommages agricoles. Une technique qui semble efficace consiste à disposer un filet au-dessus de la zone d'exploitation. D'autres techniques, qui ont donné des résultats variables, peuvent être également utilisées seules ou combinées : méthodes chimiques (utilisation de répulsifs tactiles ou gustatifs, de toxiques ou de chimiostrilissants) ou méthodes pyrotechniques, fauconnerie, éfarouchement à la lumière, couverture des déchets par une mousse artificielle...).

Art. 11. - Odeurs

Les odeurs susceptibles d'être dégagées par les décharges d'ordures ménagères ont trois sources :

- les odeurs générées par les déchets lors de leur arrivée sur le site ;
- les odeurs dues à la fermentation aérobie des ordures qui génère un gaz contenant surtout de l'ammoniac (NH₃) et du gaz carbonique (CO₂) ;
- les odeurs dues à la fermentation anaérobie des ordures qui génère un gaz appelé biogaz, contenant surtout du méthane (CH₄), du gaz carbonique (CO₂), de l'hydrogène sulfuré (H₂S), des acides gras et des mercaptans.

Pour lutter contre ces différentes odeurs, la première opération consiste à mettre en œuvre rapidement l'épandage de la couverture, mesure que l'on pourra compléter par le recours à des absorbants physiques et chimiques, le cas échéant. Mais sur les décharges compactées, ces dispositions sont insuffisantes en raison de la faible densité du méthane, le méthane, gaz plus léger que l'air, véhicule hors de la décharge les gaz malodorants. Si l'exhalaison et la dispersion du méthane se réalisent facilement et sans nuisance majeure dans les décharges traditionnelles, il en est autrement pour les décharges fortement compactées ou de grande profondeur, dans lesquelles le processus de fermentation anaérobie est prépondérant. Il est alors nécessaire de collecter et d'éliminer - ou de valoriser - le biogaz (cf. art. 13).

Art. 12. - Eaux de percolation

Les puits d'observation ont pour but de contrôler régulièrement la hauteur d'eau en fond de décharge. Il faut en effet éviter les accumulations d'eau qui peuvent intensifier les fermentations anaérobies, s'accompagnant de dégagements gazeux nauséabonds et qui rendent l'exploitation et les déplacements d'engins difficiles; ces accumulations risquent également de conduire à des charges hydrostatiques importantes pouvant modifier les caractéristiques de perméabilité des sites.

Au-delà de la limite de 1 m prévue à l'article 12, il sera nécessaire de pomper les eaux de percolation. Dans certains cas limités (peu d'effluents, conditions climatiques favorables...), on pourra recourir à la technique de la réaspersion sur la zone en exploitation en veillant à utiliser un dispositif évitant la formation d'aérosols. Mais le plus souvent on devra procéder à un traitement des effluents pompés. On procédera à une gestion du flux polluant (cf. annexe III).

Art. 13. - Gaz

Dans les décharges contrôlées compactées, la collecte des gaz sera réalisée au moyen de drains verticaux montés au fur et à mesure de l'exploitation ou par des drains horizontaux enfouis dans la masse des déchets.

Il convient d'éviter de faire communiquer deux puits qui ne sont pas en contact avec des déchets en fermentation anaérobie (danger d'explosion). Dès que la composition des gaz dans chaque drain le permettra, les différents puits seront reliés entre eux et le biogaz sera évacué à l'extérieur de la décharge.

Le biogaz capté sera ensuite soit éliminé par brûlage en chambre de combustion ou dans une torchère à rallumage automatique, soit, de préférence, valorisé par tout moyen adéquat.

Dans le cas où le biogaz serait utilisé à l'extérieur de la décharge, l'exploitant s'assurera que l'installation le recevant est autorisée à l'utiliser.

Les décharges traditionnelles et même les décharges broyées peuvent être le siège de réactions anaérobies du fait de tassements résiduels. Ces décharges, en cours d'exploitation ou dont l'exploitation est terminée, peuvent alors émettre des gaz malodorants véhiculés par le méthane. Dans ce cas, afin de supprimer les nuisances, le drainage des gaz peut être effectué par des tubes perforés

introduits dans les déchets par forage. Il est nécessaire de réaliser un puits d'essai, indispensable pour apprécier le débit journalier des gaz ainsi que leur composition. Diverses précautions seront prises pour que la récupération s'effectue dans les conditions optimales de sécurité :

- comblement des fissures pouvant se former dans la couche de couverture du dépôt ;
- vérification de l'état des conduites et de la composition du gaz pour prévenir les risques d'explosion ;
- évacuation des eaux de condensation aux points bas du réseau de collecte.

**TITRE IV
AUTOSURVEILLANCE**

Art. 14. - Eaux souterraines

La qualité initiale des eaux souterraines sera fournie par une campagne d'analyses, préalable à la mise en dépôt de tout déchet. Les analyses doivent au minimum porter sur les paramètres suivants :

- analyse physico-chimique :
 - pH ;
 - potentiel d'oxydo-réduction ;
 - résistivité ;
 - principaux anions et cations : NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} ;
 - métaux lourds : Hg, Cd, Cr, Zn, Cu, Pb ;
 - fer ;
- analyse bio-chimique :
 - DBOS ;
 - DCO ;
- analyse bactériologique :
 - coliformes fécaux ;
 - coliformes totaux ;
 - streptocoques fécaux ;
 - présence de salmonelles.

Toutefois, en cas de besoin, le dosage d'autres paramètres tels que cyanures, hydrocarbures totaux, phénols, tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, pesticides organochlorés... pourra être demandé par l'inspection des installations classées si les conditions locales le justifient.

Les analyses réalisées dans le cadre de l'autosurveillance de la qualité des eaux souterraines pourront être semestrielles. Elles comprendront au moins les paramètres suivants :

- analyse physico-chimique :
 - pH ;
 - potentiel d'oxydo-réduction ;
 - résistivité ;
 - métaux lourds totaux ;
 - fer ;
- analyse bio-chimique :
 - (DBOS et DCO) ou COT.

Toutefois, à titre indicatif, une analyse bactériologique et le dosage de certains anions et cations pourront être demandés et, en cas de besoin, d'autres paramètres tels que cyanures, hydrocarbures totaux, phénols, tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, pesticides organochlorés... si les conditions locales le justifient.

Bien entendu on tiendra compte avant tout, lors de l'établissement de ce programme

d'analyse, des caractéristiques du site, imperméable ou semi-perméable, et des conditions locales : par exemple vulnérabilité du site, volume et nature des déchets, variations climatiques et hydrogéologiques, qualité initiale des eaux, présence ou non de sources ou captage d'eau potables. De plus, un tel programme pourra et devra, même dans certains cas (par exemple suite à des incidents ou accidents sur la décharge ou à des conditions climatiques exceptionnelles), être complété par des prélèvements et analyses de contrôles non programmés.

Art. 15. - Eaux superficielles

Les analyses réalisées dans le cadre de l'autosurveillance de la qualité des eaux souterraines et superficielles pourront être semestrielles et comprendront la mesure du pH et de la DCO au minimum. Ces paramètres devront être complétés en cas d'anomalies constatées.

Art. 17. - Bilan hydrique

Les principaux termes du bilan hydrique (pluviométrie, relevé de la hauteur d'eau dans les puits, quantités d'effluents rejetées) seront contrôlés en cours d'exploitation. Ils permettront de procéder à une véritable gestion du flux polluant et de réviser dans un sens ou dans l'autre les aménagements du site (à cet effet, on pourra se reporter à l'annexe III).

**TITRE V
PRÉVENTION DES ACCIDENTS**

Art. 18. - Incendi :

Parmi les mesures de prévention contre l'incendie sur les décharges contrôlées, on peut citer :

- l'interdiction d'admission sur la décharge de déchets non refroidis, explosifs ou susceptibles de s'enflammer spontanément (pour mémoire) ;
- le refus d'admission sur la décharge de déchets volumineux ne pouvant pas être réduits par écrasement (formation de poches de gaz) ;
- l'exploitation de la décharge en casiers et la mise en œuvre de la couverture au fur et à mesure des apports de déchets ;
- la réalisation d'un réseau de collecte des gaz de fermentation (sur les décharges compactées) ;
- le débroussaillage sur une largeur de 3 m au-delà de la clôture de la décharge.

Parmi les mesures curatives, on peut préciser selon les cas :

- l'utilisation de matériaux de couverture, l'utilisation d'eau sous pression (réserve d'eau interne ou raccordement à une bouche d'incendie) ou l'utilisation, de poudres polyvalentes pour les incendies de surface ou les feux de broussailles ;
- pour les incendies en profondeur, la projection d'eau est inopérante. D'autres moyens doivent être mis en œuvre. L'un de ceux-ci consiste à extirper la masse en feu si c'est possible et à la répartir sur une zone saine ; on éteint alors en écrasant et en re-

couvrant avec des matériaux de couverture, ou en utilisant des poudres polyvalentes. Une autre méthode consiste à isoler la zone en feu par des tranchées coupe-feu pour obtenir l'extinction naturelle ; dans ce cas, il est nécessaire de faire attention à la présence éventuelle de méthane :

- pour lutter contre les feux de broussailles.

Des consignes particulières d'incendie seront établies et le personnel en sera informé. Elles seront affichées, ainsi que les numéros de téléphone et l'adresse du poste de sapeurs-pompiers le plus proche, près de l'accès à la décharge et dans le local de gardiennage s'il existe. En l'absence de gardiennage, ces indications seront complétées par la mention du poste téléphonique le plus proche (le plan du secteur y sera joint).

Art. 20. - Mesures à prendre

L'étude des dangers établie lors de la procédure d'autorisation permettra de fixer certaines dispositions d'intervention applicables en cas d'accident (cf. 2.2.3).

TITRE VI

**AMÉNAGEMENT FINAL
ET PÉRIODE POST-EXPLOITATION**

Art. 21. - Aménagement final

Une fois l'exploitation achevée, la décharge contrôlée doit être intégrée dans son milieu naturel. Le réaménagement des parcelles remblayées se fera au fur et à mesure de l'exploitation de la décharge. En l'état actuel des réalisations et des expérimentations, le reverdissement (ou végétalisation) reste la principale solution de réaménagement.

Le réaménagement constitue un poste de dépenses important surtout les dernières années de l'utilisation du site. A titre d'exemple, certains exploitants constituent une provision financière à partir du prix du traitement, pour permettre un réaménagement ultérieur dans de bonnes conditions.

Le réaménagement de la décharge devra être réalisé de façon à limiter les infiltrations d'eau ultérieures. A titre d'exemple, on peut préconiser les dispositions suivantes pour obtenir une couverture finale efficace, de haut en bas :

- terre végétale provenant éventuellement du décapage initial du site et plantée pour favoriser l'évapotranspiration ;
- couche d'enrochement grossier, jouant le rôle de barrière aux rongeurs et racines ;
- couche imperméable compactée (coefficient de perméabilité inférieur à 10 m/s), jouant le rôle de barrière à l'eau ;
- éventuellement couche préalable de graviers et de sable, jouant le rôle de couche de forme et de barrière capillaire ;
- couche finale de déchets, dont la pente devra être réglée à la pente de la couverture finale.

La nature et le profil donnés à la couverture finale (3 %) limiteront ainsi l'infiltration et favoriseront le ruissellement.

Art. 22. - Période post-exploitation

Aucune limite de durée sur ces prescriptions ne devra être fixée *a priori*. Toutefois, les contrôles pourront être provisoirement allégés dans leur contenu ou leur fréquence si les résultats le justifient. Ces contrôles pourront cesser dès que les résultats auront apporté la preuve qu'il est inutile de les poursuivre. Un arrêté complémentaire officialisera cette décision.

Art. 23. - Usage ultérieur du site

Il semble utile que la ou les parcelles concernées soient indiquées dans le Plan d'Occupation des Sols.

ANNEXES (1)

Annexe I. - Évaluation d'un site.

Annexe II. - Contenu de l'étude d'impact.

Annexe III. - Gestion et contrôle du flux polluant.

ANNEXE 1 : EVALUATION D'UN SITE

1 - RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

L'évaluation de l'aptitude d'un site à recevoir des déchets se fera en différentes phases successives permettant d'écarter, le cas échéant, un site à l'issue de l'analyse de chaque phase.

Cette évaluation comportera les phases suivantes :

- 1/ Analyse détaillée des documents permettant de fournir les premières données géologiques, hydrogéologiques, topographiques (cartes, photo-aériennes,...).
- 2/ Visite de terrain permettant de confirmer et préciser les données recueillies en phase 1 :
 - . sur la nature du terrain, par une reconnaissance géologique rapide,
 - . sur la topographie,
 - . sur l'hydrogéologie : repérages de venue d'eau souterraine, sources, proximité de captage d'eau, puits, etc...

Dès cette phase, des échantillons de sol pourront être prélevés pour déterminer, d'une part la minéralogie du terrain, d'autre part sa granulométrie et son pourcentage d'argile, ce qui permettra d'avoir une première idée de sa perméabilité.

- 3/ Prospection géophysique pour s'assurer de l'homogénéité du terrain en surface (méthode magnétotellurique artificielle, par exemple), et en profondeur (méthodes électriques, sismiques, etc...). On s'assurera également de la stabilité géotechnique.
- 4/ Reconnaissance du sol à la pelle mécanique par tranchée sur une profondeur de cinq mètres. Comme en phase 2, des échantillons pourront être collectés à différentes profondeurs.

Des mesures in situ du coefficient de perméabilité K_s , pour une teneur en eau correspondant à la saturation, seront effectuées à différentes profondeurs. Dans l'attente de l'élaboration d'une méthode de mesure de perméabilité in situ adaptée aux nécessités d'un sol argileux, la méthode des doubles anneaux est recommandée. La perméabilité des flancs, dans le cas d'une carrière par exemple, devra être également mesurée.

Le nombre et la localisation des mesures de perméabilité en surface et en profondeur doivent être étudiés en vue d'obtenir un résultat final le plus représentatif de la totalité du site. Les zones d'"anomalies" mises en évidence lors de la phase 3 seront particulièrement étudiées.

Les tranchées ainsi effectuées pourront être utilisées pour mettre en place des réseaux de surveillance.

Les tranchées devront être rebouchées de façon à ne pas constituer une zone préférentielle d'infiltration des eaux : emploi de matériau imperméable, compactage...

5/ Sondage de reconnaissance :

Le nombre de sondage de reconnaissance sur le site dépendra de l'homogénéité estimée par l'investigation géophysique réalisée en phase 3. Un minimum de quatre sondages devra être exigé. Ces sondages de reconnaissance devront aller jusqu'à la première nappe aquifère sous-jacente ou, s'il n'y en a pas, au moins jusqu'à 30 m pour s'en assurer.

Outre les diagraphies dans ces sondages, des analyses de laboratoire seront effectuées sur des échantillons à différentes profondeurs :

- . Analyse des principaux paramètres géotechniques : granulométrie, sédimentométrie, densité en place, indice de plasticité ;
- . Analyse minéralogique détaillée des constituants du sol et plus particulièrement de la fraction argileuse (pourcentage de montmorillonite, illite, kaolinite et de quartz) ; détermination de la teneur en calcaire totale.

Les sondages sur le site ou ses flancs devront être rebouchés de façon à ne pas constituer un point préférentiel d'infiltration des eaux (matériau étanche).

6/ Examen hydrologique et hydrogéologique permettant de préciser d'une part la situation par rapport au réseau hydrographique local, étendue du bassin versant, estimation du ruissellement potentiel sur le site et des précautions à prendre pour limiter l'apport d'eaux superficielles ; et d'autre part, la profondeur de la nappe sous-jacente, sa direction d'écoulement et son utilisation.

2 - BILAN HYDRIQUE D'UN SITE DE CLASSE II

Sur certains sites, il peut apparaître en fond de décharge un certain volume d'effluents contaminés par les déchets qu'il faut collecter et, le cas échéant, traiter avant rejet dans le milieu naturel. Il est donc indispensable de connaître les paramètres permettant de prévoir le bilan hydrique avant la mise en exploitation du site. Le bilan hydrique annuel d'une décharge peut être formulé ainsi :

$$E = P - ED - ETR - Perc \quad S \quad R$$

ou

- E * volume d'effluents recueillis sur le site,
- P * volume des précipitations
- ED * volume d'eau et d'effluents apportés par les déchets
- ETR * pertes d'eaux dues à l'évaporation réelle à la surface de la décharge et des bassins de stockage. Dans le cas d'alvéoles terminées et revégétalisées, le phénomène d'évapotranspiration peut entrer en ligne de compte
- S * variation du stock d'eau des déchets
- Perc * volume des effluents percolant à travers le sol
- R * volume d'eaux perdues ou amenées sur le site par ruissellement

Si le bilan hydrique d'un site de classe II doit être contrôlé périodiquement lorsque la décharge est en cours d'exploitation, l'étude d'impact devra déterminer avec précision les paramètres de ce bilan qui ne dépendent pas des déchets, le volume des eaux de pluie compte tenu des conditions climatiques, l'évaporation de surface, les arrivées d'eaux sur le site provenant de sources ou de ruissellement...

Ces paramètres devront permettre de mieux définir :

- les aménagements et les modes d'exploitation permettant de réduire les arrivées d'eau sur la zone du site en exploitation,
- la taille des bassins de stockage des effluents et le cas échéant, les modalités de leur élimination.

ANNEXE II : CONTENU DE L'ETUDE D'IMPACT

L'article 2 de la loi du 10 juillet 1976 ordonne les études d'impact selon quatre chapitres, précisés par le décret d'application du 12 octobre 1977 :

- 1° Une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, affectés par les aménagements ou ouvrages
- 2° Une analyse des effets sur l'environnement, et en particulier sur les sites et paysages, la faune et la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques et, le cas échéant, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses), ou sur l'hygiène et la salubrité publique
- 3° Les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations d'environnement, parmi les partis envisagés, le projet présenté a été retenu
- 4° Les mesures envisagées par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

L'étude d'impact sur l'environnement d'un projet consiste en une série d'allers et retours entre l'analyse de l'état initial de l'environnement et la prévision des effets, avec modifications éventuelles des caractéristiques du projet.

1 - L'état initial

L'étude de l'état initial devra réaliser une photographie du site avant tout dépôt de déchets. Elle doit se faire conformément au tableau ci-après qui en indique le contenu minimal.

Récapitulatif état initial

Rubriques	Contenu minimal
<i>Géologie Lithologie</i>	<ul style="list-style-type: none">— Note géologique caractérisant les terrains encaissants jusqu'au principal réservoir aquifère.— Carte géologique schématique situant le projet.— Coupe(s) lithostratigraphique(s) en travers du site.
<i>Hydrogéologie</i>	<ul style="list-style-type: none">— Note hydrogéologique concluant sur la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution.— Carte hydrogéologique du secteur concerné.
<i>Hydrologie</i>	<ul style="list-style-type: none">— Note hydrologique précisant la quantité, la qualité et les utilisations des eaux de surface.— Carte du réseau hydrographique.— Résumé des données météorologiques.
<i>Aménagement</i>	<ul style="list-style-type: none">— Carte de situation du site dans son contexte d'habitat et d'économie.
<i>Paysage</i>	<ul style="list-style-type: none">— Description du contexte (topographie et occupation de l'espace).— Profil(s) en travers du site et de son environnement.
<i>Faune, flore</i>	<ul style="list-style-type: none">— Description de la faune et de la flore naturelles locales.
<i>Bruit, qualité de l'air</i>	<ul style="list-style-type: none">— Inventaire des sources de nuisances locales éventuelles (bruit, odeurs, pollution atmosphérique).
<i>Circulation</i>	<ul style="list-style-type: none">— Carte du réseau de voies de communication autour du site.— Inventaire des interdictions ou difficultés de circulation de poids lourds.

2 - Les effets du projet sur l'environnement et les mesures compensatoire

L'étude des effets du projet sur l'environnement devra cerner l'impact réel en fonction des conditions d'exploitation prévues.

L'étude des mesures compensatoires devra proposer les remèdes aux effets possibles ou prévus sur l'environnement.

Ces deux études doivent se faire conformément au tableau suivant qui en indique le contenu minimal.

Effets sur l'environnement et mesures compensatoires

Impact sur	Effets possibles	Contrôle, prévention mesures compensatoires	Résultat des mesures compensatoires	Ce que vous devez faire Ce que vous devez fournir	*
Eaux de surface	Pollution des eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> • contrôles de débit et de qualité des eaux superficielles ; • drainage et collecte des effluents et traitement éventuel ; • dérivation éventuelle ou busage d'un ruisseau • drainage des eaux de ruissellement autour du site ; • surélévation en remblai en fond de décharge (pour les zones humides). 	Limitation de la pollution.	Reprendre la carte hydrologique établie pour l'état initial et situer les drainages effectués sur le site.	S
Eaux souterraines	Production d'effluents lessivés	<ul style="list-style-type: none"> • couverture imperméable du dépôt ; • limitation du front de décharge ; • modelage du dépôt avec pentes ; • drainage des eaux de ruissellement autour du site ; • drainage des effluents en fond de décharge ; • analyses et contrôle des débits d'effluents ; • selon le débit et la qualité des effluents : <ul style="list-style-type: none"> • aspersion sur la décharge ; • traitement ; • raccordement au réseau d'assainissement ; • rejet en milieu naturel . 	Drainage et dépollution des lessivés	Donner un plan détaillé des aménagements prévus sur le site pour surveiller et drainer les lessivés. Décrire les mesures adoptées pour l'acceptation des résidus : <ul style="list-style-type: none"> • identification, analyses ; • procédure, contrôles à la livraison. 	S
	Infiltration de ces lessivés dans le sous sol et pollution des eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> • imperméabilisation du fond de décharge ; • contrôle de la qualité de l'eau par moyen de piézomètres à l'aval de la décharge pendant et après l'exploitation ; • possibilité de récupérer les eaux polluées par pompage dans la nappe (puits ou tranchées) ; • possibilités soit de jeter ces eaux dans le réseau de surface, soit de les traiter 	Prévention de la pollution des eaux souterraines.	Reprendre la carte hydrogéologique établie pour l'état initial et porter le positionnement des piézomètres, puits ou tranchées. Indiquer les fréquences des contrôles pendant et après l'exploitation	S
Morphologie du site et stabilité des terrains	Risques de glissement et d'éboulement	<ul style="list-style-type: none"> • nettoyage des loupes de glissement ; • déroctage des fronts de taille (carrière) ; • nivellement des pentes fortes ; • drainage des zones humides ; • boisement des versants. 	Prévention des accidents de terrain.	Etablir une note et des croquis expliquant les mesures prises.	S
	Risques de tassement sur la décharge.	<ul style="list-style-type: none"> • surveillance des tassements avec témoins ; • recompactage des ordures ; • rechargement et profilage des zones tassées ou affaissées ; • remodelage des pentes 			
	Risques d'érosion de la couverture	<ul style="list-style-type: none"> • drainage des eaux en surface du dépôt ; • et surtout engazonnement et mise en végétation rapide du dépôt. 			

Effets sur l'environnement et mesures compensatoires

Impact sur	Effets possibles	Contrôle, prévention mesures compensatoires	Résultat des mesures compensatoires	Ce que vous devez faire Ce que vous devez fournir	*
Sol, paysage	<ul style="list-style-type: none"> visibilité d'un « chantier permanent » ; rupture du rythme du paysage local par les formes, les couleurs ; 	Aménagement : <ul style="list-style-type: none"> levées de terre périphériques ; création d'écrans visuels par plantations ; exploitations par alvéoles de taille réduite ; réaménagement des alvéoles terminées Réhabilitation du site	Diminution de la visibilité du site depuis les points ou zones de visibilité extérieure.	<ul style="list-style-type: none"> Tracer un plan du site et des aménagements prévus ; reprendre la carte de visibilité du site établie pour l'état initial et le modifier quant aux conséquences des aménagements prévus ; 	G
	<ul style="list-style-type: none"> modification d'un profil antérieur 	<ul style="list-style-type: none"> retour au profil naturel du site ou à un autre profil appréciable ; réaménagement des terrains avec traitement paysager. 	Réhabilitation du site.	<ul style="list-style-type: none"> reprendre les profils établis pour l'état initial et les compléter avec la prévision du profil final ; proposer le réaménagement final du site. 	
Airs, odeurs, bruits	<ul style="list-style-type: none"> éparpillement de déchets légers dans le site et autour ; 	<ul style="list-style-type: none"> écrans grillagés en pourtour du périmètre exploité, et en front de décharge, nettoyés régulièrement ; 	Suppression des risques d'éparpillement des déchets légers.	<p>Rappeler les méthodes d'exploitation utilisées avec description détaillée de l'avancement des alvéoles ;</p> <ul style="list-style-type: none"> leur taille, leur épaisseur ; l'épaisseur des terres de couvertures (cf. notice technique), <p>ainsi que les aménagements prévus, avant, pendant et après l'exploitation.</p>	G
	<ul style="list-style-type: none"> dégagement d'odeurs nauséabondes émission de gaz (CH₄, SO₂...) 	<ul style="list-style-type: none"> recouvrement immédiat, journalier des déchets ; prélèvement et analyses de ces gaz ; écrans argileux et imperviables ; drainages de ces gaz vers la surface (tranchées, tuyaux perforés, puits d'aération) 	Diminution ou suppression des odeurs.		
	<ul style="list-style-type: none"> augmentation du niveau de bruit local 	<ul style="list-style-type: none"> insonorisation des engins de chantier (arrêté ministériel 5 mai 1975). 	Diminution des nuisances sonores.	<ul style="list-style-type: none"> niveau acoustique des engins de chantier. 	
Circulation	<ul style="list-style-type: none"> poussières, bruit, vibration, envoi de déchets légers sur les itinéraires d'accès à la décharge ; 	<ul style="list-style-type: none"> utilisation de filets, nettoyage des camions, utilisation de containers ; 	Diminution des nuisances de salissement.	<ul style="list-style-type: none"> reprendre la carte de circulation établie à l'état initial et situer les itinéraires utilisés ; 	R
	<ul style="list-style-type: none"> augmentation de trafic en zones saturées ; dégradation de voiries. 	<ul style="list-style-type: none"> choix des itinéraires et des horaires de passage, en particulier pour les agglomérations. 	Adaptation aux contraintes locales de circulation.	<ul style="list-style-type: none"> donner des indications de trafic journalier ; décrire les mesures particulières envisagées ; horaires d'approvisionnement ; propreté des camions. niveau acoustique des engins d'approvisionnement (camions...). 	

* G pour généralistes

Effets sur l'environnement et mesures compensatoires

Impact sur	Effets possibles	Contrôle, prévention mesures compensatoires	Résultat des mesures compensatoires	Ce que vous devez faire Ce que vous devez fournir	* G ou S
	<ul style="list-style-type: none"> · prolifération de rongeurs (rats, campagnols, rats musqués), d'oiseaux (corbeaux, corneilles, heur, rapaces, mouettes et guillemots) et d'insectes 	<ul style="list-style-type: none"> · contrôle de l'exploitation et, le cas échéant, emploi de répulsifs et d'allotants pour les oiseaux, dès le début de l'exploitation; · contrôles périodiques de la faune, notamment dans les eaux afin d'éviter la prolifération de certaines espèces (exemple moustiques dans eaux de drainage) 	<ul style="list-style-type: none"> · Suppression des rongeurs et insectes. 	<ul style="list-style-type: none"> · Etablir une note relative aux mesures prévues dans le projet. 	G ou S
Faune, flore	<ul style="list-style-type: none"> · attraction des renards, sangliers et chevreuils · disparition de la flore naturelle, effets sur les lisières en particulier pour les arbres sensibles tels que hêtres et résineux. · prolifération d'espèces strictement aux décharnés, notamment les espèces autrochtones: juncus, Bardanus, armoises, ranunculus, Rudieria, phytolacca, oirnos et sureaux 	<ul style="list-style-type: none"> · doublage de la base des clôtures avec grillage métallique à maille fine. · renforcement des lisières par des jeunes plants identiques aux arbres préexistants, ou à poussu plus rapide; · remise en végétation après exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> · protection de la faune. · protection de la flore avoisinante · Reconstitution d'une flore. 	<ul style="list-style-type: none"> · Etablir une note descriptive détaillée du réaménagement prévu: qualité des terres, espèces replantées. 	

* S pour spécialistes

G pour généralistes

3 - Les raisons du choix

Le tableau ci-dessous a valeur d'exemple pour justifier le choix du projet.

Raisons du choix

Choix possibles		Exemples d'argumentation
Choix du site	Géologie	<ul style="list-style-type: none"> - qualité de ce projet par rapport à d'autres sites potentiels ; - avantages géologiques présentés par le site ; - nature favorable du substratum ; - absence de ressources minérales exploitables ; - absence de gisements géologiques classés ou intéressants ; - présence de matériaux adéquats pour la couverture de la décharge.
	Hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> - bonne protection naturelle des aquifères contre les risques de pollution ; - distance suffisante et position favorable par rapport aux captages et sources captées (situation éloignée des périmètres de protection) ; - facilités de contrôle (prélèvements, analyses) de la qualité des eaux.
	Hydrologie	<ul style="list-style-type: none"> - situation, topographie et morphologie des lieux offrant de bonnes garanties contre la pollution des eaux de surface (ruissellement faible, drainage facile) ; - respect des distances réglementaires par rapport aux cours d'eau, étangs et rivières, etc. - bonne capacité de dilution (débit important) des cours d'eau ; - absence d'activité piscicole ou aquatique (ex : baignades) ; - facilité de mise en œuvre de moyens de prévention et de contrôle de la pollution éventuelle
	Capacité	<ul style="list-style-type: none"> - capacité du site compatible avec les besoins.
	Accessibilité	<ul style="list-style-type: none"> - desserte voirie existante ; - possibilité d'éviter les traversées d'agglomération.
	Paysage, aménagement, Milieux naturels	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité appréciable de réaménagement d'un site ; - reconstitution d'un profil naturel ; - réhabilitation du site en forêt, cultures, espaces du loisir, terrains de sport...
Choix du type d'exploitation		<ul style="list-style-type: none"> - technique éprouvée avant donné satisfaction (fournir références) ; - technique appropriée au site ou aux déchets

ANNEXE 12

Extrait du Code Permanent Environnement et Nuisances

République Française

- . **Instruction Technique du 22 Janvier 1980
pour la mise en décharge des déchets industriels.**
- . **Circulaire du 16 Octobre 1984 relative à la mise
en décharge de déchets industriels.**

INSTRUCTION TECHNIQUE DU 22 JANVIER 1980

pour la mise en décharge
des déchets industriels
(J.O.N.C. du 21 février 1980)

Les industriels producteurs de déchets et les autorités administratives sont souvent embarrassés lorsqu'ils ont à choisir (pour les premiers) ou à autoriser (pour les seconds) une solution techniquement et économiquement acceptable pour éliminer certains déchets. Ils sont en particulier fréquemment conduits à examiner s'il est possible de mettre ces déchets en décharge moyennant certaines précautions ou s'ils présentent un caractère nocif tel qu'il est nécessaire de leur faire subir un traitement approprié.

La présente circulaire a pour objet de préciser dans quel cas il est possible d'éviter des traitements coûteux, notamment en énergie, ou générateurs de nouvelles pollutions (atmosphériques par exemple) en procédant à une mise en décharge contrôlée; elle complète donc, pour les déchets industriels, les dispositions proposées pour les résidus urbains par la circulaire du 9 mars 1973.

Les déchets industriels peuvent être schématiquement classés en deux groupes :

Déchets industriels « banals », pouvant être traités avec les ordures ménagères et dans les mêmes conditions. Ils peuvent ainsi être mis dans les décharges autorisées pour les résidus urbains. Cependant, il y a lieu d'éviter la multiplication des décharges sur le territoire. Par ailleurs, afin de permettre de meilleures conditions d'exploitation et un meilleur contrôle des déchets entrants, il est nécessaire que les décharges aient une capacité suffisante.

Il est donc souhaitable, dans la mesure du possible, de rechercher et (ou) d'autoriser, dans chaque région, un nombre limité de sites capables de recevoir simultanément les résidus urbains et les déchets de l'industrie qui leur sont assimilables. Ces sites devraient recevoir environ 30 000 tonnes par an de déchets.

Déchets industriels « spéciaux » tels qu'ils sont définis dans le décret du 19 août 1977, pris en application de l'article 8 de la loi du 15 juillet 1975, pouvant être à l'origine d'atteintes particulières pour l'environnement. Certains d'entre eux peuvent être mis en décharges moyennant un certain nombre d'obligations concernant notamment les modalités d'exploitation à imposer, le contrôle des déchets entrants, la surveillance à long terme. Dans l'immédiat, il est nécessaire d'ouvrir au moins une décharge par région apte à recevoir certains déchets industriels spéciaux, ainsi que les ordures ménagères et les déchets industriels banals utiles à la conduite de l'exploitation de la décharge. Dans certains cas, compte tenu des conditions locales, il pourra être nécessaire de prévoir deux ou trois sites ou même davantage dans les régions très industrialisées. Conçues comme des installations de traitement collectif, ces décharges devront, le cas échéant, être soumises à agrément. En attendant la publication du décret relatif aux conditions d'agrément des installations d'élimination des déchets industriels spéciaux prévues à l'article 9 de la loi du 15 juillet 1975, la direction de la prévention des pollutions devra être consultée avant toute délivrance d'autorisation.

I. CHOIX DU SITE

Un site favorable, apte à recevoir une gamme étendue de déchets spéciaux, constitue l'élément fondamental pour une décharge de déchets industriels. Ce choix est évidemment fonction des déchets concernés, mais doit également prendre en compte un certain nombre de paramètres concernant le site, dont il convient d'établir la liste et de préciser l'importance relative. L'annexe n° 1 détaille et hiérarchise les différents paramètres qui doivent être pris en considération dans le choix du site.

L'approche proposée s'appuie sur des expériences menées en France et dans divers pays étrangers. Elle permet de classer les sites en quelques catégories et de leur associer une gamme de déchets admissibles ou à exclure en fonction de leur quantité, de leur solubilité, de leur toxicité, de leur concentration, etc. Il est possible de considérer trois types de sites, en fonction des propriétés de perméabilité de la couche géologique située immédiatement sous le fond de décharge :

1° Les sites imperméables qui assurent un confinement convenable de déchets et des lessivats et qui doivent en particulier pouvoir accueillir certains déchets spéciaux.

2° Les sites semi-perméables qui assurent une migration lente du lessivat à travers une zone non saturée d'épaisseur suffisante, et qui pourront principalement recevoir les déchets industriels assimilables aux ordures ménagères.

3° Les sites perméables qui permettent une migration rapide du lessivat, et qui devront être écartés pour les déchets industriels.

Dans la pratique, ces classes ne peuvent être définies de façon aussi tranchée. Néanmoins, une telle classification générale constitue un guide utile, si elle est correctement utilisée.

II. - ADMISSIBILITÉ DES DÉCHETS SPÉCIAUX

Les arrêtés d'autorisation, pris en application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, des décharges pour déchets spéciaux devront comporter une liste des déchets interdits sur le site (liste négative) et une liste limitative des déchets pouvant être admis (liste positive). Le cas échéant, les arrêtés pourront prescrire un conditionnement préalable (cas des déchets pulvérulents notamment). Compte tenu de la difficulté à définir certains types de déchets, les arrêtés pourront également faire référence à l'origine du déchet. Bien évidemment, les listes qui figureront dans l'arrêté d'autorisation devront tenir compte de la nature précise du déchet, des quantités en cause, et des caractéristiques précises du site. Par ailleurs, l'arrêté prévoira une clause précisant que tout déchet non mentionné dans l'une de ces deux listes fera l'objet d'un accord délivré au « coup par coup » par la direction interdépartementale de l'industrie. Ces listes devront être mises à jour annuellement par arrêté complémentaire pris dans les formes prévues à l'article 18 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 en fonction notamment des résultats des recherches qui sont ou pourront être menées et des contrôles effectués sur le site.

Afin de vous aider à élaborer les arrêtés d'autorisation, vous trouverez en annexe II

la liste des déchets devant être refusés sur les différents types de sites

Dans les sites dits de classe 1, les déchets liquides ou les boues à teneur en extrait sec inférieur à 15 % ne pourront être autorisés que dans les conditions compatibles avec le bilan hydrique sur le site

Dans les sites de classe 2, il paraît possible d'admettre des boues, ou à la rigueur des liquides en se limitant à des produits organiques susceptibles de se dégrader, et en les mélangeant en petite proportion à des déchets solides. Les solutions minérales toxiques doivent être interdites, comme l'indique l'annexe II. Cependant, des quantités limitées de boues minérales (notamment boues d'hydroxydes métalliques) pourront, le cas échéant, être admises.

III. - AMENAGEMENTS EXPLOITATION, CONTRÔLE

Il appartient à l'inspection des installations classées, en liaison avec le service de police des eaux, de définir avec précision, en tenant compte des différents facteurs évoqués précédemment, les aménagements à prévoir, les règles d'exploitation à imposer et les moyens de contrôle à mettre en place. L'annexe III détaille les divers aspects de ce problème.

Les aménagements préconisés par la circulaire du 9 mars 1973 (J.O. du 7 avril), relative aux décharges contrôlées de résidus urbains doivent bien évidemment être également imposés aux décharges de déchets industriels. Afin d'assurer un contrôle des quantités et de la nature des déchets apportés, un poste de contrôle devra être implanté à l'entrée de la décharge et être équipé en moyens d'analyses appropriés. Une attention particulière sera portée aux aménagements relatifs à la prévention de la pollution des eaux. Enfin, l'aménagement final de la décharge, nécessaire aussi bien pour limiter les infiltrations que pour permettre la réinsertion de la décharge dans son cadre, devra être prévu dès l'origine de façon précise.

Les contrôles à prévoir sont de deux ordres :

- contrôle de la quantité et de la nature des déchets entrants. Il impose de soumettre la mise en décharge de déchets spéciaux à un système de déclaration, tel que cela est prévu en application du décret n° 77-974 du 19 août 1977 (J.O. du 28). Pour tous les types de déchets, un contrôle de laboratoire et visuel devra permettre de vérifier que le déchet est bien « admissible ». En outre, des analyses inopinées devront avoir lieu, à l'initiative du service chargé du contrôle des installations classées et aux frais de l'exploitant ;

- contrôle de l'évolution de la décharge et de la qualité des eaux. La mise en place de puits d'observation est en particulier une nécessité absolue, quelle que soit la nature du site.

Ces règles générales devront, le cas échéant, être complétées par la prise en considération des caractéristiques particulières du site concerné et des déchets susceptibles d'y être admis.

ANNEXE I

Classification des sites Critères d'évaluation

L'objet de la présente annexe est de préciser les caractéristiques des trois grandes classes de sites au regard de la protection des eaux. On y indique les principaux paramètres à prendre en compte dans l'évaluation de l'aptitude des sites à une exploitation de décharges. Les principales précautions spécifiques aux décharges de chaque type y sont également mentionnées.

1° Il convient tout d'abord de définir l'appartenance d'un site à l'une ou l'autre des catégories. Le critère essentiel à examiner sera la valeur moyenne du coefficient de perméabilité K des formations non saturées constituant le substratum de la future décharge.

Un site pourra être considéré de classe 1 si le substratum contient sur toute l'étendue de la future décharge un niveau dont le coefficient de perméabilité K est égal ou inférieur à 10^{-9} mètres seconde, et dont l'épaisseur est au moins équivalente à 5 mètres.

Dans les mêmes conditions, un site appartiendra à la classe 2 avec des niveaux présentant des valeurs de K comprises entre 10^{-9} et 10^{-8} mètres seconde.

Les sites présentant un substratum à perméabilité de fissures, ou un coefficient K moyen supérieur à 10^{-8} mètres/seconde, appartiendront à la classe 3 ;

2° Les limites des différentes classes peuvent dans certains cas être appréciées en admettant une certaine modulation (1 puissance de 10) des valeurs du coefficient si l'étude du site met en évidence les critères secondaires suivants : grande épaisseur des formations à faible perméabilité ; faible importance des ressources aquifères souterraines ; topographie locale permettant un drainage et une évacuation des eaux vers une zone non sensible.

1. Sites de 1^{re} classe ou sites imperméables

L'attention doit être portée en priorité sur le bilan des eaux entrant et sortant du site. Sous la plupart des climats en France, les eaux météorologiques incidentes sur la surface d'un site au cours d'une année dépassent en quantité celles qui peuvent être réexportées par évaporation. Deux considérations devront alors guider le choix d'un site imperméable :

Le caractère effectif de l'étanchéité du fond de décharge ;

La possibilité de mettre en œuvre une évacuation sans nuisance de l'excédent des précipitations par rapport au potentiel d'évaporation.

A. CARACTÉRISTIQUES DU FOND DE DÉCHARGE

Quelles que soient les précautions prises, et au moins pendant la durée de l'exploitation, une partie de l'eau reçue percolera à travers les déchets stockés et viendra jusqu'au fond de la décharge. Les caractéristiques de celui-ci devront garantir :

Qu'il n'y ait pas accumulation de cette eau sur des épaisseurs dépassant quelques dizaines de centimètres. Cela exige que soit réalisable un façonnage du fond de dé-

charge garantissant l'écoulement vers un ou plusieurs points bas (drains et pente).

Que la hauteur d'eau susceptible dans le cas le plus défavorable (accumulation de l'ordre de 1 mètre) de s'infiltrer à travers le fond de décharge vers les couches sous-jacentes ne dépasse pas quelques millimètres par an. Pour cette faible quantité de lessivat, un captage des éléments polluants qu'elle contient sera possible dans les couches non saturées sous-jacentes.

L'imperméabilité artificielle d'un fond de décharge par un revêtement, même si elle peut être parfois admise lorsque aucun site naturel satisfaisant n'est disponible, rend indispensables les mêmes garanties de collectabilité des eaux, en amont et en aval du revêtement.

B. - BILAN HYDRIQUE

Pour déterminer quelle pourra être la destination des lessivats recueillis aux points bas du fond de décharge, il est nécessaire d'établir le bilan prévisionnel des entrées et des sorties d'eau dans l'excavation à exploiter.

Supposant écartés, le cas échéant, par des drainages appropriés, les apports d'eaux de ruissellement venus de l'extérieur du site, ce bilan comporte principalement :

Les précipitations ;

L'eau incluse dans les déchets dont le stockage est envisagé ;

L'évaporation et l'évapo-transpiration ;

Le ruissellement superficiel ;

La variation des réserves dans le sol de couverture.

Ce bilan devra être effectué par périodes mensuelles et cumulé sur la durée de la période d'exploitation prévue et la période postérieure à la couverture finale jusqu'à instauration d'un régime permanent. Il ne prendra en compte que les eaux polluées par leur percolation à travers des déchets ; celles qui auront ruisselé soit sur la couche finale de recouvrement, soit sur le fond de décharge non encore recouvert, pourront être évacuées sans traitement.

Compte tenu du bilan indiqué, l'arrêté d'autorisation devra prescrire les aménagements nécessaires pendant la durée d'exploitation de chaque partie de la décharge (couvertures intermédiaires, nature, pente et couverture végétale de la couverture finale). Une couverture finale étanche ne pourra être acceptée qu'après un délai suffisant pour que le volume des émissions gazeuses issues de la décharge soit devenu très faible, ou en prévoyant le mode d'évacuation de ces gaz.

C. - ÉVACUATION DES LESSIVATS

La détermination du bilan hydrique permettra de choisir le mode d'évacuation des eaux polluées par leur percolation à travers les déchets.

Si l'excédent du bilan hydrique est faible (200 mm/an) dans les conditions d'exploitation et de couverture retenues, il pourra suffire de favoriser l'évaporation par un dispositif de relevage et d'aspersion. L'évaporation réelle pourra alors, sur la surface où est effectuée cette aspersion, ne pas être sensiblement inférieure à l'évaporation potentielle. Cela exigera en général que les précipitations ne dépassent pas 750 mm/an.

Dans les autres cas, il sera nécessaire de traiter les eaux polluées avant leur rejet au milieu naturel. Si un ouvrage de traitement *in situ* est prévu, la technique de traitement devra être adaptée à la nature des déchets admis. En général, elle devra être capable d'éliminer à la fois la pollution organique et la pollution minérale.

On obtiendra une meilleure fiabilité du traitement en acheminant par une canalisation les eaux polluées recueillies jusqu'à une station d'épuration urbaine ou industrielle.

D. - CRITÈRES D'ÉVALUATION D'UN SITE

Les principaux critères d'évaluation d'un site de 1^{re} classe seront donc :

Caractéristiques indispensables

- 1^o Imperméabilité du fond de décharge.
- 2^o Aptitude du site à un façonnage garantissant les écoulements en fond de décharge vers un point bas.
- 3^o Aptitude à l'implantation d'un ouvrage de contournement évitant les entrées d'eaux de surface.
- 4^o Aptitude à une couverture finale en pente favorisant le ruissellement.

Caractéristiques souhaitables

- 1^o Précipitations limitées, inférieures à 750 mm/an ;
- 2^o Possibilité de raccordement à une station d'épuration existante sans en perturber le fonctionnement.

2. Sites de 2^e classe ou semi-perméables

Il s'agit de sites qui n'assurent aucun confinement mais autorisent la migration à faible débit du lessivat de telle sorte que des processus naturels de captage ou de dégradation des éléments polluants apparaissent avant que ce lessivat n'atteigne la nappe souterraine. De tels sites sont acceptables, notamment pour des matières dégradables (par exemple, ordures ménagères et déchets industriels assimilables).

Un site idéal pourrait, par exemple, surmonter une couche de sable ou de limon à travers laquelle le flux est intergranulaire, et dans laquelle existe une importante zone non saturée. Le débit à travers cette zone est très nettement inférieur à celui qui existerait dans une zone saturée. Elle contient de plus de l'oxygène favorable à une dégradation biologique des composés organiques présents dans le lessivat.

Ce site doit être suffisamment loin de points de captages d'eau, de telle sorte que la dilution des produits solubles de fin de dégradation soit suffisante.

Les paramètres intervenant dans l'évaluation des sites de cette classe seront par ordre d'importance décroissante :

- 1^o La capacité de la zone non saturée, à assurer une épuration des lessivats issus de la décharge, et qui sera déterminée par :
 - L'épaisseur de la zone non saturée comprise entre le fond de la décharge et le niveau saisonnier le plus élevé de la nappe, et qui devra nécessairement et impérativement être supérieure à 5 mètres. Une épaisseur supérieure, de l'ordre des dizaines de mètres, est évidemment un facteur favorable ;

La granulométrie et la perméabilité de différentes couches de cette zone non saturée, dont les valeurs faibles à l'intérieur de l'intervalle définissant la classe 2 seront plus favorables que les valeurs fortes en raison de la corrélation entre la perméabilité, l'effet de filtration mécanique et l'effet d'épuration biologique ;

La capacité d'adsorption, déterminée principalement par la capacité d'échange cationique et l'absence de matières.

Dans le cas de la mise en décharge de déchets contenant des métaux, la présence d'argile à une teneur au moins égale à 3 % offrira une capacité d'échange cationique permettant de capter de grandes quantités de métaux, à condition que la teneur en matières organiques soit faible.

Certains types d'argiles (montmorillonites, chlorites, illites, interstratifiées) agiront plus efficacement que d'autres (kaolinites).

2^o L'infiltration potentielle, résultant du bilan d'eau effectué comme pour les sites de classe 1. Une hauteur d'eau infiltrée modérée après la couverture finale sera un facteur favorable.

3^o L'intérêt plus ou moins grand de garantir la protection des eaux souterraines contre les pollutions. La présence d'une nappe durablement inutilisable est un facteur très favorable. Inversement, on évitera les risques vis-à-vis de nappes exploitées ou exploitables présentant un intérêt.

3. Sites de 3^e classe ou perméables

Ces sites sont tels qu'ils permettent une migration des lessivats à un taux empêchant une atténuation significative et constituant par conséquent un risque aigu de pollution des nappes. De nombreuses couches géologiques fournissent des exemples de ce type de phénomène (formations calcaires fissurées, dépôts alluvionnaires grossiers, etc.).

De tels sites ne peuvent convenir que pour des déchets inertes et sont donc à proscrire pour les autres déchets.

ANNEXE II

Déchets devant être refusés sur les différents types de sites et soit recyclés, soit traités dans des centres spécialisés

I. - Déchets devant être refusés dans les sites de classe 1

Sont à exclure les déchets dont les eaux de lessivage présenteraient un haut degré de toxicité ou de nocivité dans les eaux :

- Arsenic et boues arsénieuses ;
- Biocides ;
- Fluides de coupe ;
- Liquides ou boues contenant une proportion importante d'hydrocarbures (10 à 15 %) ;
- Sels solubles de métaux lourds (notamment bains usés de traitement de surface) ;
- Solutions cyanurées et sels de trempage ;
- Solvants organiques ;
- P.C.B.

Sont également à exclure les déchets dont la manipulation entraîne des dangers immédiats, ou dont la réactivité vis-à-vis des déchets de type courant entraîne des dangers immédiats ou différés :

- Explosifs ;
- Liquides inflammables ;
- Substances radioactives ;
- Acides et bases.

II. - Déchets devant être refusés sur les sites de classe 2

Les déchets à exclure des sites de classe 1 doivent l'être également des sites de classe 2 pour les mêmes raisons.

Doivent de plus être exclus, les déchets susceptibles de charger les eaux de percolation d'éléments polluants non dégradables ou non captables dans les couches qu'elles traversent avant d'atteindre la nappe souterraine ;

Sels solubles non toxiques, sauf si on se trouve au-dessus d'une nappe saumâtre ou dont la pollution saline est acceptable ;

Bains usés et boues pompables telles que celles provenant des teintureries, tanneries, papeteries, et autres liandes contenant des éléments polluants organiques et minéraux.

ANNEXE III

Aménagements des décharges de déchets industriels

Les aménagements prescrits dans la circulaire du 9 mars 1973 relative aux décharges contrôlées de résidus urbains s'imposent généralement également aux décharges de déchets industriels. Cette annexe détaille les points sur lesquels des modifications ou des compléments sont à apporter, notamment pour les décharges recevant des déchets industriels « spéciaux ».

I. - Aménagements généraux

Parmi les aménagements préconisés par la circulaire du 9 mars 1973, il paraît utile de rappeler l'importance des dispositions prises pour préserver l'aspect des abords immédiats de la décharge :

Un écran de végétation masque l'exploitation aux vues extérieures lorsque le site n'est pas suffisamment isolé ;

L'accès de la décharge s'effectue par des voies suffisamment importantes permettant une circulation quelles que soient les conditions climatiques, et une aire d'attente permet d'éviter les files de camions sur la voie publique ;

L'usage d'un décrocteur (par voie sèche de préférence) et l'aménagement des voies intérieures propres et accessibles en toute saison doivent permettre de maintenir la voirie extérieure en constant état de propreté.

2. - Aménagements relatifs à la prévention de la pollution des eaux

2.1. Limitation du flux polluant

Les garanties présentées par le site ayant été reconnues suffisantes pour pouvoir y déposer des déchets industriels spéciaux, il importe de limiter le flux polluant qui résulte de la percolation des eaux à travers la décharge. Ainsi, dans le cas d'une décharge

située dans une dépression, toute disposition (drainage, digues de protection, etc.) devra être prise pour éviter que les eaux des pentes voisines ne ruissellent vers la décharge.

Dans le cas des sites de 2^e classe, le flux polluant peut être réduit en disposant au fond de la décharge une couche de matériaux filtrants. Le choix de ces matériaux pourra résulter de l'étude géologique mais sera également conditionné par la nature des déchets déposés. Par exemple, des matériaux sableux seront aptes à favoriser la dégradation d'une pollution organique.

Par contre, les techniques d'imperméabilisation artificielle de la base d'une décharge avec récupération des eaux de percolation ne doivent être développées que quand le fond de la décharge n'est pas suffisamment distant des eaux souterraines. En effet, les phénomènes physiques ou chimiques (absorption, neutralisation, dégradation, etc.) qui se produisent naturellement dans la zone non saturée d'un site et qui permettent un écoulement lent des eaux de lixiviation devront être reproduits artificiellement en station de traitement. Les mesures coûteuses d'étanchéification ne font donc que créer un nouveau problème technique dont la solution ne sera sans doute pas simple. Il faut donc réserver étroitement cette technique au cas où seul un site la rendant nécessaire a pu être retenu.

Lorsque le drainage des eaux de percolation d'une décharge ne pourra cependant pas être évité, des normes de qualité et de flux seront imposées au rejet éventuel en fonction de l'utilisation du milieu récepteur. Ces eaux devront être dirigées vers un bassin de stockage où il sera possible de contrôler leur qualité avant rejet et après traitement si nécessaire.

Le recyclage par aspersion sur la décharge est souvent à préconiser. Sa mise en œuvre suppose que cette aspersion soit réalisée en dehors des périodes de pluie et sur une partie de la décharge suffisamment remblayée. Cette solution nécessite la mise en place d'un stockage des eaux d'infiltration correspondant à au moins un mois de forte pluviosité.

2.2. Piézomètres de contrôle

Pour les sites de classe I, un piézomètre situé au sein même de la décharge sera destiné à contrôler en permanence le niveau des eaux accumulées au-dessus de la couche de faible perméabilité.

Indépendamment du type de site, l'aménagement d'une décharge de déchets industriels devra être complété par la mise en place de piézomètres destinés à contrôler la qualité des eaux. Les emplacements de ces puits de contrôle déterminés par un hydrogéologue tiendront compte du sens d'écoulement des eaux souterraines et de la position d'éventuels captages.

Au nombre de trois ou quatre, ils seront placés à des distances variables depuis la périphérie de la décharge jusqu'à environ 200 mètres. Cette distance limite pourra évidemment être fonction de conditions géologiques particulières et de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines.

Le réseau ainsi constitué sera complété, le cas échéant, par de nouveaux ouvrages pour tenir compte de l'évolution éventuelle des résultats obtenus lors des analyses effectuées

ou de modifications survenant dans l'exploitation des eaux souterraines au voisinage de la décharge.

2.3. Élimination des gaz de fermentation

Il est maintenant bien connu que les fermentations anaérobies des produits mis en décharge, notamment les ordures ménagères et les déchets banals, donnent naissance à des gaz tels que ammoniac (NH₃), gaz carbonique (CO₂) et méthane (CH₄).

La production de méthane est souvent assez longue à se manifester, mais elle est pratiquement inévitable. Son élimination se réalise sans inconvénients majeurs dans les décharges peu compactées ou de faible épaisseur. La présence de fortes quantités de sable mêlé aux déchets semble faciliter également la dispersion et l'exhalaison de ce gaz.

Dans les décharges fortement compactées, la formation de méthane est plus tardive et s'accompagne parfois malheureusement d'odeurs fétides résultant de la présence de faibles quantités d'hydrogène sulfuré (H₂S) ou de mercaptans.

Il convient donc de prévoir le drainage des gaz par la mise en place de buses verticales à parois perforées. Ces conduites seront lestées intérieurement de pierres pour en éviter le renversement sans empêcher la remontée des gaz. Le rayon d'efficacité des buses verticales pour la captation des gaz est d'environ 50 mètres, il est donc recommandé de les placer en quinconce à 80 mètres de distance les unes des autres.

Le méthane collecté pourra soit être récupéré après lavage si l'intérêt économique de cette valorisation est démontré, soit brûlé dans une torche.

2.4. Aménagement final

Les caractéristiques physiques et géométriques exigées de la décharge terminée seront précisées dès l'arrêt d'autorisation. Il est donc nécessaire de connaître dès le départ quelle sera la destination finale de la décharge.

La couche finale de recouvrement d'exploitation qui sera mise en place rapidement au fur et à mesure de l'avancement de la décharge, devra être conçue de façon à limiter les infiltrations. Pour y parvenir, les techniques suivantes peuvent être développées :

Recouvrement de la décharge par une couche de matériaux peu perméables surmontés d'un sol engazonné et planté pour favoriser l'évapo-transpiration ;

Mise en pente légère de la dernière couche pour favoriser le ruissellement vers l'extérieur de la décharge ;

Dans le cas d'une couverture définitive étanche, il faudra soit ne la réaliser qu'après un délai suffisant, soit prévoir le mode d'évacuation des gaz issus de la décharge.

3. - Exploitation de la décharge de déchets industriels

3.1. Contrôle des déchets à l'entrée

L'expérience montre qu'actuellement le contrôle de l'entrée de la décharge se limite à une appréciation très approximative du volume des déchets apportés, excluant tout contrôle qualitatif. Il est maintenant nécessaire de prévoir dans les arrêtés d'autorisa-

tion des procédures permettant un meilleur contrôle des déchets entrants. Il est cependant évident que la nature de ce contrôle sera différente selon qu'il s'agit de déchets dits « banals » ou de déchets « spéciaux ».

Contrôle quantitatif :

L'utilisation du paramètre « volume » comporte trop d'imprécisions et ne tient pas compte des importantes variations de densité des déchets industriels. La pesée paraît donc être la seule mesure capable d'indiquer de façon précise les quantités de déchets mis en décharge. Cette pesée n'exclut d'ailleurs pas qu'il existe une tarification adaptée à la densité des déchets.

Contrôle qualitatif :

Le contrôle qualitatif doit permettre de s'assurer que les déchets acceptés appartiennent exclusivement à la liste des déchets autorisés et de vérifier l'absence de déchets toxiques prohibés. La procédure liée à ce contrôle restera cependant simple et rapide, le poste implanté à l'entrée de la décharge n'ayant pas pour but de procéder à des analyses complexes ou à l'identification de déchets inconnus.

Afin de faciliter le contrôle au moment de la mise en décharge, et de bien définir les responsabilités en cas d'accident, les producteurs de déchets dits « spéciaux » figurant dans l'arrêté d'autorisation de la décharge devront faire une demande préalable à l'exploitant de la décharge. Cette demande comportera toutes les indications relatives à l'origine, l'aspect et la composition des déchets concernés. Les déchets dits « banals » doivent évidemment être dispensés de la déclaration préalable.

Les mesures de contrôle à l'entrée devront comporter :

Pour les déchets industriels spéciaux, des vérifications, à caractère systématique ou non, ayant pour but de s'assurer que les déchets soumis à autorisation préalable répondent au descriptif initial. Ces vérifications inopinées peuvent prendre la forme d'un prélèvement pour analyse complète postérieure ou de tests rapides effectués sur le site (pH, siccité des boues, détection de Cr VI dans les boues détoxiquées...) et pour lesquels le poste de contrôle devra être équipé.

Les contrôles seront systématiquement exercés vis-à-vis des résidus liquides dont la mise en décharge sera autorisée.

Dans tous les cas, le dépôt d'un bon indiquant la nature et la provenance du déchet, et un contrôle visuel qui permette de vérifier que la forme physique du déchet répond aux contraintes d'admission sur la décharge ou de vérifier que le déchet n'était pas soumis à déclaration préalable.

A l'entrée de tout déchet sur la décharge, les indications suivantes seront donc notées :

Provenance (nom de l'industrie) ;

Nom du transporteur ;

Poids ;

Nature (en mentionnant l'autorisation préalable accordée si nécessaire) ;

Tests éventuels effectués ;

Lieu et condition de mise en dépôt sur la décharge.

3.2. Mise en décharge

La mise en décharge proprement dite sera soumise aux dispositions de la circulaire du 9 mars 1973 prescrivant en particulier l'exploitation par couches de déchets d'épaisseur modérée, compactés, recouverts au minimum journalièrement par des matériaux inertes (terres, gravats, mâchefers).

Il semble que, compte tenu de l'hétérogénéité des déchets industriels, de bons résultats soient obtenus sur les décharges compactées qui utilisent des engins spéciaux, capables d'assurer le tassage et le déchiquetage des déchets par des passages répétés. Sur ce type de décharge, l'épaisseur des couches successives de déchets ne dépasse pas 20 centimètres à 50 centimètres après compactage.

L'aire de déversement doit prendre la forme d'une alvéole (encore appelée casier d'exploitation) limitée par des talus de terre ou de matériaux inertes dont la hauteur sera toujours supérieure à celle de la couche de déversement. L'ensemble de la décharge sera ainsi divisé en alvéoles comblées successivement. Cette technique permet de laisser à la vue une aire de déversement limitée, de supprimer les talus inesthétiques et difficiles à recouvrir, de rendre aisé le recouvrement.

Un plan, qui sera rigoureusement suivi, devra organiser la répartition des déchets sur la décharge en fonction de leur nature. Les règles suivantes peuvent être préconisées :

Les déchets les moins polluants et, dans la mesure du possible, les plus perméables seront déposés à la base de la décharge ; ceux qui contiennent des éléments polluants susceptibles d'être lessivés seront déchargés dans la partie haute. Ceci suppose donc que plusieurs alvéoles (deux ou trois) soient exploitées simultanément à des stades différents ;

Certains mélanges devront être évités. Par exemple, les boues d'hydroxydes métalliques ne seront pas mises en contact avec des déchets à caractère acide, au contraire d'autres mélanges peuvent se révéler tout à fait souhaitables (dépôts de sels métalliques avec des déchets à caractère faiblement alcalin) ;

La capacité de rétention des ordures ménagères et déchets assimilables sera mise à profit pour éliminer des déchets non pelletables et des déchets contenant des hydrocarbures. Il faut donc bien remarquer que la quantité de boues non pelletables qui pourra être éliminée est directement liée à la quantité d'ordures ménagères et déchets assimilables reçus, le remblaiement obtenu devant permettre le roulage des engins.

De plus, si certains déchets solides peuvent être utilisés pour absorber des résidus pompables, il convient cependant de s'assurer en permanence que le taux de saturation ne peut pas être atteint et limiter, en conséquence, les quantités de liquides et de boues admissibles.

La mise en décharge des déchets pompables ne peut pas être effectuée par simple déversement sur la partie en cours d'exploitation. La meilleure méthode consiste à déverser ces déchets dans des lagunes ou des tranchées aménagées au sein d'une zone déjà comblée par des ordures ménagères. Ces lagunes ou tranchées resteront d'une surface limitée et devront permettre une absorption rapide des liquides. Elles seront refermées et comblées de matériaux inertes dès que la

percolation des liquides deviendra insuffisante.

La répartition et les conditions de dépôt devront également tenir compte des dangers que peuvent présenter certains déchets vis-à-vis des personnes qui assurent la mise en décharge. Le personnel d'exploitation devra, en tout état de cause, être particulièrement averti de tous les dangers éventuels des déchets à éliminer.

3.3. Contrôle de la qualité des eaux souterraines⁴

Avant l'ouverture de la décharge, une campagne d'analyses devra fournir les données nécessaires à une bonne connaissance de la qualité initiale des eaux souterraines et à une appréciation correcte de leur évolution au cours de l'exploitation et après le réaménagement.

En cours d'exploitation, la qualité des eaux souterraines ou superficielles fera l'objet d'analyses trimestrielles ; cependant, cette périodicité pourra être revue dans un sens ou dans l'autre, en fonction de l'éventuelle évolution des résultats enregistrés sur chaque piézomètre. Les résultats des analyses seront transmis au service chargé du contrôle.

En ce qui concerne les analyses demandées, elles comprendront au minimum les analyses physiques et chimiques du type 2, définies à l'annexe C de la circulaire du 15 mars 1962, relative aux instructions générales concernant les eaux d'alimentation.

L'oxydabilité au permanganate de potassium sera, de préférence, remplacée par les mesures de la DBO₅ et de la DCO.

D'autres analyses caractéristiques des déchets acceptés sur la décharge pourront être envisagées et, notamment :

- Une analyse bactériologique ;
- Le dosage de certains ions métalliques ;
- Le dosage des phénols et des hydrocarbures.

Le choix de l'organisme chargé des prélèvements et du laboratoire où seront effectuées les analyses sera soumis à l'accord de la direction interdépartementale de l'industrie.

L'exploitant, après la fin d'exploitation de la décharge, devra assurer un contrôle des eaux souterraines. La durée de cette obligation sera imposée jusqu'à ce que les résultats des analyses effectuées soient compatibles avec les normes de rejets dans le milieu naturel. L'exploitant devra également assurer l'entretien des ouvrages de collecte et de traitement de ces eaux.

ANNEXE I

Instruction technique
relative à l'ouverture et l'exploitation
d'un site de décharge contrôlée
de déchets industriels

CIRCULAIRE
DPP/SD/SEI/YG/MM n° 1364
DU 16 OCTOBRE 1984
relative à la mise en décharge
de déchets industriels
(B.O.M.E.T. n° 282-85/8)

Destinataires : MM. les Commissaires de la République.

La mise en décharge de déchets industriels est une filière de traitement de déchets indispensable. Toutefois, sa mise en œuvre nécessite des précautions importantes pour préserver l'environnement. Ma circulaire du 22 janvier 1980 a indiqué les différents facteurs à prendre en compte dans le choix du site et les modalités d'aménagement, de contrôle et d'exploitation de telles installations. Aujourd'hui l'expérience acquise par l'observation d'unités existantes ou ayant existé, et le résultat des recherches depuis 1980 permettent de préciser cette circulaire.

Vous trouverez donc ci-joint deux instructions techniques établies pour la bonne application de la loi du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux, et de la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. La première précise les méthodes (ou les critères) qui permettent d'apprécier la capacité d'un site pour l'établissement d'une décharge de classe I, les moyens de prévention et de contrôle des pollutions, les procédures d'admission de déchets et les moyens de contrôle des eaux souterraines. La seconde précise les prescriptions qui doivent figurer dans les arrêtés préfectoraux d'autorisation d'exploitation de ce type d'installation ainsi que le contenu des demandes d'autorisation.

Le respect de ces instructions, en complément de celles de ma circulaire du 22 juillet 1983, doit contribuer à dissiper les inquiétudes exprimées dans l'environnement de telles installations existantes ou en projet.

Je vous demande de me tenir informé des difficultés que vous pourriez rencontrer dans l'application de ces textes.

(1) Nous tenons le texte de ces annexes à la disposition de nos abonnés.

La circulaire du 22 janvier 1980 a fixé les règles générales et les principaux paramètres à prendre en compte pour le choix, l'exploitation et le contrôle d'un site de décharge de déchets industriels.

Le bilan de quatre années d'application de cette circulaire et les résultats des recherches entreprises par le ministère de l'Environnement laissent apparaître la nécessité de préciser certaines instructions concernant les points suivants :

- évaluation de l'aptitude d'un site à recevoir certaines catégories de déchets industriels ;
- définition des moyens de prévention et de contrôle des pollutions ;
- procédure d'admission des déchets en décharge ;
- contrôle de la qualité des eaux souterraines.

Ces instructions doivent servir de complément à la circulaire du 22 janvier 1980 et, bien que concernant en priorité les aménagements d'un site imperméable de classe I, certaines de ces instructions devront être étendues aux grands sites semi-perméables de classe II, dont l'activité dépasse 100 t/jour de déchets enfouis et autorisés à recevoir ponctuellement certains types de déchets industriels spéciaux produits par des entreprises implantées localement : la rigueur du contrôle ne doit pas, en effet, s'exercer uniquement sur les sites de classe I, le risque de voir naître ou se perpétuer des pratiques préjudiciables pour l'environnement sur les autres sites où peuvent être admis des déchets industriels devant par ailleurs être pris en considération. Les dispositions de cette circulaire applicables aux grands sites de classe II seront d'ailleurs précisées à chaque chapitre.

Les dispositions de cette circulaire ne s'appliquent pas aux sites recevant exclusivement des déchets ménagers.

I. - ÉVALUATION D'UN SITE

L'évaluation de l'aptitude d'un site à une exploitation en décharge contrôlée nécessite la mise en œuvre de moyens et de techniques de reconnaissance qui varieront d'un site à l'autre selon le contexte hydrogéologique, géologique et topographique.

Toutefois, quel que soit le site, cette étude doit se faire par phases successives décrites en annexe I, comprenant :

- une reconnaissance du contexte géologique local ;
- une étude hydrogéologique détaillée du site et de ses environs ;
- une étude de l'homogénéité des terrains, notamment en fond de décharge et sur les flancs (le cas échéant) ;
- la mesure *in situ* de la perméabilité moyenne ou des perméabilités des formations intéressées par le projet ;
- l'évaluation du bilan hydrique prévisionnel du site.

Ces travaux d'évaluation doivent être intégrés à l'étude d'impact. La configuration du site et les conclusions de cette évaluation conditionneront les dispositions réglementaires prescrites dans l'arrêté préfectoral. Il importe donc que l'étude d'impact soit réalisée avec la plus grande rigueur scientifique possible. Elle devra en particulier établir avec précision l'état initial du site et de son environnement à l'aide de mesures argumentées, notamment en ce qui concerne la qualité des eaux de surface et souterraines. Cet état initial devra servir de base aux contrôles périodiques et au suivi de l'évolution de la qualité du site et de son environnement. Les résultats de cette phase d'évaluation seront également pris en compte pour l'élaboration de l'étude des dangers.

II. - DEFINITION DES MOYENS DE PREVENTION ET DE CONTRÔLE DES POLLUTIONS D'UN SITE

Les méthodes d'investigation et de reconnaissance d'un site potentiel de décharge industrielle, outre leur objectif principal qui est d'évaluer des garanties naturelles du site pour y déposer des déchets industriels spéciaux, permettront également de prévoir les aménagements et préciser les moyens à mettre en œuvre tant pour prévenir que pour contrôler les pollutions.

Si le choix de sites étanches offre l'avantage de présenter les meilleures garanties possibles de protection des eaux souterraines, il présente l'inconvénient d'avoir à maîtriser un volume maximal d'effluents (effet de baignoire) qu'il faudra collecter et, le cas échéant, traiter avant rejet dans le réseau hydrographique local. Pour la plupart des sites sous nos climats tempérés, sites de classe I et grands sites de classe II, il conviendra de prendre un certain nombre de précautions et de mesures pour limiter et maîtriser le flux de pollution :

- Choisir un site dont le bassin versant soit de surface aussi limitée que possible et bien orienté par rapport aux précipitations et vents dominants ;
 - Mettre en place un réseau de drainage externe au site ou de digues de protection empêchant les eaux de ruissellement de pénétrer sur le site ;
 - Diviser les eaux de surface collectées par ce réseau de drainage loin de la zone active de la décharge et évacuer aussitôt de la décharge les eaux éventuellement présentes sur le site et non contaminées par les déchets ;
 - Exploiter le site par alvéoles (également appelées cellule ou casier), permettant leur isolement au fur et à mesure de l'exploitation et limitant ainsi la surface totale de déchets soumise à l'infiltration des eaux de surface et aux précipitations. La taille de ces alvéoles sera limitée à 5 000 m² environ.
- Le cas échéant, des alvéoles réservées à la mise en décharge des boues peuvent être mises en œuvre de façon à améliorer l'exploitation du site, sous réserve d'une stabilité satisfaisante ;
- Sélectionner les sols ou matériaux de couverture des alvéoles en cours d'exploitation, limitant les risques de propagations d'odeurs et d'infiltration des eaux ;
 - Recouvrir et réaménager aussi vite que possible les secteurs de décharge déjà remblayés, en mettant en place une couverture finale dont la nature et le profil limiteront

l'infiltration et favoriseront le ruissellement. Un drainage des eaux de ruissellement pourra être aménagé ;

g) Prévoir, dès l'ouverture de la décharge, le réaménagement final du site et les dispositions ultérieures à prendre pour sa surveillance.

Les précautions seront mises en œuvre grâce à un ensemble de dispositions techniques précisées en annexe II et prenant en compte :

- les aménagements initiaux et les modes d'exploitation ;
- le contrôle et l'élimination des effluents gazeux ;
- la collecte, le drainage et l'élimination des effluents du site ;
- la gestion et le contrôle du flux polluant d'une décharge.

III. - PROCEDURE D'ADMISSION DES DÉCHETS

Quelles que soient les procédures d'admission et la qualité du site, les déchets liquides seront interdits. L'arrêté préfectoral pourra, le cas échéant, fixer une teneur en eau maximale dans les déchets et les modalités de sa mesure.

1° Sites imperméables de classe I.

a) Normes d'admission.

La circulaire du 22 janvier 1980 prescrit la définition dans l'arrêté d'autorisation d'une liste positive de déchets admissibles et d'une liste négative de déchets non admis.

Ces déchets seront désignés par le Code de la nomenclature des déchets public par le ministère de l'Environnement, complété par toute information nécessaire à une définition sans ambiguïté, en ajoutant pour certaines catégories de déchets, dont la composition peut varier et atteindre des teneurs en éléments polluants trop élevées, des seuils de concentration de ces éléments dans le déchet au-delà desquels il devra être refusé sur le site.

Même si cette démarche, qui ne tient pas compte du volume du déchet, ne reflète pas le flux polluant potentiel contenu dans la masse du déchet, elle peut apparaître très souhaitable dans certains cas, car elle permet de fixer des règles d'admission quantifiables et vérifiables. La fixation de seuils de concentration doit obéir à plusieurs critères :

- le niveau des seuils dépend à l'évidence des caractéristiques du site. Toutefois, il ne serait pas compréhensible qu'un déchet refusé sur un site soit accepté sur un autre dont les caractéristiques seraient identiques ;
- les seuils doivent en priorité prendre en compte la partie solubilisable des substances toxiques contenues dans les déchets, et il est donc nécessaire que le même protocole d'extraction de ces substances soit utilisé sur les sites de classe I. Le protocole figure en annexe III ;
- dans le cas d'un déchet généré accidentellement ou d'un lot de déchets unique, la décision d'acceptation doit davantage être fonction du flux polluant contenu dans ce déchet, compte tenu de l'aptitude du site à recevoir un tel déchet sans risque pour l'environnement. L'arrêté préfectoral peut pré-

voir un quota annuel pour ce type de déchet.

b) Contrôle des déchets (cf. annexe IV).

L'admission de déchets spéciaux en décharge de classe I est subordonnée :

- à la réalisation d'analyses préalables détaillées portant sur un échantillon du déchet ;
- au contrôle de conformité par l'exploitant des résultats de l'analyse préalable avec les normes d'acceptation des déchets spéciaux sur le site ;
- à la réalisation d'une analyse de contrôle sur le déchet par l'exploitant lors de sa livraison sur le site en vue de vérifier la conformité avec l'analyse préalable.

2° Grands sites semi-perméables de classe II.

Il s'agit d'une extension de l'activité normale (ordures ménagères et déchets industriels banals) de ce type de décharge à certains marchés locaux de déchets spéciaux. La notion de seuils de concentration définie plus haut ne peut en aucun cas être prise en compte pour définir les catégories de déchets spéciaux admissibles sur le site. L'arrêté préfectoral doit, le cas échéant, préciser la qualité et l'origine exacte des déchets. Une analyse d'un échantillon de chaque déchet sera transmise périodiquement par le producteur du déchet à l'exploitant et au service chargé du contrôle des installations classées, l'exploitant restant responsable de l'acceptation des déchets sur le site.

IV. - CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Quel que soit le site, il conviendra de contrôler périodiquement l'efficacité du système et de vérifier l'impact éventuel du dépôt sur les eaux souterraines.

Comme le prévoit d'ailleurs la circulaire du 22 janvier 1980, il sera nécessaire d'abord d'installer autour du site un réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines, et ensuite de mettre en place un programme pluriannuel de surveillance de ce réseau par des prélèvements, des analyses et des mesures de niveau piézométrique périodiques. Suivant les résultats de ces contrôles, l'exploitant pourra être amené soit à revoir ou compléter le réseau et le programme de surveillance, soit, en cas d'impacts ou de dangers de pollution trop graves, de prendre des mesures curatives sur la décharge ou à proximité immédiate du site, en liaison avec le service des installations classées.

La mise en place d'un réseau de drainage devra être réalisée avant l'ouverture du site, en tenant compte des résultats de l'étude d'impact concernant les reconnaissances hydrogéologiques. Ces données, ainsi que l'importance du site, décideront du nombre et de l'implantation des piézomètres à installer. L'arrêté d'autorisation devra préciser les dispositions prises en ce domaine ; le réseau de contrôle suivant pourrait être envisagé, dans la mesure où il permet de réaliser des mesures représentatives :

- un piézomètre à l'amont hydraulique du site, et qui ne sera pas touché par une éventuelle migration de polluant, comme référence ;
- un piézomètre à l'aval hydraulique, très proche de la zone de décharge, comme révélateur de l'impact immédiat de la décharge sur la nappe.

- un ou plusieurs autres piézomètres plus en aval, pour surveiller l'éventuelle migration du flux de pollution.

Les aménagements devront être protégés contre les risques de détérioration, y compris les actes de vandalisme.

L'arrêté d'autorisation devra inclure l'obligation d'un contrôle périodique des eaux, tant souterraines que superficielles, fixant les points de prélèvement, leur périodicité et les paramètres à analyser sur les échantillons. Ces résultats devront être transmis au service chargé du contrôle des installations classées.

Bien entendu, on tiendra compte avant tout, lors de l'établissement de ce programme d'analyse, des caractéristiques du site, imperméable ou semi-imperméable, et des conditions locales : par exemple vulnérabilité du site, volume et nature des déchets, variations climatiques et hydrogéologiques, qualité initiale des eaux, présence ou non de sources ou captages d'eaux potables. De plus, un tel programme pourra et même, dans certains cas (par exemple suite à des incidents ou accidents sur la décharge ou à des conditions climatiques exceptionnelles), devra être complété par des prélèvements et analyses de contrôle non programmés.

ANNEXES (I)

- I. - Évaluation d'un site.
- II. - Définition des moyens de prévention et de contrôle des pollutions.
- III. - Protocole d'extraction des substances solubles contenues dans un déchet solide ou pâteux.
- IV. - Équipement du laboratoire d'analyse et de contrôle des déchets d'une décharge de classe I.

ANNEXE II

Instruction technique précisant le contenu d'un arrêté préfectoral réglementant une décharge de déchets industriels au titre de la législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement

La présente circulaire a pour objet de préciser l'action administrative et plus particulièrement la conception des prescriptions techniques relatives à une décharge de déchets industriels, qu'elle soit exploitée par une entreprise spécialisée ou par un industriel pour son propre compte. L'instruction technique du 22 janvier 1980, complétée par l'annexe I à la présente circulaire ont pour leur part examiné les conditions techniques à remplir par ce procédé d'élimination.

Elle ne s'applique pas aux décharges de déchets ménagers et de déchets industriels assimilables, mais nombre de ses principes peuvent être mis en œuvre pour les plus importantes d'entre elles.

La détention ou l'exploitation d'une décharge de déchets industriels relèvent du régime de l'autorisation au titre de la rubrique 167 b de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

(1) Nous tenons ces annexes à la disposition de nos abonnés.

La décision du commissaire de la République relative à une demande d'autorisation d'une telle installation doit être prise à l'issue d'une procédure ouverte, contradictoire et permettant une bonne information du public.

La qualité du dossier soumis à enquête publique est un gage de bon déroulement de cette procédure.

Si l'installation est autorisée, elle doit être réglementée par des prescriptions claires, précises et vérifiables.

Elle doit ensuite faire l'objet d'un contrôle rigoureux de la part des inspecteurs des installations classées.

L'exploitation du site et son contrôle par l'Administration doit se faire dans la clarté, la circulaire du 22 juillet 1983 prévoit d'ailleurs que l'exploitant rende compte chaque année au Conseil départemental d'hygiène de son action.

I. - LE DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION

Le dossier de demande d'autorisation, rédigé sous la seule responsabilité du demandeur, doit être conçu avec soin, afin de concourir à une bonne information du public.

Le mode d'exploitation du site ainsi que les procédés mis en œuvre seront décrits en détail. L'exploitant précisera la nature et l'origine (dans la mesure du possible) des produits qu'il traitera.

S'agissant d'un enfouissement en site étanche où le confinement des déchets est assuré par les formations en place, une étude géologique sera un élément d'appréciation fondamentale, tant pour le public que pour l'autorité administrative.

Le dossier devra comporter les résultats des essais et des mesures que l'exploitant a fait réaliser ainsi que leur interprétation en termes de contexte géologique et hydrogéologique local.

L'isolement du site étant un des facteurs essentiels intervenant dans la prise de décision finale, l'environnement de l'installation sera décrit avec précision. Les nuisances susceptibles d'être ressenties par les riverains seront évaluées et les mesures envisagées pour y remédier, proposées.

Sur ces bases, l'exploitant déterminera l'impact de l'exploitation du site sur l'environnement.

L'étude des dangers constitue également un élément essentiel du dossier. Elle exposera les incidents et accidents envisageables (feux, pluviuosité torrentielle, instabilité des ouvrages...), les mesures de prévention mises en place ainsi que les dispositions d'intervention nécessaires pour y faire face.

II. - CONCEPTION DES PRESCRIPTIONS

La réglementation prévoit que les prescriptions portent sur les conditions d'aménagement, d'exploitation, les moyens d'analyse et de mesure, la surveillance des effets sur l'environnement et les moyens d'intervention en cas d'accident. Les décharges de déchets industriels ne font pas exception en la matière.

L'exploitant doit se voir imposer des obligations claires, sans ambiguïté et qui pré-

servent sa responsabilité dans le cadre qu'elles fixent.

2.1. Conception et installation

L'arrêté devra définir, sur la base du dossier du demandeur, le mode d'exploitation retenu, les phases successives de dépôt. Les emplacements spécialement affectés à certains types de déchets seront identifiés.

La bonne insertion de l'installation dans son environnement dépend de l'isolement du site. Il est donc nécessaire d'être rigoureux dans la formulation des prescriptions en la matière. Les modalités physiques d'isolement à adopter (écrans visuels, distances d'éloignement, par exemple) seront indiquées.

Pour préserver cet isolement, il conviendra de veiller à ce que les abords du site ne s'urbanisent pas. Le recours à l'achat de servitudes par l'exploitant pour la durée de mise en dépôt ou l'application par le commissaire de la République des dispositions de l'article L. 421-8 du Code de l'urbanisme, sur une bande de l'ordre de 200 m autour du site, permettra de garantir l'isolement des nouvelles exploitations et de ne pas remettre en cause les conditions d'exploitation précédemment définies ou même la poursuite de l'activité.

2.2. Exploitation

L'eau est le vecteur principal d'une pollution potentielle (infiltration, débordement, eaux pluviales souillées). L'arrêté prescrira donc les modalités à adopter pour la maîtrise de l'eau (tant l'eau pluviale non souillée que le liquide d'impregnation des déchets) sur le site et pour son élimination (orientation du ruissellement, cloisonnement, drainage).

Le bruit des engins de chantier sera réglementé (rappelons qu'une réglementation explicite existe en la matière).

L'arrêté précisera si nécessaire les conditions d'arrivée et de retour des véhicules, de façon à limiter les nuisances qu'ils pourraient engendrer hors du site.

2.3. Contrôle et limitation de effets

Devront être visés les rejets gazeux (de fermentation et autres), les rejets liquides (eaux pluviales souillées, excédent de liquide d'impregnation des déchets, infiltrations) et les envois de fragments légers.

L'arrêté prescrira les dispositions de contrôle de la qualité des eaux souterraines (piézomètres, puits existants).

Du fait de la très faible vitesse d'infiltration dans un terrain imperméable, il sera nécessaire de disposer de mesures internes à la masse des déchets sur le liquide d'impregnation qui permettront d'anticiper sur son comportement.

L'arrêté imposera également un enregistrement de la pluviuosité du site en vue de mesurer le bilan hydrique qui devra être évalué par l'exploitant.

Ces mesures seront portées à la connaissance de l'inspecteur des installations classées et archivées par l'exploitant.

Des normes devront limiter le flux de pollution rejeté au milieu naturel représenté par l'excédent de liquide d'impregnation des déchets évacué du site, quel que soit son mode de traitement.

• Parallèlement, des prescriptions définiront le type et la nature des déchets admissibles sur le site. Elles seront explicites (et quantifiées dans la mesure du possible) ; il est en effet impératif qu'il ne règne aucune ambiguïté. La matière ne permet à cet égard aucune formule discrétionnaire et les prescriptions ne peuvent être rédigées que sous forme de contraintes objectives.

Dans ce cadre, l'exploitant analysera en détail les déchets qui lui seront proposés et décidera de leur conformité avec les prescriptions qui lui sont imposées. Il aura toute latitude pour refuser un déchet s'il juge qu'il est de nature à lui poser des problèmes d'exploitation.

L'arrêté spécifiera la nature et la fréquence des contrôles d'identification qui seront effectués sur les livraisons de déchets.

L'exploitant de décharge devra régulièrement adresser à l'inspecteur des installations classées un récapitulatif des déchets qu'il a admis sur le site, en précisant leur origine exacte et leur quantité. De même, il devra archiver sur le site les fiches descriptives détaillées, auxquelles seront joints les bordereaux d'analyse pour chaque type de déchets.

Certains exploitants mettent en œuvre des techniques de prétraitement qui visent à modifier les propriétés des déchets avant leur mise en décharge. L'arrêté prescrira les modalités de fonctionnement de ces installations et précisera, selon l'efficacité du procédé, la liste et les critères d'admissibilité des déchets pouvant être prétraités.

2.4. Intervention en cas d'incident

Les dispositions nécessaires en cas d'incident seront prescrites sur la base de l'étude réalisée par le demandeur (par exemple mode d'intervention en cas de feux ou de fortes pluies).

2.5. Réaménagement du site

Le plan de masse du site à l'issue des dépôts devra être défini sans ambiguïté (il conviendra d'intégrer les phénomènes de tassement). La protection des déchets contre les infiltrations d'eaux pluviales, le bon drainage de cette couche seront prescrits ainsi que les mesures nécessaires à assurer la pérennité de ces dispositifs.

2.6. Contrôles postérieurs à la fin des dépôts

L'exploitant devra poursuivre, après la fin des dépôts, les contrôles effectués durant la période active du site. Un certain aménagement de leur fréquence et de leur étendue sera cependant souhaitable.

Il devra en sus veiller à l'évacuation et au traitement de l'excédent de liquide d'imprégnation des déchets (cette charge devrait diminuer avec le temps). Il s'assurera également du drainage des gaz et de leur épuration (par combustion notamment) ou leur récupération.

Aucune limite de durée sur ces prescriptions ne devra être fixée *a priori*. Ces contrôles pourront cesser dès que les résultats auront apporté la preuve qu'il est inutile de les poursuivre. Un arrêté préfectoral complémentaire officialisera cette décision.

2.7. Servitude et usage ultérieurs du site

Le site devra faire l'objet d'un usage ultérieur compatible avec la présence des déchets, et les propriétaires successifs devront en être informés.

Dans ce but, et avant la fin des opérations de dépôt, il conviendra de grever les parcelles ayant reçu des déchets d'une servitude au profit de l'État.

IV. - SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE

Les décharges de déchets industriels doivent faire l'objet d'une surveillance rigoureuse de la part de l'inspecteur des installations classées, afin de s'assurer du respect des prescriptions et de conforter la sécurité juridique des exploitants.

Le mode d'exploitation et les aménagements du site doivent répondre aux mesures fixées par l'arrêté, mais l'exploitant a, dans ce cadre, la faculté d'adapter la conduite du site.

L'inspecteur portera principalement son attention sur les résultats des mesures et contrôles prescrits par l'arrêté. Ceux-ci sont en effet le reflet de l'impact du site sur l'environnement. Il ne devra pas hésiter, en cas d'anomalies, à proposer au commissaire de la République les prescriptions complémentaires ou les sanctions qui s'imposent.

Il incombe à l'exploitant d'accepter les déchets sur le site dans le cadre des prescriptions fixées par l'arrêté. L'inspecteur des installations classées devra s'appuyer sur les déclarations périodiques de l'éliminateur et des producteurs des déchets pour contrôler l'admission des résidus. Quelques investigations inopinées (notamment prélèvements réalisés à l'entrée par l'inspecteur) apporteront des garanties complémentaires sur ce contrôle, le cas échéant.

La nature des prescriptions peut évoluer au cours de l'exploitation du site ou après la fin des dépôts. L'inspecteur des installations classées fera toutes les propositions utiles à cet égard.

Conformément à la circulaire du 22 juillet 1983, il convient de présenter au moins une fois chaque année au Conseil départemental d'hygiène, en présence du ou des maires concernés, de l'exploitant et de représentants de son personnel, un rapport d'exploitation établi par l'exploitant et complété par l'indication de la consistance et des résultats des contrôles effectués par l'Inspection des installations classées.

Ces rapports, ainsi que l'avis par le Conseil départemental d'hygiène à cette occasion, seront tenus à la disposition du public.

Remarques

1. Les dispositions de cette circulaire sont immédiatement applicables aux installations nouvelles.

Les délais de mise en conformité des installations existantes seront définis en fonction de la nature et de la qualité du site. Ils prendront en considération le montant des investissements correspondant à l'application de certaines prescriptions.

2. Certains principes de cette circulaire peuvent être mis en œuvre pour les décharges de déchets ménagers et industriels assimilables les plus importantes.

Les prescriptions relatives à la capacité du site, aux modalités d'exploitation et aux conditions de réaménagement seront explicitées dans l'arrêté d'autorisation.

L'exploitant assurera le suivi du site dont il est responsable pendant et après la mise en dépôt. Il n'est cependant pas souhaitable d'exiger la poursuite des contrôles après la fin des dépôts dans les cas où les résultats des contrôles effectués pendant la durée de mise en dépôt n'ont pas fait apparaître de problème particulier.

3. Les décharges de déchets de la sidérurgie, de la fonderie et du phosphogypse constituent un cas particulier du fait de la nature et du tonnage des résidus. Pour les dépôts et crassiers existants, une étude géologique permettra de se prononcer sur la destination du site (autorisation, modification du mode d'exploitation, arrêt des dépôts).

Un tel site pourra être utilisé ultérieurement comme plate-forme industrielle (en tenant compte naturellement de la présence des déchets).

Dans la mesure où ces déchets ne sont pas putrescibles, les dispositions relatives à l'isolement du site pourront s'avérer dans une certaine mesure moins nécessaires.

La méthode d'exploitation pourra tenir compte du fait que les déchets peuvent constituer une source de matières premières éventuellement récupérables.