

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU LITTORAL
(I.S.M.A.L.)

Département d'Aménagement
du littoral

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Présenté pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Aménagement
du littoral et de la protection de
l'environnement

THEME

AMÉNAGEMENT ET POLLUTION LITTORALE
IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION
DANS LE BASSIN VERSANT DE LOUED
EL-HARRACH ET TRANSFERT EN MER
DES POLLUANTS

Présenté par :

Mr IDJER Samy.

Soutenu le : **Octobre 1993**

Devant la commission de Jury composée par :

Mr BOULAHID M.
Melle MERABTINE H.
Mr BELKESSA R.
Mr LARID M.

Président
Examinatrice
Examineur
Rapporteur

Je distingue deux moyens de cultiver les sciences: l'un d'augmenter la masse des connaissances par des découvertes; et c'est ainsi qu'on mérite le nom d'inventeur, l'autre de rapprocher les découvertes et les ordonner entre elles, afin que plus d'hommes soient éclairés, et que chacun participe, selon sa portée, à la lumière de son siècle... .

DIDEROT.

Samy

A mes tendres parents

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à tous ceux qui par leur aide, leurs conseils et leur compétence ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Que soient particulièrement remerciés les membres du jury:

- Monsieur M. BOULAHID, chargé de cours et chef de département de molysmologie qui malgré ses nombreuses occupations me fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury et a bien voulu examiner et critiquer ce travail. Je lui exprime ma sincère reconnaissance.
- Mademoiselle H. MERABTINE, chargée de cours et chef de laboratoire de microbiologie qui m'a éclairé de ses conseils et qui a accepté très aimablement de participer à ce jury et d'examiner ce travail. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude.
- Monsieur R. BELKESSA, chargé de cours et Directeur de la scolarité qui m'a maintes fois très gentiment apporté une aide précieuse, qui m'a fait l'honneur de participer à ce jury et qui a bien voulu examiner et critiquer ce travail. Je lui en suis profondément reconnaissant.
- Monsieur M. LARID, chargé de cours et chef de département d'aménagement du littoral qui a dirigé ce travail avec beaucoup de patience. Je lui exprime ici ma plus profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier:

- Monsieur S. ZAOUCHE de la direction de l'environnement pour sa disponibilité en dépit de ses nombreuses occupations, ses encouragements et les conseils qu'ils m'a prodigués. Je l'en remercie très vivement et lui exprime ma sincère reconnaissance.
- Monsieur B. KHELLAL et Mademoiselle T. BOUSLIMANI du L.E.M. pour leur aide précieuse. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

m a permis de faire mes analyses.

- Mesdemoiselles F. DAHMANE de l'A.N.A.T. et Rafika de l'O.N.I.D.E. pour leur amabilité et leur aide en se montrant toujours disponibles. Je tiens à les remercier très sincèrement.

- Monsieur ROUGAB, responsable de la station d'épuration de Baraki pour son accueil et sa gentillesse.

Mes remerciements vont également au:

- Personnel du laboratoire d'aménagement du littoral: Messieurs H. BAZIZI et Y. BOUKRINA.

- Personnel du laboratoire de microbiologie. Un remerciement tout particulier à Madame A. MERZOUQ et Mademoiselle S. BOUHANK pour leur patience, leur gentillesse et amitié.

- Personnel du laboratoire de Chimie, plus particulièrement à Monsieur B. BOUDJELLAL.

Je voudrais remercier aussi:

- Mademoiselle Z. KHENE, technicienne supérieure au laboratoire de Benthos, pour sa disponibilité et sa gentillesse.

- Messieurs Y. BALI et S. OUAFI pour leur aide précieuse lors de ma première sortie en mer.

- Monsieur B. SELLALI pour ses conseils éclairés.

- L'équipage du navire "IBTACIM".

N. KHIARI, Aïcha, N. SADOUNI, N. AIT-ADJEDJOU, S. CHOUAKRI, et L. TAGMOUNI pour leur soutien moral. Un remerciement tout particulier à S. CHOUAKRI qui a assuré avec beaucoup de soins la frappe et la présentation de ce mémoire. Je tiens également à lui exprimer mon amitié.

Enfin, je ne saurais terminer mes remerciements sans exprimer un hommage à mes parents, ainsi qu'à toute ma famille et amis qui, de près ou de loin, m'ont supporté, aidé et encouragé en se montrant toujours patients envers mon caractère difficile.

AVANT-PROPOS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION..... 1

CHAPITRE 1: Présentation du bassin versant de l'Oued El Harrach..... 2

1.1 - Situation géographique..... 2

1.2 - Caractéristiques du bassin versant..... 2

1.2.1 - définition..... 2

1.2.2 - approche morphologique..... 2

1.2.3 - étude lithologique..... 5

1.2.4 - Hydrologie du bassin versant..... 7

CHAPITRE 2: Reconnaissance des sources de pollution et quelques aspects de leur transfert en mer..... 21

2.1 - Données démographiques..... 21

2.2 - Identification des activités..... 21

2.3 - Source et nature de la pollution..... 24

2.3.1 - pollution domestique..... 24

2.3.2 - pollution industrielle..... 25

2.3.3 - pollution par les déchets solides..... 31

2.3.4 - pollution d'origine agricole..... 33

2.3.5 - autres types de pollution..... 33

2.4 - Le réseau d'assainissement..... 34

2.4.1 - les collecteurs..... 34

2.4.2 - station d'épuration de Baraki..... 39

2.5 - Etats des effluents urbains et industriels rejetés dans le réseau hydrographique..... 40

2.6 - Quelques données sur les milieux récepteurs..... 40

2.6.1 - le réseau hydrographique..... 40

2.6.2 - la mer..... 40

2.6.3 - facteurs hydrodynamiques..... 41

2.7 - La nappe turbide ou zone d'extension en mer de l'Oued El Harrach..... 46

3.1 - Bathymétrie.....	50
3.2 - Etude des sédiments.....	50
3.2.1 - les points de prélèvements.....	50
3.2.2 - analyse des caractères granulométriques quelques données sur la nature du sable.....	50
Conclusion.....	71
CHAPITRE 4: Etude des polluants en mer à proximité de l'embouchure de l'Oued El Harrach.....	74
4.1 - Données du problème et points de prélèvements.....	74
4.2 - Paramètres d'études <i>utilisés</i>	74
4.2.1 - polluants microbiens.....	74
4.2.2 - facteurs écologiques.....	75
4.3 - Techniques d'analyses et de mesures.....	77
4.3.1 - facteurs écologiques.....	77
4.3.2 - techniques de numération des germes tests de contamination.....	80
4.4 - Description et interprétation des résultats.....	88
4.4.1 - facteurs écologiques.....	88
4.4.2 - étude bactériologique.....	95
4.5 - Affinités de quelques paramètres Corrélations.....	108
4.5.1 - Corrélacion linéaire entre les M.E.S. et la DBO ₅	108
4.5.2 - Corrélacion linéaire entre la M.O.P. et la DBO ₅	111
4.5.3 - Corrélacion linéaire entre les germes fécaux (dans l'eau) et la DBO ₅	111
4.5.4 - Corrélacion linéaire entre les germes fécaux (dans l'eau) et la M.E.S.....	111
4.5.5 - Corrélacion linéaire entre les germes fécaux (dans l'eau) et la M.O.P.....	113
4.5.6 - Corrélacion linéaire entre les germes fécaux (dans le sédiment) et la M.O. (dans le sédiment).....	113
Conclusion.....	117

4.7 - Etudes microbiologiques comparatives.....	120
4.8 - Pollution par les éléments métalliques.....	121
CHAPITRE 5: Perspectives d'aménagement.....	124
5.1 - Actions à entreprendre au niveau du bassin versant.....	125
5.2 - Actions à entreprendre au niveau de l'embouchure.....	127
CONCLUSION GENERALE.....	130
BIBLIOGRAPHIE.....	131
ANNEXES	

Fig.1 - Délimitation du bassin versant de l'Oued El Harrach.....	3
Fig.2 - Grandes unités morphologiques du bassin versant de l'Oued El Harrach.....	4
Fig.3 - Lithologie du bassin versant de l'Oued El Harrach (A.N.R.H., 1974).....	6
Fig.4 - Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued El Harrach.....	8
Fig.5 - Écoulement annuel de l'Oued El Harrach au niveau du Rocher des Pigeons, de Baraki et de son embouchure (A.N.R.H., 1974).....	11
Fig.6 - Répartition mensuelle de l'écoulement observée à Rocher des Pigeons (Période 1970-1974).....	13
Fig.7a - Apports liquides de l'Oued El Harrach durant la période 1970-1974.....	15
Fig.7b - Apports solides de l'Oued El Harrach durant la période 1970-1974.....	15
Fig.7c - Taux d'abrasion dans l'Oued El Harrach durant la période 1970-1974.....	15
Fig.8 - Précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (1975 -1985) à Dar El Beïda.....	17
Fig.9 - Moyennes mensuelles de la température sur 10 ans (1975-1985) à Dar El Beïda.....	17
Fig.10 - Régions inondées du bassin versant de l'Oued El Harrach (A.N.R.H., 1974).....	19
Fig.11 - Diagramme embrothermique durant la période (1975-1985) à Dar El Beïda.....	17
Fig.12 - Evolution de la population dans le bassin versant de l'Oued El Harrach, de 1966 à 2000 (O.N.S.).....	22
Fig.13 - Répartition des habitants dans le bassin versant de l'Oued El Harrach (O.N.S., 1987).....	23
Fig.14 - Répartition des industries dans le bassin versant de l'Oued El Harrach.....	30
Fig.15 - Répartition des établissements industriels et des rejets dangereux dans le bassin versant.....	32

Fig.17 - Etat d'avancement des collecteurs.....	38
Fig.18 - Roses trimestrielles et annuelle des vents au large (U.S.N.W.S., 1970-1974).....	42
Fig.19 - Roses récapitulatives saisonnières et annuelle des fréquences d'apparition de la houle (U.S.N.W.S., 1963 -1970).....	45
Fig.20 - Fréquence et période de la houle en baie d'Alger (LECLAIRE, 1972).....	45
Fig.21 - Variation du niveau moyen de la mer en baie d'Alger pendant 1 an (LECLAIRE, 1963: 4 ans d'Observations).....	47
Fig.22 - Limites de visibilité du panache d'eau de l'Oued El Harrach en Février-Mars 1973 (D.H.W.A., 1973).....	48
Fig.23 - Carte bathymétrique (DAOUDI et SOUDANI, 1989).....	51
Fig.24 - Profils bathymétriques.....	52
Fig.25 - Carte de positionnement.....	53
Fig.26 - Répartition des pérites dans les différentes stations.....	55
Fig.27 - Courbe cumulative unimodale et histogramme de fréquence (radiale 1 - station 1).....	57
Fig.28 - Courbe cumulative plurimodale et histogramme de fréquence (radiale 3 - station 3).....	58
Fig.29 - Histogramme de fréquence des modes les plus représentatifs.....	59
Fig.30 - Répartition du mode I (40-100 μm) dans les différentes stations.....	60
Fig.31 - Répartition du mode II (100-250 μm) dans les différentes stations.....	61
Fig.32 - Répartition du mode III (1250-1600 μm) dans les différentes stations.....	63
Fig.33 - Répartition des mélanges des trois modes dans les différentes stations.....	64
Fig.34 - Répartition des médianes dans les différentes stations.....	65
Fig.35 - Répartition du décile supérieur (P_{90}) dans les différentes stations.....	66

Fig.36 - Diagramme de répartition de l'indice de classement (S_k).....	68
Fig.37 - Diagramme de répartition de l'indice d'asymétrie (S_k).....	69
Fig.38 - Diagramme de Passega.....	70
Fig.39 - Dérive littorale par houles du Nord-Est.....	72
Fig.40 - Dérive littorale par houles du Nord-Ouest.....	73
Fig.41 - Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	82
Fig.42 - Dénombrement des streptocoques fécaux.....	84
Fig.43 - Recherche des salmonelles.....	86
Fig.44 - Recherche des vibrions.....	87
Fig.45 - Variation de la température en fonction des points de prélèvements.....	90
Fig.46 - Variation de la salinité en fonction des points de prélèvements.....	90
Fig.47 - Variation du pH en fonction des points de prélèvements.....	92
Fig.48 - Variation de la DBO ₅ en fonction des points de prélèvements.....	92
Fig.49 - Variation de la M.E.S. en fonction des points de prélèvements.....	94
Fig.50 - Variation de la M.O.P. en fonction des points de prélèvements.....	94
Fig.51 - Variation de la M.O. en fonction des points de prélèvements.....	94
Fig.52 - Variation des concentrations des coliformes totaux et fécaux en fonction des points de prélèvements.....	97
Fig.53 - Répartition des coliformes totaux et fécaux dans l'eau en fonction des points de prélèvements.....	98
Fig.54 - Variation des concentrations des streptocoques fécaux en fonction des points de prélèvements.....	97
Fig.55 - Répartition des streptocoques fécaux dans l'eau en fonction des points de prélèvements.....	100
Fig.56 - Variation des concentrations des coliformes totaux en fonction des points de prélèvements (sédiment).....	102

fonction des points de prélèvements.....	103
Fig.58 - Variation des concentrations de coliformes fécaux en fonction des points de prélèvements (sédiment).....	102
Fig.59 - Répartition des coliformes fécaux dans le sédiment en fonction des points de prélèvements.....	105
Fig.60 - Variation des concentrations des streptocoques fécaux en fonction des points de prélèvements (sédiment).....	102
Fig.61 - Répartition des streptocoques fécaux dans le sédiment en fonction des points de prélèvements.....	106
Fig.62 - Corrélation linéaire entre la MES et la DBO ₅	110
Fig.63 - Corrélation linéaire entre la MOP et la DBO ₅	110
Fig.64.- Corrélation linéaire entre les C.T.+ C.F. et la DBO ₅	112
Fig.65 - Corrélation linéaire entre les S.F. et la DBO ₅	112
Fig.66 - Corrélation linéaire entre les C.T.+ C.F. et la MES.....	114
Fig.67 - Corrélation linéaire entre les S.F. et la MES.....	114
Fig.68 - Corrélation linéaire entre les C.T.+ C.F. et la MOP.....	115
Fig.69 - Corrélation linéaire entre les S.F. et la MOP.....	115
Fig.70 - Corrélation linéaire entre les C.T. (sédiment) et la MO.....	116
Fig.71 - Corrélation linéaire entre les C.F. (sédiment) et la MO.....	116
Fig.72 - Corrélation linéaire entre les S.F. (sédiment) et la MO.....	116
Fig.73 - Evolution temporelle des concentrations fécales au niveau de la baie d'Alger.....	122

Tableau n°1 - Hauteurs d'eau et vitesses moyennes des crues (A.N.R.H., 1970-1974).....	9
Tableau n°2 - Estimation de l'écoulement annuel de l'Oued El Harrach pour différentes stations (A.N.R.H., 1974).....	10
Tableau n°3 - Répartition mensuelle de l'écoulement observé à Rocher des Pigeons (% d'écoulement annuel), période 1971-1974.....	12
Tableau n°4 - Apports liquides et solides de l'Oued El Harrach durant la période de 1971-1974 (A.N.R.H.).....	14
Tableau n°5 - Précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (1975-1985) au niveau de la station Dar El Beïda (O.N.M.).....	12
Tableau n°6 - Variation mensuelle de la température à la station Dar El Beïda, période 1975-1985 (O.N.M.).....	12
Tableau n°7 - Unités industrielles du secteur publique jugées polluantes, d'après la sous-direction de l'environnement et des pêches (1984).....	26
Tableau n°8 - Unités industrielles les plus dangereuses du bassin versant de l'Oued El Harrach.....	31
Tableau n°9 - Fréquence d'apparition de la houle, toutes amplitudes confondues (U.S.N.W.S.: 1963-1974, 45000 observations).....	43
Tableau n°10 - Valeurs totales des paramètres écologiques étudiés en fonction des différentes stations.....	89
Tableau n°11 - Concentrations totales des germes fécaux selon les différentes stations et matrices (eau et édiment).....	96
Tableau n°12 - Droites de régression et coefficient de corrélation	109
Tableau n°13 - Etude microbiologiques comparatives.....	121
Tableau n°14 - Teneurs moyennes en éléments métalliques observées dans les sédiments de l'embouchure de l'Oued El Harrach (ADJOU et SILINI, 1992).....	123
Tableau n°15 - Valeurs moyennes de quelques éléments métalliques dans la baie d'Alger (MAOUCHE, 1987).....	123

INTRODUCTION

Depuis la prise de conscience qu'a suscitée le livre de Rachel L. CARSON "Le printemps silencieux" (Silent spring, 1962) et l'appel du président Nixon, qui n'a pas entendu parler de pollution et d'environnement ?

L'Oued El Harrach a depuis toujours constitué le réceptacle naturel des eaux résiduelles des communes formant son bassin versant. Constituées pour la plus grande partie par des effluents domestiques, ces eaux, du fait du développement industriel, reçoivent un apport non négligeable d'eaux usées, charriant des produits chimiques et des substances toxiques qui seront déversées par la suite, dans la baie d'Alger où le milieu marin est aujourd'hui sérieusement dégradé.

Ces eaux urbaines, de qualités biologiques et chimiques très différentes des eaux marines, vont entraîner par leurs rejets, des modifications physico-chimiques ou biologiques du milieu, s'étendant à des distances souvent assez considérables, selon leur distribution par les courants.

Les polluants, entre autre les bactéries, à leur arrivée en mer, vont être soumis d'une part à des phénomènes de dispersion physique et de sédimentation, et d'autre part à des évolutions biologiques (adaptation, mortalité).

L'Objet de notre travail consiste en la contribution à l'étude de la dynamique de la pollution provoquée par les rejets liquides continuels de l'Oued El Harrach dans le milieu marin.

Pour cela, nous avons fait une reconnaissance du milieu physique du bassin versant, des différentes sources de pollution qui y existent et les mécanismes de transfert des polluants en mer.

Par ailleurs, nous avons fait une étude et une analyse de la propagation des polluants en mer. Nous étudierons donc le phénomène de leur dispersion et leur fixation aux sédiments. A cet effet, nous utiliserons des indicateurs physico-chimiques et bactériologiques.

Nous avons prélevé l'eau de mer et les sédiments superficiels marin pour avoir une idée sur les échanges entre eux. D'autant plus que le sédiment est considéré comme étant un bon fixateur pour les différents polluants.

Nous terminerons notre étude en nous interrogeant sur les perspectives d'avenir et sur les efforts à déployer pour la protection de l'Oued d'une part, et du milieu marin d'autre part.

CHAPITRE 1

1.1 Situation géographique:

Le bassin versant de l'Oued El Harrach s'étend du Nord au Sud sur 51 Km et d'Est en Ouest sur 31 Km. Il couvre une superficie de 1270 Km², en englobant ainsi trois grands domaines physiques différents, dans le sens Sud-Nord: l'Atlas Blidéen, la Mitidja, le Sahel se caractérisant chacun par une grande richesse morpho-structurale, hydrologique, hydrogéologique et biogéographique (Fig.1).

1.2 Caractéristiques du bassin versant:

1.2.1 Définition:

Un bassin versant est une surface topographique, drainée par un cours d'eau et ses affluents, de sorte que tout excédent des précipitations qui favorise un écoulement à l'intérieur de cette surface, sorte par l'exutoire.

1.2.2 Approche morphologique: (Fig.2)

La zone d'étude présente une topographie contrastée, variant des zones basses et plates de la plaine de la Mitidja aux reliefs intermédiaires (piémont de l'Atlas Blidéen) à pente douce modelée par des écoulements à lits encaissés. L'étude morphologique du bassin versant permet d'envisager quatre unités bien distinctes:

- * l'Atlas Blidéen
- * le piémont de l'Atlas Blidéen
- * la zone de la Mitidja
- * la zone du Sahel

1.2.2.1 l'Atlas Blidéen:

L'Atlas Blidéen, dont l'altitude s'élève à plus de 1500 m, est creusé de vallées tortueuses et abruptes qui s'ouvrent généralement vers le Nord.

Dans l'ensemble, la morphologie de cette chaîne montagneuse est caractérisée par une succession de crêtes rabotées par une érosion intense due aux ruissellements favorisés par la faible couverture végétale et la pente forte.

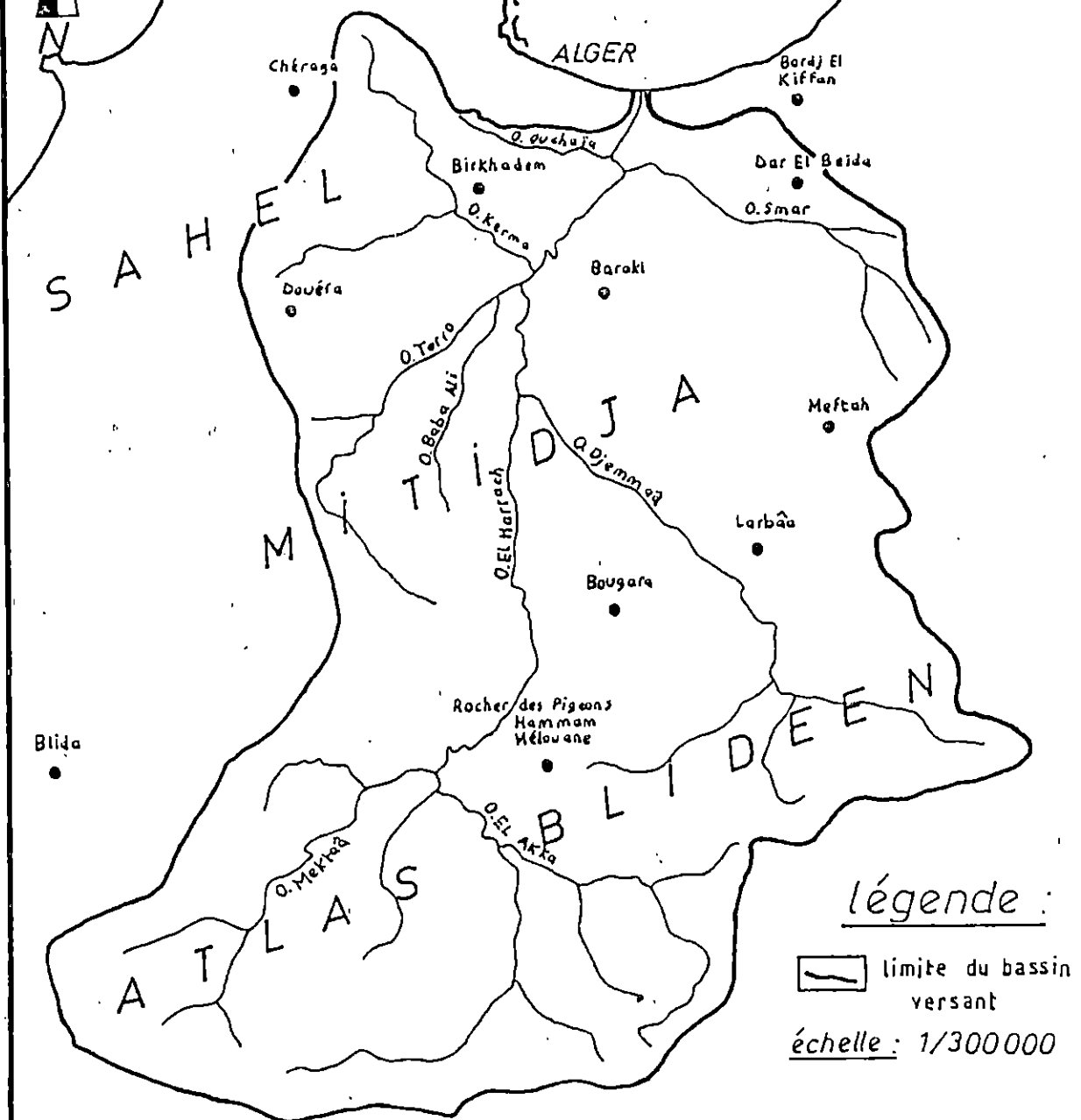
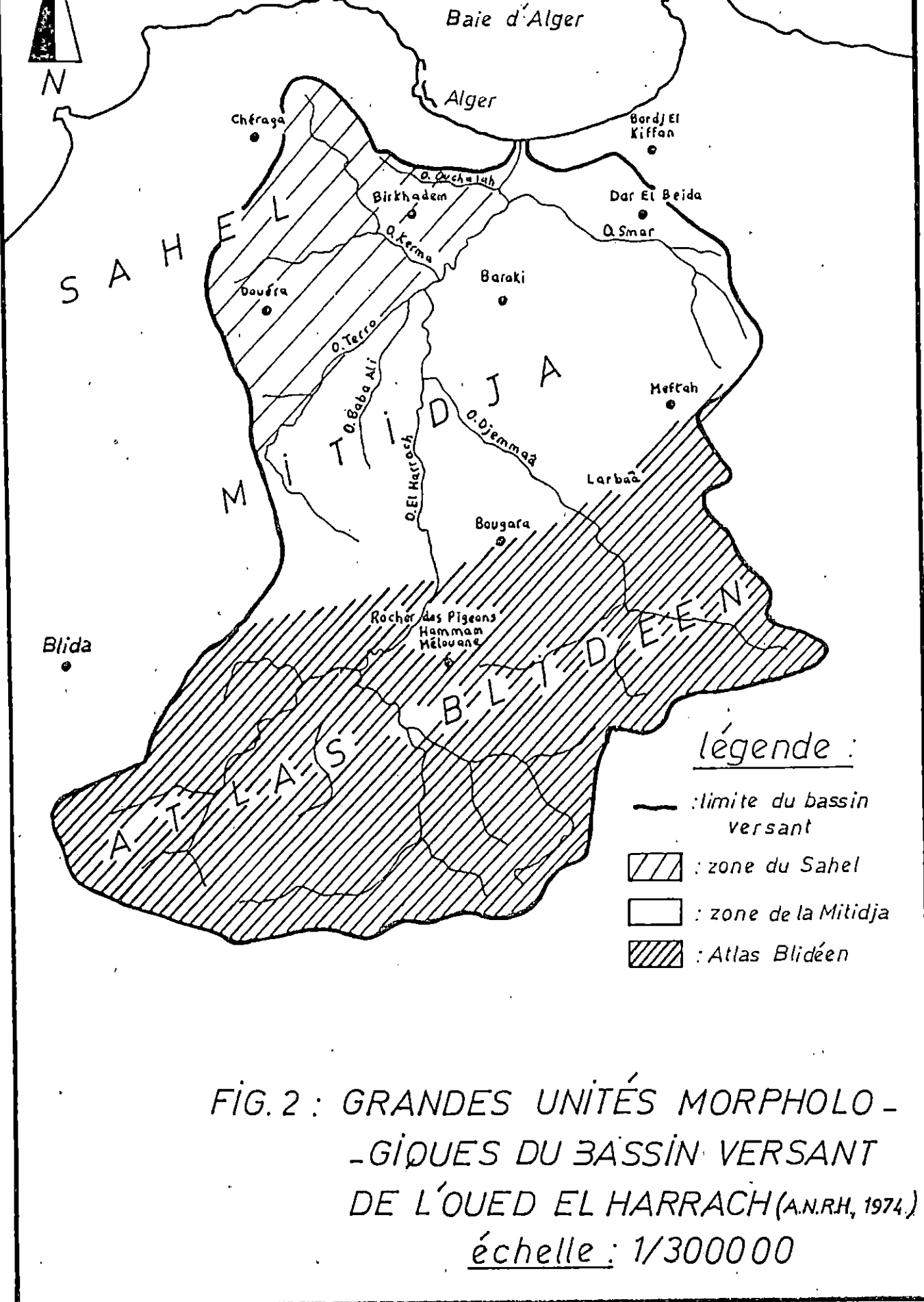


FIG. 1 : DÉLIMITATION DU BASSIN
VERSANT DE L'OUED
EL HARRACH



légende :

- : limite du bassin versant
- ▨ : zone du Sahel
- : zone de la Mitidja
- ▩ : Atlas Blidéen

FIG. 2 : GRANDES UNITÉS MORPHOLOGIQUE -
 GIQUES DU BASSIN VERSANT
 DE L'OUED EL HARRACH (A.N.R.H., 1974.)
échelle : 1/300000

1.2.2.2 le piémont de l'Atlas Blidéen:

C'est une zone de déjection à écoulement encaissé résultant de l'érosion dynamique du massif ancien.

Cette unité, d'altitude 100 à 150 m joue un rôle de couverture qui masque le contact structural séparant la plaine de l'Atlas.

1.2.2.3 la zone de la Mitidja:

Au Nord de l'Atlas Blidéen, la plaine de la Mitidja s'étend du Sud-Ouest au Nord-Est. Son étendue Nord-Sud est environ de 15 Km. Le terrain est très plat et son altitude varie entre 100 m au Sud et 25 m au Nord.

1.2.2.4 La zone du Sahel:

Il représente un bombement anticlinal à pente faible qui sépare la plaine de la mer et délimite le bassin versant vers l'Ouest. Cette ride Sahalienne, d'altitude 200 à 250 m, constitue une limite continue depuis El Harrach jusqu'à l'Oued Nador, excepté une cluse au niveau de l'Oued Mazafran, vers le littoral occidental.

1.2.3 Etude lithologique: (Fig.3)

L'Atlas Blidéen est formé en majeure partie d'une chaîne schisteuse avec quelques bancs de calcaire, par exemple le Rocher des Pigeons.

A la limite Nord de l'Atlas, dans la plaine de la Mitidja, s'est accumulé un dépôt large de 9 km, composé de gravier et sable grossier. Au Nord, ce dépôt est recouvert par les alluvions apportées par l'Oued, provenant des régions inondables et composées d'argile silteuse. Ces alluvions forment le sol de la plaine de la Mitidja.

Les pentes du Sahel sont au point de vue géologique très diverses: sables argileux, grès tuffeux, poudingue et dépôts caillouteux, marne, marne argileuse, dolomite et schistes sont les roches les plus fréquemment rencontrées.

Le villafranchien est connu sous le nom de formation de marnes d'El Harrach. C'est une séquence relativement uniforme d'argiles jaunâtres ou grises par endroits, avec quelques cailloutis et lentilles de gravier épaissés de 2 à 6 m.

La série de marnes, épaisse de 200 m environ, diminue d'épaisseur vers l'Atlas (A.N.R.H., 1974).

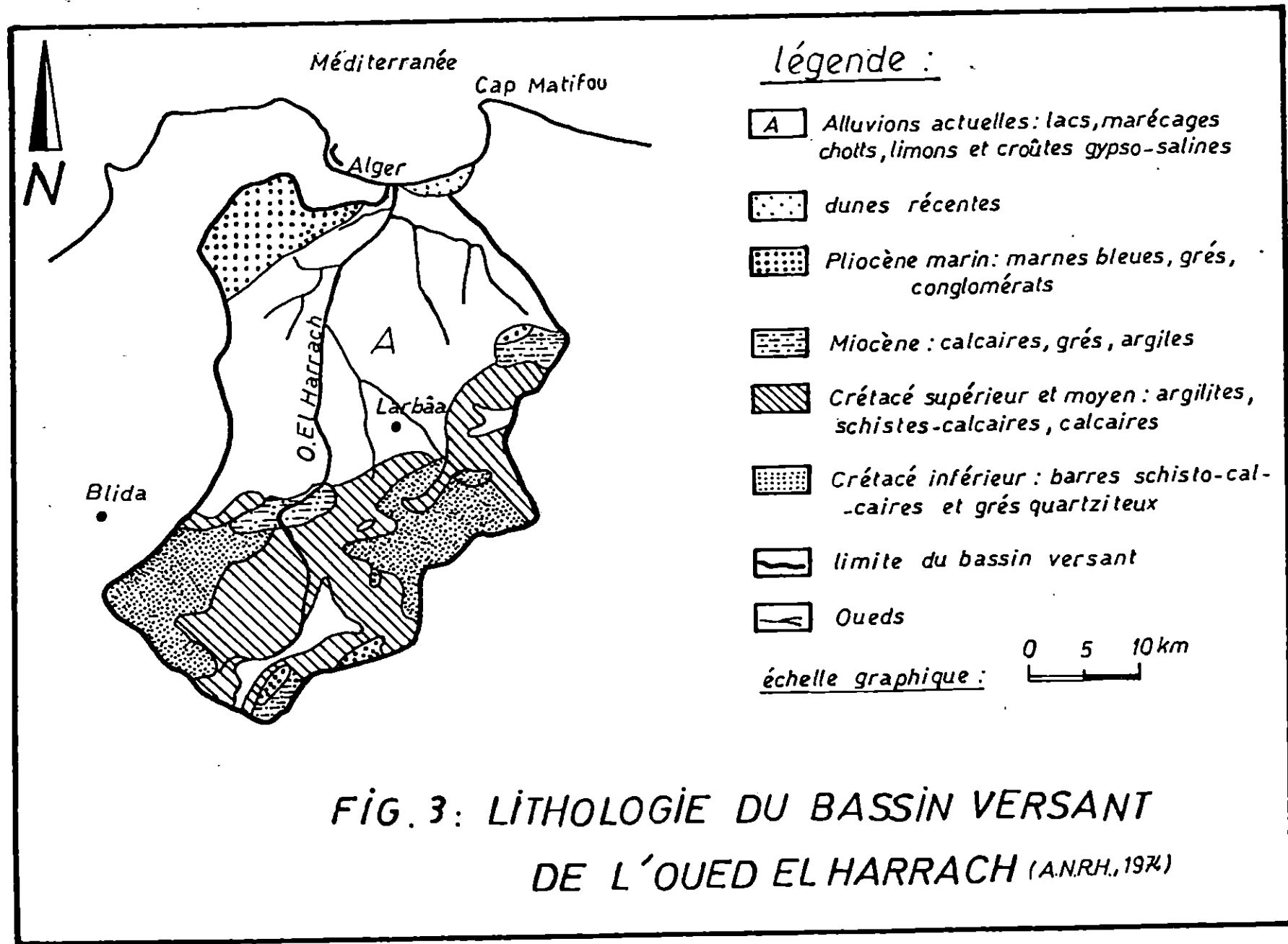


FIG. 3: LITHOLOGIE DU BASSIN VERSANT DE L'OUED EL HARRACH (A.N.R.H., 1974)

1.2.4.1- réseau hydrographique:(Fig.4)

La surface du bassin versant naturel de l'Oued El Harrach est de 1270 km².

La partie montagneuse occupe dans le bassin versant total environ 600 km², la plaine de la Mitidja 500 Km² et les pentes du Sahel 100 Km².

L'Oued El Harrach prend sa source dans la partie Nord de l'Atlas Blidéen. Il a deux ruisseaux de source, l'Oued Akka, avec un bassin versant de 260 Km² et l'Oued Mektâa avec une surface de 106 km². Ces deux ruisseaux se rejoignent à environ 10 Km au Sud de Hammam-Melouane.

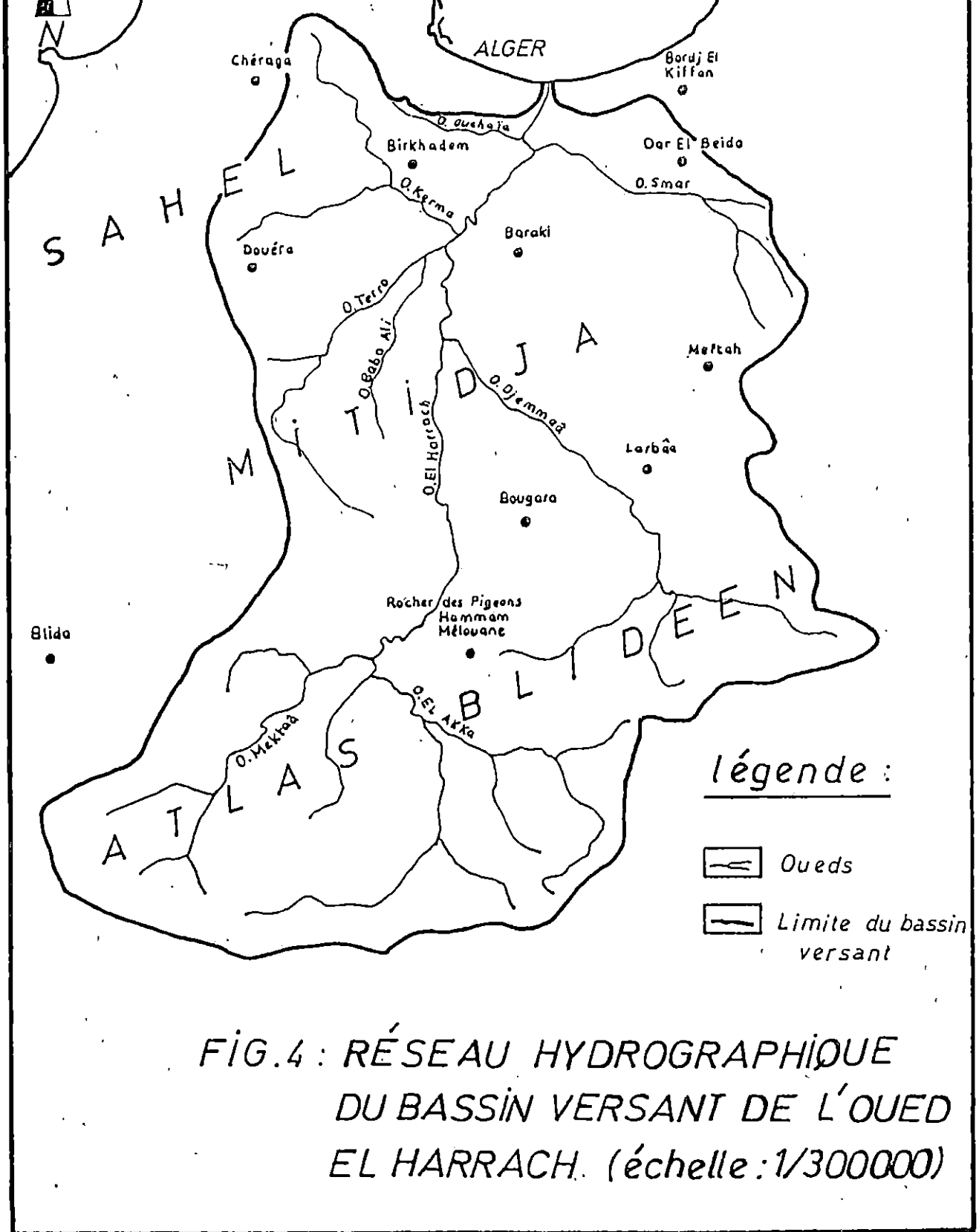
L'Oued El Harrach, ainsi formé, coule en direction Nord-Est et se force un passage hors de l'Atlas Blidéen par la percée du Rocher des Pigeons puis élargit son cours dans la plaine de la Mitidja. Jusqu'à cet endroit l'Oued El Harrach n'a pas d'affluents importants. Il traverse la plaine de la Mitidja en direction Nord Nord-Est et y reçoit son plus grand affluent, l'Oued Djemâa venant du Sud. Ce dernier prend également sa source dans l'Atlas. Son bassin versant a une superficie totale de 225 Km², dont 160 Km² sont occupés par la chaîne montagneuse.

A leur sortie des montagnes, les Oueds El Harrach et Djemaâ forment un cône de déjection. Dans son cours inférieur plus loin au Nord, l'Oued El Harrach reçoit comme prochain affluent l'Oued Terro venant de l'Ouest avec un bassin versant de 166 Km² et qui comprend la partie Ouest de la plaine de la Mitidja et les pentes Sud du Sahel.

Légèrement en aval de l'Oued Terro, l'Oued Kerma, venant également de l'Ouest, se jette dans l'Oued. Celui-ci draine un bassin versant de 74 Km² formé en grande partie par les pentes Est du Sahel et dont les contreforts atteignent l'agglomération d'Alger.

A environ 3 Km en amont de son embouchure, l'Oued El Harrach reçoit, venant de l'Est, l'Oued Smar. Son bassin versant a une superficie de 117 Km², formé en majorité par la partie Est de la plaine de la Mitidja. Sa partie montagneuse est très faible. Dans son cours inférieur, l'Oued Smar coule dans la zone industrielle dense et sert de collecteur d'eaux d'usées.

Environ à 1 Km en amont de son embouchure de la mer, l'Oued El Harrach reçoit l'Oued Ouchaïah, venant de l'Ouest. Ce dernier draine un bassin versant de 22 Km² et dessert les quartiers populeux tels que Kouba, Makaria.



1.2.4.2 régime hydraulique:

L'écoulement de l'Oued El Harrach et de ses affluents est très fluctuant. Pendant les mois d'été pauvres en précipitations, le débit total de l'Oued El Harrach à son embouchure est de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Mais durant la saison des pluies, il présente des débits considérables.

L'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H.) nous indique que les crues centennaires de l'Oued El Harrach sont estimées à $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ environ (en aval de l'embouchure de l'Oued Smar).

Les fortes crues, provoquées par les pluies intenses dans les montagnes, sont en général de très courte durée.

Le tableau n°1 nous donne les hauteurs d'eau et les vitesses moyennes des crues (résultats obtenus à l'A.N.R.H. de 1970-1974):

Fréquence	Débit maximal de pointe (m^3/s)	Côte NGA atteinte par la crues (m/s)	Vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)
Q 2 ans	400	+0,50	2,4
Q 5 ans	800	+0,80	3,3
Q 10 ans	1200	+1,40	3,6
Q 100 ans	2500	+2,00	4

Tableau n°1: Hauteurs d'eau et vitesses moyennes des crues (A.N.R.H., 1970-1974)

L'écoulement d'hiver est généralement supérieur ou égal à $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

La période d'étiage du bassin se limite aux quatre mois d'été (juin, juillet, août et septembre) au cours desquels l'alimentation des Oueds est essentiellement phréatique.

En raison de ces débits inégaux et pratiquement nuls justement en été, les rejets permanents d'eaux usées ne font qu'aggraver l'état actuel de l'Oued El Harrach.

Le tableau n°2 nous donne une estimation sur l'écoulement annuel de l'Oued El Harrach pour différentes stations (A.N.R.H., 1974).

Station	Bassin versant (Km ²)	Précipitation annuelle (mm)	Écoulement annuel (m ³ /s)
Rocher des Pigeons	376	895	134,5
Baraki	940	847	313,9
Embouchure	1200	819	384,2

Tableau n°2: Écoulement annuel de l'Oued El Harrach pour différentes stations (A.N.R.H., 1974).

En figure n°5, l'écoulement annuel maximum de l'Oued El Harrach est observé au niveau de son embouchure.

Le tableau n°3 (A.N.R.H.) nous donne la répartition mensuelle de l'écoulement observé à Rocher des Pigeons (en % de l'écoulement annuel) sur la période 1971-1974.

En figure n°6, le taux maximum d'écoulement mensuel de l'Oued El Harrach est observé au mois de Février de 1973 (30.8 m³/s). Le taux minimum est enregistré en 1972 pendant les mois de Septembre et Octobre (0,5 m³).

1.2.4.3 érosion et transport des matériaux:

Le cours supérieur de l'Oued El Harrach subit une forte érosion qui est favorisée par l'absence de végétation.

Partout l'érosion superficielle y est très visible. Lors des crues, l'Oued El Harrach transporte des volumes considérables de sédiments; ce qui montre l'importance et la forme des bancs de gravières présents dans le lit de l'Oued.

Dans la plaine de la Mitidja, le déblai des berges par les crues est un effet connu de l'érosion.

La majeure partie des sédiments, provenant des montagnes lors des crues, arrive dans la plaine de la Mitidja. La plus grande partie de ces sédiments se dépose juste à la sortie des montagnes.

D'après une analyse de Tixeront (débit solide des cours d'eau en Algérie et Tunisie) et un rapport de Gomella (classification des eaux et technique sanitaire et municipale, 1956), les sédiments en suspension sont transportés, en général avec

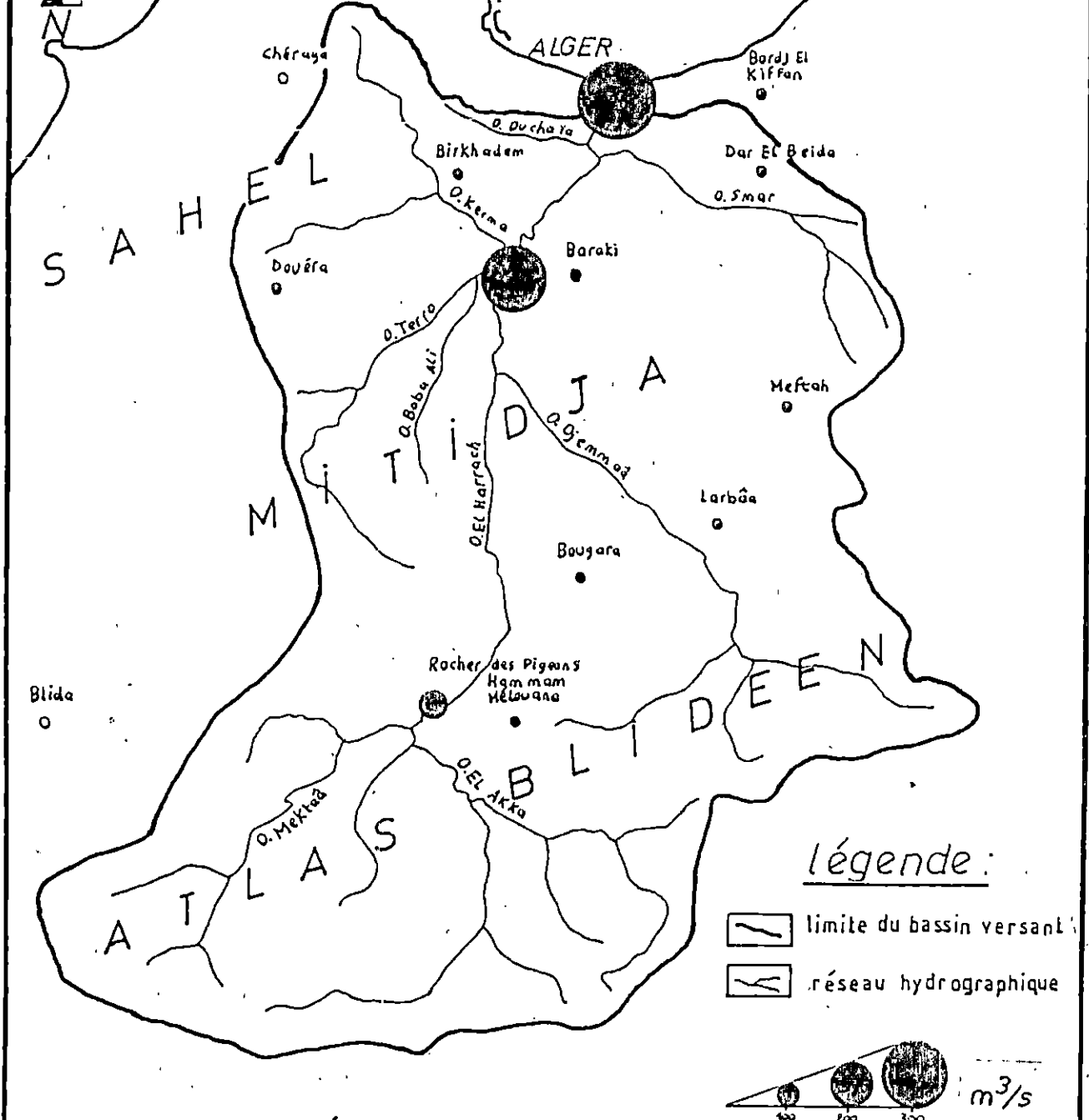


FIG.5 : ÉCOULEMENT ANNUEL DE L'OUËD EL HARRACH AU NIVEAU DE ROCHER DES PIGEONS, DE BARAKI ET DE SON EMBOUCHURE (A.N.R.H, 1974). échelle: 1/300 000

ANNEES	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOV	DEC	TOTAL
1971	24.9	6.7	16.2	28.6	6.8	3.3	1.6	1	1.4	1.9	1.7	6.1	100.2
1972	28.2	15.3	10.7	7.5	6	2.3	1.2	0.8	0.5	0.5	16.5	10.3	99.8
1973	19.2	30.8	17.1	9.2	4.2	1.9	1.1	0.7	2.8	2.1	1	9.9	100
1974	18.9	14.5	23.7	16.2	5.8	2.4	1.3	0.9	1.6	1.4	5.1	7.7	100.2

Tab.3:- REPARTITION MENSUELLE DE L'ECOULEMENT OBSERVE A ROCHER DES PIGEONS (% D'ECOULEMENT ANNUEL) PERIODE 1971-1974

MOIS	SEPT	OCTO	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	MOYENNE ANNUELLE (mm)
DAR EL-BEIDA	41	78	121	138	143	90	89	67	53	25	2	6	853

Tab.5:- PRECIPITATIONS MENSUELLES MOYENNES SUR 10 ans (1975-1985) AU NIVEAU DE LA STATION DAR EL BEIDA (O.N.M.).

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCTO	NOV	DEC	ANNEE
T° MOY.	10.45	11.43	12.37	14.15	16.94	21.06	24.25	24.38	22.11	18.46	14.25	12	16.5
T° MIN.	6.4	6.17	5.18	8	9.84	12	17.3	18.1	16.2	11.7	7.8	6.8	10.44
T° MAX.	15.3	16.9	17.6	19.2	22.6	28.1	32	35.7	27.3	23.9	16.2	15.8	22.56

Tab.6:- VARIATION MENSUELLE DE LA TEMPERATURE A LA STATION DAR EL BEIDA PERIODE 1975-1985 (O.N.M.).

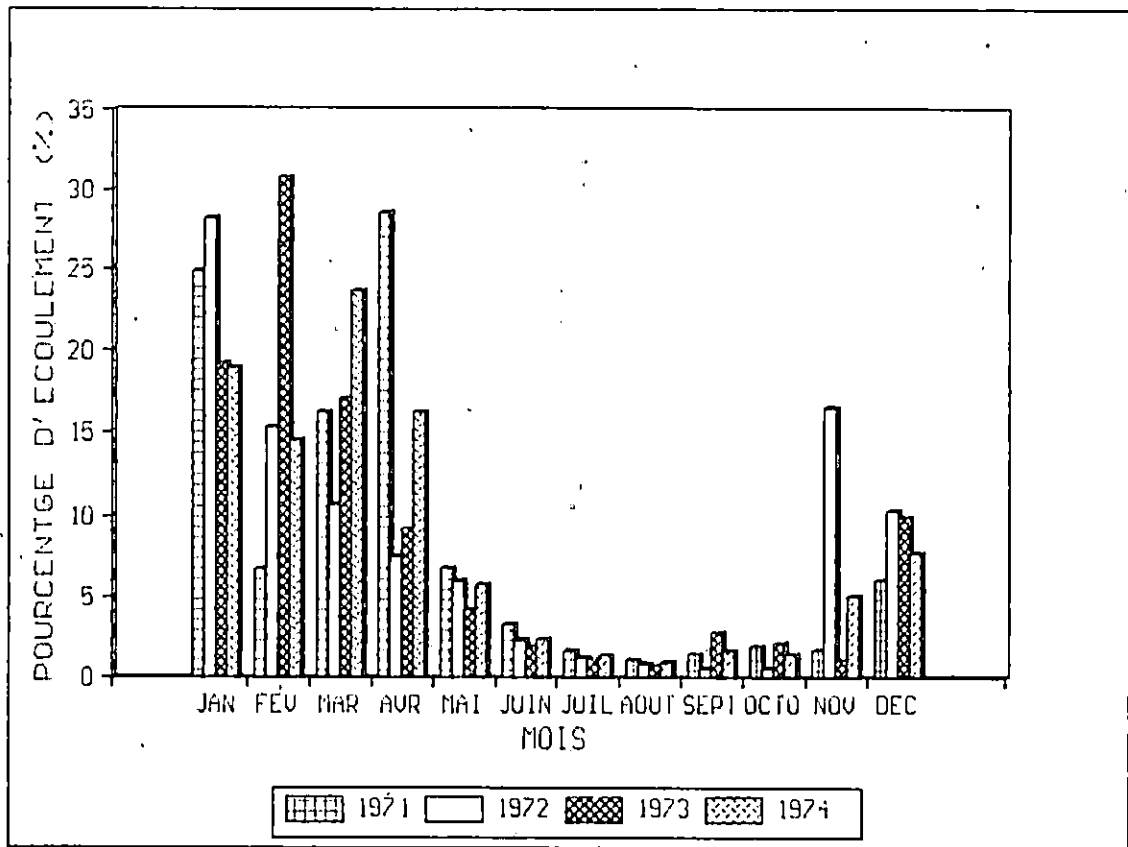


Fig.6:- Répartition mensuelle de l'écoulement observée à Rocher des Pigeons (période 1970-1974).

une concentration très forte où le transport de ces matières en suspension augmente en s'approchant de la côte.

L'érosion du cours moyen et du cours inférieur de l'Oued est minime, en raison de la topographie plus douce du relief.

Le tableau n°4 indique les apports liquides et solides de l'Oued El Harrach durant la période 1971 et 1974 (A.N.R.H.). Nous signalons que nous n'avons pas pu avoir des données plus récentes que celles citées ci-dessous.

Années	Apports liquides Hm ³	Apports solides M.T	Taux d'abrasion T/Km ² /an
1970-1971	90,7	0,157	410
1971-1972	322	2,37	6200
1972-1973	275	1,14	3000
1973-1974	227	3,01	8200
Total	914,7	6,68	17810
Moyenne	228	1,67	4450

Tableau n°4: Apports liquides et solides de l'Oued El Harrach durant la période 1971-1974 (A.N.R.H.).

Le tableau n°4 nous donne un taux d'abrasion moyen de l'ordre de 4450 T/Km²/an, une charge solide moyenne de 1,67 MT et une charge liquide moyenne de 228 Hm³.

En figure n°7a, la valeur maximale en apports liquides de l'Oued El Harrach est observée durant la période 1971-1972 (322 Hm³); la valeur minimale est enregistrée en 1970-1971 (90,7 Hm³).

En figure n°7b, nous notons un maximum en apports solides durant la période 1973-1974 (3,01 MT) et un minimum en 1970-1971 (0,157 MT).

En figure n°7c, le taux d'abrasion maximal est observé en 1973-1974 (8200 T/Km²/an). La valeur minimale du taux d'abrasion est enregistrée durant la période 1970-1971 (410 T/Km²/an).

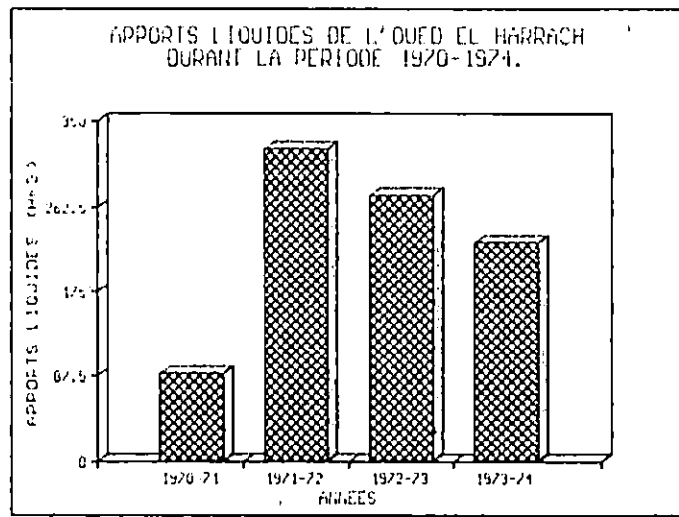


Fig.7a:-Apports liquides de l'Oued El Harrach durant la période 1970-1974.

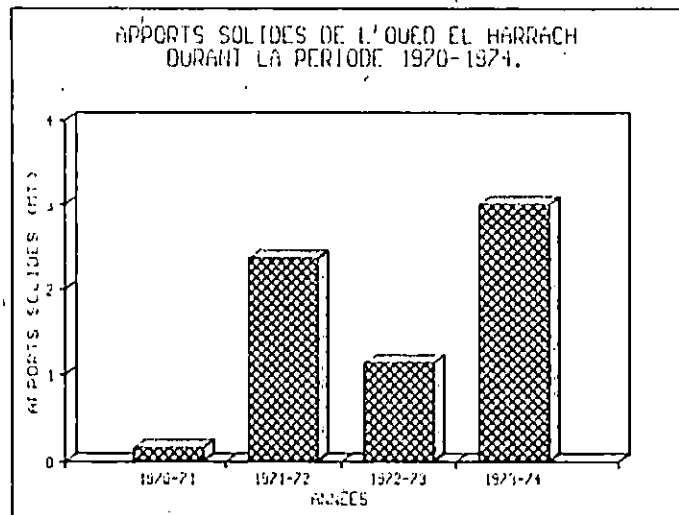


Fig.7b:-Apports solides de l'Oued El Harrach durant la période 1970-1974.

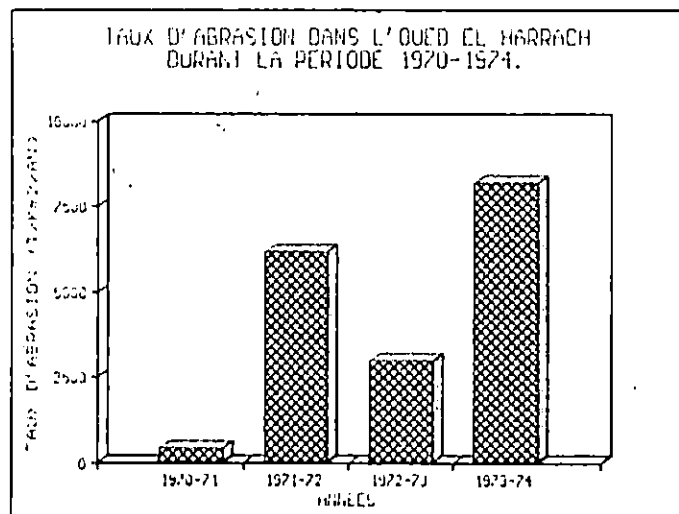


Fig.7c:-Taux d'abrasion dans l'Oued El Harrach durant la période 1970-1974.

1.2.4.4 aspects climatologiques:

Le bassin versant de l'Oued El Harrach se caractérise globalement par un climat méditerranéen humide à deux saisons distinctes: un hiver pluvieux à précipitations abondantes mais leur régime est irrégulier, et un été sec et chaud. Ses caractères lui sont conférés par sa position sur la frange Nord de l'Algérie.

1.2.4.4.1. précipitations:

Les précipitations sont le facteur essentiel parmi les paramètres climatiques. Elles interviennent par:

- * leurs hauteurs annuelles qui déterminent l'abondance fluviale.
- * leurs répartitions saisonnières qui influencent directement les régimes hydrauliques.

Le régime des précipitations dans le bassin versant est irrégulier. Les précipitations moyennes annuelles sont de 853 mm sur l'ensemble du bassin et 672 mm seulement sur l'Oued El Harrach, confluent avec l'Oued Djemâa.

Le tableau n°5 nous donne les précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (1975-1985).

Dans la région, les précipitations commencent le mois de septembre, évoluent brusquement en octobre et novembre et atteignent leurs maximums en janvier (Fig.8).

Les précipitations en décembre et janvier représentent environ 30 % de la pluie annuelle.

Nous observons, au fur et à mesure, une diminution graduelle des précipitations au cours des mois suivants jusqu'au mois de juin, alors qu'elles atteignent pratiquement zéro pendant la saison estivale (Fig.8).

Les précipitations provoquent une augmentation considérable du taux d'écoulement.

Ainsi les conditions de pollution de la mer dépendent généralement, surtout dans la partie aval de l'Oued El Harrach proche des côtes, des précipitations.

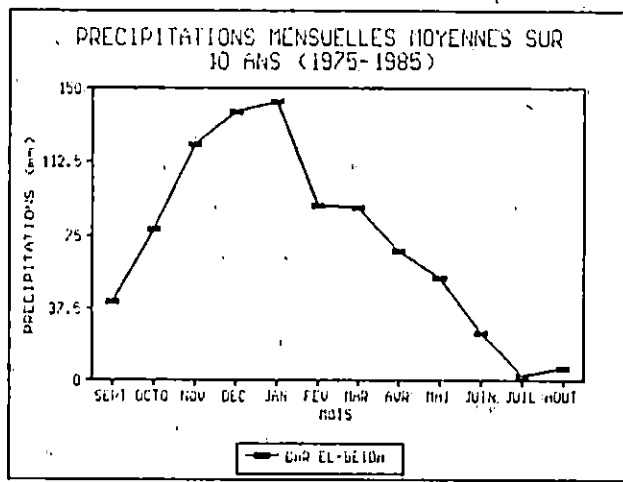


Fig.8:- Précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (1975-1985) à Dar El-Beïda.

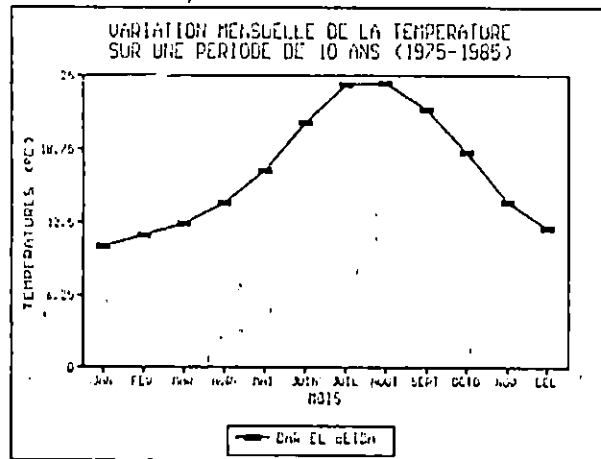


Fig.9:- Moyennes mensuelles de la température sur 10 ans (1975-1985) à Dar El Beïda.

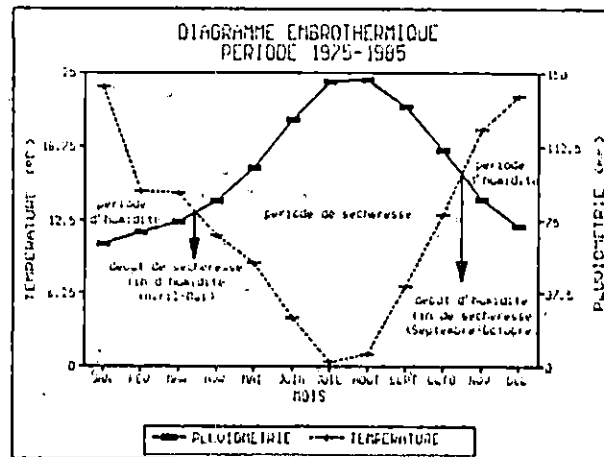


Fig.11:-Diagramme embrothermique durant la période (1975-1985) à Dar El Beïda.

1.2.4.4.2. température:

La température moyenne sur le bassin versant est de 16,5 °C, avec des écarts extrêmes entre -2 °C et +40 °C; mais elle oscille entre 15 et 20 °C avec l'altitude.

En effet, le facteur orographique et l'éloignement de la mer entraînent une augmentation thermique qui peut dépasser 20 °C en été et s'abaisser à moins 16,5 °C en hiver.

Le bassin est tempéré en saison d'hiver et d'automne et très chaud en été, d'où l'importance de l'évapotranspiration surtout à l'intérieur de la région où l'amplitude thermique croît en raison de la continentalité du bassin versant.

Les mois les plus chauds sont juillet et août en été (tableau n°6) tandis qu'en hiver, les mois de janvier et de février présentent les températures les plus faibles.

Certaines anomalies dans les températures qui augmentent d'une façon assez brusque, sont notées surtout aux mois de mai et de juillet durant lesquels souffle un vent chaud et sec: le sirocco dont il fait monter les températures journalières moyennes à plus de 30 °C.

En figure n°9, la température est pratiquement la même pendant la période hivernale puis évolue en mai et atteint son maximum en juillet et août. Nous observons ensuite, une diminution graduelle de la température au cours des mois suivants.

Conclusion:

La pluviométrie du bassin présente les caractères de la pluviométrie méditerranéenne, un total annuel non négligeable, mais des pluies mal réparties dans l'année et parfois violentes provoquant des inondations (Fig.10).

Les pluies qui accompagnent les orages à la fin de la période chaude (Septembre et Octobre) se manifestent par leur forte intensité.

De ce fait, les conditions de pollution de la mer dépendent en général des précipitations. Lors des grandes crues (période humide), l'Oued El Harrach véhicule des charges importantes en apports solides. Les dépôts effectués sur son lit lors de l'étiage (période sèche) sont remis en suspension et transmis en mer chargés de polluants (Fig.11).

Les températures sont soumises à l'influence de la mer, les moyennes annuelles sur tout le bassin varient entre 16,5 et 18,6 °C.

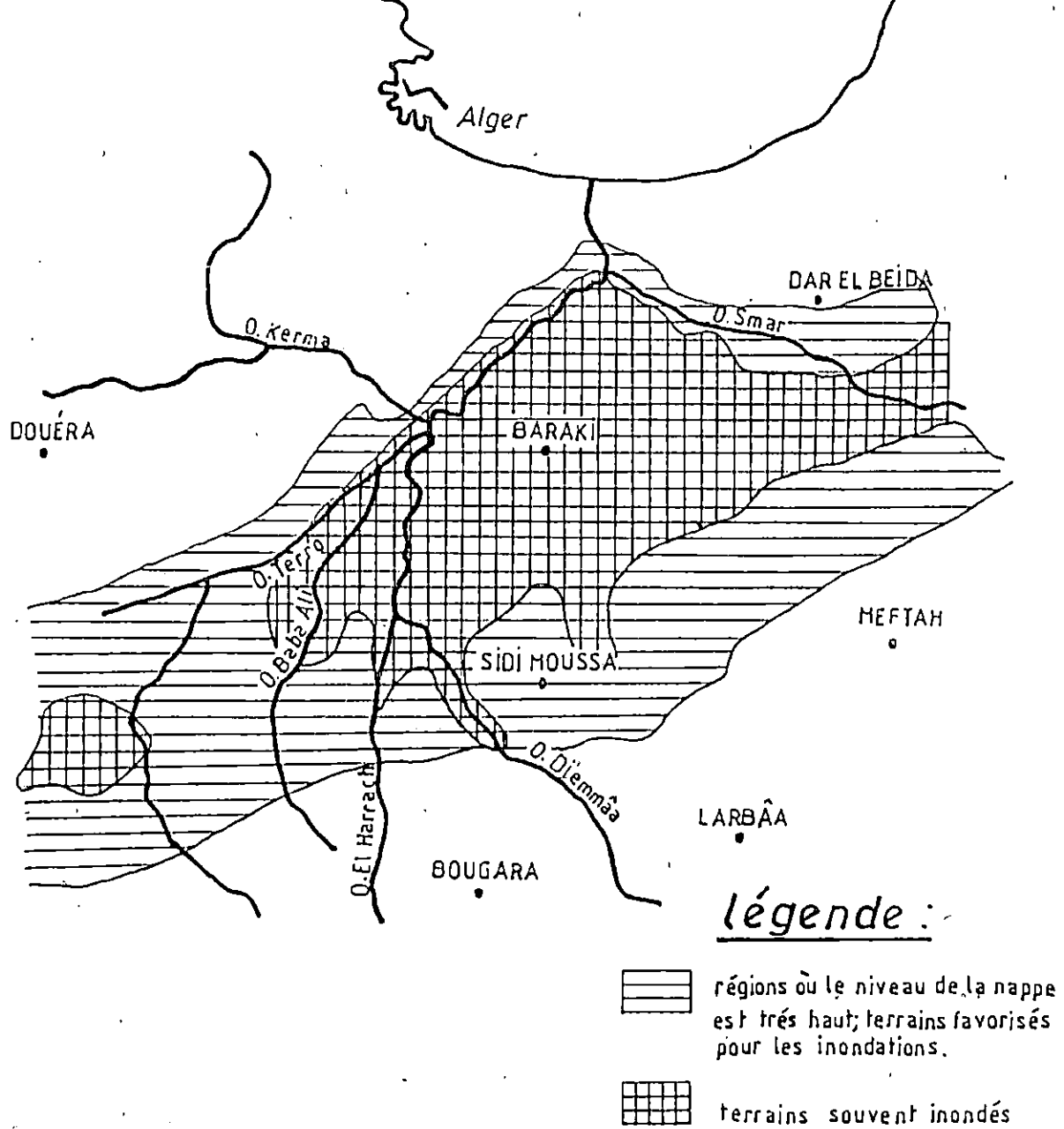


FIG.10 : RÉGIONS INONDEES DU
BASSIN VERSANT DE L'OUED
EL HARRACH. (A.N.R.H, 1974)

échelle : 1/200 000



L'hiver reste doux, puisque la moyenne des minima en janvier (le mois le plus froid) pour une période de 25 ans est 6,4 °C.

L'été chaud, les températures moyennes sont toujours supérieures à 23 °C. En raison de la température élevée qui s'établit à partir de juin à septembre inclus et l'absence presque complète de pluie pendant la même saison, le bassin accuse un déficit hydrique important. De ce fait, en cette période, l'Oued El Harrach se transforme quasiment en égout à ciel ouvert.

CHAPITRE 2

2.1 Données démographiques:

Le bassin versant de l'Oued El Harrach comptait environ 421726 habitants en 1966, 747464 en 1977 et 1106761 en 1987; soit un gain de 685035 habitants en 20 ans (O.N.S., 1987).

Quant à l'an 2000, nous prévoyons une population d'environ 1334040 habitants (Fig.12).

Le nombre d'habitants à l'horizon 2000 est calculé d'après les données du recensement de 1987 et sur la base des taux d'accroissement de 0,62 % pour Alger, 3,39 % pour Blida et 3,21 % pour Tipasa (O.N.S., 1987).

Le manque de logements a conditionné des densités démographiques élevées et l'apparition de bidonvilles avec un mode de vie sans observation des règles d'hygiène et bien entendu l'inexistence de réseaux d'assainissement.

Les concentrations humaines dans les plus grandes communes du bassin versant de l'Oued El Harrach engendre une augmentation considérable du volume des déchets domestiques, bactériologiquement très pollués qui sont systématiquement rejetés à la mer par le biais de l'Oued El Harrach (Fig.13).

La figure n°13 nous montre aussi que la concentration humaine est importante dans les agglomérations suivantes: El Harrach, Bab Ezzouar, Makaria, Bourouba, Bachedjerah, Kouba, Gué de Constantine, Birkhadem, Baraki, les Eucalyptus et Mehtah.

Les maladies à transmission hydriques trouvent donc, leur origine dans la contamination des eaux de boissons par les déchets solides et liquides domestiques; ce qui prouve encore une insuffisance de réseaux d'assainissement au plan qualitatif et quantitatif.

2.2 Identification des activités:

Le secteur d'activités le plus développé dans le bassin versant de l'Oued El Harrach est l'industrie.

Cette dernière est beaucoup plus concentrée sur les Rives de l'Oued El Harrach qui communique avec la mer pour l'évacuation des eaux usées.

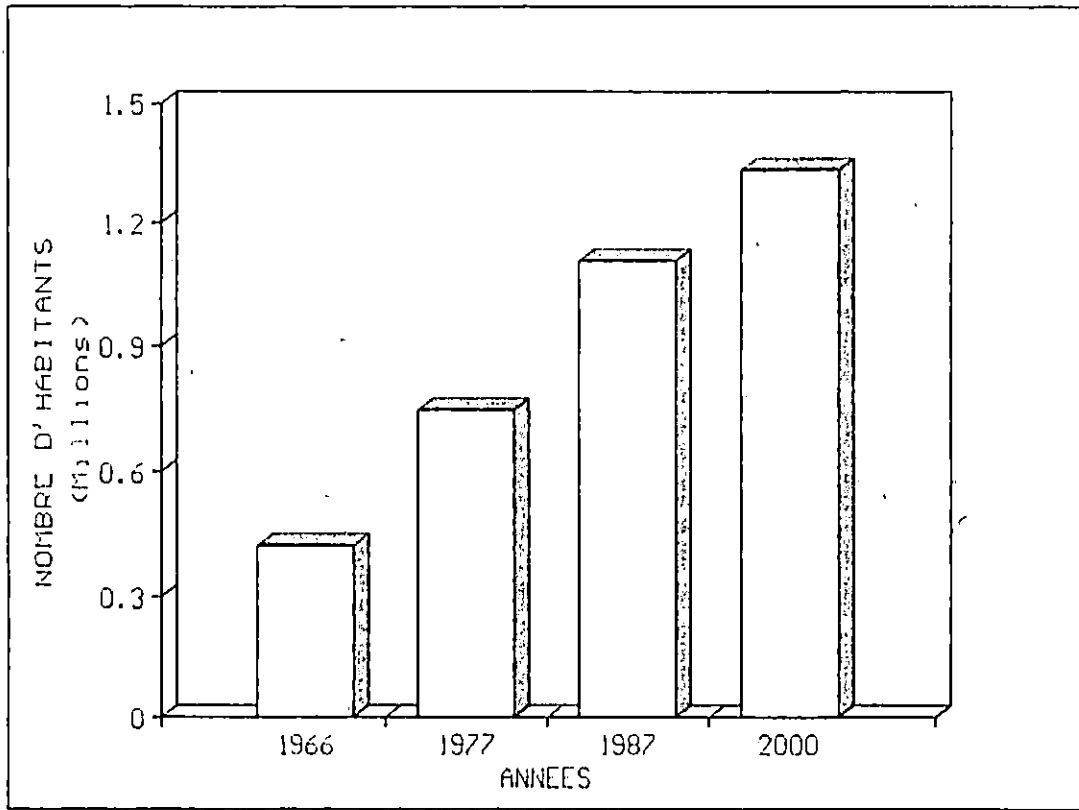
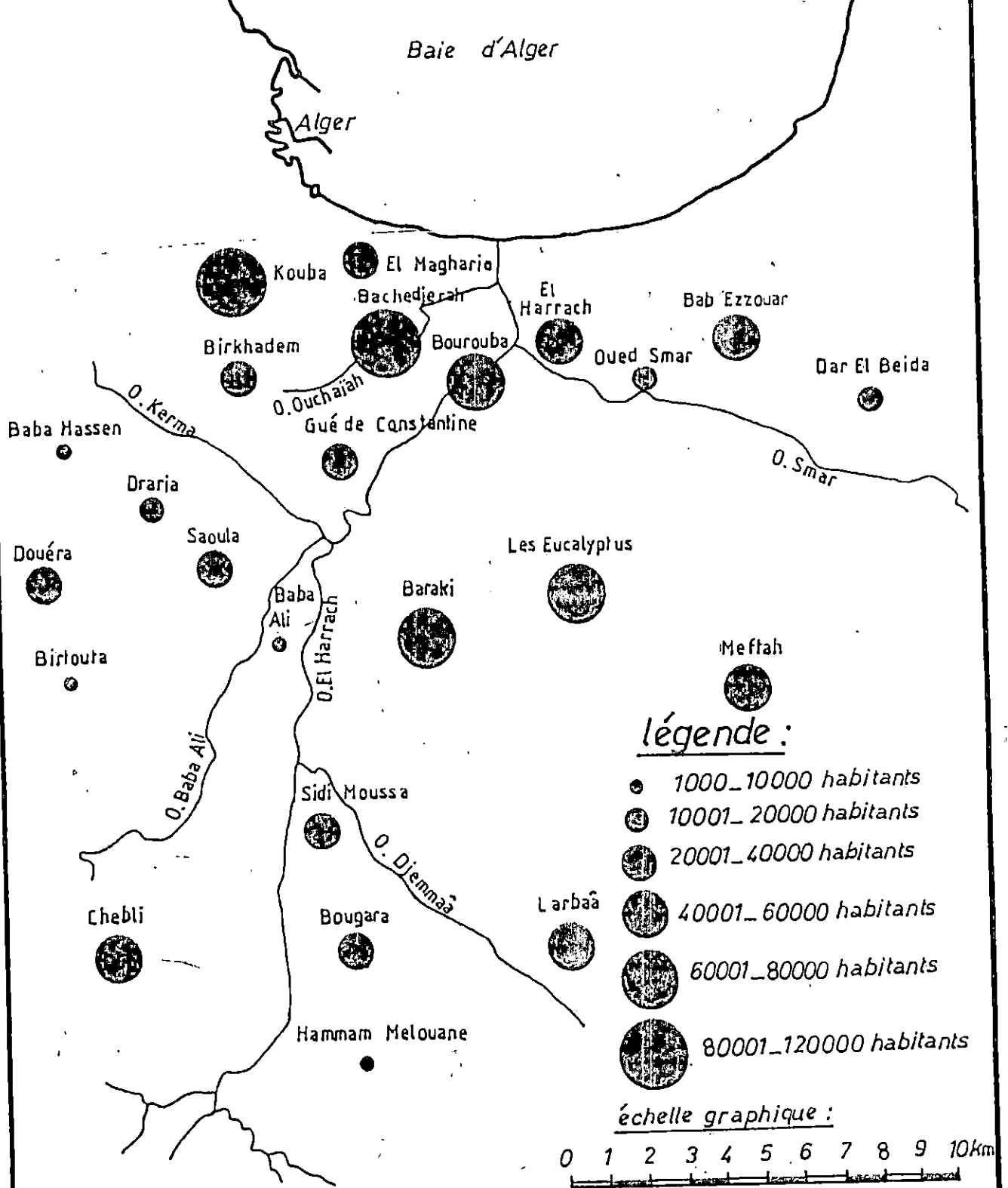


Fig. 12:- EVOLUTION DE LA POPULATION DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED EL HARRACH DE 1966 A 2000 (O.N.S.).



**FIG.13 : RÉPARTITION DES HABITANTS
DANS LE BASSIN VERSANT DE
L'OUED EL HARRACH.**

(D'après les données de l'O.N.S, 1987)



Il existe deux zones industrielles: El Harrach industriel et la zone industrielle de Oued Smar qui constituent avec l'usine de fabrication des pâtes et papiers de Baba Ali (CELPAP ex SONIC), les sources les plus importantes de pollution.

La répartition des industries dans le bassin versant montre que la pollution industrielle est la plus importante et ces rejets directs des polluants industriels sans traitements, dans l'Oued El Harrach, a provoqué et continu à provoquer une dégradation sans cesse accentuée de l'environnement.

En plus de l'industrie, viennent ensuite les activités agricoles importantes dans la plaine de la Mitidja qui est une des régions les plus fertiles de l'Afrique du Nord.

Ainsi l'utilisation par les agriculteurs de produits phyto-sanitaires, dont certains sont très toxiques pour la faune, la flore et l'homme, sans tenir compte des paramètres écologiques d'une part et des pratiques culturales d'autre part, participent à la multiplication de la pollution de l'Oued El Harrach: transfert dans l'Oued par ruissellement et lessivage.

2.3 Source et nature de la pollution:

2.3.1 Pollution domestique:

Les multiples utilisations de l'eau par l'homme donnent lieu à la formation d'eaux usées. Il s'agit de déversements continus et réguliers dont la quantité est liée au nombre d'habitants, quoique leur débit est sujet à des fluctuations horaires journalières.

Les responsables des services des eaux de l'E.P.E.A.L. nous indiquent que l'alimentation moyenne en eau potable dans le bassin versant de l'Oued El Harrach est de 150 l/j/habitant, et comme le volume d'eaux usées ménagères représente environ 80 % des besoins en eau, nous aurons 120 l/j/habitant à assainir.

Connaissant le nombre d'habitants qui est de 1.106.761 (dernier recensement général de 1987), le volume d'eaux usées domestiques rejeté dans l'Oued El Harrach est d'environ 132.811 m³/j. Ce résultat doit tout de même être interprété avec prudence, car pour être aussi précis il faudrait que toute la population soit raccordée aux réseaux d'égouts et qu'il n'y ait pas de pertes par infiltration dans le sol lors du cheminement de ces eaux vers la station d'épuration de Baraki. Or, ce n'est pas le cas puisqu'une partie seulement de la population du bassin versant est raccordée à la station d'épuration.

A l'état frais les eaux usées domestiques sont un liquide trouble, grisâtre, de mauvaise odeur, chargé de déchets de toute sorte.

Les eaux usées domestiques comprennent: les eaux ménagères, c'est à dire l'ensemble des eaux de cuisine, de toilette et de lessive contenant des graisses, savons, détergents et déchets divers; les eaux Vannes provenant des lieux d'aisance contenant les matières fécales et les urines (VAILLANT, 1973).

Les matières contenues dans les eaux ménagères se fragmentent et deviennent d'autant plus fines que le trajet d'écoulement est plus long et plus turbulent. Ce phénomène provoqué par les mécanismes d'auto-épuration ne peut être tellement efficace dans l'Oued El Harrach, du fait de la grande quantité déversée de polluants, de la longueur insuffisante de l'Oued et de la faiblesse de son débit moyen.

Les eaux usées domestiques sont dangereuses en raison de leur forte teneur en germes et leurs propriétés infectieuses.

Un être humain émet 5.10^9 à 10^{12} de colibacilles et $0,5.10^6$ à 3.10^6 de virus entériques/jour (O.M.S., 1976).

Des agents pathogènes sont présents dans les eaux usées, en partie sous forme de virus et de bactéries, comme par exemple les salmonelles qui provoquent la typhoïde. Ils sont en majeure partie fixés sur les particules minérales ou organiques en suspension. Ils sont entraînés dans les eaux résiduaires en provenance d'hôpitaux, de malades soignés à domicile, de porteurs d'agents pathogènes, etc.

2.3.2 Pollution industrielle:

L'implantation des établissements industriels dans le bassin versant de l'Oued El Harrach a entraîné une augmentation considérable du volume des déchets solides, très pollués et très toxiques, qui sont rejetés soit dans l'Oued El Harrach puis vers la mer sans aucun traitement préalable, soit vers la décharge publique de Oued Smar.

Dans l'industrie, l'eau est utilisée comme eau de fabrication et comme eau de refroidissement; dans tous les cas, elle est utilisée comme véhicule de déchets.

Les quantités d'eau fraîche utilisées proviennent du réseau public de distribution d'eau, soit dans le cas où les entreprises ont leurs propres forages des nappes souterraines, soit captées dans les eaux de surface.

L'eau non utilisée est évacuée après usage comme eau résiduaire renfermant les constituants les plus variés dûs à la grande diversité des matières premières employées et procédés de fabrication.

Les principaux établissements industriels existants dans le bassin versant, présentés dans le tableau n°7, montrent que quinze usines déversent dans l'Oued El Harrach,

Entreprises industrielles	Production	Débit d'eau usée (m ³ /j)	Nature des rejets	Milieu récepteur	Danger potentiel	Type de traitement (fonctionnel)
Unité fonderie d'El Harrach (E.N.F.)	Usinage quincaillerie	158	rejets liquides, rejets atmosphériques intenses, huiles usées non récupérées, coke, mazout, eau usée.	égouts communaux se déversant dans l'Oued El Harrach. Air ambiant.	Faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	non
Unité charpente chaudronnerie (E.N.C.C)	Charpente, chaudronnerie et divers mécanosoudés	25	eaux de cuisines, lavages, lavabos, douches. Chutes d'acier, boues de peintures, solvants usés et copeaux métalliques non récupérés.	Oued Smar	Faune, flore, nappe phréatique	non fonctionnel
Unité tréfilerie (E.N.F.M.E.)	ancrer le métal	30	déchets de cuivre non récupérés	Oued Smar	Faune, flore, nappe phréatique	non
Unité d'emballage métallique du Gué de Constantine (E.N.E.M.E.)	Boîtes en fer blanc nu et imprimé, fûts. Bouteilles à gaz	960	rejets acides et basiques, déchets d'aluminium et de poudre phénolique (bakelite) et huiles usées non récupérées, trichloroéthylène	Oued El Harrach	Faune, flore, nappe phréatique	non
Unité câblerie électrique du Gué de Constantine (E.N.I.CAB.)	Câbles électriques	3540	Eaux contenant des traces de métaux lourds (Pb, Cu, Al, ...) déchets solides contenant de la ferraille diverse. Rejets atmosphériques: tailles émissions de poussières de Plomb	Oued El Harrach	Faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	non
Unité accumulateur E.N.P.E.C. (route de Melfah)	Accumulateurs de démarrage	480	Rejets liquides: Plomb et eau acidulée, huiles usées non récupérées. Rejets solides: boues de plomb. Rejets gazeux: acides et plomb (traces de cyanures)	Oued Smar et air ambiant	Faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	non
A.FREI)	Servitures de freins et d'emballages housses, anti-gel pour les radiateurs	12	rejets solides: eaux usées polluées	Oued Smar et la grande fosse	Santé des populations	non
Unité amiante ciment du Gué de Constantine (E.R.C.C.)	briques, plaques en amiante ciment	42	émission de poussières d'amiante dans l'atmosphère; déchets solides; mazout, huile de démoulage	égouts publics se déversant dans l'Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	réalisation d'un bassin de décantation
Etablissement Granitex	Carrelage, faïence	1760	rejets des caillères: déchets de calcaire et du ponçage	Oued Smar	faune, flore, nappe phréatique	fosse septique
Cimenterie d'El Harrach	parpaings, carrelage, buses, dalles, poutrelles	180	Eaux usées domestiques, émissions de poussières d'amiante dans l'atmosphère	Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non

Tab.7:- UNITES INDUSTRIELLES DU SECTEUR PUBLIC JUGÉES POLLUANTES (D'APRES LA SOUS DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PECHES (1994).

S.N.M.C.: Briquetterie Tuilière moderne	briques et tuiles (produit rouge)	273	rejets liquides: eaux usées industrielles et fécales	Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non
Unité matériaux de Béton (Ex S.N.META.)	Matériaux de Béton	15	rejets liquides et déchets solides	Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non
U. E.N.P.C. TPIC Alger (Entreprise Nationale des Plastiques et Caoutchoucs)	divers emballages en plastiques	1632	rejets liquides contenant métaux lourds (Pb, Cu, Zn, ...); rejets atmosphérique (P.U.C.)	Oued El Harrach, air ambiant	faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	installation d'un broeur de déchets plastiques
S.A.T.I. (société d'applications techniques industrielle)	pneumatiques	11260	rejets liquides: eau usée industrielle contenant des produits chimiques (soude, acide chlorhydrique, résine), eau fécale	Oued Duchalrah	faune, flore, nappe phréatique	non
Unité de peinture d'Alger S.N.I.C. (Ex DUCO)	peintures, vernis et polyvéryl, acétate	150	rejets liquides, produits d'hydrocarbures, soude caustique, pigments, solvants, résines	Oued Sear	faune, flore, nappe phréatique	non
Unité de peinture d'Alger E.N.A.P.	peintures	120	soude caustique, produits d'hydrocarbures, pigments, solvants, résine.	Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non
Raffinerie de Baraki (SONATRACH)	hydrocarbures	500	gaz de torches évacués en excès, boîtes huileuses et toxiques, bacs de stockage fuyards	Oued El Harrach et air ambiant	faune, flore, santé des populations. Contaminations des nappes phréatiques suites aux fuites d'hydrocarbures provenant des bacs	non
Neflal: Entrepôt du Carroubier	stockage de carburants, lubrifiants, produits chimiques et spéciaux	1000	traces d'hydrocarbures	Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	bassin de décantation
Unité de formulation de Baraki ASMIDAL	engrais chimiques et organiques, produits d'équarrissage	12	rejets liquides: eau usée industrielle et eau fécale	Oued El Harrach et air ambiant	faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	non
Unité papeterie El Harrach (Ex SONIC)	papier d'emballage carton	10800	rejets liquides, silices, fibres, MES (6 g/l dans les eaux usées résiduaires)	Oued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non

Tab.7 (suite):- UNITES INDUSTRIELLES DU SECTEUR PUBLIC JUGEES POLLUANTES (D'APRES LA SOUS DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PECHEES (1984).

Unité papeterie Baha fil (ex SOHIF)	papier d'emballage papier imprimé	15000	liqueur noire composée: restes en soude (5 d-1) et lore	Qued Terro	faune, flore, nappe phréatique	non
Unité BI Berrhadou ORLAC	produits laitiers	510	rejets liquides: matières organiques, produits chimiques tels que la soude caustique et détergents, matières grasses	Collecteur public puit vers Qued Kerra	faune, flore, nappe phréatique	non
UP 04 Lavigerie ORLAC	produits laitiers	680	eaux usées, déchets de fabrication	Qued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non
Unité levure d'Qued Ssar EPJAC	levures de panifi- cation	3000	rejets d'eaux usées en quantités impor- tantes (charge organique élevée) prolifé- ration de levure dans le cours d'eau récepteur. Dégoût d'odeur nauséa- bonde: Pollution chimique: acide sulfur- rique, sulfate de Na, NaCl, urée	Qued Ssar	faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	non fonctionnel
UP III SA. SEMPAC	farines, semoules, sous-produits (bétail)	1533	eaux usées, déchets de fabrication	dans le collecteur public puits dans Qued Ssar	faune, flore, nappe phréatique	non
UP III EA. SEMPAC	farines, sous-produits (bétail)	365	eaux usées, déchets de fabrication	Qued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non
Abattoir d'El Harrach	Abattage de bétails	720	rejets d'eaux usées (polluées)	Qued El Harrach (par collecteur)	faune, flore, nappe phréatique	non
Brasseries et glacières d'Algérie (BSA)	bières et boissons cazeuses	1100	eau usée industrielle et eaux fécales (levure de bière et de la soude)	Qued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique	non
Unité Saïcal	produits pharmaceutiques	50	rejets gazeux: poussières de séchage déchets solides: carton (trées), réactifs et solvants	Qued El Harrach	faune, flore, nappe phréatique, santé des populations	non
Total du débit		54948				

Tab.7 (suite et fin):- UNITES INDUSTRIELLES DU SECTEUR PUBLIC JUGEES POLLUANTES (D'APRES LA SOUS DIRECTION DE L'ENVI-
RONNEMENT ET DES PECHEES (1984).

sept dans l'Oued Smar, une dans l'Oued Ouchaïah, une dans l'Oued Terro et cinq dans les égouts communaux. La figure n°14 montre d'ailleurs la répartition des industries dans le bassin versant.

Les rejets d'eaux usées provenant des unités industrielles, citées dans le tableau n°7 sont chargées de multiples produits chimiques tels que les métaux lourds, les divers acides, les produits d'électrolyses,

Le volume total des eaux usées industrielles deversées dans l'Oued El Harrach est d'environ 56848 m³/j. Ce chiffre alarmant doit conduire les autorités à prendre des mesures d'urgence afin de traiter ce phénomène qui risque d'accentuer la dégradation de l'environnement.

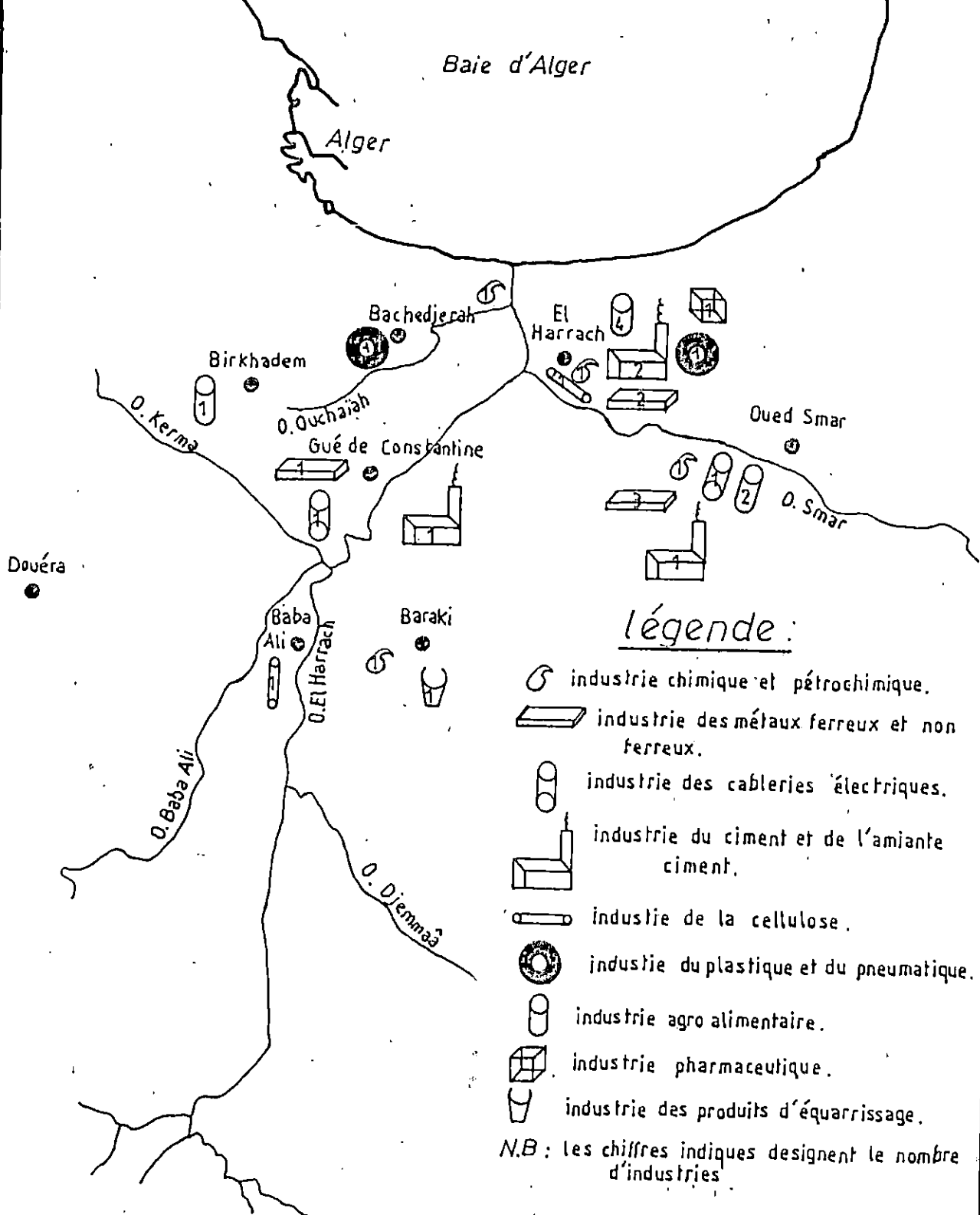
Cette situation se trouve aggravée par la perte de l'Oued El Harrach, de sa capacité d'auto-épuration et qui est transformé en égout à ciel ouvert avec un prolongement de l'eutrophisation jusque dans la mer.

Ainsi, cette dégradation se répercute sur le milieu marin par une tendance à la rupture de l'équilibre écologique due à la disparition de zones de reproduction des espèces animales et de certaines espèces végétales.

Il est à signaler que de nombreuses unités, citées dans le tableau n°7, ne disposent pas de stations de traitements, lorsque celles-ci existent, elles sont défailtantes.

Les établissements industriels représentés en tableau suivant sont considérées comme étant les plus dangereux avec des rejets notables tant pour la quantité que pour la qualité de leurs effluents.

voir tableau page suivante.



légende :










-  industrie chimique et pétrochimique.
 -  industrie des métaux ferreux et non ferreux.
 -  industrie des cableries électriques.
 -  industrie du ciment et de l'amianté ciment.
 -  industrie de la cellulose.
 -  industrie du plastique et du pneumatique.
 -  industrie agro alimentaire.
 -  industrie pharmaceutique.
 -  industrie des produits d'équarrissage.
- N.B : les chiffres indiqués designent le nombre d'industries

FIG.14 : RÉPARTITION DES INDUSTRIES DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED EL HARRACH.

(échelle graphique : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 km)



Unités industrielles	Description de la pollution
Unité papeterie Baba-Ali (SONIC)	Liqueurs noires excessivement souillées.
Unité câblerie électrique Gué de constantine (ENICAB)	Eaux contenant des traces de métaux lourds (Pb,Cu,Al,...).
Unité accumulateur (ENPEC) Oued Smar	Rejets liquides contenant des métaux Lourds.
E.N.P.C.T.P Alger (Entreprise nationale des plastiques et caoutchoucs)	Rejets liquides contenant des métaux Lourds.
Unité de peintures ENAP et SNIC	Rejets liquides contenant des métaux LOurds et de la soude caustique.
Raffinerie de Baraki	Boues huileuses toxiques.
Unité de formulation de Baraki ASMIDAL.	Rejets liquides toxiques.

En figure n°15, nous remarquons que les établissements considérés comme étant les plus dangereux, déversent leurs eaux usées dans presque la totalité du réseau hydrographique.

2.3.3 Pollution par les déchets solides:

La collecte des ordures ménagères est faite par le service des APC. L'évacuation est effectuée avec des camions de collecte à benne à chargement. Les ordures collectées sont ainsi évacuées vers la décharge publique de Oued Smar.

Les industries évacuent également leurs déchets solides vers la décharge sans que le contenu des camions ne soit vérifié; ce qui fait que personne ne peut savoir ce qui est exactement déversé à la décharge de Oued Smar.

En plus de ces déchets destinés à la décharge de Oued Smar, il existe des dépôts sauvages tout au long des berges du réseau hydrographique de l'Oued El Harrach.

En effet, les Rives de l'Oued El Harrach et de ses affluents sont jonchées de déchets de toutes sortes: boites de conserves, débris de verre, plastiques, casseroles, cartons, déchets métalliques, boues de peintures, vieux pneus, carcasses d'automobile, cadavres d'animaux, etc... .

Cette pollution par les déchets, affectant le réseau hydrographique, résulte de

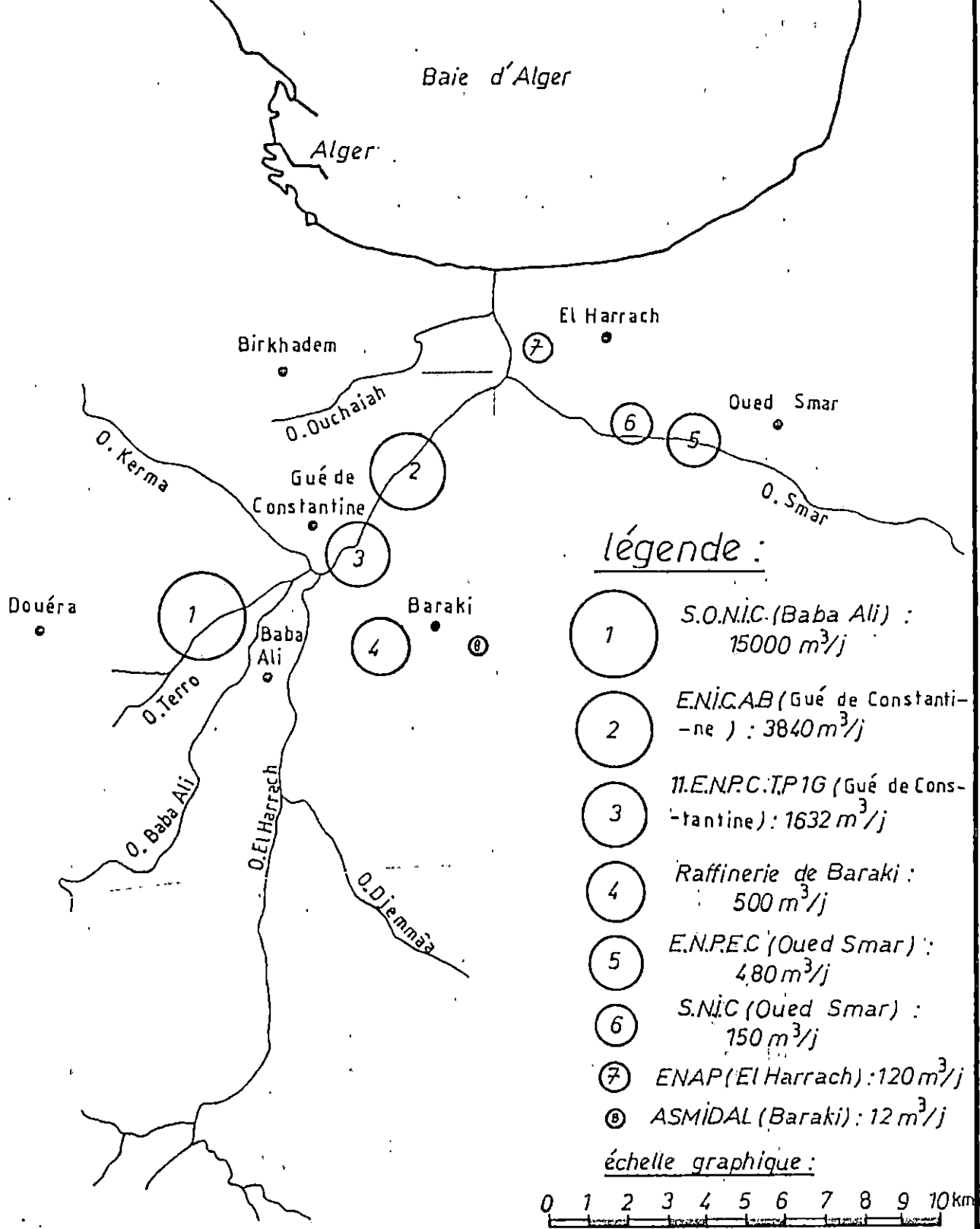


FIG.15 : RÉPARTITION DES ÉTABLISSE-
-MENTS ET DES REJETS DANGE-
REUX DANS LE BASSIN VERSANT

l'évacuation sauvage et clandestine par certaines industries de leur déchets solides dont certains sont toxiques. Les berges sont également jonchées de divers débris déversés par certains citoyens.

2.3.4. Pollution d'origine agricole:

Cette pollution est mal connue mais l'on sait qu'elle est produite par:

- * L'élevage d'ovins, bovins et volaille.
- * L'utilisation d'engrais.
- * L'utilisation de pesticides.

L'élevage des animaux domestiques produit une quantité de déchets organiques très supérieure à celle de la population humaine. Les engrais riche en azote et en phosphore contribuent puissamment à l'eutrophisation des eaux douces. Les engrais à base de nitrates, s'infiltrant dans la nappe phréatique, peuvent être à l'origine d'intoxications graves; mais ce sont surtout les pesticides de synthèse qui créent de sérieux problèmes, d'autant plus que beaucoup de ces nouvelles molécules ne sont que très lentement biodégradables et sont extrêmement dangereux pour l'homme (risque de cancer par exemple).

L'inondation, les crues, le lessivage des terres agricoles, entraînent le rejet de terres chargées de produits phyto-sanitaires dans l'Oued qui seront par la suite transférés vers la mer.

Malheureusement, nous n'avons pas pu obtenir des données concernant la pollution d'origine agricole. Ce type de recherches en est à ses débuts.

2.3.5. Autres types de pollution:

On pensait, autrefois, que les eaux pluviales étaient propres, qu'elles ne contenaient pas de matières polluantes, et elles étaient de ce fait considérées comme agent de dilution des eaux sales des égouts. Mais de nombreuses recherches ont toutefois infirmé cette opinion et révélé que l'eau de pluie était, au contraire, pendant

les premières minutes de sa chute plus polluée que les eaux usées ménagères (FRESENIUS et SCHNEIDER, 1990).

En effet, l'eau de pluie est souillée par la pollution atmosphérique qui est due principalement au chauffage des locaux, aux véhicules automobiles, aux différents

procédés de production de l'industrie et à l'incinération des déchets urbains et industriels.

Une étude sur les niveaux de pollution atmosphérique à Alger, a montré l'existence d'une relation entre les niveaux de pollution en plomb et la densité de la circulation automobile (AZZOUZ, 1987).

Par conséquent, nous avons une aggravation de la pollution de l'Oued El Harrach, du fait des eaux de ruissellement, notamment en période de forte pluviométrie du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril où nous avons une moyenne en précipitations de 104 mm.

2.4. Le réseau d'assainissement:

2.4.1. Les collecteurs:

Dans le bassin versant de l'Oued El Harrach, les surfaces réservées à l'urbanisation sont pour la plupart assainies par des réseaux d'égouts. Mais ces derniers en général, ne répondent pas à toutes les exigences d'un réseau d'assainissement moderne. Ils sont tout de même capables d'assumer en gros de façon suffisante leur tâche d'évacuation des eaux usées.

Nous sommes cependant devant le fait problématique que les nombreux réseaux partiels se dirigent dans l'Oued El-Harrach sans que les effluents aient subi une épuration préalable.

Ces eaux chargées d'effluents, surtout pendant la saison chaude et sèche, représentent un sérieux danger pour l'hygiène publique.

Des contaminations de la nappe phréatique ont déjà été observées, très probablement contaminées par l'eau polluée de l'Oued El Harrach.

Des travaux lancés par la direction de l'hydraulique de la wilaya d'Alger, consistant à la mise en place d'un système unitaire, sont en cours afin d'éliminer le danger cité ci-dessus.

Le système consiste à évacuer dans un système de canalisations communes les eaux usées comme les eaux pluviales.

Une des raisons du choix de ce système, réside dans le fait que les réseaux d'assainissement existants, travaillent tous en système unitaire. Ainsi, le réseau hydrographique de l'Oued El Harrach sera protégé par des collecteurs d'interception.

Ce système unitaire constitue donc la meilleure solution pour que les conditions de l'épuration soient mieux contrôlées et bien suivies. D'autant plus que sur le plan économique, le système unitaire est nettement plus intéressant car l'exploitation, l'entretien et la surveillance peuvent être assurés par un service commun. Ce qui implique une bonne coordination de l'action du personnel. Mais le problème se pose au niveau des traitements des eaux mélangées (eaux usées urbaines et industrielles). Nous savons que les stations d'épurations d'une manière générale, emploient des procédés et des techniques qui visent essentiellement la pollution bactérienne. De ce fait, les divers produits chimiques contenus dans les eaux usées en général traversent facilement les dispositifs d'épuration.

La figure n°16 montre les tracés des collecteurs fonctionnels, en cours de réalisation et en projet et leur dénomination.

Des collecteurs sur chacune des Rives sont prévus ou existent déjà tout le long de l'Oued El Harrach; un seul collecteur est respectivement prévu sur les autres Oueds. Les eaux usées sont évacuées vers la station d'épuration, située à Baraki.

2.4.1.1. collecteur rive gauche:

Le collecteur rive gauche est déjà réalisé et donc fonctionnel. Il commence à l'embouchure de l'Oued El Harrach pour aboutir à la station d'épuration. Il a une longueur de 6700 m. Il reçoit le collecteur Oued Ouchaïah avec une longueur de 5000 m.

2.4.1.2. collecteur rive droite:

Il existe déjà, démarre du centre d'El Harrach et va jusqu'à l'embouchure. Il a une longueur de 875 m.

Un siphon est réalisé sous l'embouchure de l'Oued pour que les eaux usées du collecteur rive droite soient véhiculées par le collecteur rive gauche à la station d'épuration.

2.4.1.3. collecteur Oued Smar:

Il est en cours de réalisation. Il est achevé à 90%. Il a une longueur de 4500 m et devra recevoir les collecteurs de Bab Ezzouar et de Dar El Beïda.

Actuellement, toutes les eaux se déversent à l'état brut dans l'Oued Smar.

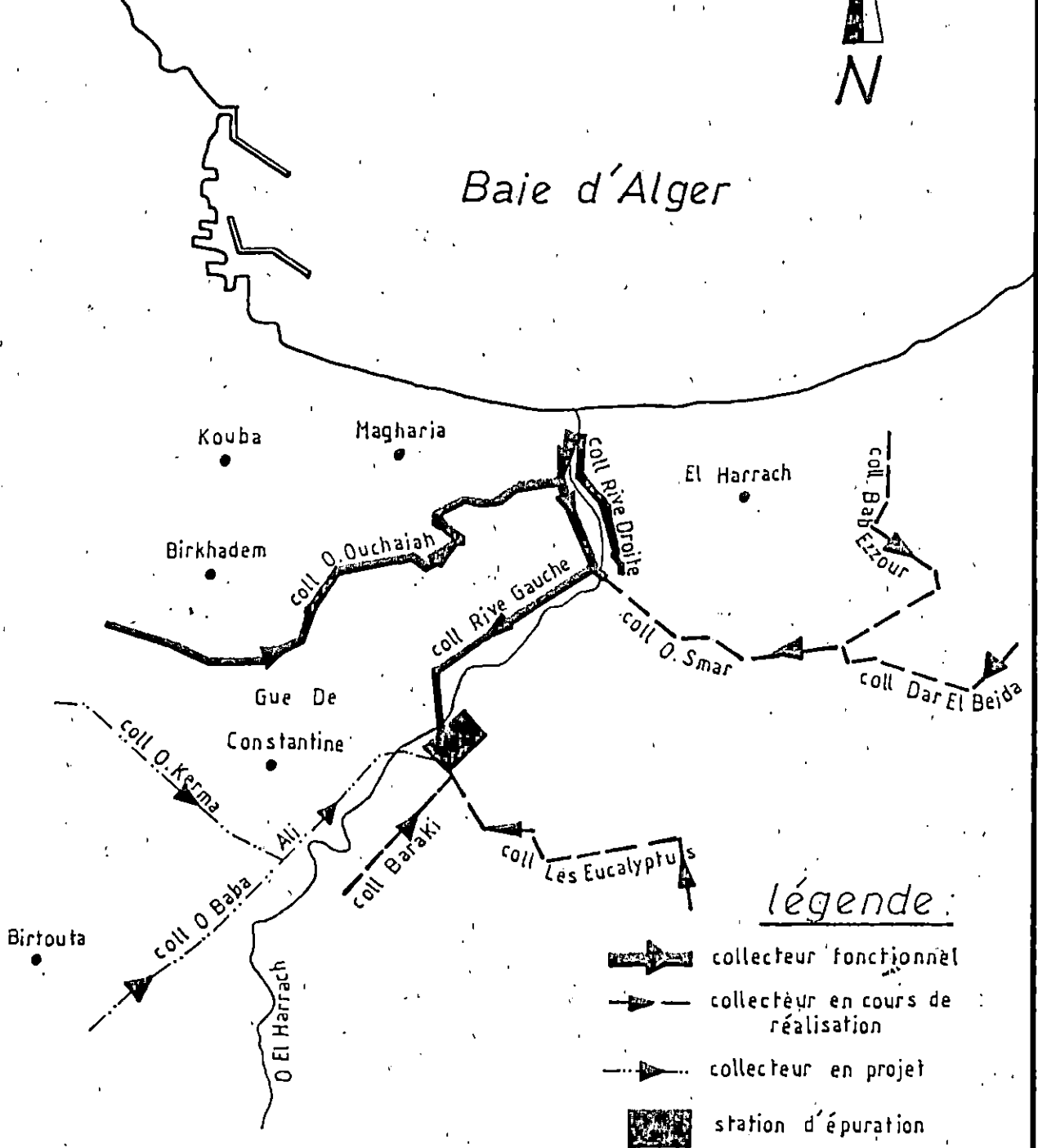


FIG.16 : TRACES DES COLLECTEURS PRINCIPAUX (échelle : 1/100 000)

2.4.1.4. collecteur Eucalyptus-Baraki:

Il est en cours de réalisation. Le collecteur de Baraki est achevé à 90% et celui des Eucalyptus à 70%.

Ce collecteur qui mesure 5000 m, se déversera dans le collecteur Baba Ali pour aboutir à la station d'épuration.

Actuellement, toutes les eaux usées se déversent dans l'Oued El Harrâch.

2.4.1.5. collecteur Baba Ali:

Ce projet n'a pas démarré. Il devra recevoir tous les rejets qui initialement se déversaient dans l'Oued, notamment les eaux usées de la Papeterie. Il a une longueur de 1100 m.

2.4.1.6. collecteur Oued Kerma:

Le projet n'a pas encore démarré. Les eaux résiduaires de ce collecteur se jettent dans celui de Baba Ali.

Remarque:

Il est à signaler que deux collecteurs seulement fonctionnent (collecteurs rive gauche et rive droite) et sont raccordés à la station d'épuration de Baraki.

La figure n°17 montre bien l'état d'avancement des collecteurs. Les collecteurs Oued Smar, Baraki et Eucalyptus sont en cours de réalisation, tandis que ceux de Baba Ali et Oued Kerma sont en projet.

Le collecteur rive gauche reçoit actuellement le collecteur Oued Ouchaïah et le collecteur rive droite avec un volume total d'eaux usées (urbaines et industrielles) d'environ 84288 m³/j qui sera par la suite évacué vers la station d'épuration.

Quant aux localités qui doivent normalement déverser leurs eaux usées (urbaines et industrielles) dans les collecteurs Oued Smar, Eucalyptus, Baraki, Baba Ali et Oued Kerma rejettent actuellement leurs eaux usées, brutes, directement dans les cours d'eaux récepteurs. Le volume total déversé est estimé à environ 105371 m³/j.

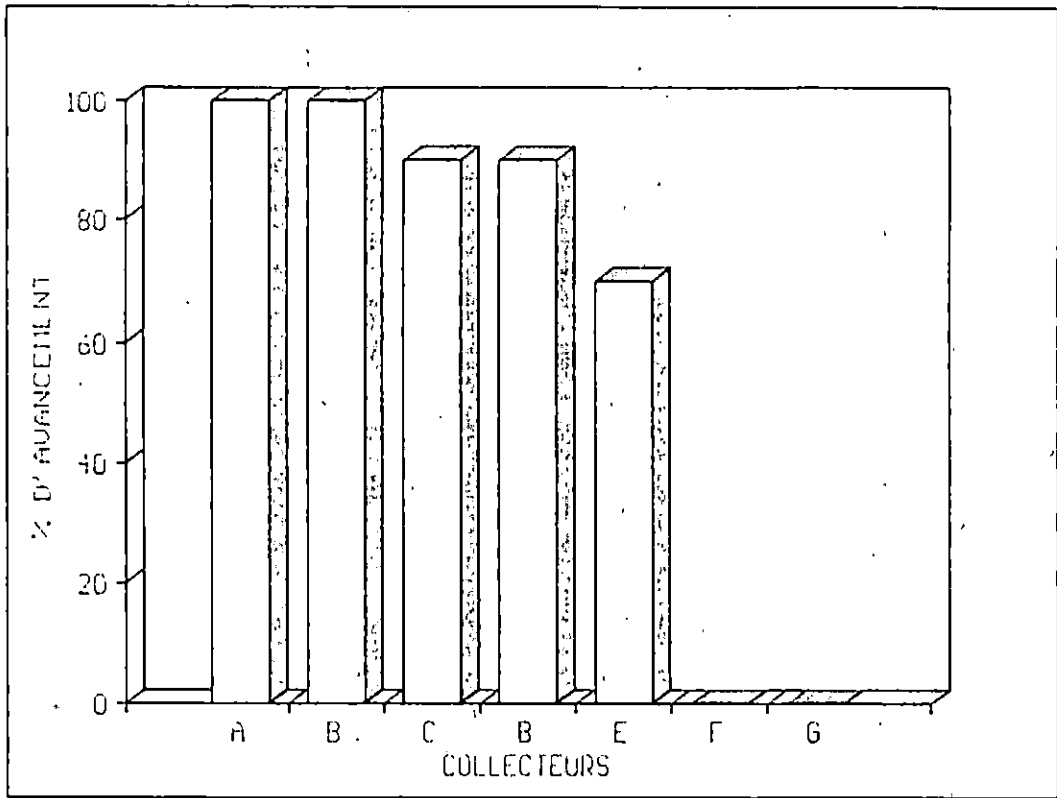


Fig. 17:- Etat d'avancement des collecteurs.

A:Collecteur Rive gauche
 B:Collecteur Rive droite
 C:Collecteur Oued Smar
 D:Collecteur Baraki
 E:Collecteur Eucalyptus
 F:Collecteur Baba Ali
 G:Collecteur Oued Kerma

2.4.2. Station d'épuration de Baraki:

La station d'épuration est fonctionnelle depuis 1989. Elle est située à Baraki sur la rive droite de l'Oued El Harrach, à 6,8 Km environ de l'embouchure.

A l'arrivée de la station d'épuration, nous distinguons un afflux unique : collecteur rive gauche. Les autres collecteurs sont soit en cours de réalisation, soit en projet.

La capacité maximale est prévue pour 3 M éq./habi.; mais actuellement, une partie seulement de la station est réalisée et mise en fonction. Selon le responsable du complexe, la station est fonctionnelle à environ 40%, avec un débit moyen journalier de 80000 m³/j. Toujours selon le même responsable, la station traite les eaux usées urbaines et industrielles.

Si nous comparons le volume donné par le responsable de la station au volume total déversé dans l'Oued El Harrach et ses affluents et qui est de 189659 m³/j (volumes d'eaux urbaines et industrielles), nous remarquons que 42,18% du volume total sont traités par la station. Il reste donc beaucoup à faire afin de redonner l'état naturel d'antan du réseau hydrographique de l'Oued El Harrach.

L'épuration des eaux usées doit éliminer les impuretés des eaux au point de ne pas influencer négativement le circuit responsable de l'auto-épuration des eaux dans le milieu récepteur et de ne pas représenter de danger ou de nuisance pour l'environnement; par ailleurs, le traitement des eaux usées crée les conditions pour le recyclage dans l'agriculture ou autre. Ce type de traitement TERTIAIRE (déméralisation, réduction plus importante de DBO₅ et des charges bactériennes, ...) peut être envisagé plus tard, après achèvement du projet en cours.

Le fonctionnement de la station d'épuration de Baraki se fait comme suit:

Pour des raisons physiques, chimiques et biologiques, l'élimination des impuretés contenues dans les eaux brutes ne peut être effectuée en une seule opération mais par des étapes seulement. L'étape d'épuration dite mécanique élimine les objets encombrants (par dégrillage) et les sables en suspension minérale (par dessableur); les matières décantables et surnageantes sont retenues dans les bassins de décantation.

Dans l'étape d'épuration dite biologique, les matières en suspension non décantables, colloïdes ou matières organiques dissoutes sont dégradées par l'activité de micro-organismes.

L'épuration secondaire a finalement pour but de séparer les boues, activées et les eaux épurées qui ne sont alors plus putrescibles et peuvent en général être introduites dans le milieu récepteur.

2.5. Etat des effluents urbains et industriels rejetés dans le réseau hydrographique:

Le problème de pollution dans le réseau hydrographique de l'Oued El Harrach se pose toujours, étant donné que beaucoup d'industries et de localités ne sont pas encore raccordées à la station d'épuration de Baraki.

Les eaux usées sont rejetées dans le réseau hydrographique à l'état brut, sans aucun traitement.

Parmi ces rejets, les eaux résiduaires de la fabrication de pâtes et papiers provenant de l'usine de Baba Ali, déversées sans aucune épuration dans l'Oued Terro, sont une cause principale de la pollution des eaux dans la région.

2.6. Quelques données sur les milieux récepteurs:

2.6.1. le réseau hydrographique: (voir figure n°4)

L'Oued El Harrach et ses affluents reçoivent quotidiennement des rejets importants en polluants divers.

En dehors des fortes pluies, ses affluents tels que l'Oued Ouchāiah et l'Oued Smar servent plutôt de transporteurs des eaux domestiques et industrielles. Et de ce fait, ils sont assimilés à des égouts à ciel ouvert.

2.6.2. la mer:

Lors des grandes crues, les eaux résiduaires brutes déversées dans le réseau hydrographique seront rejetées dans la baie d'Alger et seront transportées par les courants marins et les dérivées littorales. De ce fait, le milieu marin se trouve chargé en micro-organismes, en matières organiques, en substances chimiques, en métaux lourds qui peuvent à des teneurs très faibles, provoquer de réels dangers pour la faune et la flore marines.

Selon l'agence nationale des ressources hydrauliques (1974), l'écoulement d'hiver de l'Oued El Harrach est généralement supérieur ou égal à $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Mais pendant la période d'étiage, se limitant aux quatre mois d'été (Juin, Juillet, Août et

Septembre), avec un débit inférieur ou égal à $1\text{m}^3/\text{s}$, la formation de la barre sableuse à l'embouchure de l'Oued, empêche l'écoulement libre des eaux douces dans la mer d'où la stagnation des eaux.

La formation de la barre sableuse, à l'embouchure de l'Oued est due essentiellement aux deux transits littoraux Est-Ouest et Ouest-Est engendrés par les courants de dérive littorale Est-Ouest en période estivale et Ouest-Est en période hivernale. La diminution du débit de l'Oued va atténuer les effets de chasse. La résultante des deux forces, fluviale et marine, se fait à l'avantage de cette dernière.

2.6.3. facteurs hydrodynamiques:

2.6.3.1. les vents:

Les vents sont générateurs de vagues et de courants superficiels, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère la houle.

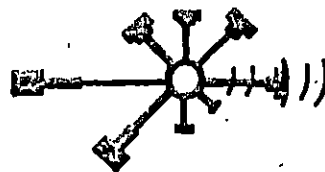
Les résultats des observations, effectuées au large des côtes algériennes par l'U.S. Naval Weather Service (1970-1974) sont rapportées sous forme de roses des vents pour chaque trimestre et pour toute l'année à la figure n°18.

Les roses trimestrielles montrent que pendant l'hiver (Octobre-Mars), les vents de secteur Ouest à Nord-Ouest sont dominants et qu'une grande partie de ces vents présente une vitesse supérieure à 16 noeuds. Les vents d'Est et de Nord-Est dominent avec des vitesses inférieures à 16 noeuds pendant la période estivale.

2.6.3.2. les houles:

La houle est une déformation de la surface de l'eau induite par le vent. Elle se propage dans la même direction tant que la profondeur est supérieure à sa longueur d'onde. A proximité de la côte ou des ouvrages artificiels, sa direction de propagation est modifiée par réfraction, diffraction, réflexion ou déferlement.

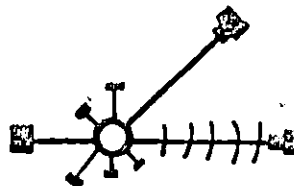
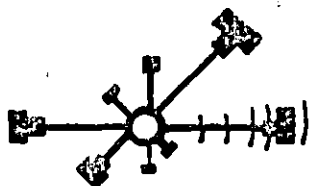
Voir tableau page suivante.



saison hivernale

Avril - Juin

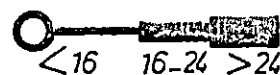
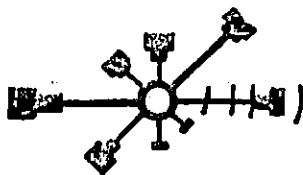
Juillet - Septembre



saison estivale

annuelle

légende :



unité : noeuds

FIG.18 : ROSES TRIMESTRIELLES ET ANNUELLE DES VENTS AU LARGE (d'après l'USNWS, 1970-1974)

MOIS	DIRECTIONS			
	OUEST	NORD-OUEST	NORD	NORD-EST
JANVIER	28,80	07,30	08,10	19,90
FEVRIER	35,60	05,60	08,80	10,30
MARS	30,50	09,20	11,30	12,60
AVRIL	26,70	10,20	11,70	15,40
MAI	13,90	06,20	08,20	26,30
JUIN	16,40	04,20	09,20	29,10
JUILLET	16,30	02,00	05,90	32,50
AOUT	13,40	04,90	08,80	27,70
SEPTEMBRE	14,80	02,50	06,70	26,40
OCTOBRE	28,80	06,80	07,80	14,10
NOVEMBRE	40,40	09,40	05,50	05,80
DECEMBRE	37,10	10,00	10,20	06,20
ANNUEL	25,10%	06,60%	08,50%	18,30%

TABLEAU n°9: Fréquence d'apparition de la houle, toutes amplitudes confondues (d'après les données de l'U.S.N.W.S.: 1963-1974, 45000 observations).

Les résultats de houle ont été synthétisés à partir de 23000 observations sur 20 ans, correspondant aux périodes 1961 à 1970 et 1971 à 1980, enregistrées au large des côtes algériennes par l'Institut Météorologique Royal Néerlandais (I.M.R.N.) et les données de l'U.S. Naval Weather Service (U.S.N.W.S.) pour la période de 1963 à 1970, regroupant 45000 observations.

L'exploitation des données de l'I.M.R.N. et de celles de l'U.S.N.W.S., bien qu'elles ne correspondent pas aux mêmes périodes d'observation, donnent les mêmes résultats.

La synthèse de ces données en tableau n°9, montre une nette répartition saisonnière des directions de houle au large, correspondant en grande partie à celles des vents, du moins pour les secteurs Ouest et Nord-Est.

Par ailleurs, les roses récapitulatives de fréquences d'apparition par direction et par amplitude significative de la houle à la figure n°19, font également apparaître une répartition saisonnière:

* Les houles hivernales des secteurs Ouest à Nord montrent une fréquence de 42 % des amplitudes supérieures à 1 m et de 25 % des houles de périodes 8 secondes (Fig.20).

* En été, l'agitation est moins importante et les houles les plus fréquentes arrivent du secteur Nord-Est. Seulement 6 % d'entre elles ont une amplitude supérieure à 1 m. La période la plus fréquente de cette houle est de 6 secondes (Fig.20).

Annuellement, les houles du secteur Ouest à Nord sont plus fréquentes et d'amplitude plus élevée.

2.6.3.3. les courants:

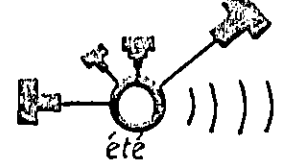
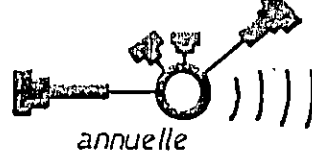
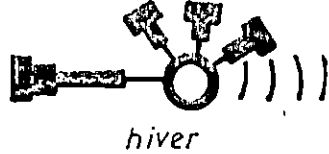
Les courants induisent une influence certaine sur la dispersion des polluants dans les zones de déversement. Nous distinguons:

2.6.3.3.1. les courants généraux:

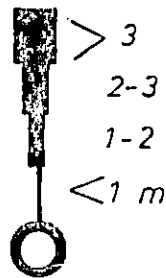
La vitesse du courant général des eaux atlantiques venant de Gibraltar vers l'Est, reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s au large des côtes algériennes (LECLAIRE, 1972).

Ce courant général crée, dans la plus part des baies, un contre courant littoral vers l'Ouest.

En baie d'Alger, le courant d'eau atlantique orienté Ouest-Est, induit des contre-courants par l'influence du cap Matifou. De faible vitesse, ils sont orientés dans le sens contraire du courant atlantique.



légende :



H_s : amplitude significative (m)

FIG.19 : ROSES RÉCAPITULATIVES SAISONNIÈRES ET ANNUELLE DES FRÉQUENCES D'APPARITION DE LA HOULE (exprimées en hauteurs significatives H_s).

(d'après l'USNWS, 1963-1970)

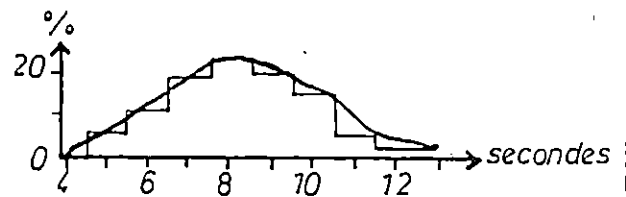
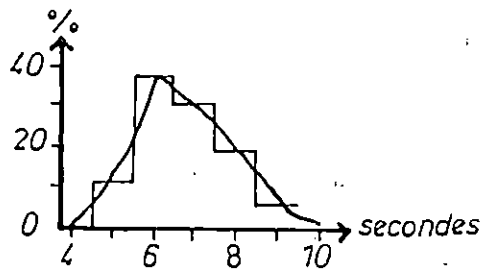


FIG.20: FRÉQUENCE ET PÉRIODE DE LA HOULE EN BAÏE D'ALGER (d'après LECLAIRE, 1972)

2.6.3.3.2. les courants cotiers:

Les plus représentatifs sont dûs à la houle: courant de dérive littorale et courant de retour.

Le courant de dérivé littorale (long shore current) est le résultat des houles à incidence oblique. Sa vitesse dépend des paramètres de la houle qui lui donne naissance, de l'obliquité de celle-ci et de la pente de la plage. Elle peut atteindre plusieurs noeuds (GUILCHER, 1979 in: BENYACOUB, 1988).

Le courant de retour est induit par les houles d'incidence frontale. Il assure la dissémination vers le large des sédiments arrachés à la côte. Il est responsable d'une grande part de l'érosion côtière (RIVIERE, 1960).

L'effet de ces deux courants est remarquable au niveau de la zone de déferlement, affectant le triage des sables et graviers de la frange littorale (0-10 m) (LECLAIRE, 1972).

2.6.3.4. la marée:

LECLAIRE (1963) observe sur les côtes algéroises une variation journalière de l'ordre de quelques centimètres (toujours inférieure à 10 cm). L'écart entre la valeur maximale moyenne et la valeur minimale moyenne du niveau de la mer ne dépasse pas annuellement 50 cm (Fig.21).

2.7. La nappe turbide ou zone d'extension en mer de l'Oued El Harrach: (Fig.22)

Afin de déterminer les paramètres de mélange, plusieurs essais de mesure de la répartition de concentration d'un colorant rouge (Rhodamine B) furent affectés.

La répartition du colorant fut enregistrée à l'aide de photographies aériennes et mesurée par des relevés effectués depuis la côte par des vents de diverses directions du 24/02/1973 au 29/03/1973.

La limite de visibilité du panache d'eau fluviale de l'Oued El Harrach, dont l'eau est polluée et chargée de matières en suspension, se réduit en été à la zone de déferlement des vagues; en hiver, elle s'étend jusqu'au milieu de la baie.

Nous ne remarquons pas de tendance de direction préférentielle de la nappe turbide. A la limite de la visibilité, il existe en général, une brusque variation de la température et de salinité. En outre, le système de courant est différent dans la nappe et à l'extérieur de celle-ci (D.H.W.A., 1973).

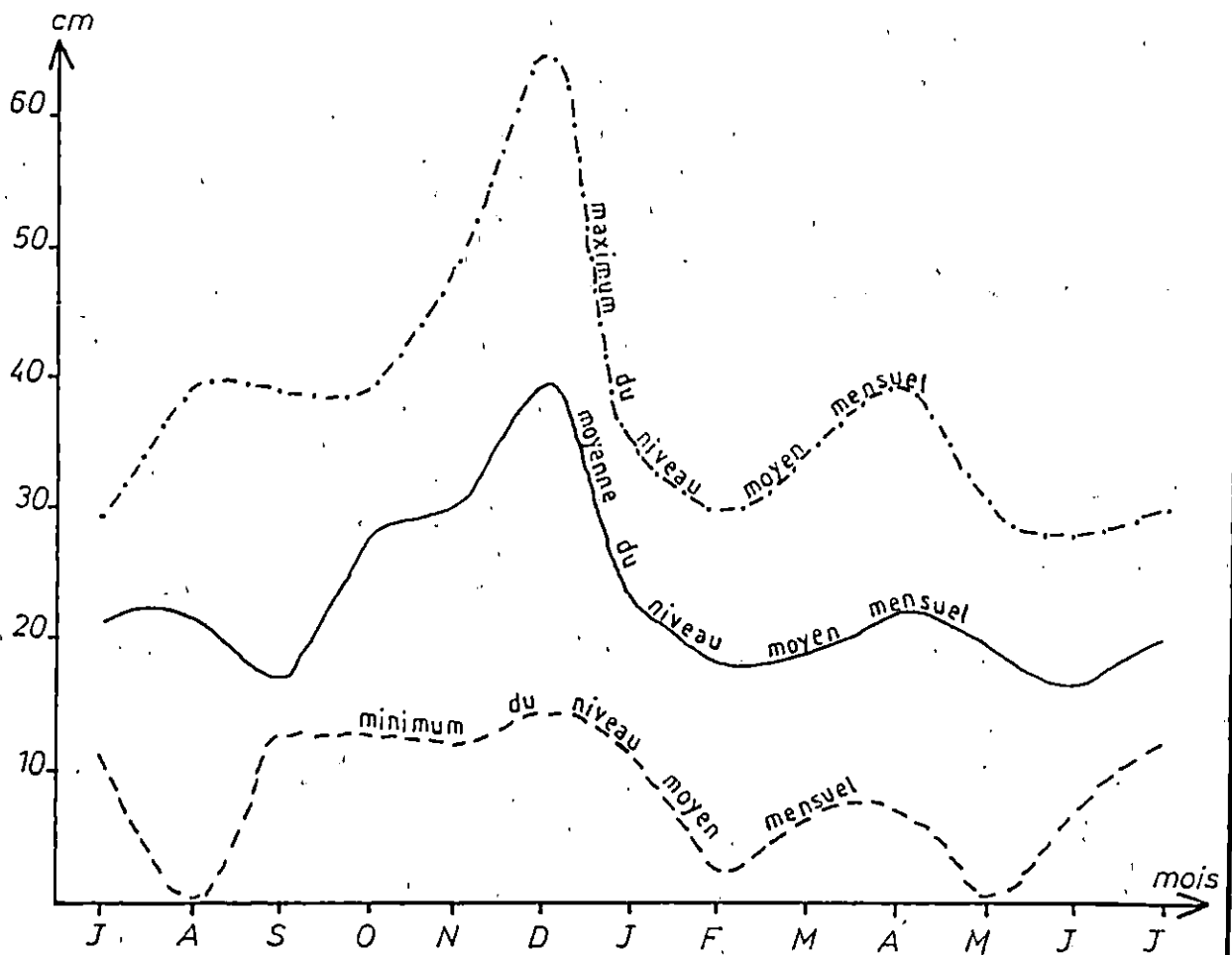
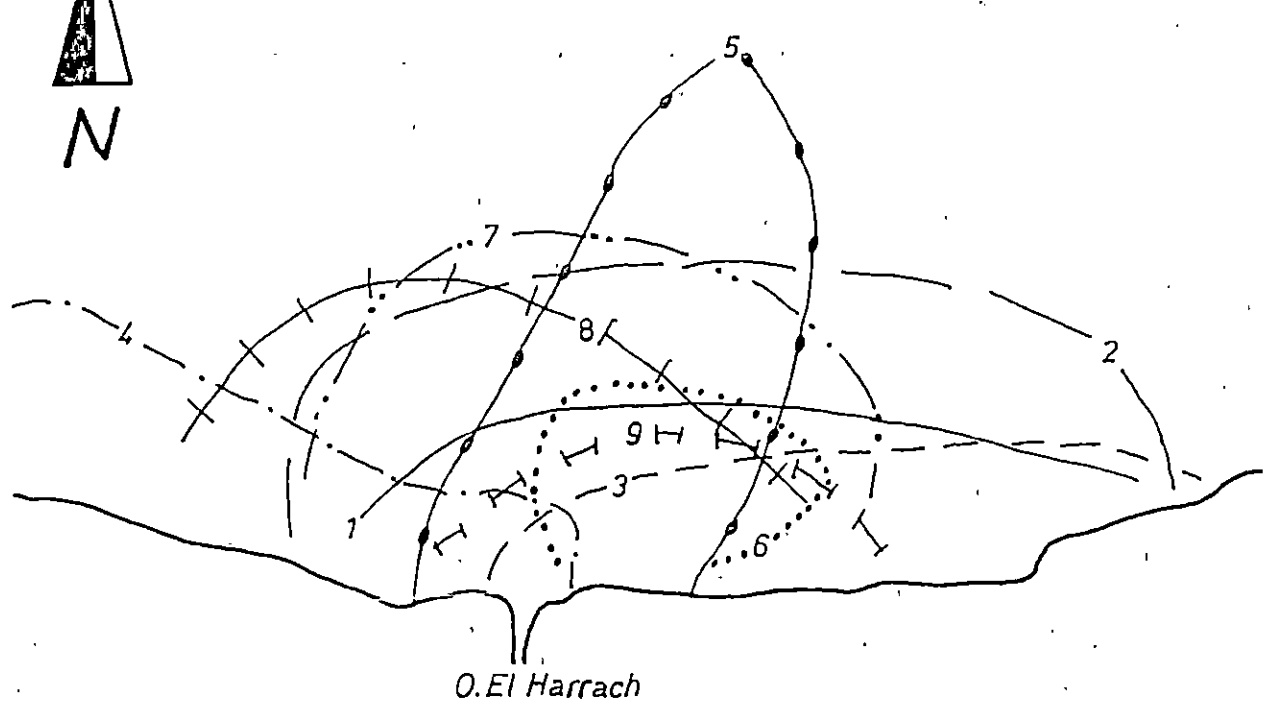


FIG. 21 : VARIATION DU NIVEAU MOYEN DE LA MER EN BAIE D'ALGER PENDANT 1 AN (D'APRES 4 ANS D'OBSERVATIONS).
D'APRES LECLAIRE, 1963.



légende :

- étape 1 : —————
- étape 2 : - - - - -
- étape 3 : - - - - -
- étape 4 : - . - . - .
- étape 5 : —●—●—
- étape 6 :
- étape 7 : - - - - -
- étape 8 : + + + + +
- étape 9 : | | | | |



FIG.22: LIMITES DE VISIBILITÉ DU PANACHE D'EAU DE L'OUED ELHARRACH EN FÉVRIER-MARS 1973 (D.H.W.A,1973)

Conclusion.

L'extension urbaine et la prolifération des entreprises au cours de ces dernières années, ont accentué dans le bassin versant de l'Oued El Harrach, notamment dans les parties centrales et de l'embouchure, les dangers de pollution et appellent à un traitement en urgence de ce phénomène. Les eaux usées urbaines non traitées et les rejets industriels déversés dans l'Oued El Harrach et ses affluents seront rejetés régulièrement en temps normal et massivement lors des grandes crues dans la baie d'Alger.

Aussi l'Oued El Harrach, associé à d'autres types de pollution tels que les rejets portuaires, industriels et urbains des communes avoisinantes, contribue à la pollution de la baie d'Alger d'où une détérioration de la qualité des eaux, de la faune et de la flore marines.

CHAPITRE 3

3.1. Bathymétrie:

Les cartes bathymétriques constituent un document fondamental et nécessaire pour reconnaître et interpréter la morphologie sous-marine.

Dans notre zone d'étude, la carte bathymétrique utilisée, a été établie par DAOUDI et SOUDANI (1990) (Fig.23).

Entre 0 et -4 m, les isobathes sont relativement serrées. Cette morphologie est due à la présence d'une ride d'avant côte parallèle au rivage. Elle est continue tout au long du côté de l'Oued El Harrach. Au droit de l'embouchure, elle est localisée près de la côte pour former un noyau.

Trois profils perpendiculaires à la côte ont été établis, suivant les radiales 1, 4 et 7 (Fig.24). Nous notons l'apparition d'un replat succédé par une ride.

Au delà de -4 m, les isobathes deviennent régulières et presque parallèles à la côte. La pente est douce, de l'ordre de 1%.

DEGIOVANI (1973) mentionne qu'à l'amont d'une ride il existerait un chenal qui se comblerait par des matériaux grossiers.

3.2. Etude des sédiments:

3.2.1. les points de prélèvements: (Fig.25)

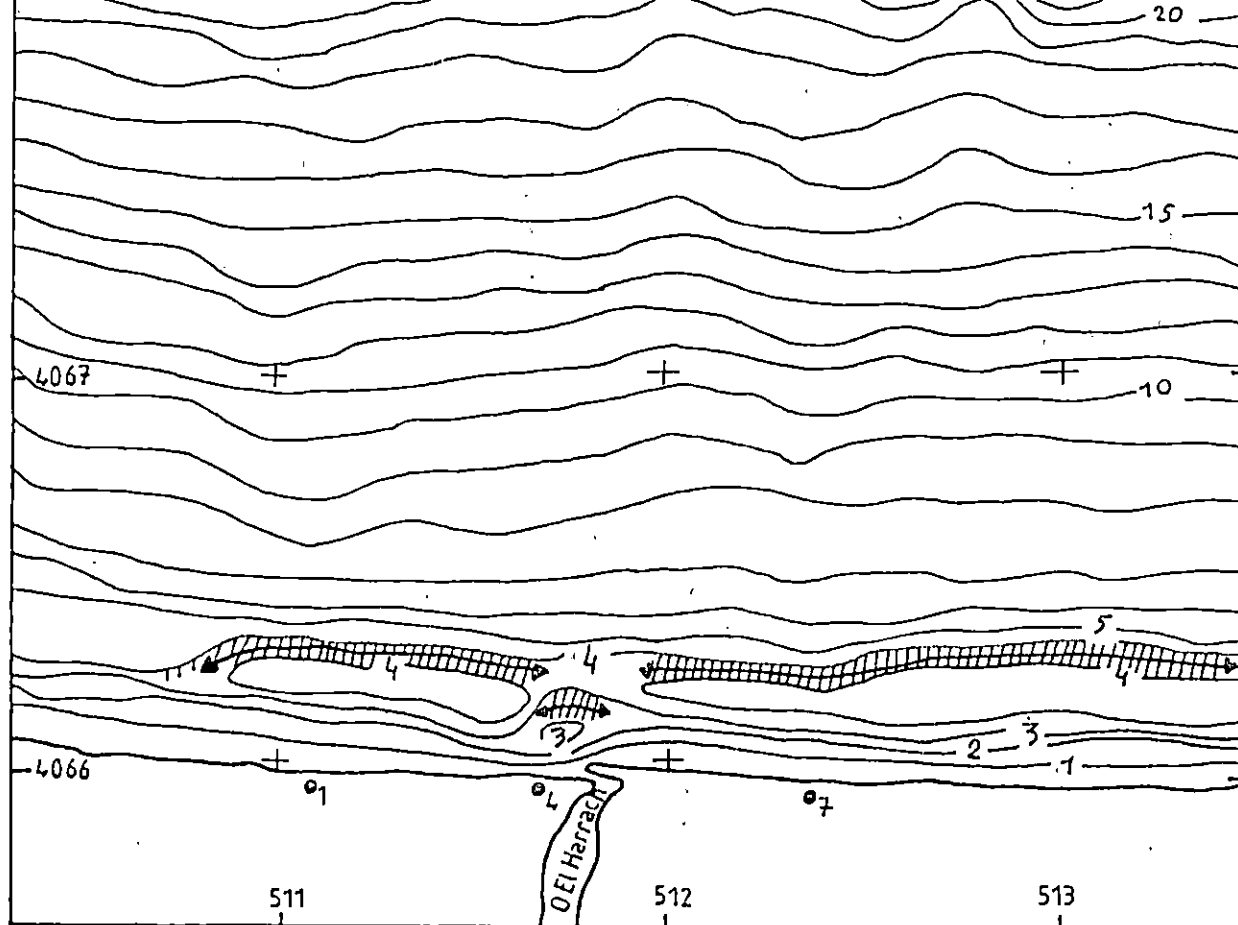
Le plan de prélèvement se compose de huit radiales perpendiculaires à la côte et sont espacées de 200 m. Il débute à l'Ouest par la radiale 1, à 600 m de l'embouchure et se termine à l'Est par la radiale 8, à 750 m. Chaque radiale comprend trois stations de prélèvement: la première à 50 m de la côte, la deuxième à 300 m et la troisième à 950 m, soit respectivement -2 m, -5 m et -10 m de profondeur.

Le nombre d'échantillons est de 24. Les prélèvements sur la couche sédimentaire superficielle a été réalisé au moyen d'une benne preneuse de type "Van Veen".


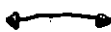
3.2.2. analyse des caractères granulométriques:

Les analyses granulométriques ont été effectuées selon les méthodes classiques. Les échantillons ont été soumis à un tamisage à sec de la fraction supérieure à 40 µm sur une colonne de tamis de norme Afnor.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de la fraction sableuse, permettent de tracer les courbes cumulatives semi-logarithmiques (en ordonnée: le pourcentage



légende :

- stations de positionnement
- 5 — isobathe
-  localisation de la ride d'avant côte dans le sédiment brut
-  crête de la ride d'avant côte

échelle graphique :

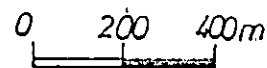
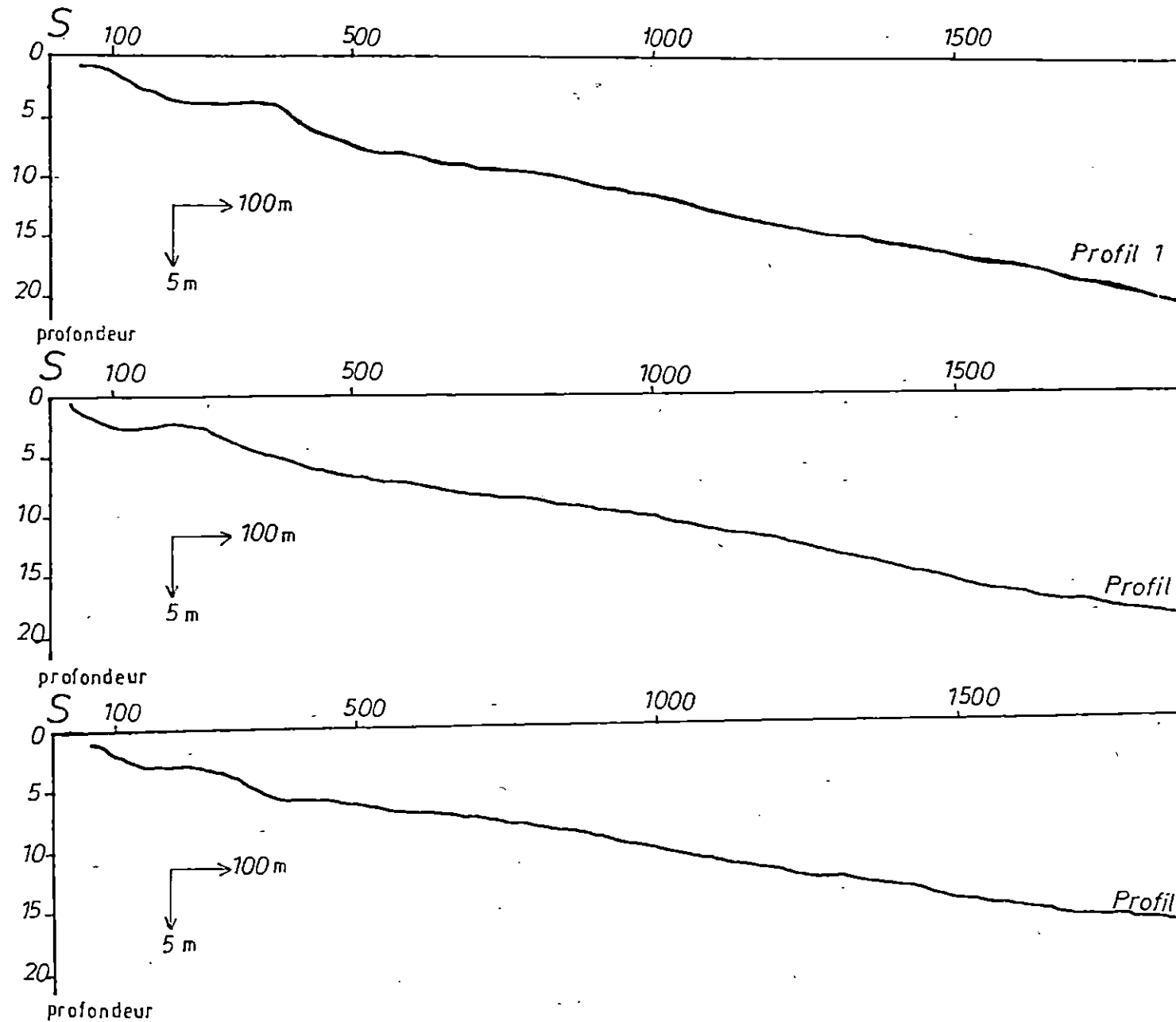


FIG.23: CARTE BATHYMÉTRIQUE
(DOUADI, SOUDANI, 1990)



FIG. 24 : PROFILS BATHYMETRIQUES



N

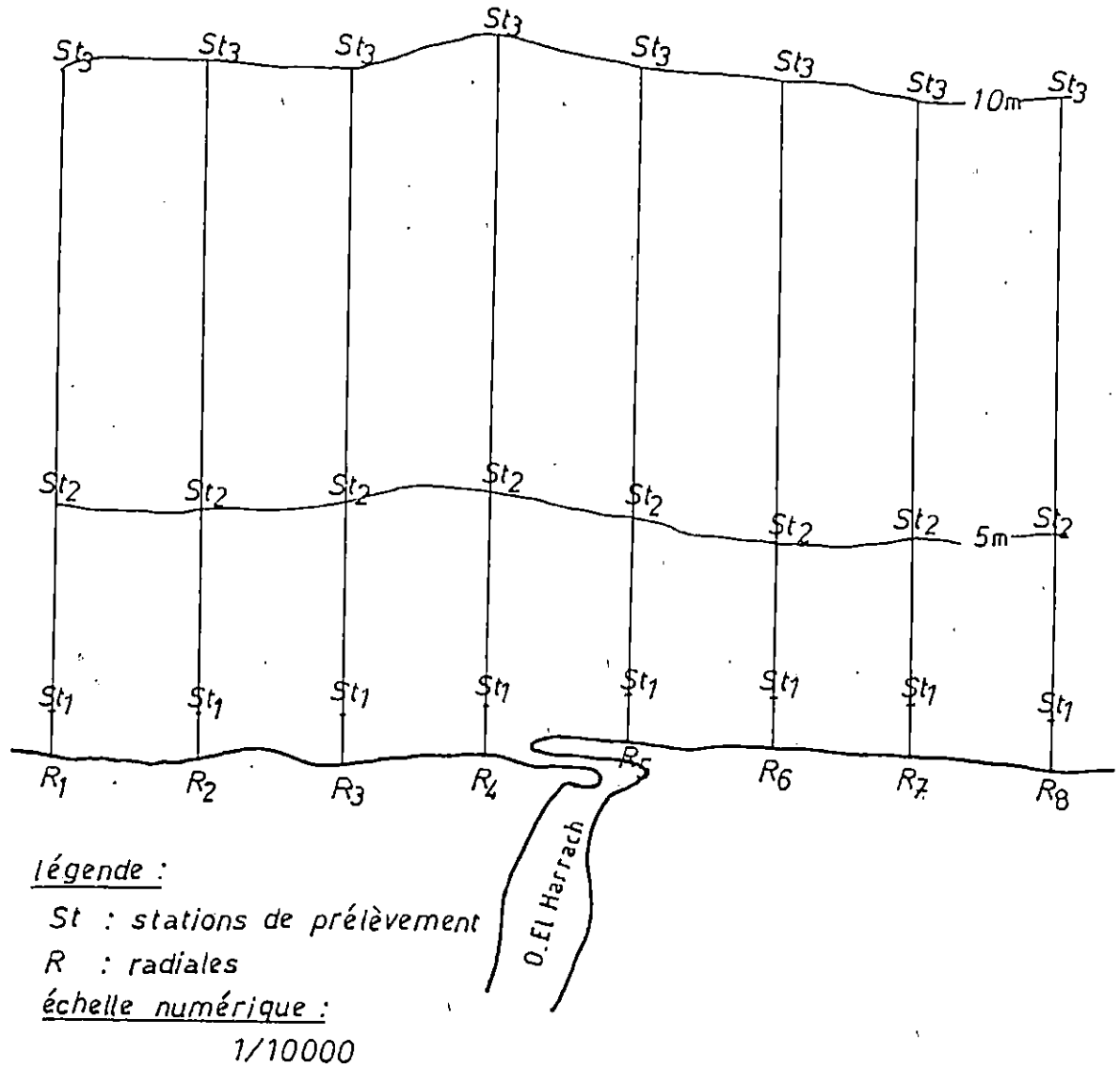


FIG.25: CARTE DE POSITIONNE -
-MENT

des refus cumulés et en abscisse: le diamètre des grains en micron) et la construction des histogrammes de fréquence. Ces derniers sont établis à partir des pourcentages des refus de chaque tamis (en ordonnée: échelle arithmétique) en fonction de la taille des grains (en abscisse: échelle logarithmique). Ils permettent de connaître la fréquence des différentes classes granulométriques.

A partir des courbes cumulatives, découlent les paramètres caractérisant chaque sédiment:

- * la médiane (Q_2): correspond au diamètre d'ordonnée 50 %
- * le premier quartile (Q_1): correspond au diamètre d'ordonnée 25 %
- * le deuxième quartile (Q_3): correspond au diamètre d'ordonnée 75 %
- * le premier décile (P_{10}): correspond au diamètre d'ordonnée 10 %
- * le dernier décile (P_{90}): correspond au diamètre d'ordonnée 90 %
- * l'indice de dispersion (sorting-index de Trask):

$$S_0 = \sqrt{Q_3/Q_1}$$

Il indique la distribution des tailles des sédiments par rapport à la moyenne de l'échantillon.

- * l'indice d'asymétrie (Skewness): $S_K = Q_1 \times Q_3 / (Q_2)^2$

Il indique la prépondérance dans les fractions fines ou grossières.

3.2.2.1. répartition des pélites: (Fig.26)

La répartition en surface des pélites montre des teneurs faibles dans la frange côtière puis augmentent vers le large pour atteindre des valeurs supérieures à 10 %.

Toutefois, nous relevons des teneurs importantes en pélites dans la frange côtière, proche de l'embouchure. Ceci est probablement dû à la période de prélèvement (Automne) où nous avons constaté un faible hydrodynamisme.

3.2.2.2. classes modales:

La représentation graphique, en courbes cumulatives-histogrammes de fréquence, des résultats obtenus de l'analyse granulométrique par tamisage à sec,

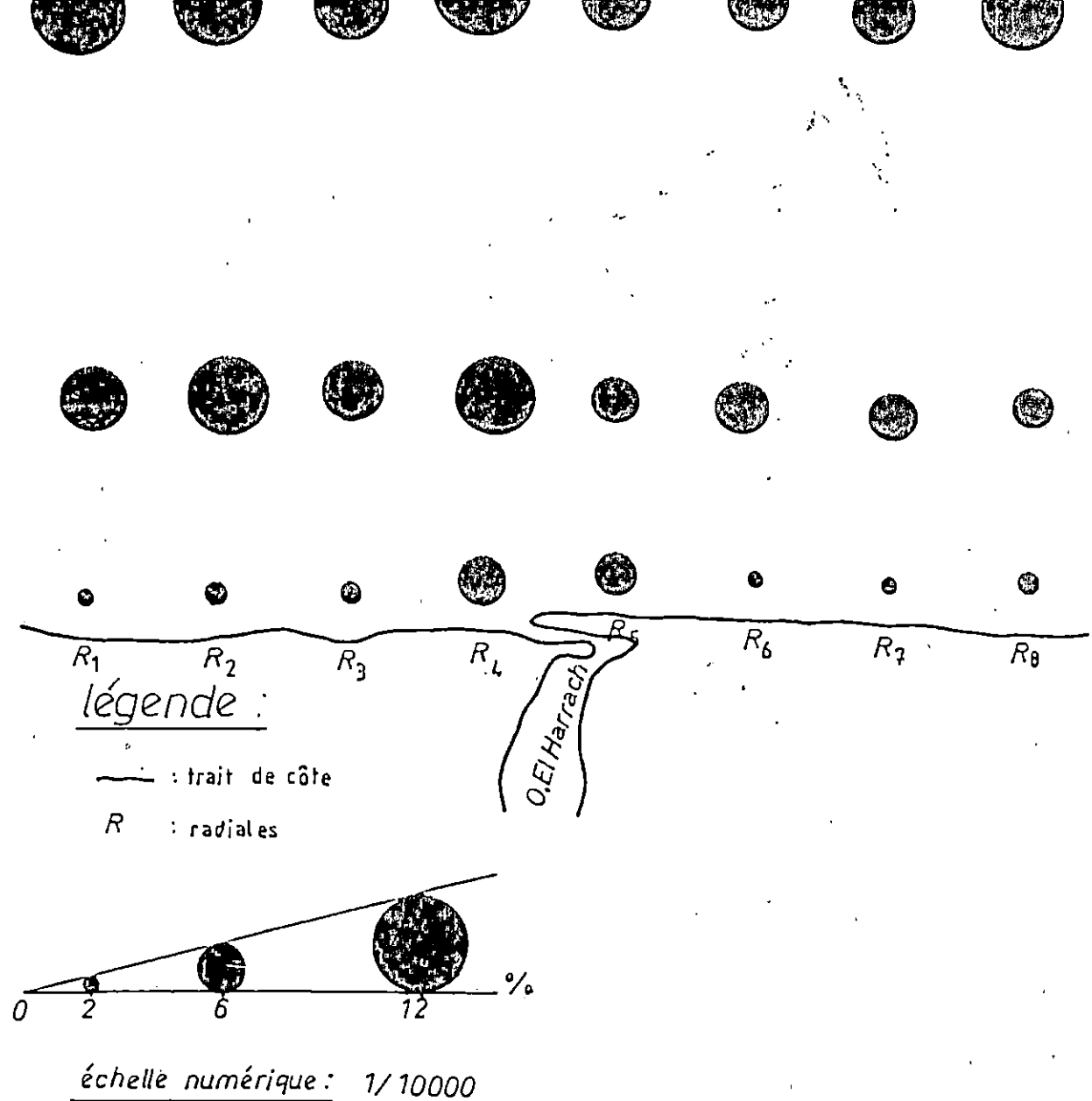


FIG. 26: RÉPARTITION DES PÉLITES
DANS LES DIFFÉRENTES
STATIONS



nous a permis de faire ressortir deux types de courbes:

- * courbes unimodales: elles indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire à une seule phase dynamique (Fig.27).

- * courbes plurimodales: elles indiquent la présence de deux ou plusieurs stocks sédimentaires traduisant ainsi deux ou plusieurs phases dynamiques (Fig.28).

Les courbes cumulatives et histogrammes de fréquence des autres échantillons sont reportés en annexe.

Les modes utilisés ont été réalisés en portant sur un graphique semi-logarithmique, en ordonnée la fréquence d'apparition des modes et en abscisse la taille des particules (Fig.29).

Le mode granulométrique correspond à la dimension la plus représentée des grains d'un sédiment.

L'analyse statistique des modes a permis de différencier les classes modales suivantes:

- * classe modale I: 40-100 μm , avec une fréquence maximale de 90 μm .

- * classe modale II: 100-250 μm , avec une fréquence maximale à 135 μm .

- * classe modale III: 1250-1600 μm , avec une fréquence maximale à 1350 μm .

3.2.2.2.1. répartition du mode I (40-100 μm): (Fig.30)

Le mode I est représenté à partir de -5 m de profondeur dans la partie Ouest de l'embouchure avec des pourcentages compris entre 15 et 55 %.

Il réapparaît au large à l'extrémité Est de la zone d'étude, avec un pourcentage de 45%.

3.2.2.2.2. répartition du mode II (100-250 μm): (Fig.31)

Il englobe toute la zone d'étude avec des pourcentages allant de 38 à 96 %.

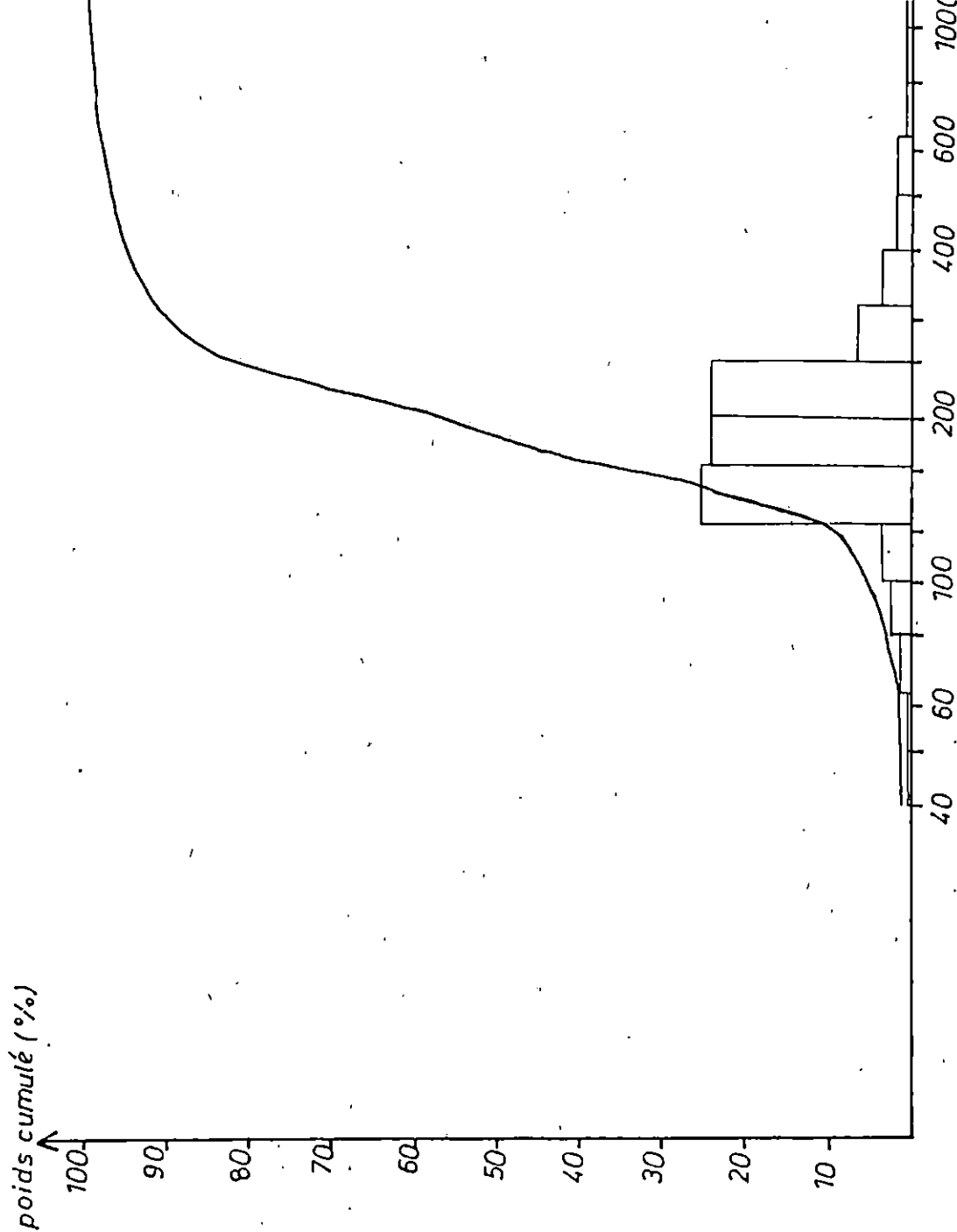


FIG.27: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale1-station1)

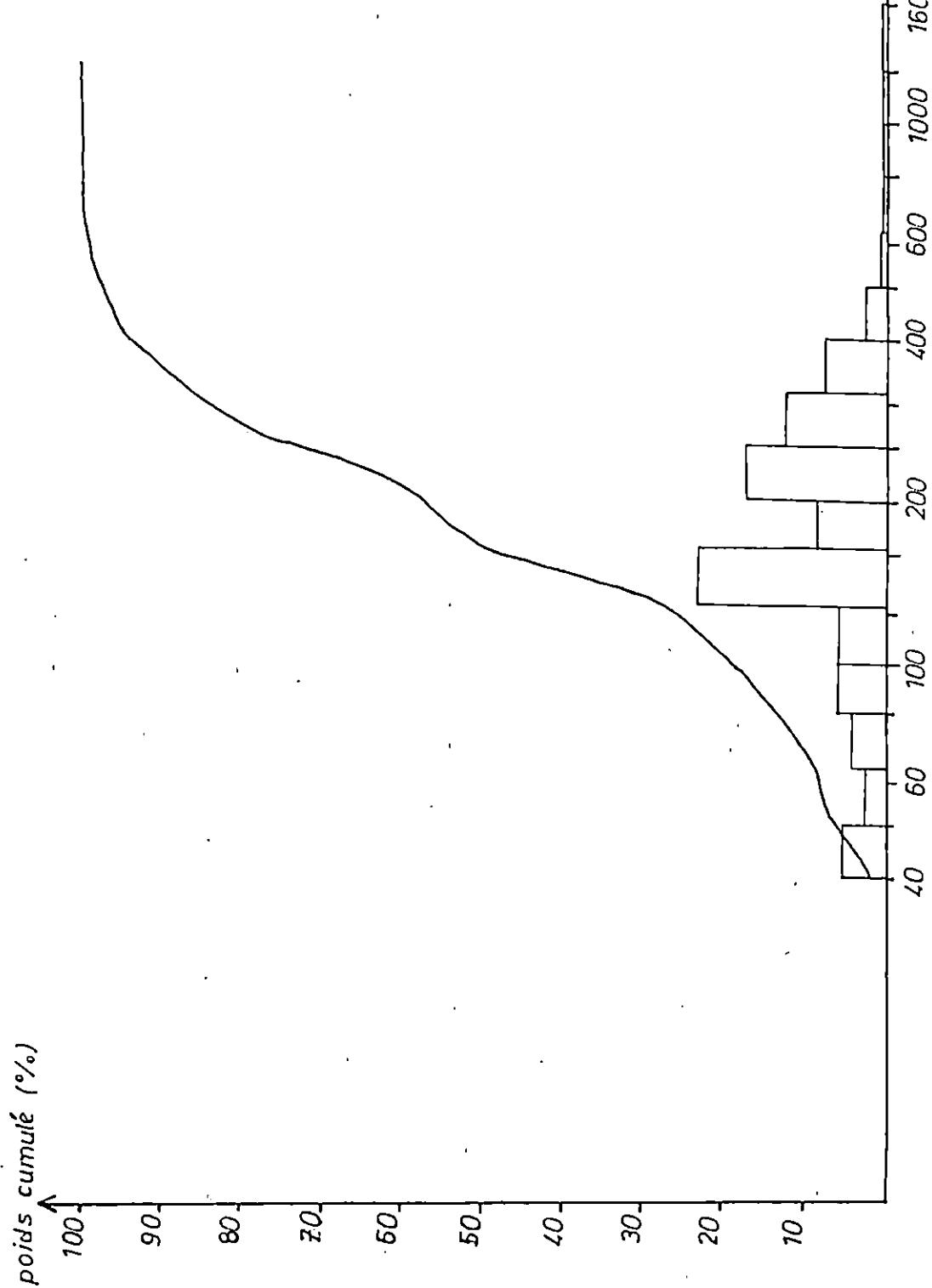
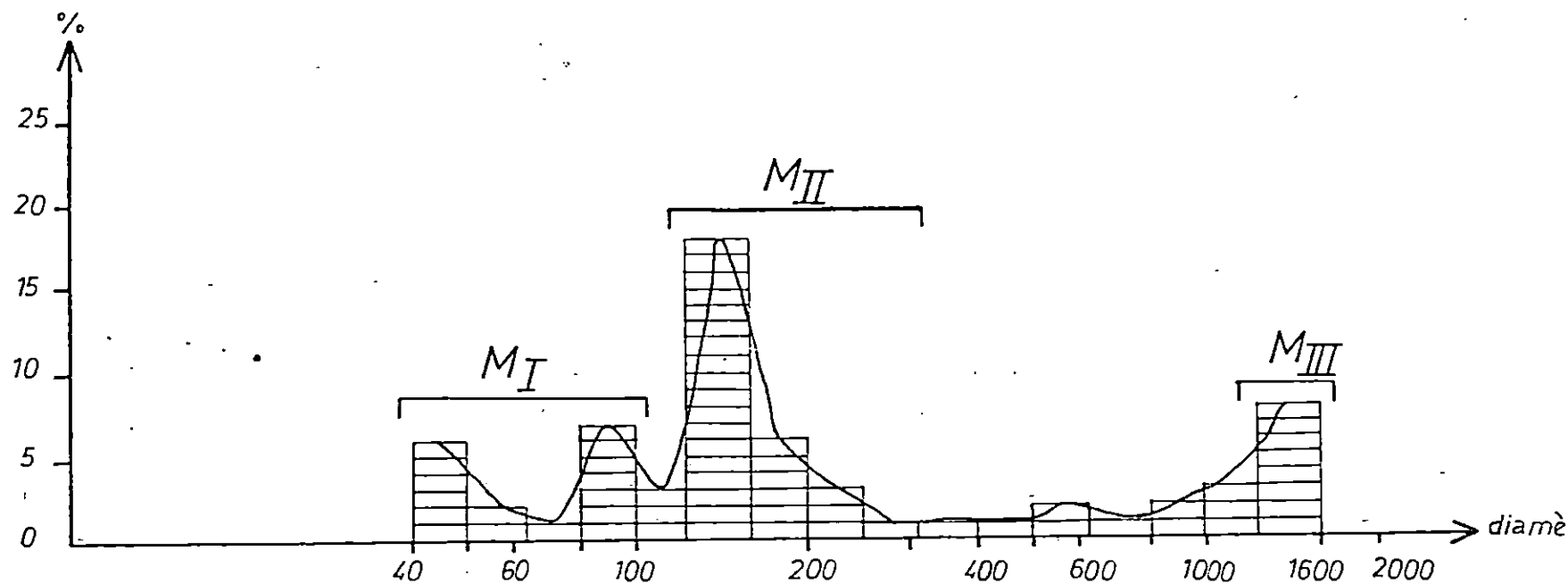


FIG. 28: COURBE CUMULATIVE PLURIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 3-station 2)



légende :

$40 < M_I > 100 \mu\text{m}$ avec un maximum à $90 \mu\text{m}$

$100 < M_{II} > 250 \mu\text{m}$ avec un maximum à 135

$1250 < M_{III} > 1600 \mu\text{m}$ avec un maximum à $1350 \mu\text{m}$

FIG.29: HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE DES
MODES LES PLUS REPRÉSENTATIFS

N

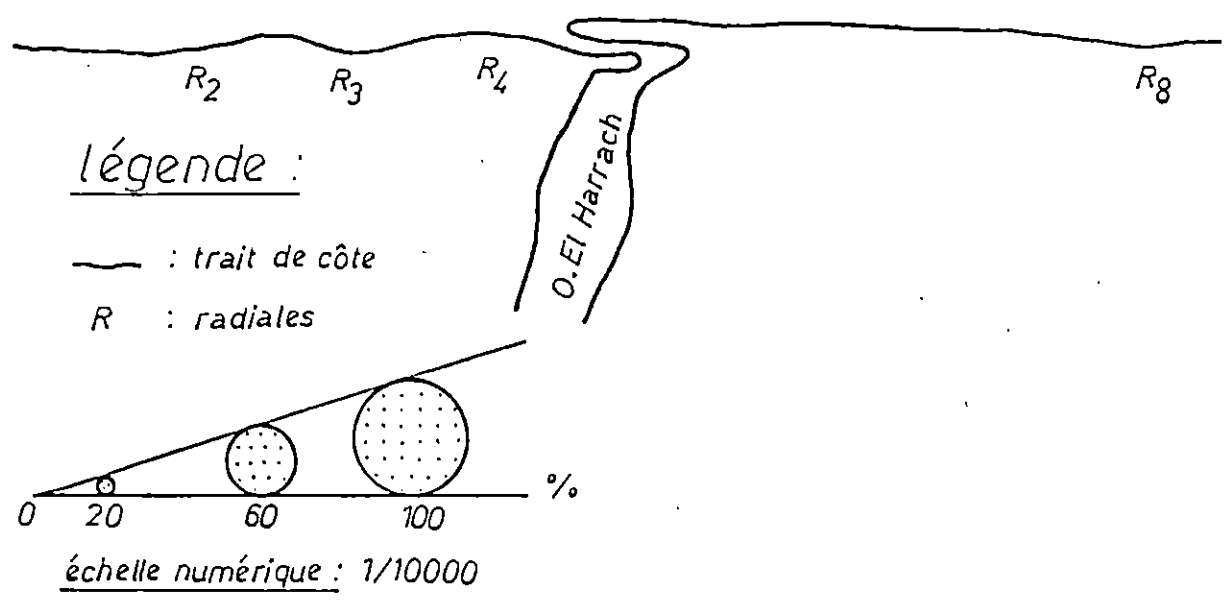


FIG. 30: RÉPARTITION DU MODE I (40-100 μm) DANS LES DIFFÉRENTES STATIONS.

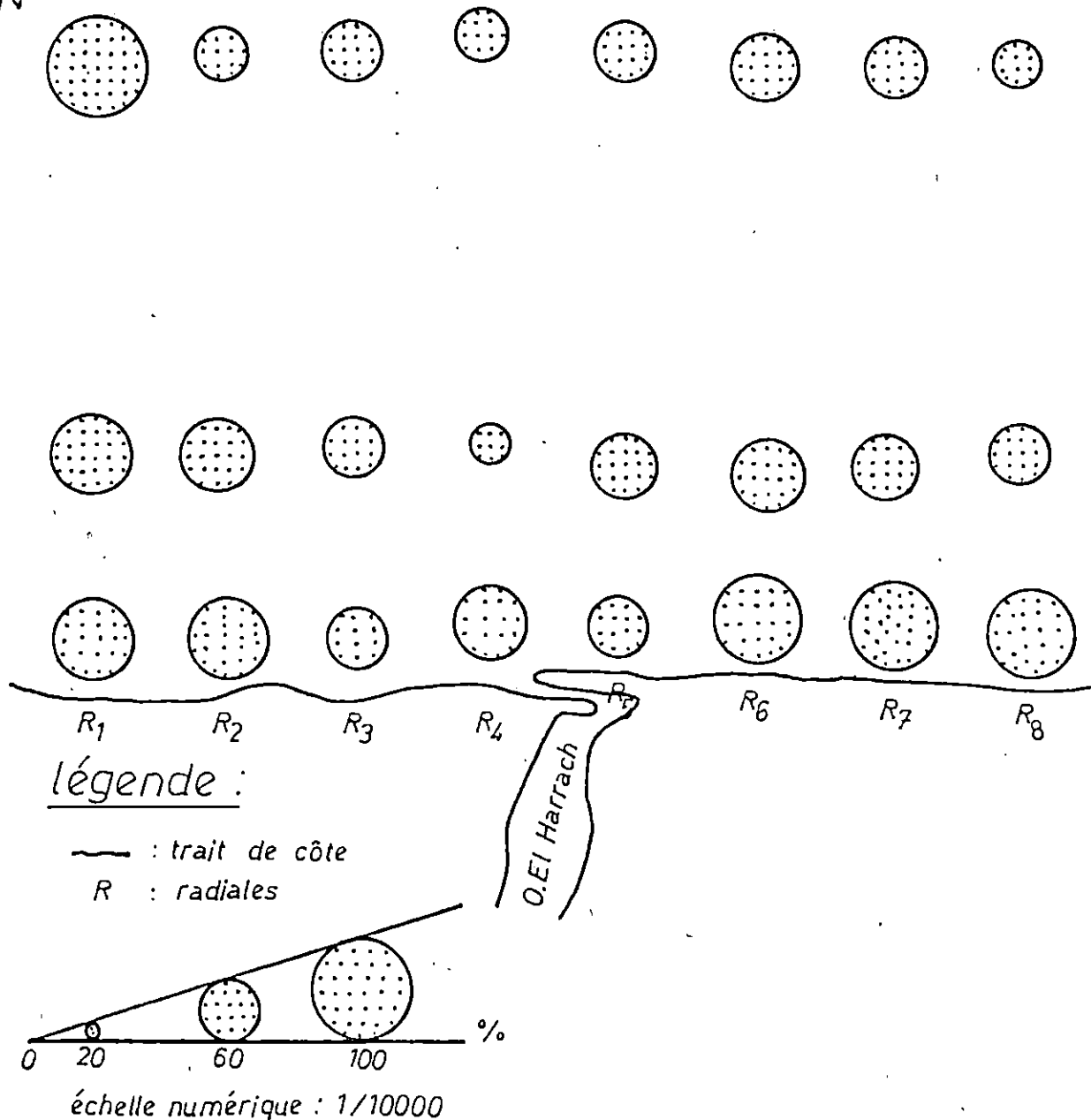


FIG. 31 : RÉPARTITION DU MODE II
 (100-250 μm) DANS LES
 DIFFÉRENTES STATIONS

3.2.2.2.3. répartition du mode III (1250-1600 μm): (Fig.32)

Très peu représenté en pourcentage, ce mode apparaît à mesure que nous nous dirigeons vers le large.

3.2.2.2.4. carte des mélanges: (Fig.33)

La superposition des cartes de répartition des modes I, II et III dans la zone d'étude met en évidence les zones de mélanges suivantes:

* au large, nous observons un mélange des trois modes dans la partie Ouest de l'embouchure sauf en station 3 de la radiale 1 où le mode I y est seul représenté.

A l'Est de l'embouchure, le mode II s'associe au mode III excepté à la station 3 de la radiale 8 où nous notons une association entre les modes I et II.

* en zone intermédiaire, dans la partie centre en allant vers l'Ouest, nous relevons une association des modes II et III, puis des trois modes, ainsi que celle des modes I et II.

Quant à l'extrémité, elle est représentée uniquement par le mode II. Le secteur Est est représenté par le mode II.

* en zone côtière, le mode II est toujours présent sauf à l'Ouest en station 1 de la radiale 3 où il s'associe au mode III.

3.2.2.3. la médiane: (Fig.34)

Elle indique la dimension des éléments correspondant à 50 % de la répartition granulométrique.

La distribution de ce paramètre au niveau des stations de la zone d'étude, indique une décroissance graduelle de la taille des particules de la côte vers le large.

3.2.2.4. le décile supérieur (P_{90}): (Fig.35)

Il représente le diamètre du grain dont l'ordonnée est à 90 % du poids total du sédiment.

La carte de la répartition du décile supérieur (P_{90}) dans la zone d'étude, a été établie en utilisant la taille à 90 % du sédiment qui correspondrait aux éléments les plus grossiers du sédiment.

N

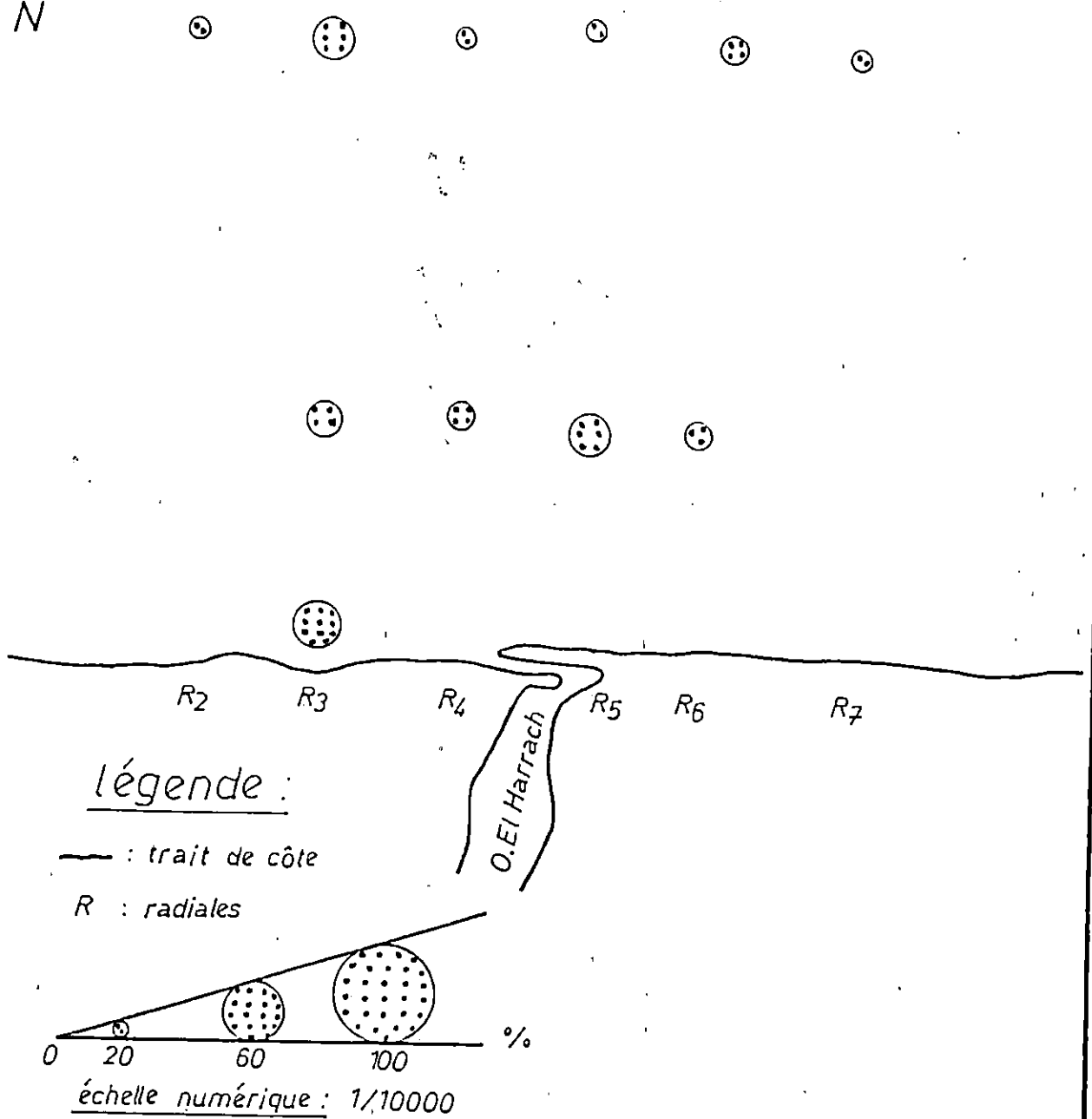
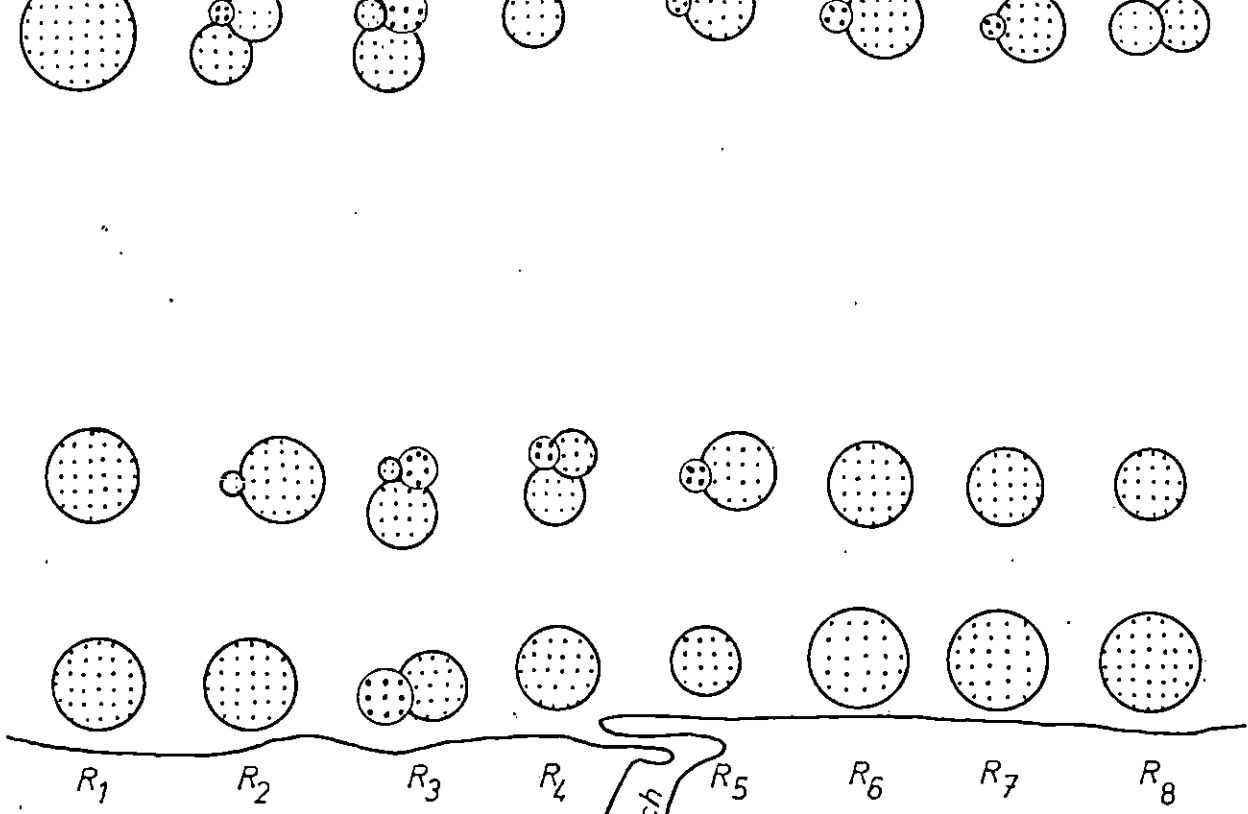


FIG. 32: RÉPARTITION DU MODE III
(1250-1600 μm) DANS LES
DIFFÉRENTES STATIONS



légende :

- : trait de côte
- R : radiales
- (with 1 dot) : mode I (40-100 μ m)
- (with 4 dots) : mode II (100-250 μ m)
- (with 16 dots) : mode III (1250-1600 μ m)

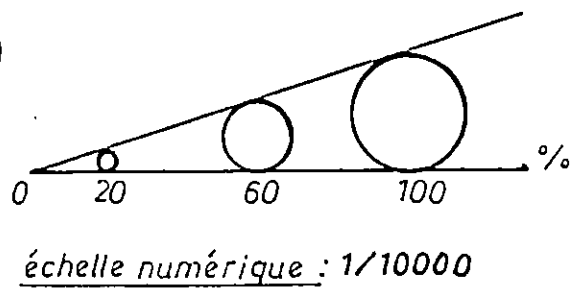


FIG. 33: CARTE DES MÉLANGES DES TROIS MODES DANS LES DIFFÉRENTES STATIONS



N

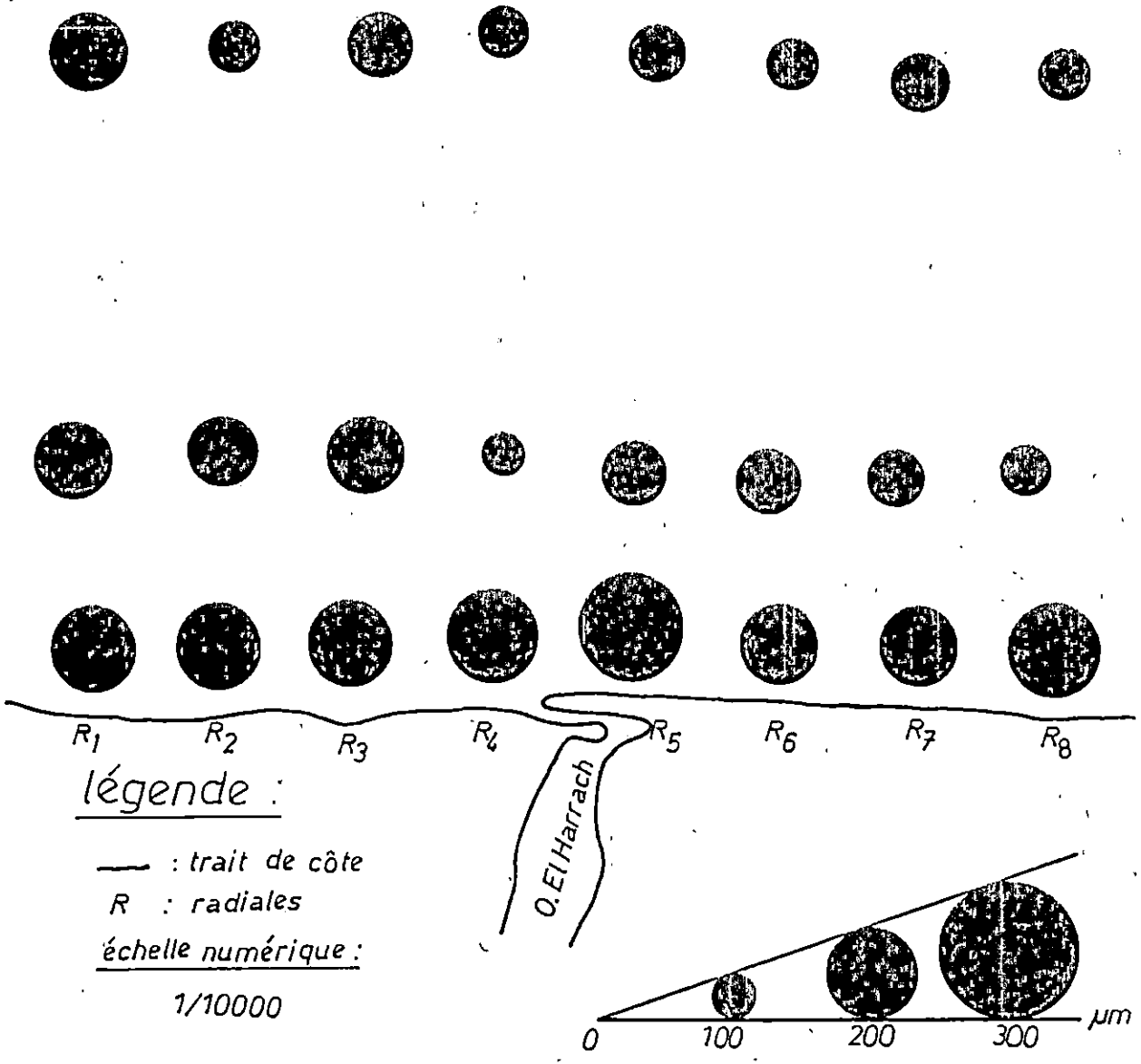


FIG. 34: RÉPARTITION DES MÉDIANES
DANS LES DIFFÉRENTES
STATIONS

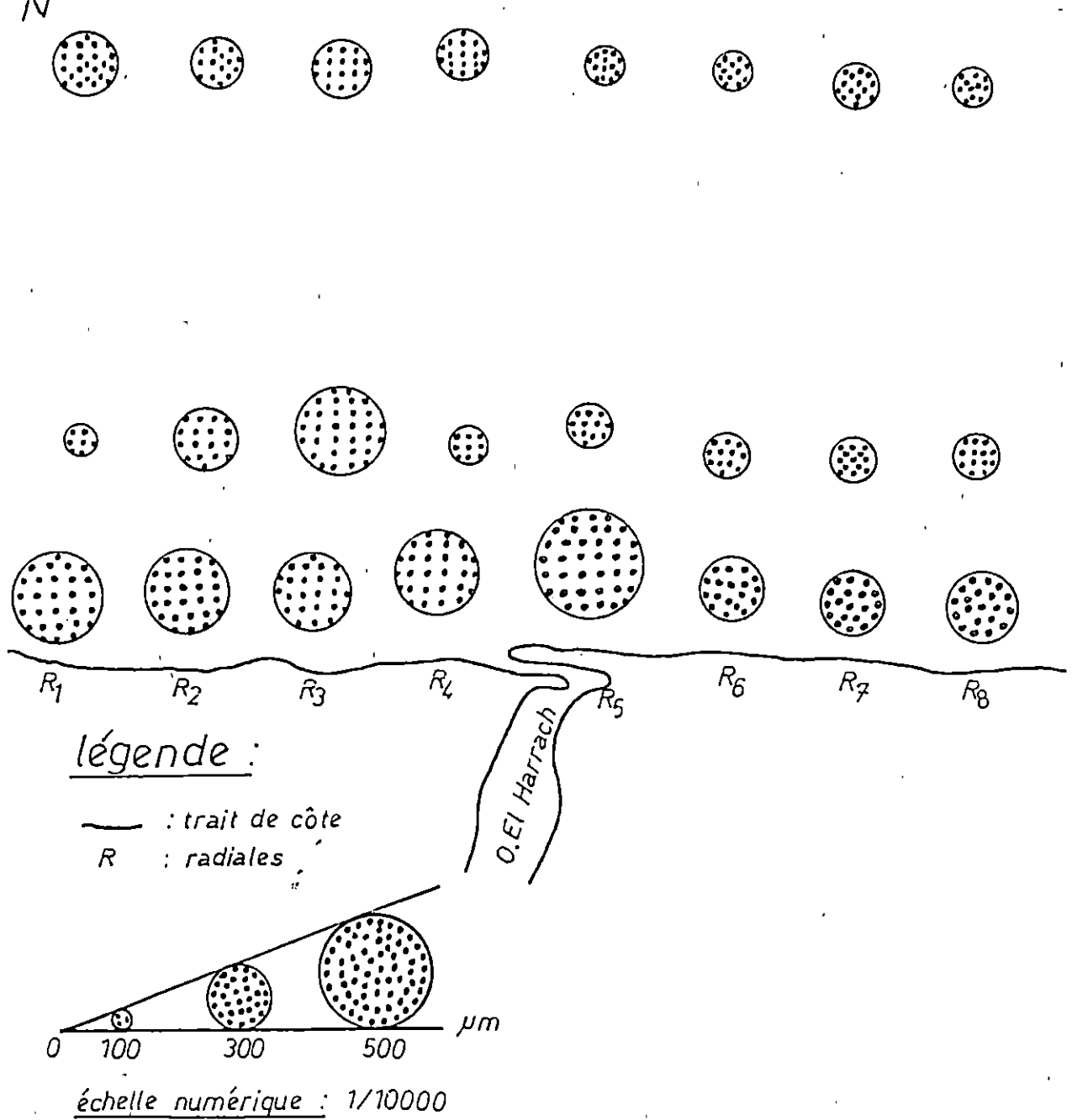


FIG. 35 : RÉPARTITION DU DÉCILE SUPÉRIEUR (P90) DANS LES DIFFÉRENTES STATIONS

Les matériaux les plus grossiers longent la côte (200-410 μm). Ceci nous renseigne sur le niveau énergétique maximum qui se fait sur la côte.

3.2.2.5. indice de classement (Sorting de Trask) S_0 : (Fig.36)

Cet indice est utilisé afin de mettre en évidence le triage du sédiment selon les coupures classiques adoptées par Trask en 1930 qui sont les suivantes:

$S_0 < 2,5$: sédiment très bien classé

$2,5 < S_0 < 3,5$: sédiment normalement classé

$3,5 < S_0 < 4,5$: sédiment assez bien classé

$S_0 > 4,5$: sédiment mal classé

Nous remarquons que tous les échantillons du secteur d'étude ont un $S_0 < 2,5$; nous sommes en présence d'un sédiment très bien classé, ce qui traduit une dynamique relativement importante dans la zone d'étude.

3.2.2.6. indice d'asymétrie ou indice de Skweness S_k :

Cet indice permet d'évaluer la tendance d'un sédiment vers le grossier où vers le fin.

Sur le diagramme, nous remarquons que les sédiments présentent un même classement aussi bien du côté fin que du côté grossier (Fig.37).

Il existe donc, une symétrie de la courbe par rapport au grain moyen (FOLK, 1966 in ABDOUN et BOUSLIMANI, 1990).

3.2.2.7. diagramme de Passega: (Fig.38)

Passega (1967) a établi son diagramme en se basant sur deux paramètres qui sont:

- * la médiane sur l'axe des abscisses
- * le percentile supérieur (P_{99}) sur l'axe des ordonnées

Cette répartition permet d'établir la liaison entre la taille du grain et son mode de transport.

La répartition des points sur le diagramme est concentrée dans la branche PQ et QR.

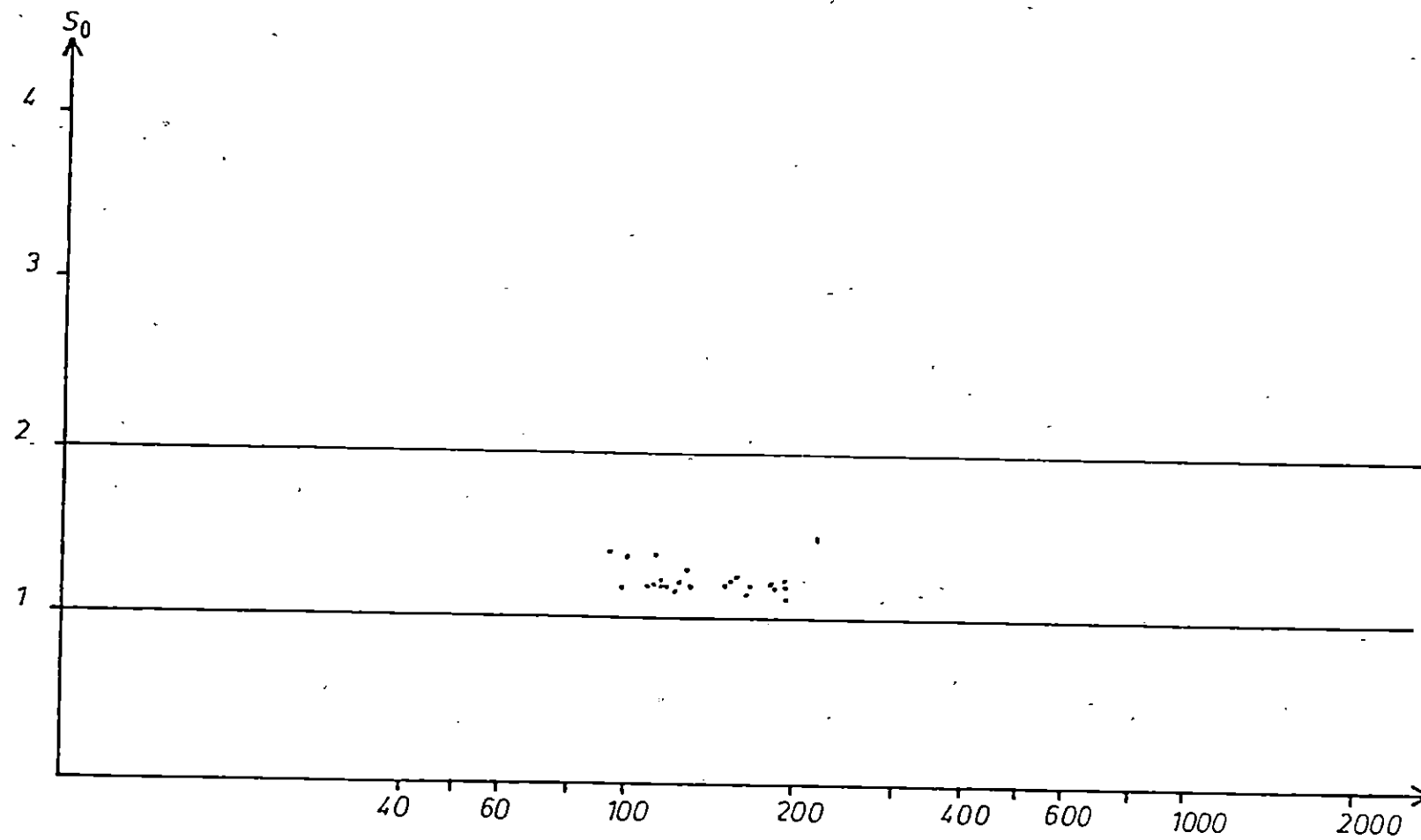


FIG.36: DIAGRAMME DE RÉPARTITION DE L'INDICE DE CLASSEMENT (S_0)

FIG. 37: DIAGRAMME DE RÉPARTITION
DE L'INDICE D'ASYMÉTRIE (SK)

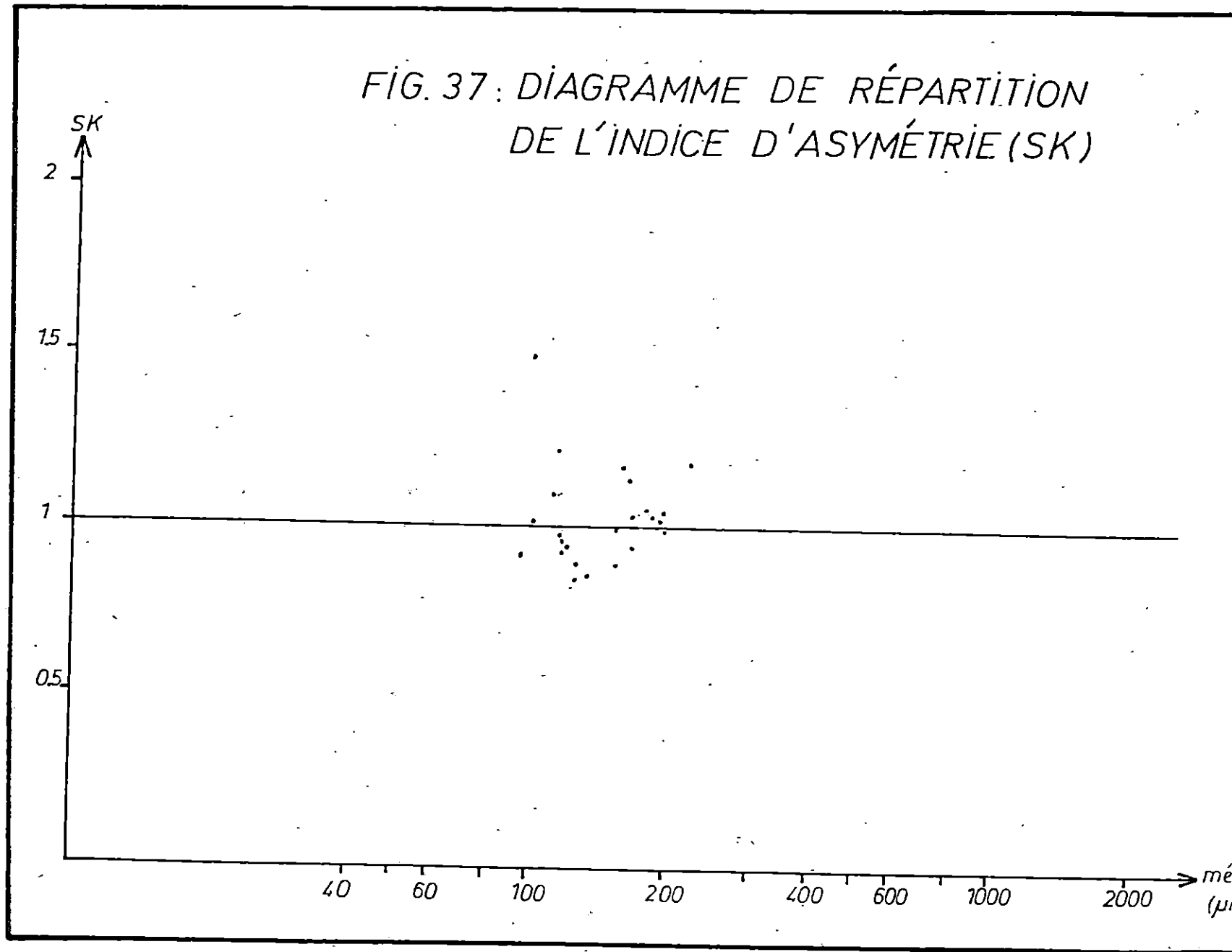
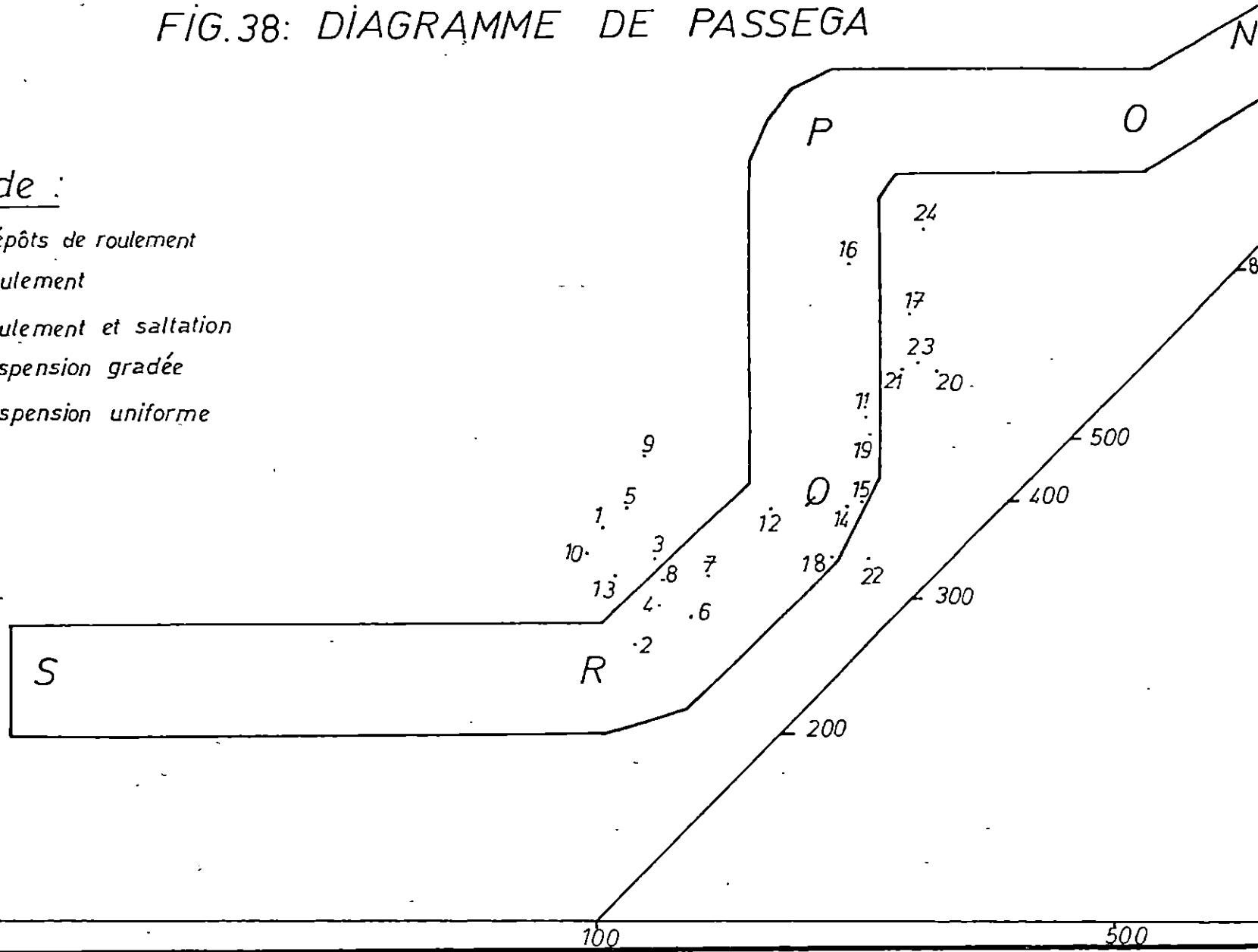


FIG.38: DIAGRAMME DE PASSEGA

légende :

- ON : dépôts de roulement
- OP : roulement
- PO : roulement et saltation
- OR : suspension gradée
- RS : suspension uniforme



branche PQ, matériaux transportés par saltation et roulement; ce qui correspond au mode de transport des sédiments de la zone de haute énergie.

* branche QR, matériaux transportés en suspension gradée. Ceci concerne les sédiments prélevés dans la zone de faible énergie.

3.2.3. Quelques données sur la nature du sable:

Les observations à la loupe binoculaire soulignent que les trois modes ont la même nature minéralogique.

La seule source principale d'apport est l'Oued El Harrach. Ils sont essentiellement composés de quartz et de calcite. Il existe des schistes, des paillettes de mica blanc et de la glauconie (DAOUDI et SOUDANI, 1990).

Conclusion:

La répartition des sédiments superficiels obéit au schéma classique de la distribution du matériel sédimentaire.

Les résultats issus des études sédimentologique et bathymétrique indiquent l'existence d'une relation étroite entre la topographie sous-marine, la taille des particules et leur répartition.

Les courants de dérive littorale provoqués par les houles du Nord-Est et Nord-Ouest vont s'alterner et se conjuguer; la première dérive littorale (Fig.39) ramène les sédiments vers l'Ouest et ce pendant la période estivale, et la deuxième dérive littorale redistribue les sédiments vers l'Est pendant la période hivernale (Fig.40).

Les courants de retour, dus à la position frontale des orthogonales, se combinent avec les courants de dérive littorale pour remanier les sédiments côtiers et donnent ainsi naissance à une ride d'avant côte matérialisée par un sable moyen.

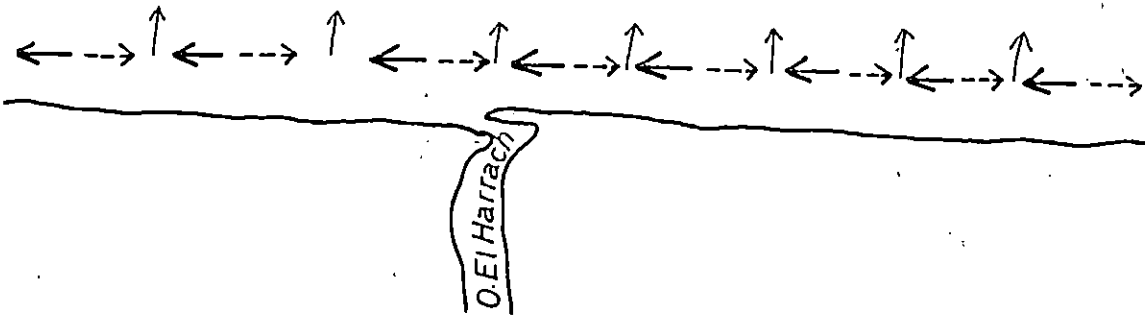
Les sédiments, d'origine continentale, seraient apportés par l'Oued El Harrach qui serait la principale source d'apports. Les éléments fins peuvent être transportés en suspension près du fond et ils suivent alors les mêmes directions de transit que les sables. Ils se déposent dès que la profondeur d'eau le permet (à partir de -10 m dans la zone d'étude).

Ils sont également, surtout lors des crues, transportés en suspension dans la tranche très superficielle de l'eau marine.

Ce transport est strictement guidé par le vent et le dépôt se fait par la décantation lorsque l'eau douce se mélange à l'eau saline, provoquant la floculation des particules fines. Ces dépôts se produisent préférentiellement à proximité des embouchures ou vers le large (PAUC, 1970). Le secteur semble connaître ce type de dépôt.



BAIE D'ALGER



légende :

← : *dérive littorale du Nord-Est*

↑ : *courant de retour*

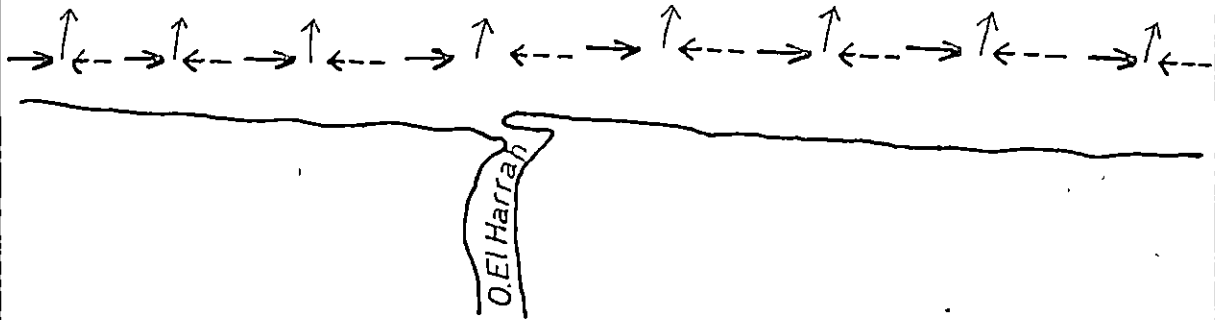
échelle graphique :



FIG.39. DERIVE LITTORALE
-LE PAR HOULES DU
NORD-EST



BAIE D'ALGER



légende :

→ : *dérive littorale du Nord-Ouest*

↑ : *courant de retour*

échelle graphique :

0 200m

FIG.40: DERIVE LITTORALE PAR HOULES DU NORD-OUEST

CHAPITRE 4

Dans cette partie nous traiterons la pollution microbienne et la répartition des bactéries en mer, suite aux déversements continus d'eaux usées par l'Oued El Harrach.

Par ailleurs, nous aurions voulu traiter la pollution par les métaux lourds, mais faute de moyens matériels, cela ne nous a pas été possible. Nous nous contenterons donc, des résultats antérieurs que nous citerons à la fin.

4.1. Données du problème et points de prélèvements:

Pour faire une approche de la propagation des polluants microbiens dans le milieu marin, au voisinage de l'embouchure, il a fallu procéder à des prélèvements d'eau de mer et de sédiments.

Les eaux superficielles contiennent des particules en suspension dont la taille varie des dimensions des colloïdes à quelques centaines de micro-mètres (μm). Elles sont constituées d'éléments minéraux et organiques en provenance des sols ou des résidus d'activités humaines. Ces particules sont susceptibles d'adsorber une grande variété de substances y compris des toxiques ainsi que des éléments microbiens (RODIER, 1984).

Le plan de positionnement des échantillons est le même que celui établi en approche sédimentaire (Fig.25). Le nombre d'échantillons est de 24. Deux sorties sur site, datées du 16-10-1992 et du 23-01-1993, par mer calme et vent très faible, se sont déroulées dans de bonnes conditions.

4.2. Paramètres d'études utilisés:

Avant de décrire la répartition des polluants d'une station à une autre de la zone d'étude, nous allons essayer de définir les paramètres d'études suivants:

4.2.1. Polluants microbiens:

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée.

Ces modifications sont souvent complexes et les variations d'aptitudes peuvent être simultanément favorables ou défavorables, selon l'utilisation envisagée (RODIER, 1984).

L'apport, dans une eau de surface, de matières fécales d'individus porteurs de Salmonella typhi rend cette eau inapte à certaines utilisations d'ordre hygiénique, comme les baignades, du fait de la présence de ces salmonelles pathogènes; par contre l'apport en grand nombre d'autres germes accompagnant ceux-là, facilite la destruction des matières organiques de l'eau et renforce son aptitude à l'auto-épuration.

L'apport en eaux usées, entraîne également la contamination des sédiments, sous l'effet de l'infiltration et de la sédimentation (LE GUYADER et CORMIER, 1988).

Cinq groupes indicateurs de pollution fécale ont servi essentiellement de base à l'évaluation de la pollution microbienne:

- * coliformes totaux (C.T.)
- * coliformes fécaux (C.F.)
- * streptocoques fécaux (S.F.)
- * salmonelles
- * vibrions

4.2.2 Facteurs écologiques:

Toute étude de pollution d'un milieu récepteur exige la mesure des facteurs écologiques car leur variation indiquerait une perturbation de ce milieu.

4.2.2.1. température:

Les variations de températures résultent des échanges entre l'eau de mer et l'atmosphère.

Elle affecte la croissance des bactéries: aux températures basses, les bactéries se trouvent dans un milieu défavorable à leur multiplication, mais certaines arrivent à se reproduire même à une température de 10 °C. La plus grande masse de bactéries marines se cultive à des températures d'incubation échelonnées entre 10 et 25 °C avec un optimum de 15 à 18 °C (BRISOU, 1980).

4.2.2.2. salinité:

L'ensemble de la baie est baigné par des eaux atlantiques de faibles salinités comprises entre 36 et 36,9 ‰.

La plupart des bactéries croissent sans difficulté aux concentrations salines de l'eau de mer (BRISOU, 1980).

4.2.2.3. potentiel d'hydrogène (pH):

En conditions normales, en Méditerranée, le pH varie entre 7,9 et 8,2. Sa détermination nous renseignera sur l'influence des rejets divers qui sont la cause de la variation du pH.

Quand les valeurs sont inférieures aux normes, le milieu est acide. Dans le cas contraire, le milieu devient basique.

4.2.2.4. demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅):

La demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène, exprimée en milligrammes, qui est consommée dans les conditions de l'essai (incubation durant cinq jours à 20 °C et à l'obscurité) par certaines matières présentes dans un litre d'eau notamment pour assurer leur dégradation par voie biologique.

La détermination de la demande biochimique en oxygène vise à reconstituer en laboratoire les phénomènes de dégradation qui ont lieu dans le milieu naturel. Les résultats obtenus sont la résultante d'un ensemble d'actions biologiques et chimiques. Ils forment, néanmoins, l'une des indications importantes dont l'ensemble permet de juger la qualité d'une eau et de son degré de pollution.

4.2.2.5. matières en suspension (M.E.S.):

Les matières en suspension sont des matières minérales ou organiques, de très faibles dimensions (de 1 à 100 µm) qui sont transportées au sein de la masse d'eau, qu'elle soit douce ou marine, voire résiduaire (OTTMANN, 1983)

L'abondance de la M.E.S. aura un certain nombre de répercussions sur le milieu marin. Les M.E.S. sont les principaux fixateurs pour les bactéries.

4.2.2.6. matières organiques dans les sédiments (M.O.):

Les matières organiques ont une influence sur les bactéries déversées dans le milieu marin, Par le phénomène d'adsorption, les germes fécaux s'accumulent dans les sédiments et trouvent les éléments nécessaires à leur multiplication (LE GUYADÉ et CORMIER, 1988).

4.3. Techniques d'analyses et de mesures:

4.3.1. Facteurs écologiques:

4.3.1.1. température:

Les mesures de température ont été pratiquées sur place en degré Celsius (°C), à l'aide d'un thermomètre manuel.

4.3.1.2. salinité:

Les mesures de salinité ont été réalisées au laboratoire, à l'aide d'un salinomètre, juste après la sortie.

Après avoir étalonné l'appareil à l'aide d'une eau normale dont la chlorinité est de 19,38 % et la salinité de 34,18 %, et mis la sonde électromagnétique rincée préalablement avec de l'eau de mer normale dans une bouteille de prélèvement, la lecture de la salinité est effectuée sur le cadran.

4.3.1.3. potentiel d'hydrogène (pH):

Les mesures de pH n'ont pas été faites en même temps que les prélèvements à cause du fonctionnement défectueux du pH-mètre. Elles ont été faites au laboratoire 24 heures après, avec un pH mètre électronique muni de deux électrodes.

Après l'étalonnage de l'appareil à l'aide de solutions étalons (pH=7 et pH=9) et mis le correcteur de température de l'eau à analyser, nous effectuons les lectures sur le cadran.

4.3.1.4. DBO₅:

Les prélèvements d'eau destinés à la mesure de la DBO₅ ont été réalisés en surface. Les échantillons ont été recueillis dans des bouteilles d'un litre en verre fumé et conservés dans une glacière à 4°C environ, immédiatement après, pour éviter la photosynthèse du phytoplancton et le développement des micro-organismes. Les mesures de DBO₅ ont été faites à l'E.P.E.A.L.

Pour l'analyse, nous avons préparé une solution par dilution de l'échantillon à l'aide d'une eau de dilution, puis nous incubons pendant 5 jours à l'obscurité dans une enceinte réglée à 20 °C ± 1 °C et nous mesurons la quantité d'oxygène consommée.

Les bouteilles à échantillon sont en verre fumé et leur bouchon est relié à un manomètre à mercure, à sens unique. Dans la bouteille, au-dessus de l'échantillon,

se trouve de l'air contenant 21 % d'oxygène.

Au cours de l'analyse, les bactéries consomment de l'oxygène. L'oxydation des substances organiques dégage du gaz carbonique (CO₂).

De densité relativement faible, le CO₂ est entraîné au-dessus de la surface gazeuse où il est séparé de l'équilibre gazeux par réaction chimique avec l'oxyde de potassium à 45 % qui se trouve dans un petit récipient placé à la sortie de la bouteille. Cette réaction crée à l'intérieur de cette dernière, une pression négative qui est indiquée par le déplacement du mercure dont la lecture en mg/l exprime la DBO.

Durant les cinq jours d'analyse, les échantillons sont agités continuellement par un barreau aimanté pour assurer l'échange gazeux oxygène-gaz carbonique et ils sont plongés dans l'obscurité pour éviter la photosynthèse phytoplanctonique.

4.3.1.5. matières en suspension:

Cette mesure consiste à filtrer de l'eau de mer sur une membrane poreuse afin de retenir toutes les particules supérieures à 45 µm (AMINOT, 1983).

4.3.1.5.1 préparation du filtre:

Nous asséchons les filtres sans cendre à l'étuve à 60 °C pendant une heure. Ensuite, nous laissons refroidir dans un dessiccateur pour les peser à la balance de précision (P₁ en mg).

4.3.1.5.2. traitement de l'échantillon:

4.3.1.5.2.1. la M.E.S.:

Nous plaçons le filtre sur la membrane filtrante en ajoutant un peu d'eau distillée pour qu'il adhère bien au fond. L'échantillon doit être agité fortement. Nous mesurons le volume d'eau à filtrer (généralement, nous prenons 250 ml) à l'aide d'une éprouvette graduée. Nous filtrons et nous rinçons le résidu à l'eau distillée. Nous retirons le filtre que nous remettons à nouveau dans l'étuve pour l'assécher à 60 °C jusqu'au poids constant (1 h environ). Nous laissons refroidir au dessiccateur et nous pesons. (P₂ en mg).

La concentration de la M.E.S. s'obtient par la formule suivante:

$$[MES] \text{ mg / l} = \frac{P_2 - P_1}{V} \times 10^3$$

P₁: poids du filtre avant filtration (mg)
P₂: poids du filtre après filtration (mg)
V : volume d'eau filtrée (l)

4.3.1.5.2.2. matière inorganique particulaire (M.I.P.):

Nous mettons le filtre dans une capsule en porcelaine. Nous calcinons le résidu déposé sur le filtre pendant 2 heures dans un four à moufle à 550 °C. Après refroidissement au dessiccateur, nous déterminons la masse (P₂ en mg).

Les concentrations de la M.I.P. sont égales à:

$$[\text{MIP}]_{\text{mg/l}} = \frac{P_2 - P_1}{V} \times 10^3$$

P₁: poids du filtre avant calcination (mg)
P₂: poids du filtre après calcination (mg)
V : volume d'eau filtrée (l)

remarque:

La différence entre les concentrations de la M.E.S. et la M.I.P. nous donne la concentration de la matière organique particulaire (M.O.P.)

4.3.1.6. matières organiques dans le sédiment (M.O.):

L'incinération des sédiments dans un four à moufle permet de calculer le taux de matières organiques dans le sédiment. Nous procédons de la manière suivante :

Pour éviter la décomposition de la M.O., l'échantillon a été congelé. Une fraction du sédiment est ensuite décongelée et séchée à l'étuve à 60 °C, pendant 24h pour éliminer uniquement l'eau contenue dans le sédiment.

Nous remplissons ensuite, le creuset à silice de sédiment et nous le pesons à la balance de précision (P₁ en mg.). Le creuset rempli de sédiment est mis dans un four à moufle à 550 °C pendant 2 heures pour éliminer la M.O.. Le creuset est retiré et pesé de nouveau (P₂ en mg). La différence des deux poids obtenus P₁ et P₂ nous donne le poids de la M.O. brûlée.

$$P(\text{mg}) = P_1 - P_2$$

P_1 : poids de l'échantillon avant l'incinération.

P_2 : poids de l'échantillon après l'incinération.

Le pourcentage de la M.O. est calculé par la formule suivante:

$$\% MO = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100^3$$

$P_1 - P_2$: Poids de la M.O. brûlée

P_1 : poids de l'échantillon avant l'incinération.

Remarque:

Pour chaque station, nous avons travaillé sur trois sous-échantillons pour avoir un résultat le plus proche possible de la réalité.

La moyenne des trois sous-échantillons nous donne le poids (P).

4.3.2. Techniques de numération des germes. Tests de contamination:

L'analyse bactériologique a été effectuée sur des échantillons d'eau de mer et de sédiments.

Les échantillons d'eau ont été recueillis dans des flacons de verre de 500 ml stériles.

Les échantillons de sédiments ont été mis dans des sachets stériles.

Les échantillons ont été transportés dans une glacière dont la température est maintenue entre 4 et 6 °C pour stopper la croissance des germes et ne pas fausser le comptage.

La technique employée dans le laboratoire de microbiologie de l'I.S.M.A.L., pour l'analyse de nos échantillons, est le nombre le plus probable (NPP) dans 100 ml.

Pour chaque échantillon de sédiments, nous avons prélevé 25 grammes que nous avons mis au contact avec de l'eau de mer filtrée stérilisée additionnée de Tween 80 pendant 30 minutes (soit 0,3 ml de Tween pour 100 ml d'eau stérile et 25 grammes de sédiment).

Cette opération préalable à l'analyse proprement dite permet une meilleure dissociation des bactéries accrochées aux grains de sable.

A partir de là, la technique d'analyse est la même aussi bien pour l'eau que pour le sédiment.

4.3.2.1. recherche des coliformes totaux et fécaux:

Les coliformes sont intéressants à étudier car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales de l'homme et des animaux à sang chaud, et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance. Par ailleurs leur résistance aux agents antiseptiques, et notamment au chlore et à ses dérivés, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes vis-à-vis desquelles ce type de traitement est instauré (RODIER, 1984).

La préparation des dilutions se fait comme suit (Fig.41):

- * dilution du 1/10 : dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique, ajouter 1 ml d'eau à analyser et agiter.
- * dilution du 1/100: du tube contenant l'eau physiologique à la dilution 10^{-1} , prélever 1 ml et le verser dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique.

Opérer de la même façon jusqu'à la dilution voulu qui est de 10^{-5} dans notre étude (à cause de l'importante concentration en bactéries).

Le mode opératoire se fait de la manière suivante (Fig.41):

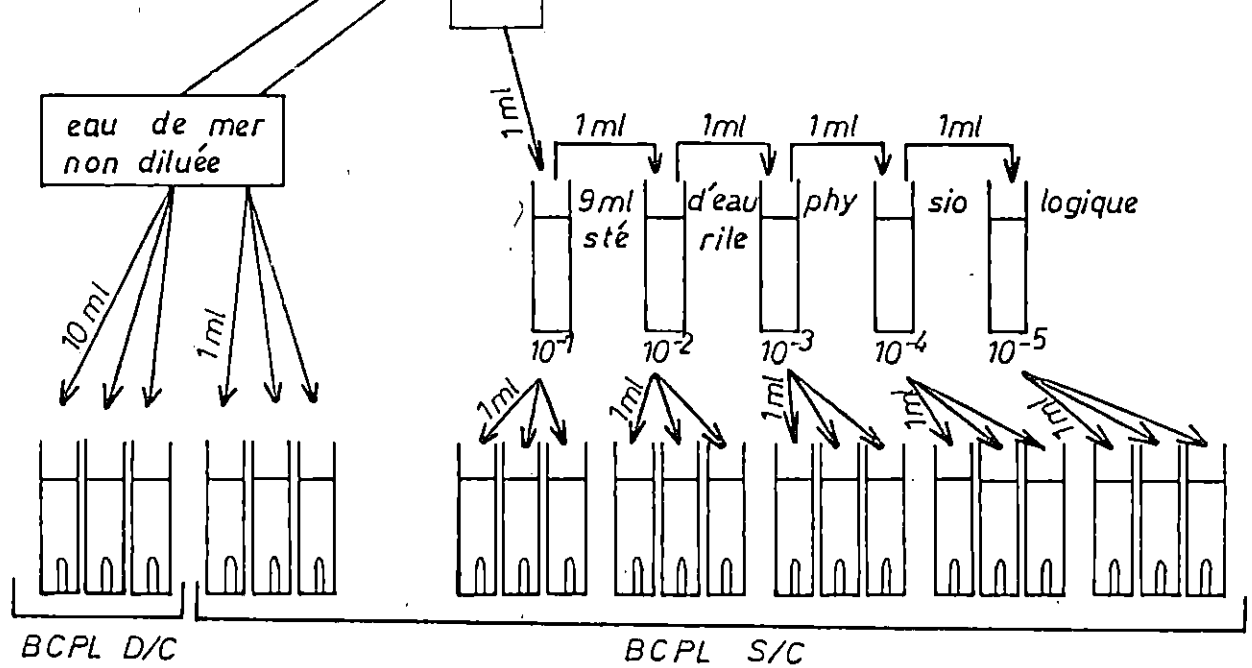
4.3.2.1.1. test présomptif:

Nous avons utilisé comme milieu de culture le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) double et simple concentration.

Après ensemencement des milieux avec la quantité nécessaire (1ml), nous avons agité et homogénéisé sans faire pénétrer de l'air dans la cloche, puis nous avons placé des tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures.

Nous avons utilisé:

- * 3 tubes de BCPL/DC avec 10 ml d'eau de mer.
- * 3 tubes de BCPL/SC avec 01 ml d'eau de mer.
- * 3 tubes de BCPL/SC pour chaque dilution.



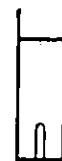
test présumptif

incubation : 48 h à 37°C

si virage au jaune + gaz dans la cloche ⇒ présence de coliformes totaux

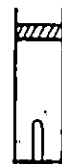
quelques gouttes

test confirmatif



milieu de SCHUBERT + cloche

incubation : 24 h à 44°C



eau peptonée exempte d'indole + Kovacs

anneau rouge confirme la présence de coliformes fécaux

FIG.41: DÉNOMBREMENT DES COLIFORMES TOTAUX ET FÉCAUX

Après 48 heures, la lecture se fait comme suit:

Les tubes ayant virés au jaune et contenant du gaz dans la cloche (1/10 de la cloche) sont considérés comme positifs.

4.3.2.1.2. test confirmatif (recherche des coliformes fécaux):

Pour la recherche des coliformes fécaux (Fig.41), particulièrement Escherichia coli, chacun des tubes positifs du test présomptif est repiqué (1 ml) dans un tube contenant de l'eau peptonée exempte d'indole. Nous avons incubé à 44 °C pendant 24 heures.

Au moment de la lecture, nous avons ajouté quelques gouttes de réactif de Kovacs. S'il y a formation d'un anneau rouge brique, le test est considéré comme positif.

4.3.2.2. recherche des streptocoques fécaux:

Les streptocoques fécaux du groupe D de Lancefield contaminent rapidement et intensément les sédiments marins où ils trouvent les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance.

Dans l'eau, leur devenir dépend essentiellement des matières en suspension. Ils sont très stables dans les sédiments marins (LE GUYADER et CORMIER, 1988).

Le mode opératoire est schématisé en figure n°42:

4.3.2.2.1. test présomptif:

Nous avons utilisé le milieu de Rothe (bouillon glucosé à l'azide de sodium) à double et simple concentration. Ce milieu contient de l'azide de sodium comme agent sélectif.

Nous avons procédé de la même manière que pour les coliformes, une incubation des tubes à essai à 37 °C pendant 48 heures. Dépassé ce délai, les tubes présentant un trouble avec un dépôt blanchâtre, sont considérés comme positifs.

4.3.2.2.2. test confirmatif:

Les tubes sont repiqués (1 ml) dans des tubes de milieu de Litsky contenant deux agents sélectifs: l'éthyl-violet et l'azide de sodium (E.V.A.). Nous incubons à 37 °C pendant 24 heures. Les tubes dont le trouble est important, sont considérés comme positifs et confirment la présence de streptocoques fécaux.

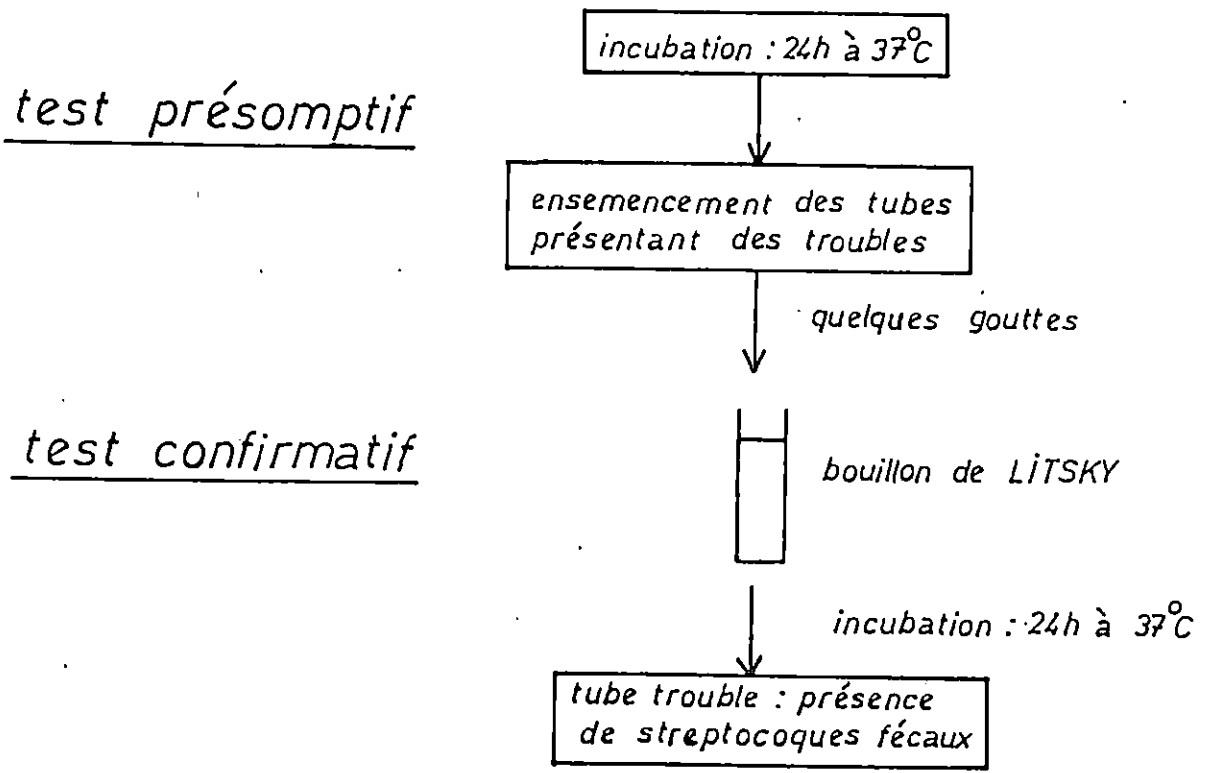
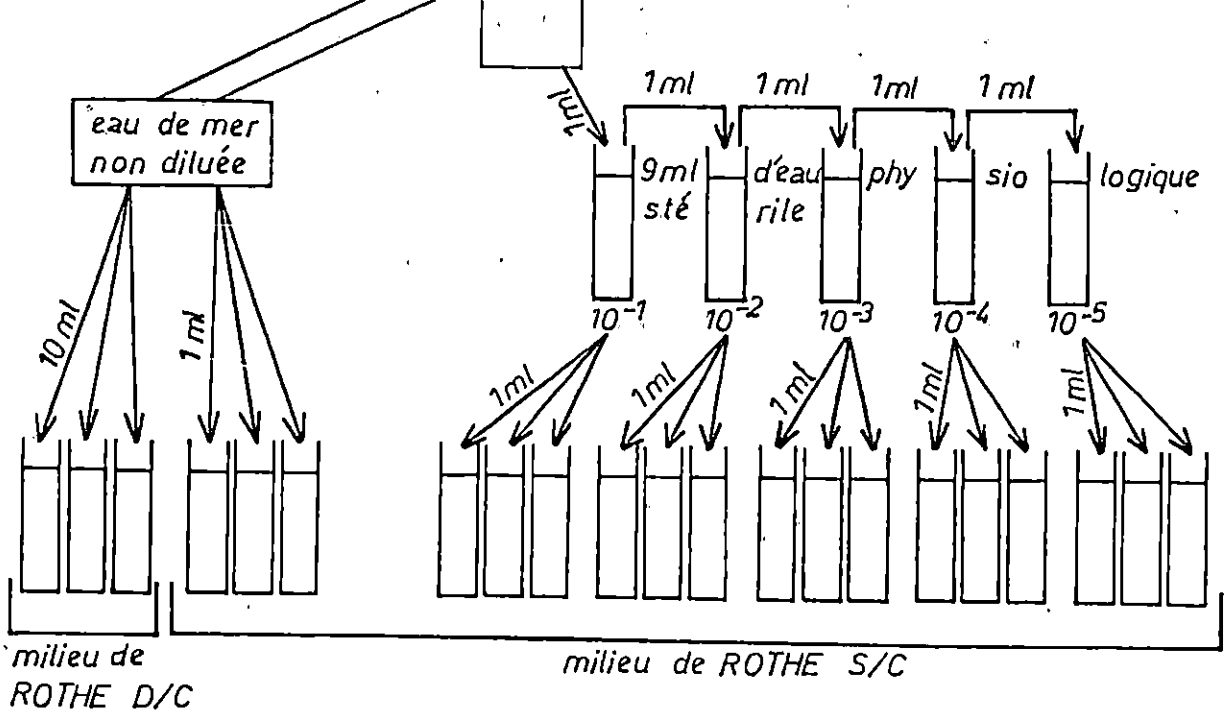


FIG.42: DÉNOMBREMENT DES STREPTOCOQUES FÉCAUX

Nous avons dénombré dans chaque série le nombre de tubes positifs, puis nous nous sommes référés à la table de Swaroop pour déterminer le nombre le plus probable (NPP) de germes contenus dans 100 ml de l'échantillon analysé.

Chaque échantillon a donc été soumis à la recherche du nombre le plus probable (NPP) des coliformes totaux, du NPP des coliformes fécaux et du NPP des streptocoques fécaux.

4.3.2.3. recherche des salmonelles: (Fig.43)

Nous mettons 25 ml de l'échantillon dans le flacon de T.S.E. (Tryptone Sel Eau) que nous agitons soigneusement pendant quelques minutes, puis nous l'incubons à 37 °C pendant 24 heures.

Le premier enrichissement se fait en mettant 1 ml de l'échantillon dans un flacon au bouillon de Sélénite de Sodium (S.F.B.) simple concentration (S/C) et 10 ml dans le S.F.B. double concentration (D/C). Nous incubons à 37 °C pendant 24 heures.

A partir du premier enrichissement, nous réalisons un premier isolement pour chaque tube S.F.B. S/C et D/C sur des boîtes de pétri contenant de la gélose Hektoen et un deuxième enrichissement dans des tubes S.F.B. en mettant un 1 ml dans le S.F.B. S/C et 10 ml dans le S.F.B. D/C.

Après incubation à 37 °C pendant 24 heures, nous faisons un deuxième isolement pour chaque tube S.F.B. S/C et D/C sur des boîtes de pétri contenant de la gélose Hektoen. Nous incubons à 37 °C pendant 24 heures.

Nous repiquons quelques colonies suspectes prélevées des boîtes de pétri sur le milieu T.S.I. (Three Sugar Iron).

Après incubation à 37 °C pendant 24 heures, nous avons fait la lecture des T.S.I.. La production d'acides lors de la dégradation en anaérobiose du glucose ou lactose provoque un virage de l'indicateur coloré du rouge au jaune. Le noircissement (réduction thiosulfate) du milieu signifie une dégradation, en aérobiose, des acides aminés et un dégagement d'H₂S et de CO₂. Puis nous avons réalisé une galerie biochimique pour tous les T.S.I. distinctifs entre eux.

4.3.2.4. recherche des vibrions: (Fig.44)

Le premier enrichissement se fait en mettant 50 ml de l'échantillon dans un flacon à l'eau peptonée alcaline (E.P.A.) concentrée 10 fois. Nous incubons à 37 °C pendant 24 heures.

Nous effectuons un deuxième enrichissement à partir du flacon E.P.A. sur un E.P.A. S/C et un premier isolement à partir du flacon E.P.A. sur une boîte de pétri contenant

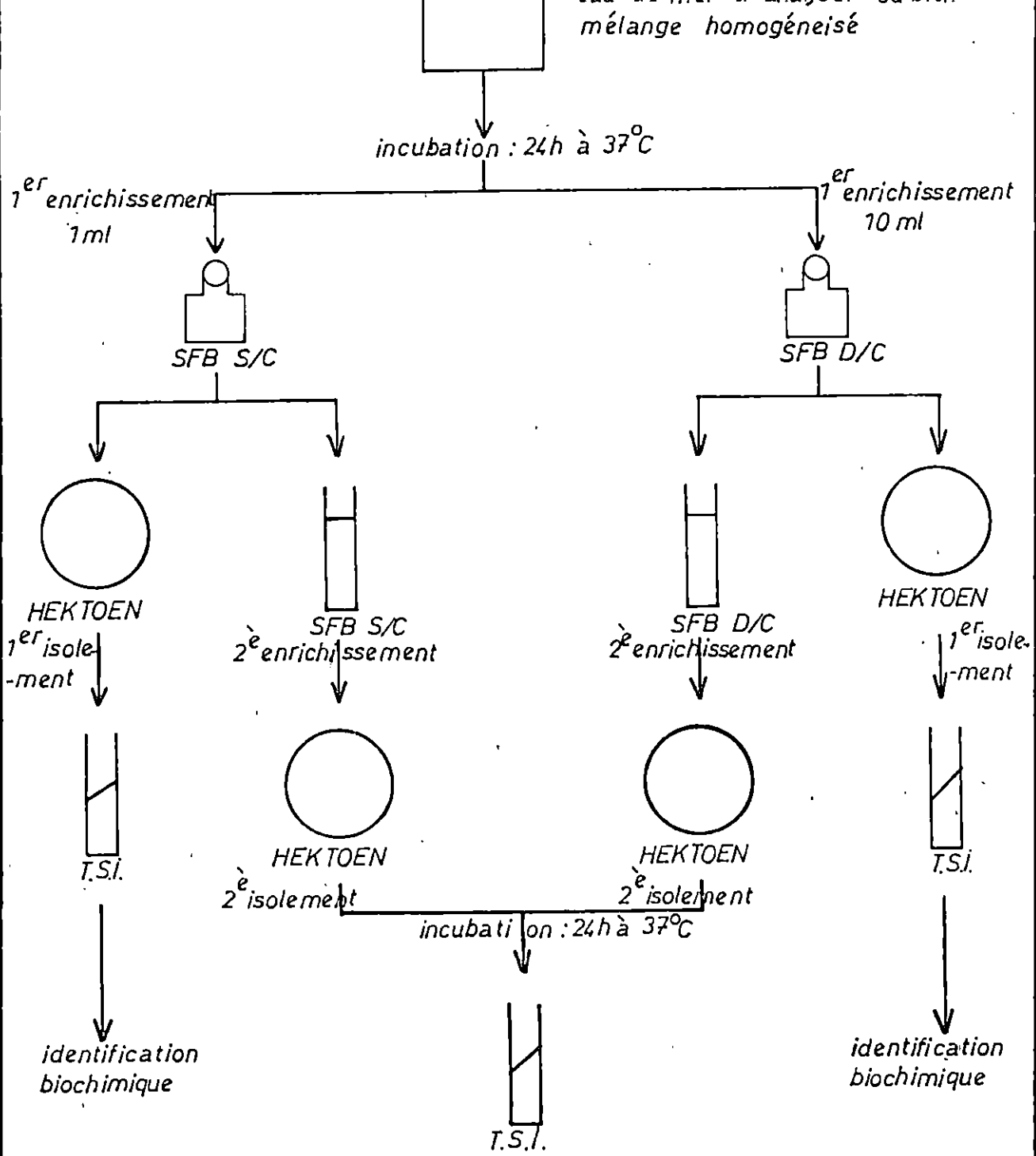


FIG. 43 : RECHERCHE DES SALMONELLES

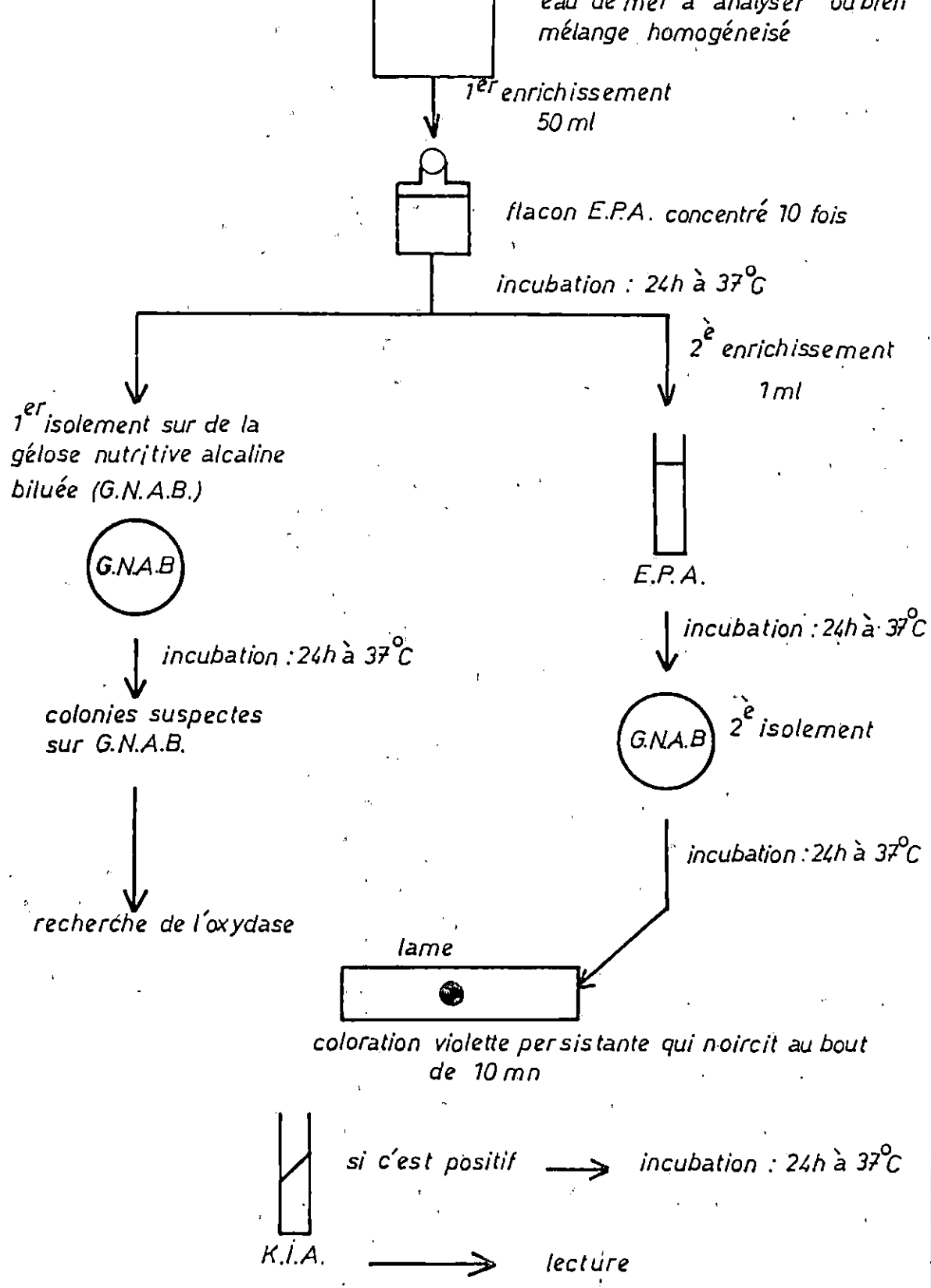


FIG.44 : RECHERCHE DES VIBRIONS

heures.

Un deuxième isolement est effectué du tube E.P.A. S/C sur une boîte de pétri G.N.A.B.

Après incubation à 37 °C pendant 24 heures, nous repiquons quelques colonies suspectes prélevées des boîtes de pétri sur le milieu K.I.A. (milieu de Hajna-Kligler ou milieu lactose-glucose-H₂S). Nous incubons 37 °C pendant 24 heures.

La lecture du K.I.A. s'est faite de la même manière que celle du T.S.I.. Nous avons également effectué une galerie biochimique pour les K.I.A. distinctifs entre eux.

4.3.2.5. galerie biochimique:

Elle consiste à chercher les caractéristiques biochimiques d'une colonie effectuée sur un K.I.A. ou un T.S.I. que nous avons dilué dans un tube à essai contenant 1 ml d'eau physiologique stérile.

Différents tests sont effectués pour connaître les enzymes utilisées par une colonie dans un but d'identification systématique.

Les enzymes recherchées sont: la lysine décarboxylase (L.D.C.), la β-galactosidase (O.N.G.P.), l'uréase (U.R.E.), l'enzyme catalysant la production de l'indole à partir de l'urée (I.N.D.), l'oxydase (bactéries aérobies, ox⁺), la tryptophane désaminase (T.D.A.).

La colonie est identifiée grâce à la recherche du K.I.A. ou T.S.I. et de la galerie biochimique.

4.4. Description et interprétation des résultats:

4.4.1. Facteurs écologiques: (Tab.10)

4.4.1.1. température:

La figure n°45 indique que les températures ne présentent pas de variations significatives. Elles sont comprises entre 13 et 15 °C, avec une moyenne de 13,6 °C.

4.4.1.2. salinité: (Fig.46)

La salinité au niveau du site d'étude varie entre 33,68 et 37,5 %, avec une moyenne de 35,95 %...

La valeur minimale (33,68 %) est obtenue au niveau de la station 1 de la radiale 4, face à l'embouchure où les eaux usées véhiculées par l'Oued El Harrach se mélangent avec l'eau de mer. Mais en allant au large, ce gradient augmente pour

Numéro de la radiale	Numéro de la station	T (°C)	Salinité (‰)	pH	DBO5 (mg/l)	MES (mg/l)	HOP (mg/l)	HO (‰)
1		13.5	35.25	8.13	45	55.4	25	0.9
		15	35.6	8.18	35	41.2	26	1.62
3	1	14.5	35.19	8.1	40	62	23	1.9
		13.5	33.68	7.83	67	114.8	51.2	2.5
		13	35.89	8.16	35	46.4	20.6	1.28
		15	37.5	8.11	23	40.8	13.6	1.75
		14	36.79	8.3	26	26.8	15	2.2
2		14	35.35	8.16	33	47.6	20	1.11
		14	35.25	8.17	35	48.4	15.2	1.2
		14	35.72	8.25	18	37.2	14	1.75
		13.5	34.6	8.12	23	24	14	2
		14	35.5	8.25	40	70.6	30	1.7
		13	35.65	8.2	23	45.6	16.4	1.45
		13.5	36.9	8.1	18	31.6	12.4	1.53
		13.5	35.8	8.19	28	18.4	9.6	1.5
3		14	36.79	8.26	42	45	20.2	1.4
		13	35.65	8.08	14	13.6	8.4	2.4
		14	36	8.09	10	10	6.8	1.32
		13	37.34	8.03	6	8	5.6	1.22
		13	35.75	8.18	25	39.2	17	1.38
		13	36.89	8.05	22	16.8	8.8	1.74
		14	37.1	8.13	20	31.6	18	1.4
		13	36.7	8.07	10	8.8	7.6	1.2
		13.5	35.1	8.17	38	41.2	30	1.6

Tab. 10:- VALEURS TOTALES DES PARAMETRES ECOLOGIQUES ETUDIEES EN FONCTION DES DIFFERENTES STATIONS.

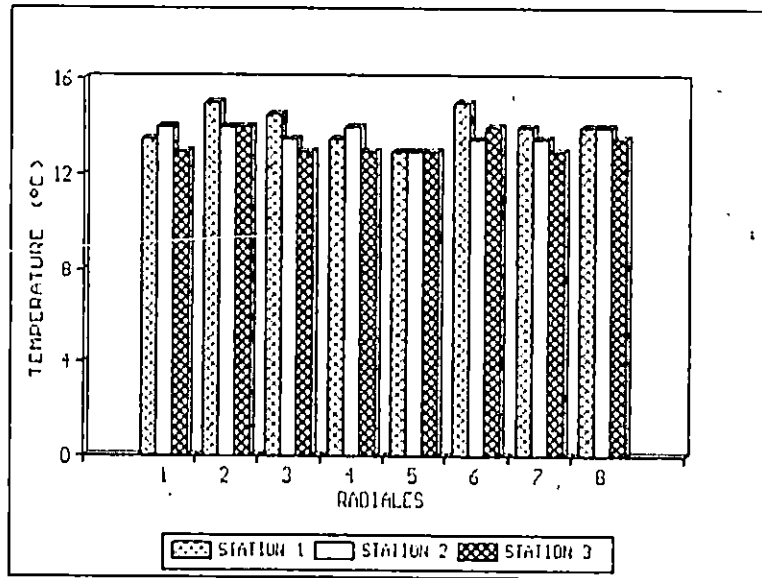


Fig.45:--Variation de la température en fonction des points de prélèvements.

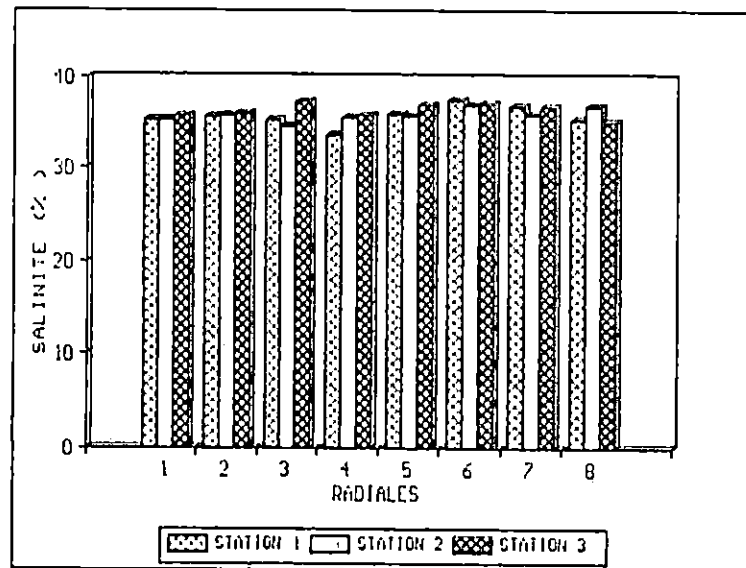


Fig.46:--Variation de la salinité en fonction des points de prélèvements.

atteindre une valeur de 35,75 %.

En radiale 3, la salinité diminue de 35,19 à 34,60 %, de la station 1 à la station 2; puis augmente au large en station 3 pour atteindre la valeur de 37,34 %.

De la station 1 à la station 2, de la radiale 6, la salinité diminue légèrement de 37,5 à 36,90 % pour augmenter en station 3 (37,10 %).

Quant aux autres radiales, nous remarquons que les variations de salinités sont moindres et sont comprises entre 35,10 et 36,89 %.

4.4.1.3. potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH présente très peu de variations (Fig.47). Il est généralement alcalin à l'exception de la valeur de 7,83 relevée près de l'embouchure; ce qui montre qu'à cet endroit, les eaux tendent légèrement à l'acidité. Ceci est dû aux rejets des eaux usées véhiculées par l'Oued El Harrach.

Il apparaît cependant, que les valeurs de pH trouvées lors de nos prélèvements, coïncident avec l'intervalle de tolérance des micro-organismes (5-9) et permettent leurs pullulations (BRISOU, 1980).

4.4.1.4. DBO₅:

La figure n°48 montre des variations considérables en DBO₅, allant de 6 à 67 mg/l. Nous remarquons que la plus grande teneur (67 mg/l) est observée en station 1 de la radiale 4, proche de l'embouchure où se jette l'eau de l'Oued chargée de bactéries qui utilisent une grande quantité d'oxygène. Dans cette station, la valeur de la DBO₅ représente un indice de pollution.

Aussi, nous remarquons que les autres stations côtières, de part et d'autre de l'embouchure, présentent des teneurs en DBO₅ assez importantes dépassant les 20 mg/l et atteignant 45 mg/l en station 1 de la radiale 1. Cette constatation pourrait être le résultat du sens de propagation des rejets, dû à la dérive littorale dominante hivernale Nord Nord-Ouest (Fig.40).

Néanmoins, nous constatons que les stations côtières, situées à l'Ouest de l'embouchure, présentent des teneurs en DBO₅ plus élevées que celles des stations de l'Est. Ceci est vraisemblablement dû à l'influence des émissaires importants (rejets d'Hussein Dey) au voisinage de la partie Ouest du site d'étude.

Nous remarquons aussi que les teneurs en DBO₅ diminuent en s'éloignant de la côte vers le large pour atteindre une valeur minimale en station 3 de la radiale 3 (6 mg/l).

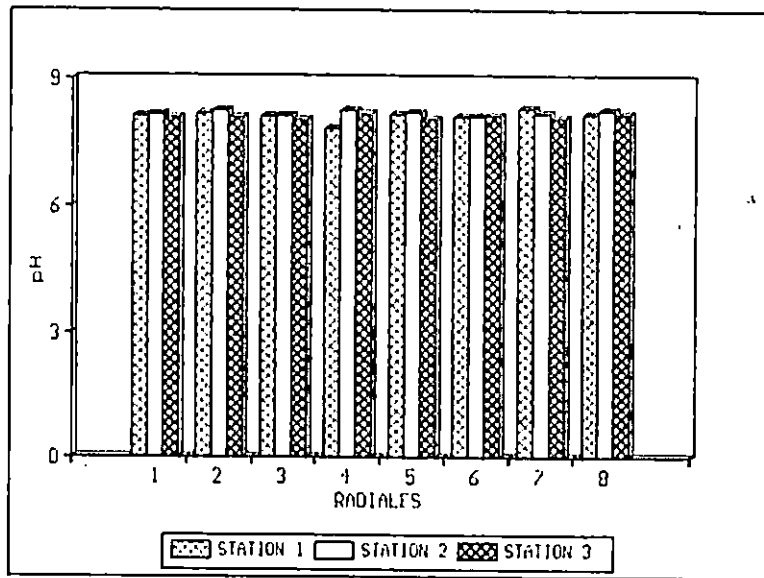


Fig.47:-Variation du pH en fonction des points de prélèvements.

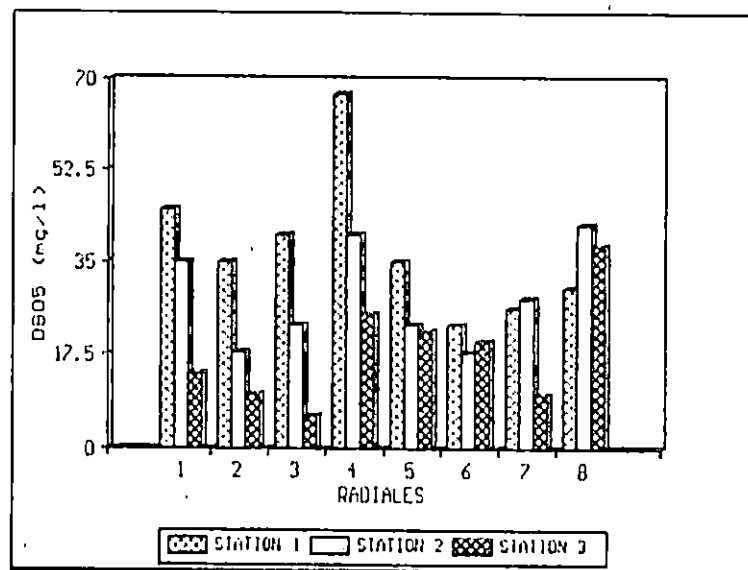


Fig.48:-Variation de la DB05 en fonction des points de prélèvements.

Cela pourrait être du au brassage des eaux par les courants en assurant ainsi une certaine régulation et un meilleur effet du mécanisme auto-épurgateur de la mer au fur et à mesure que l'on s'éloigne au large.

Si nous nous référons aux normes américaines (1,5-3,5 mg/l) recommandées pour la baignade, nous pourrions dire que notre zone d'étude dépasse largement ces normes et qu'elle est extrêmement polluée. Ce qui entraînerait à dire que plus la teneur d'une eau est élevée en DBO₅, plus la quantité de déchets organiques à dégrader est élevée et plus le milieu est pollué.

4.4.1.5. matières en suspension (M.E.S.): (Fig.49)

La charge solide en suspension varie de 8 à 70,6 mg/l avec une moyenne de 33,85 mg/l.

Toutefois, la charge solide des eaux proche de l'embouchure (station 1 de la radiale 4) est exceptionnellement élevée (114,8 mg/l) et vraisemblablement due à l'abondance des particules d'érosion et des eaux résiduelles rejetées par l'Oued El Harrach.

Nous notons une diminution des charges solides en suspension de la côte vers le large. Ceci est dû probablement à l'augmentation de la profondeur et au phénomène de décantation des particules en suspension de la surface vers le fond.

Les radiales situées à l'Ouest de l'embouchure présentent des valeurs légèrement élevées par rapport à celles des radiales situées à l'Est; et pourtant, la dérive littorale dominante pendant la période d'étude (Nord-Ouest) doit nous mettre en présence d'une pollution plus importante du côté Est de l'embouchure.

Cette situation pourrait être la conséquence des rejets importants de la commune d'Hussein Dey, au voisinage de la partie Ouest de la zone d'étude.

La figure n°50 montre les variations des matières organiques particulières (M.O.P.) dans la M.E.S., en fonction des stations de la zone d'étude, allant de 5,6 à 51,2 mg/l; avec une moyenne de 17,85 mg/l.

La plus grande valeur (51,2 mg/l) se trouve en station 1 de la radiale 4, proche de l'embouchure. Par contre, la valeur minimale (5,6 mg/l) est observée en station 3 de la radiale 3.

Nous remarquons que les concentrations des M.O.P. diminuent de la côte vers le large sauf en radiales 6 et 8 où les valeurs du large sont plus élevées que celles des stations côtières.

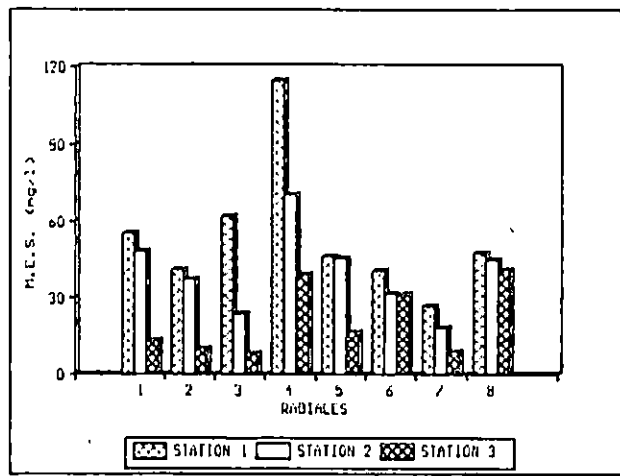


Fig.49:-Variation de la MES en fonction des points de prélèvements.

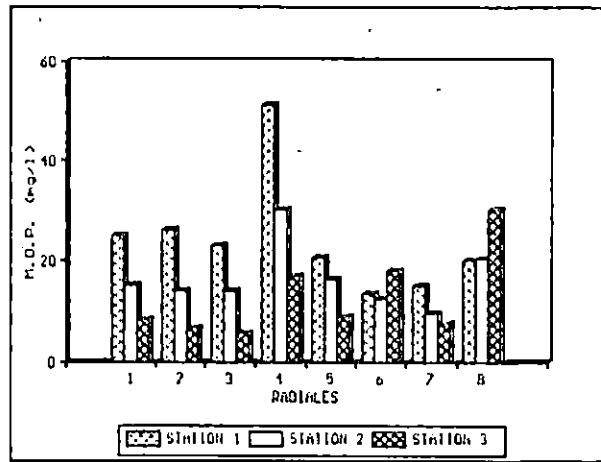


Fig.50:-Variation de la MOP en fonction des points de prélèvements.

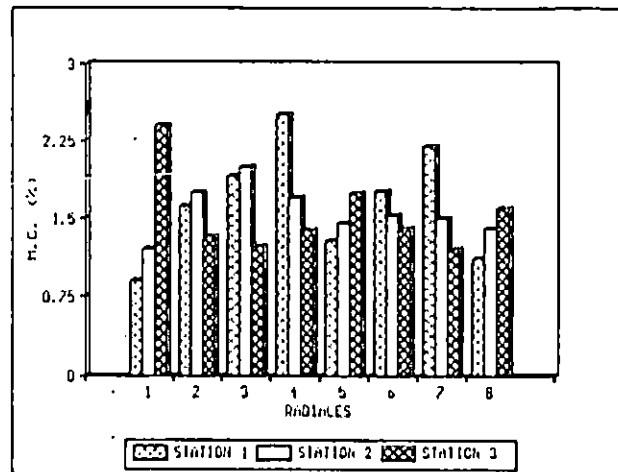


Fig.51:-Variation de la MO en fonction des points de prélèvements.

Le taux de matières organiques dans le sédiment varie entre 0,90 et 2,50 %, avec une moyenne de 1,58 %.

La station 1 de la radiale 4, proche de l'embouchure, présente le pourcentage le plus élevé en M.O. (2,50 %); ce qui est probablement dû aux rejets d'eaux usées riches en M.O.

Le taux minimal de M.O. (0,90 %) se retrouve en station 1 de la radiale 1 qui augment progressivement vers le large pour atteindre 2,40 % en station 3; le même cas se présente pour les radiales 5 et 8.

En radiales 2,3 et 6, nous notons une augmentation des pourcentages de M.O. des stations 1 en stations 2, puis une légère diminution au large.

4.4.2 Etude bactériologique:

4.4.2.1. Etude bactériologique dans l'eau: (Tab.11)

4.4.2.1.1. Coliformes totaux et fécaux (C.T. et C.F.):

Nous avons obtenu les mêmes résultats pour les deux groupes. Les résultats sont discutés ensemble.

La figure n°52 montre, d'une manière distincte, la présence des coliformes totaux et fécaux au niveau de toutes les stations, mais avec des concentrations bien nettes.

Leur présence est remarquable en station 1 de la radiale 4, face à l'embouchure de l'Oued El Harrach, avec une valeur maximale de 24.10^4 coliformes/100 ml. Ceci s'explique par l'important déversement d'eaux usées. Sur la même radiale, nous notons une diminution du nombre de coliformes de la côte vers le large; mais avec des concentrations quand même importantes.

En radiales 1 et 6, la répartition des bactéries se fait de la même manière qu'en radiale 4, mais avec des quantités inférieures.

Les radiales 2, 3 et 5 présentent la même évolution en coliformes. Nous observons une diminution en station 2 puis une légère augmentation vers le large.

La valeur minimale des coliformes totaux et fécaux est observée en station 2 de la radiale 3 (23 coliformes/100 ml).

En radiale 7, nous remarquons une augmentation en station 2 puis une diminution au large.

Numéro de la radiale	numéro de la station	Coliformes totaux (eau)	Coliformes totaux (Sed.)	Coliformes fécaux (eau)	Coliformes fécaux (Sed.)	Streptocoques fécaux (eau)	Streptocoques fécaux (sed.)
1	1	9.13	3.13	9.13	1.09	9.13	5.01
2		6.83	7.31	6.83	1.09	7.78	9.13
3		7.31	9.3	7.31	6.13	7.78	11.91
4		12.38	12.38	12.38	11.91	12.38	13.03
5		8.13	7	8.13	3.13	9.3	7.31
6		6.83	7.78	6.83	7	7.78	9.3
7		6.13	10.73	6.13	10.04	6.06	11.91
8		6.13	3.76	6.13	1.09	8.13	5.01
1	2	6.13	6.13	6.13	5.01	6.83	7.78
2		3.76	9.3	3.76	3.13	4.53	9.13
3		3.13	6.83	3.13	4.53	3.76	7.31
4		8.13	6.83	8.13	6.13	8.13	11.91
5		4.53	8.43	4.53	3.13	4.53	7.78
6		5.43	6.13	5.43	5.01	6.83	8.43
7		8.13	5.01	8.13	3.13	7.31	8.43
8		8.13	6.13	8.13	5.01	9.13	8.43
1	3	3.76	11.91	3.76	9.3	5.48	12.38
2		4.53	4.53	4.53	3.13	3.76	6.83
3		6.13	9.3	6.13	7	6.83	9.13
4		6.83	9.3	6.83	7	5.48	10.73
5		6.13	9.61	6.13	3.13	6.83	11.91
6		4.53	7	4.53	3.76	5.48	9.3
7		3.76	8.43	3.76	3.13	3.76	7.78
8		9.13	7.78	9.13	7	10.08	10.73

Tab. 11:--CONCENTRATIONS TOTALES DES GERMES FECAUX ETUDIES SELON LES DIFFERENTES STATIONS ET MATRICES (EAU ET SEDIMENT).

(Les unités pour l'eau sont données par 100 ml.)

(Les unités pour le sédiment sont données par 100 g.)

(Les valeurs des concentrations totales des germes fécaux sont données en Ln).

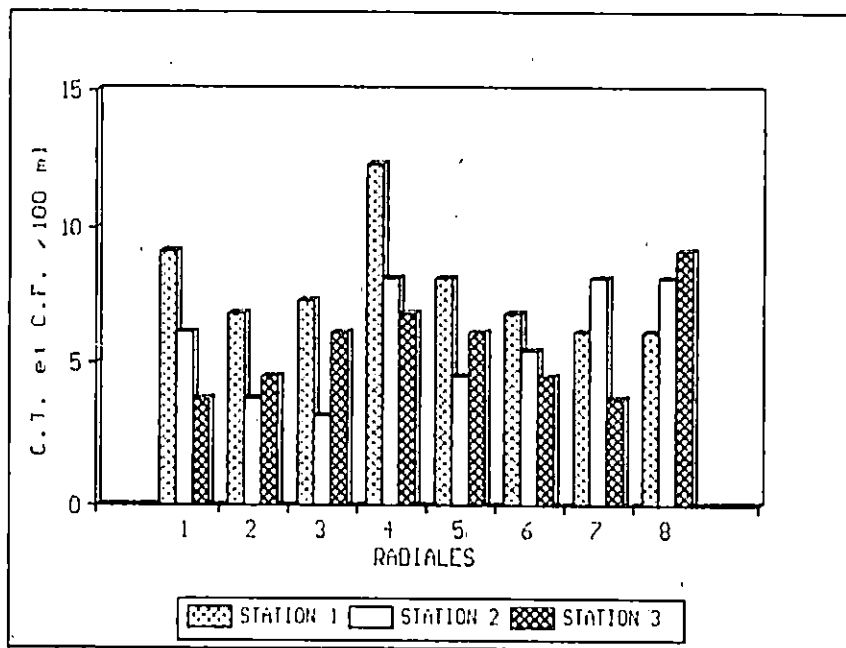


Fig.52:-Variation des concentrations des coliformes totaux et fécaux en fonction des points de prélèvements (eau).

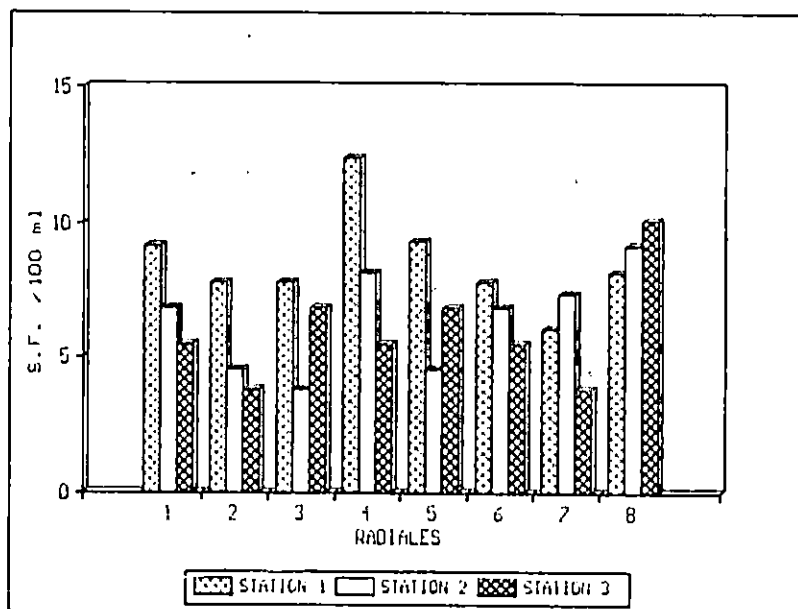


Fig.54:-Variation des concentrations des streptocoques fécaux en fonction des points de prélèvements (eau).

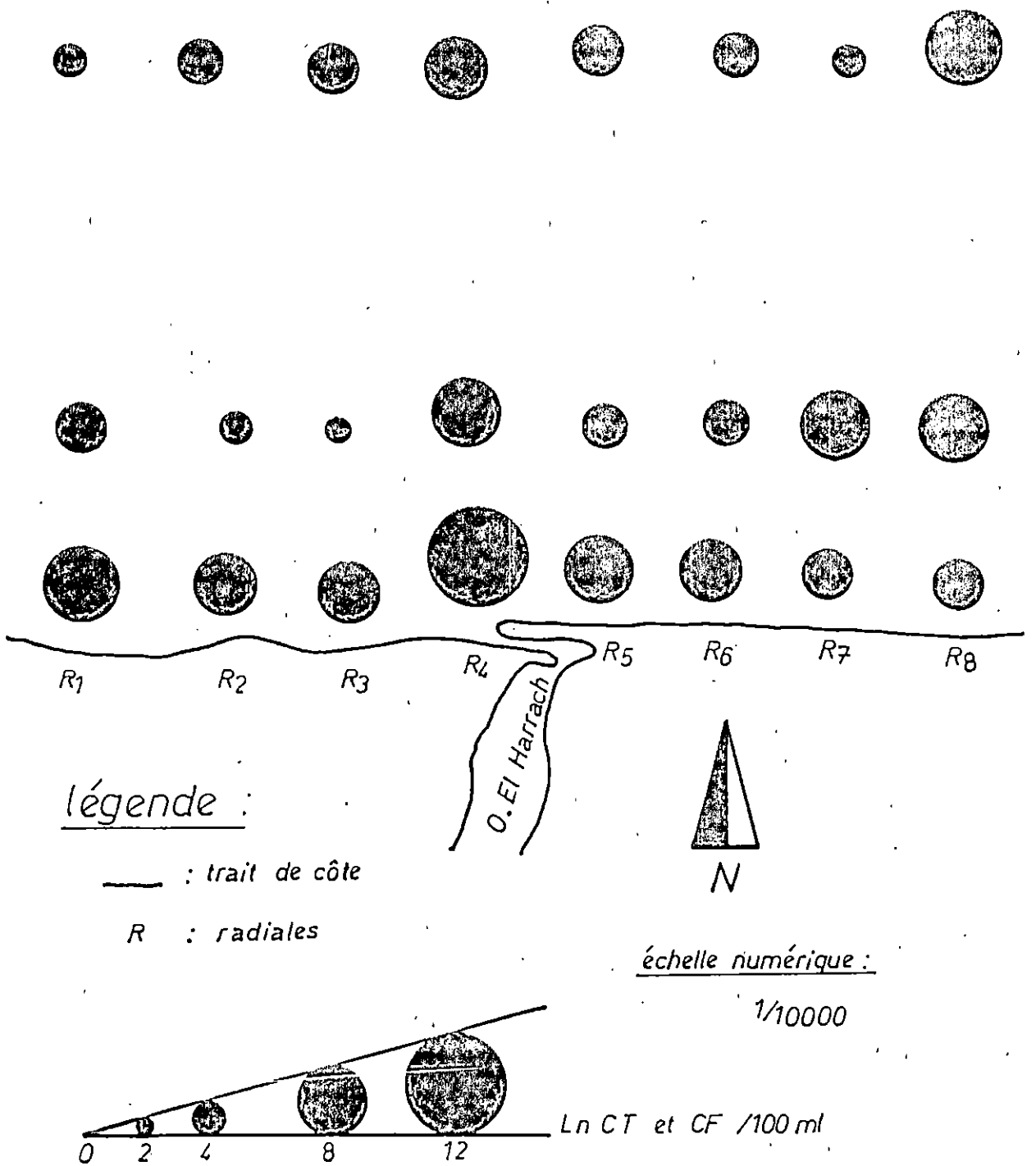


FIG. 53: RÉPARTITION DES COLIFORMES
TOTAUX ET FÉCAUX DANS
L'EAU EN FONCTION DES
POINTS DE PRÉLÈVEMENTS

En radiale 8, les coliformes augmentent de la côte vers le large.

D'une manière générale, la figure n°53 montre que la contamination est beaucoup plus prononcée en stations côtières. Ce phénomène s'expliquerait par le fait que c'est au niveau du contact terre-mer que s'effectuent les déversements d'eaux usées.

4.4.2.1.2. streptocoques fécaux (S.F.):

La figure n°54 indique la présence des streptocoques fécaux au niveau de chaque station avec des concentrations considérables.

Nous notons un maximum de streptocoques fécaux en station 1 de la radiale 4 ($24 \cdot 10^4$ S.F./100 ml); cela est dû à la proximité de cette station de l'embouchure.

En radiales 1, 2, 4 et 6, l'évolution des streptocoques fécaux est semblable. Elle diminue de la côte vers le large. En radiale 8, c'est le cas contraire qui se présente. Ceci peut être dû à une erreur de manipulation et il aurait été intéressant de refaire le prélèvement.

Les radiales 3 et 5 présentent une diminution de streptocoques fécaux en station 2 puis une augmentation au large.

La radiale 7, par contre, présente une augmentation de streptocoques fécaux à la station 2 puis une brusque diminution au large.

La figure n°55 représente la répartition des streptocoques fécaux en fonction des différentes stations du site d'étude, à travers laquelle nous constatons que la présence de ces germes est forte en stations côtières.

4.4.2.1.3. salmonelles:

Contrairement aux autres germes, les salmonelles ont été évaluées qualitativement. Nous avons donc identifié:

- * une colonie orange à centre noir: Proteus vulgaris
- * une colonie verte: Proteus mirabilis

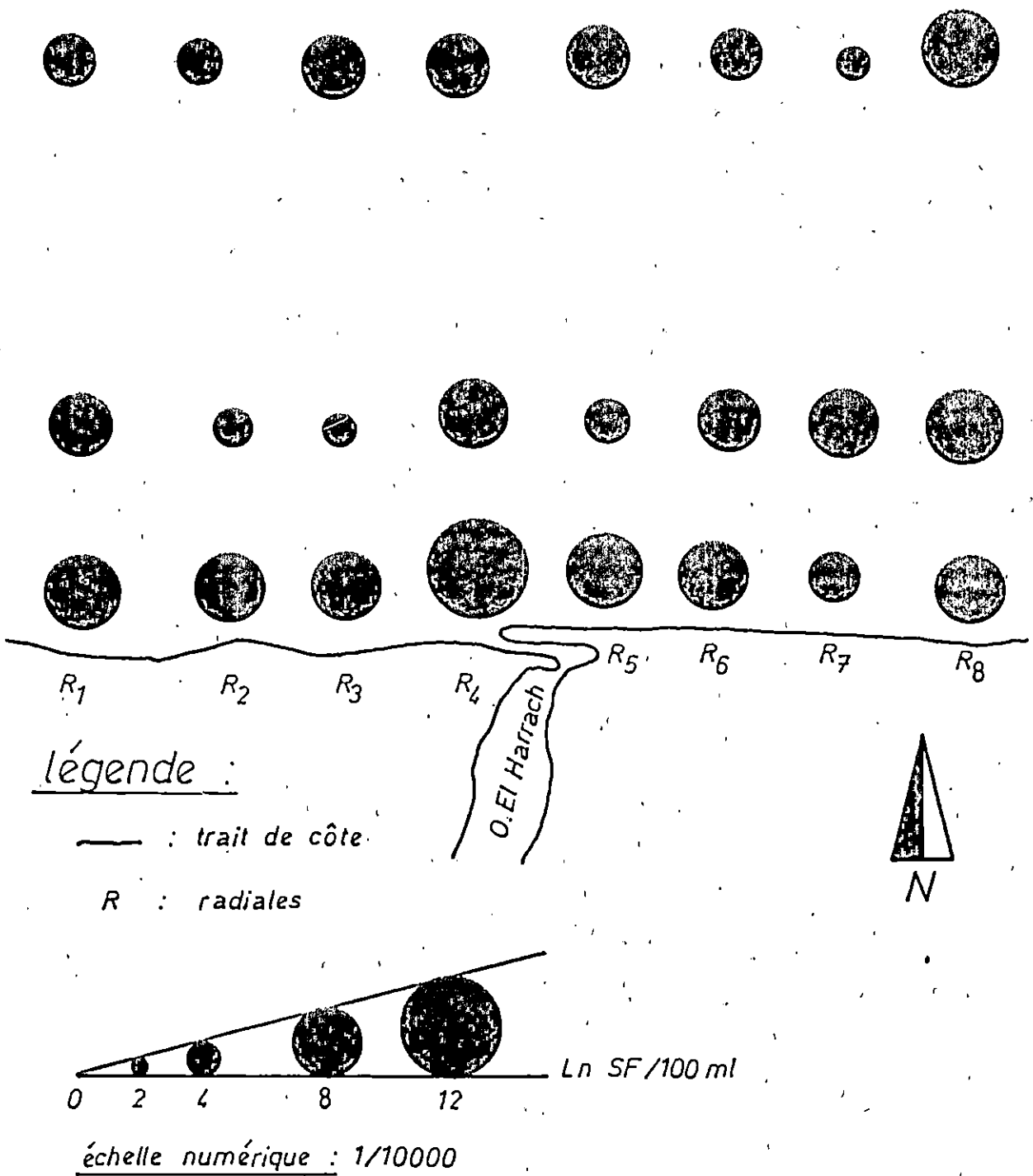


FIG. 55 : RÉPARTITION DES STREPTOCOQUES FÉCAUX DANS L'EAU EN FONCTION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT

4.4.2.1.4. vibrions:

Nous avons fait la même chose que pour les salmonelles et nous avons identifié:

- * une colonie translucide: Aeromona salmonada

4.4.2.2. étude bactériologique dans le sédiment: (Tab. 11)

4.4.2.2.1. coliformes totaux:

La figure n°56 indique la présence des coliformes totaux en grandes quantités au niveau de toutes les stations.

Nous notons une concentration maximale en station 1 de la radiale 4 ($24 \cdot 10^4$ C.T./100 g), proche de l'embouchure. Par contre, la valeur minimale est relevée en station 1 de la radiale 1 (23 C.T./100 g).

En radiales 3, 4, 6 et 7, les coliformes totaux évoluent de la même manière. Ils diminuent en station 2 puis augmentent au large.

En radiales 1, 5 et 8, les coliformes totaux diminuent de la côte vers le large.

Quant à la radiale 2, nous notons une augmentation de coliformes totaux en station 2 puis une diminution au large.

La figure n°57 nous donne une idée sur la répartition des coliformes totaux dans la zone d'étude.

4.4.2.2.2. coliformes fécaux (C.F.):

En figure n°58, nous remarquons que les coliformes fécaux sont présents au niveau de toutes les stations mais avec des différences de concentrations bien nettes.

Nous notons un maximum de coliformes fécaux en station 1 de la radiale 4 ($15 \cdot 10^4$ C.F./100 g), face à l'embouchure.

La concentration minimale est observée en stations 1 des radiales 1, 2 et 8 (3 C.F./100g).

En radiales 1 et 8, les coliformes fécaux augmentent de la côte vers le large. Le cas contraire se présente en radiale 6.

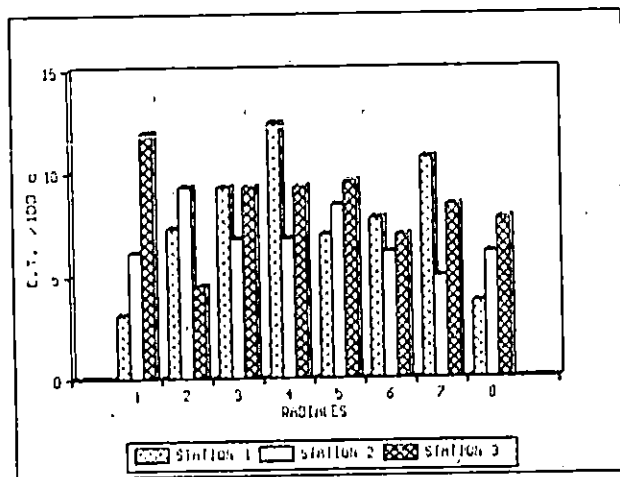


Fig.56:-Variation des concentrations des coliformes totaux en fonction des points de prélèvements (sédiment).

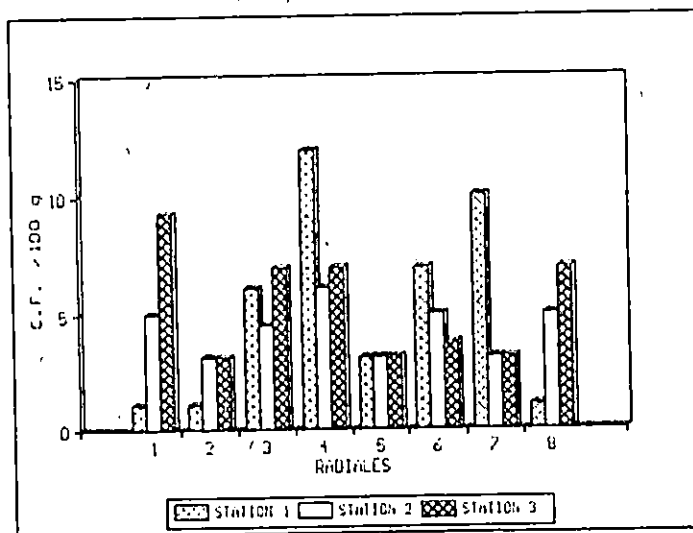


Fig.58:-Variation des concentrations des coliformes fécaux en fonction des points de prélèvements (sédiment).

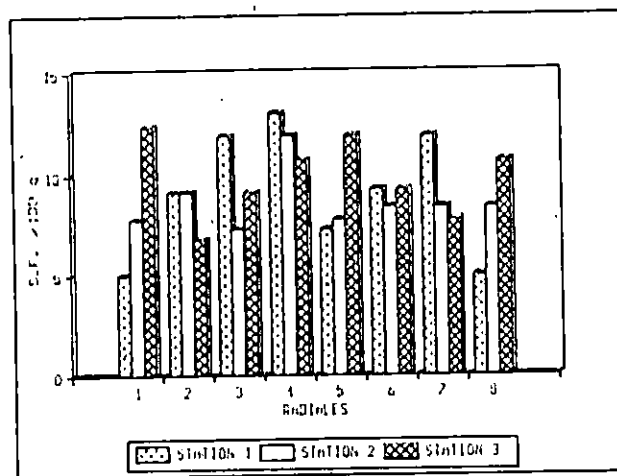


Fig.60:-Variation des concentrations des streptocoques fécaux en fonction des points de prélèvements (sédiment).

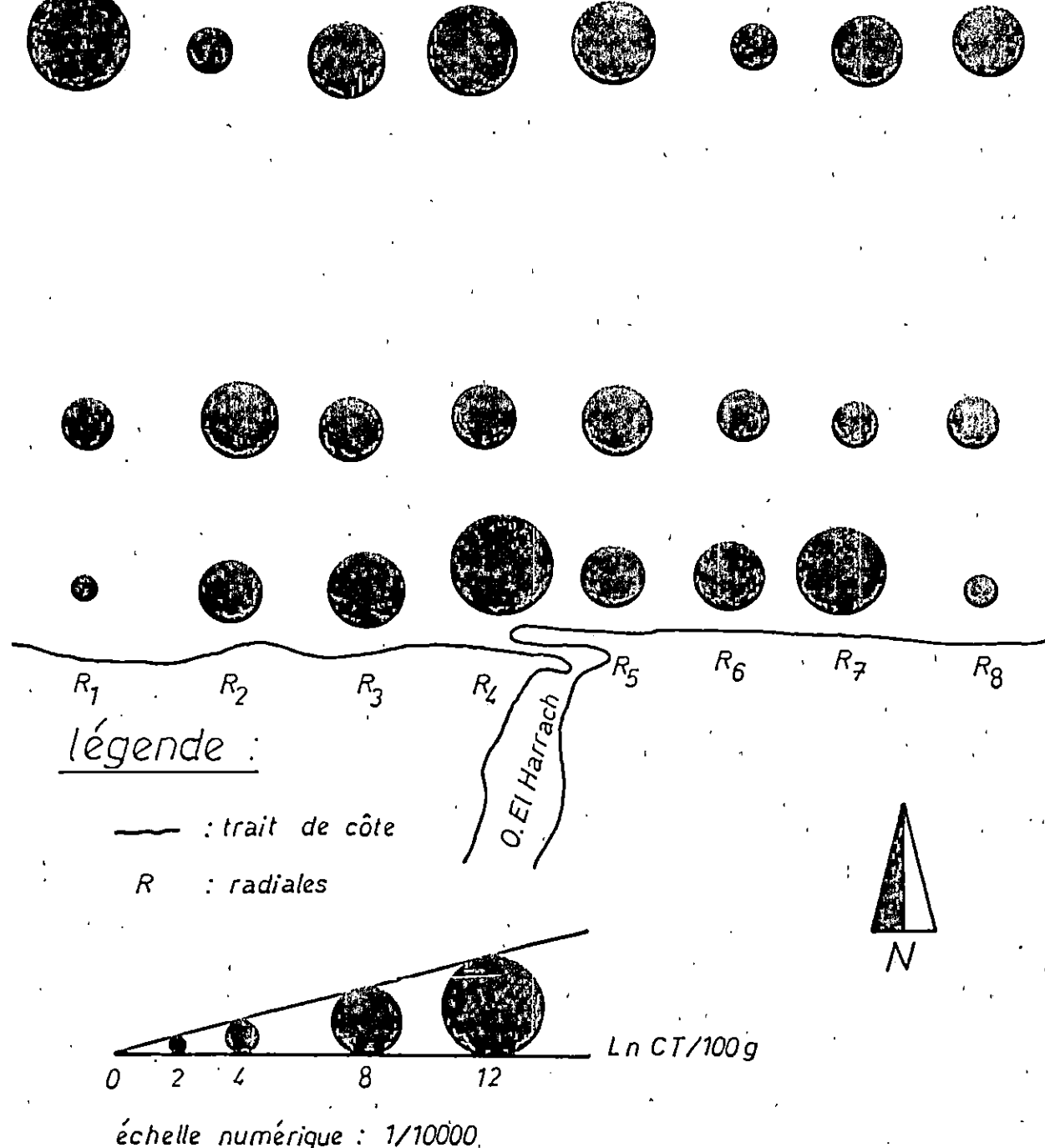


FIG.57: RÉPARTITION DES COLIFORMES TOTAUX DANS LE SÉDIMENT EN FONCTION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENTS

En radiale 2, les coliformes fécaux augmentent de la station 1 à la station 2 puis restent constants au large.

Les radiales 3 et 4 présentent une diminution de coliformes fécaux en stations 2 puis une augmentation au large.

Les concentrations des coliformes fécaux sont constantes pour les trois stations de la radiale 5.

Quant à la radiale 7, nous remarquons que la station 1 présente une concentration importante en coliformes fécaux (23.10^3 C.F./100 g) qui chute brutalement en stations 2 et 3 (23 C.F./100 g).

La figure n°59 montre des concentrations considérables en coliformes fécaux dans la partie Est de l'embouchure; ce qui peut s'expliquer par le sens de la dispersion des rejets due à la dérive littorale dominante qui en hiver est Nord-Est.

4.4.2.2.3. streptocoques fécaux:

La figure n°60 indique des concentrations importantes en streptocoques fécaux dans toute la zone d'étude.

La valeur maximale est relevée en station 1 de la radiale 4 (46.10^4 S.F./100 g), face à l'embouchure; puis elle diminue légèrement en allant vers le large. Cette évolution est observée également en radiale 7.

La valeur minimale est observée en stations 1 des radiales 1 et 8 (150 S.F./100 g), c'est à dire aux extrémités de la zone d'échantillonnage. Puis elle augmente progressivement en allant vers le large. La radiale 5 présente aussi la même évolution.

En stations 1 et 2 de la radiale 2, nous remarquons que les concentrations des streptocoques fécaux sont constantes (93.10^2 S.F./100 g), puis elles diminuent au large (930 S.F./100 g).

En radiales 3 et 6, la plus petite concentration en streptocoques fécaux est relevée en station 2.

La figure n°61 représente la répartition des streptocoques fécaux dans les sédiments en fonction des différentes stations de la zone d'étude, à travers laquelle nous constatons que la présence de ces germes est forte en stations côtières et celles du large.

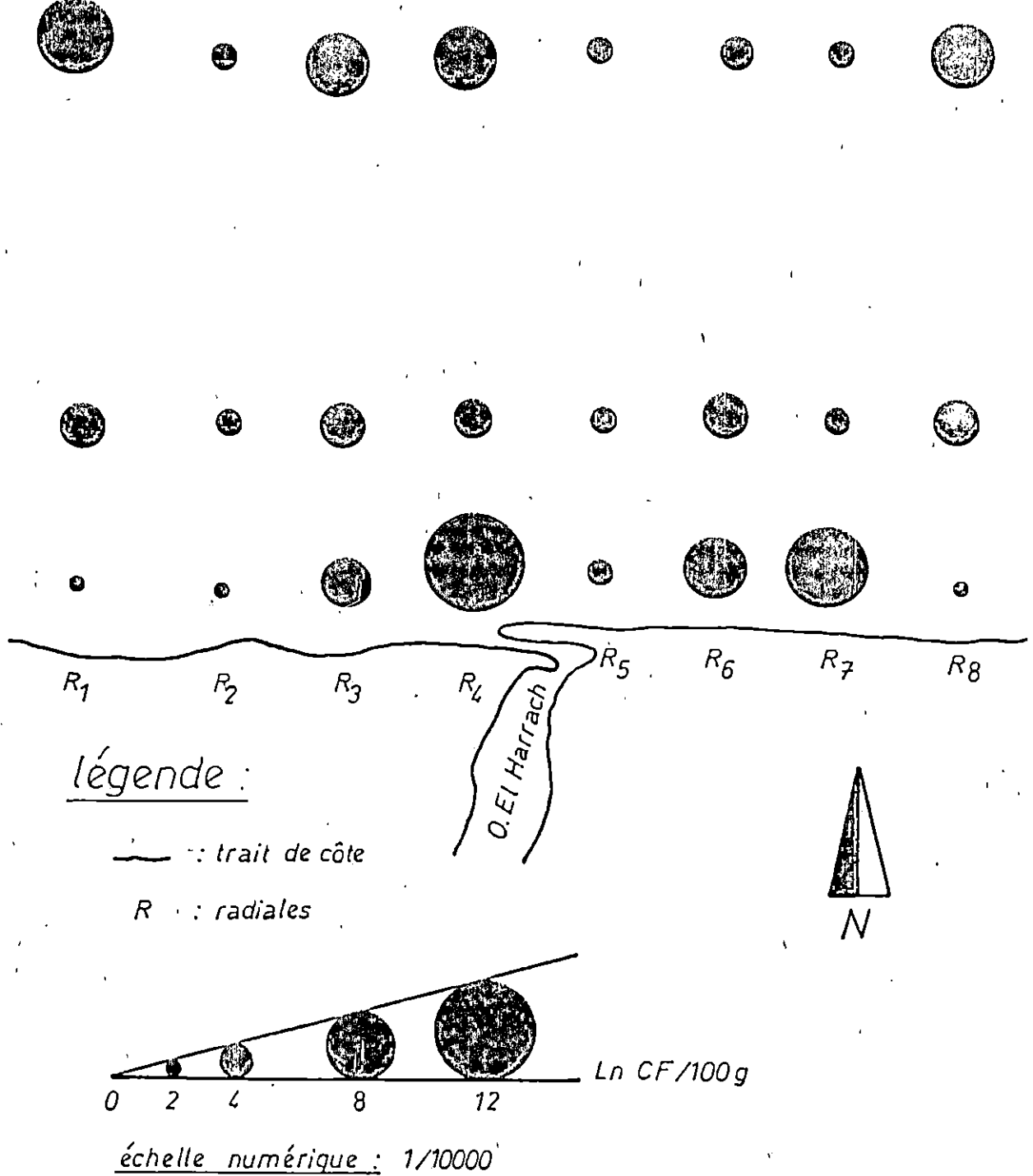


FIG. 59: RÉPARTITION DES COLIFORMES
FÉCAUX DANS LE SÉDIMENT
EN FONCTION DES POINTS DE
PRÉLÈVEMENTS

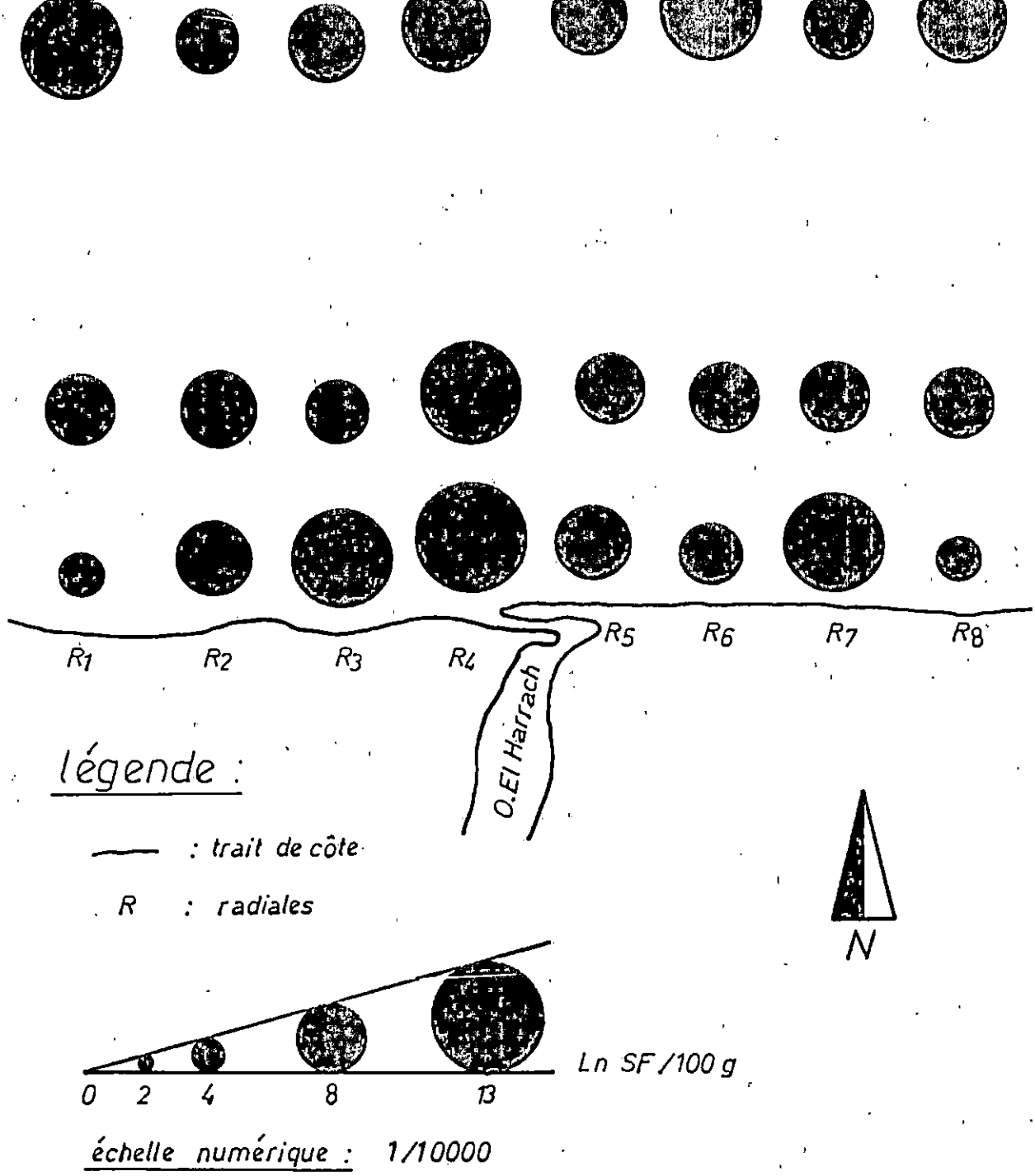


FIG. 61: RÉPARTITION DES STREPTOCOQUES FÉCAUX DANS LE SÉDIMENT EN FONCTION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENTS

4.4.2.2.4. salmonelles:

Nous avons obtenus les mêmes résultats que ceux de l'eau:

- * une colonie orange à centre noir qui correspond à Proteus vulgaris.
- * une colonie verte qui après identification est Proteus mirabilis.

4.4.2.2.5. vibrions:

Après identification d'une colonie translucide, nous avons obtenu: Aeromonas salmonocida.

Interprétation:

Les résultats de l'analyse bactériologique de l'eau et du sédiment dans la zone d'étude, selon les différentes stations, indiquent une très forte contamination en germes fécaux.

Les germes sont présent en grandes quantités surtout en radiale 4 où nous enregistrons des maximums de concentrations de bactéries; ce qui est normal puisque la radiale 4 est en face de l'embouchure de l'Oued El Harrach.

Les fluctuations de cette pollution microbienne sont influencées par les facteurs écologiques tels que: la salinité, le pH, la température, la M.E.S.,

La dispersion des germes dans la zone d'étude, est vraisemblablement due au fait que les bactéries, tout au long du cheminement dans l'Oued, ont eu le temps de se fixer sur des particules en suspension, et avec l'effet du courant, se propagent différemment selon la dimension des particules.

En effet, les grosses particules et en particulier celles d'un poids spécifique élevé, ont une tendance progressive à la sédimentation, alors que les particules de faible dimension suivent la destinée de la diffusion turbulente des eaux et de ce fait, sont entraînées dans les couches océaniques superficielles (GAUTHIER, 1970).

En comparant les figures de répartitions des germes fécaux dans l'eau et dans le sédiment, nous remarquons que les concentrations bactériennes sont plus élevées dans le sédiment que dans l'eau. Ceci est due au phénomène de sédimentation.

En plus, le sédiment peut être considéré comme un réservoir de bactéries; les temps de survie y, sont très élevés. Lorsque les conditions hydrodynamiques s'y prêtent, le

sédiment peut être remis en suspension et peut alors recontaminer l'eau (LE GUYADER et al., 1991).

Par ailleurs, nous remarquons que les concentrations des streptocoques fécaux sont supérieures à celles des coliformes totaux et fécaux. Ceci est dû au fait que les streptocoques fécaux survivent plus longtemps dans l'eau de mer et le sédiment que les coliformes et donc pourraient indiquer une pollution fécale plus ancienne (POMMEPUY et GUILLAUD, 1990).

Conclusion:

Dans certaines radiales, les résultats ne sont pas ceux escomptés, Ils évoluent parfois dans le sens contraire.

Il aurait été intéressant de faire plusieurs prélèvements et même un suivi saisonnier qui aurait donné des résultats statistiquement plus significatifs.

Il est évident que les résultats apportés ne soient pas définitifs, de même qu'ils ne donnent qu'une image à un moment donnée de l'état réel de la pollution microbienne. Néanmoins, la présence de salmonelles dans l'eau et dans le sédiment confirme l'existence de foyers infectieux dans le voisinage (RODIER, 1984).

La technique d'analyse bactérienne utilisée qui est la méthode des tubes multiples, semble plus précise et plus juste car elle donne exactement la concentration bactérienne à l'aide du nombre le plus probable de micro-organismes (NPP).

4.5. Affinités de quelques paramètres-Corrélations: Tableau n°12

Afin de préciser les affinités que peuvent présenter quelques paramètres analysés entre eux, nous avons adopté une étude de corrélations linéaires.

Dans l'étude des corrélations, nous admettons que les variables (paramètres étudiés) sont liées par une relation linéaire de la forme $Y = a X + b$ qui représente le mieux possible l'ensemble des points ou valeurs observées. La détermination d'une droite d'ajustement s'effectue par la méthode des moindres carrés.

4.5.1. Corrélation linéaire entre la M.E.S. et la DBO₅:

La M.E.S. et la DBO₅ montrent un bon coefficient de corrélation ($r=0,91$). Il souligne donc une association entre ces deux paramètres (Fig.62). La pente a , étant égale à 1,53, est positive. Elle indique que la DBO₅ et la M.E.S. évoluent dans le même sens.

Corré	MES-DBO	MOP-DBO	CTe+CTe	CTe+CFe	CTe+CFe
a	1.53	0.656	-0.073	0.141	0.183
b	-3.169	0.025	3.57	2.575	3.142
r	0.91	0.92	0.81	0.94	0.86
ddl	22	22	22	22	22

Corré	SFe-MES	SFe-DBO	SFe-MOP	CTsd-M0	CFsd-M0	SFsd-M0
a	0.071	0.139	0.178	5.45	5.683	4.7
b	4.182	3.112	1.213	-0.975	-0.4012	1.626
r	0.77	0.91	0.83	0.92	0.8	0.8
ddl	22	22	22	22	22	22

Tab.12:-DROITES DE REGRESSION ET COEFFICIENTS DE CORRELATION.

CT:Coliformes totaux
 CF:Coliformes fécaux
 Sf:Streptocoques fécaux

Indice e:Eau
 Indice sd:Sédiment
 ddl:Degrés de liberté

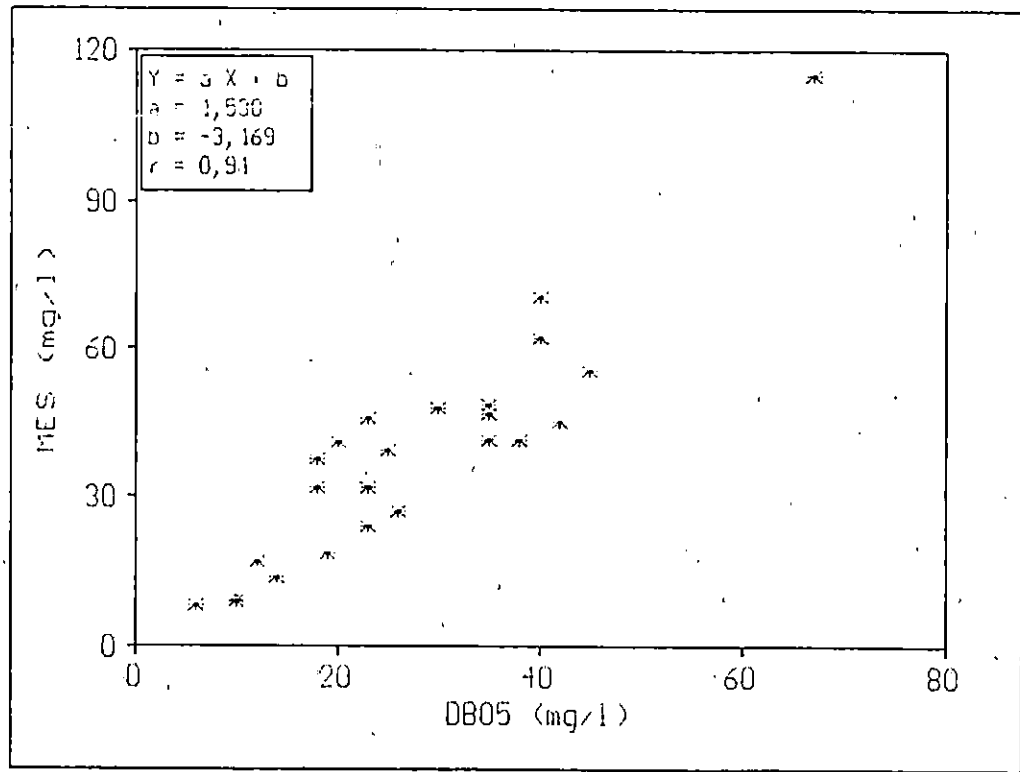


Fig.62:-Corrélation linéaire entre la M.L.S. et la DB05.

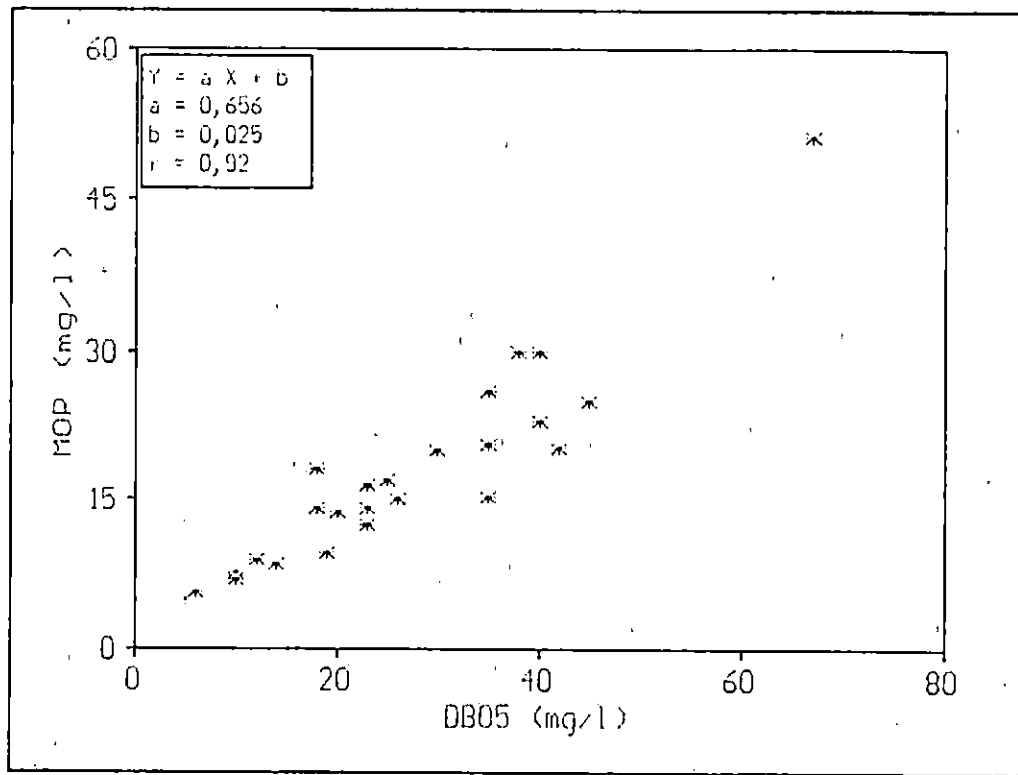


Fig.63:-Corrélation linéaire entre la M.O.P. et la DB05.

Nous avons: $Y = 1,53 X - 3,16$

avec $Y = \text{M.E.S.}$ et $X = \text{DBO}_5$

Toutefois, il faut signaler que notre méthode de mesure des M.E.S., ne prend en considération que les particules dont le diamètre est supérieur ou égal à 45 μm , et néglige environ 50 % des M.E.S. dont le diamètre est compris entre 1,20 et 35 μm .

4.5.2. Corrélation linéaire entre la M.O.P. et la DBO_5 :

De même pour ces deux paramètres, nous remarquons que le coefficient de corrélation est bon ($r=0,92$) et souligne donc, une association entre ces deux paramètres (Fig.63). La pente a , étant égale à 0,65, est positive. La DBO_5 et la M.O.P. évoluent donc dans le même sens.

Nous avons: $Y = 0,65 X + 0,025$

avec $Y = \text{M.O.P.}$ et $X = \text{DBO}_5$

Nous remarquons donc que plus la DBO_5 est élevée, plus la M.O.P. augmente.

4.5.3. Corrélation linéaire entre les germes fécaux (dans l'eau) et la DBO_5 :

Les coliformes (C.T. et C.F.) et la DBO_5 montrent un bon coefficient de corrélation ($r=0,94$). La pente a , égale à 0,14, est positive et indique donc l'évolution dans le même sens des coliformes et de la DBO_5 (Fig.64).

Nous avons: $Y = 0,14 X + 2,57$

avec $Y = \text{Coliformes}$ et $X = \text{DBO}_5$

Les streptocoques fécaux (S.F.) et la DBO_5 montrent également un bon coefficient de corrélation ($r=0,91$). La pente a , égale à 0,13, est positive et indique une évolution dans le même sens des streptocoques fécaux et de la DBO_5 (Fig.65).

Nous avons: $Y = 0,13 X + 3,11$

avec $Y = \text{S.F.}$ et $X = \text{DBO}_5$

4.5.4. Corrélation linéaire entre les germes fécaux (dans l'eau) et la M.E.S.:

Le couple coliformes (C.T. et C.F.) - M.E.S. présente un coefficient de corrélation satisfaisant ($r=0,82$), avec une pente a positive et égale à 0,07. Nous avons donc, une évolution dans le même sens des coliformes (C.T. et C.F.) et de la

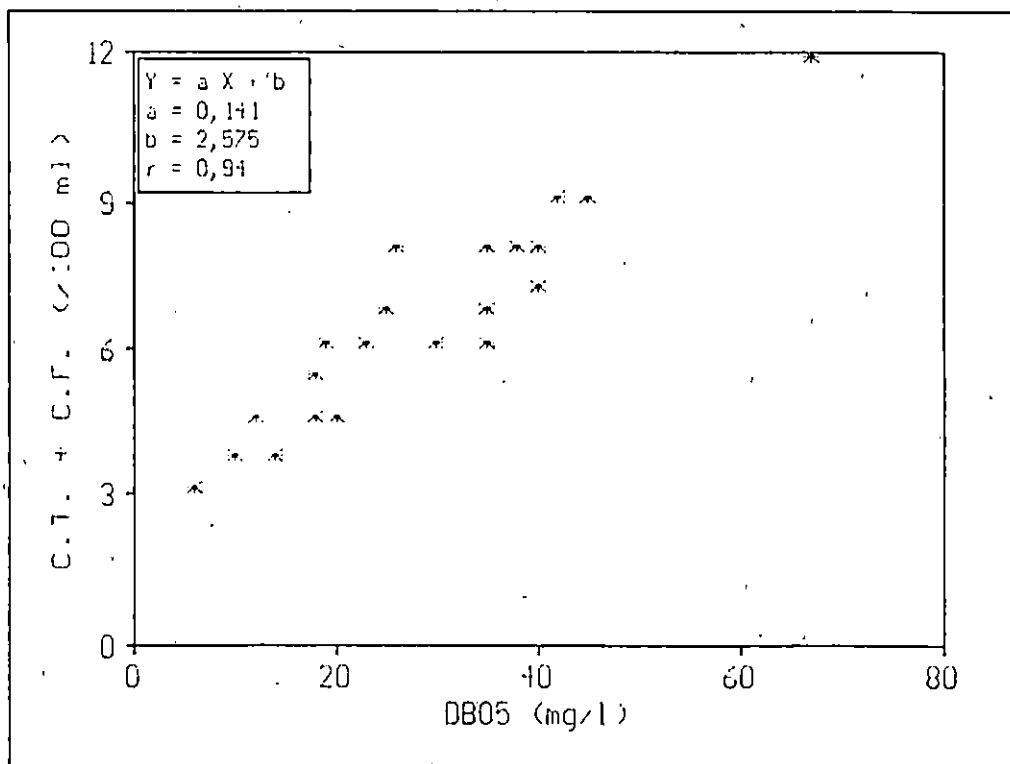


Fig.64:-Corrélation linéaire entre les C.T.+ C.F. et la DB05.

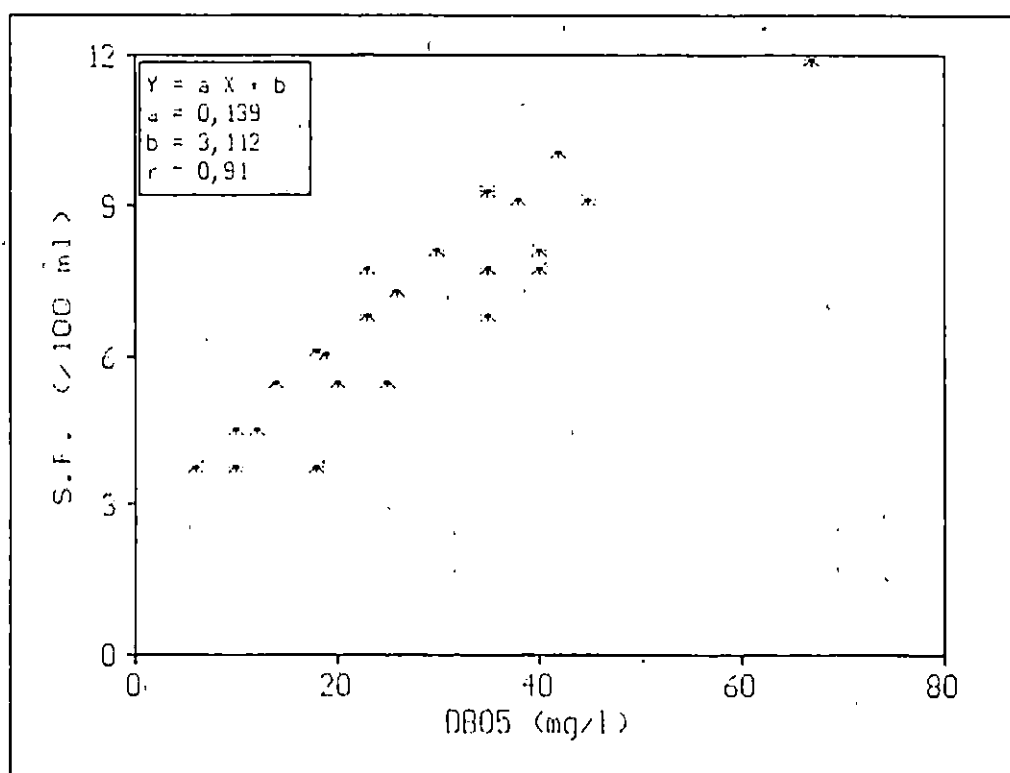


Fig.65:-Corrélation linéaire entre les S.F. et la DB05.

M.E.S. (Fig.66).

Nous avons: $Y = 0,07 X + 3,47$

avec $Y = \text{Coliformes}$ et $X = \text{M.E.S.}$

Quant au couple streptocoques fécaux (S.F.) - M.E.S., le coefficient de corrélation est assez satisfaisant ($r=0,77$). La pente a , égale à 0,07, étant positive, indique donc que les streptocoques fécaux et la M.E.S. évoluent dans le même sens (Fig.67)

Nous avons: $Y = 0,07 X + 4,18$

avec $Y = \text{S.F.}$ et $X = \text{M.E.S.}$

4.5.5. Corrélation linéaire entre les germes fécaux (dans l'eau) et la M.O.P.:

Les coliformes (C.T. et C.F.) et la M.O.P. présentent un coefficient de corrélation satisfaisant ($r=0,86$). La pente a est égale à 0,18. Elle est positive et indique donc une évolution du couple dans le même sens (Fig.68).

Nous avons: $Y = 0,18 X + 3,14$

avec $Y = \text{Coliformes}$ et $X = \text{M.O.P.}$

Le couple streptocoques fécaux (S.F.) - M.O.P. présente aussi un coefficient de corrélation satisfaisant ($r=0,83$), avec une pente a positive, étant égale à 0,17. Elle indique l'évolution du couple S.F. - M.O.P. dans le même sens (Fig.69).

Nous avons: $Y = 0,17 X + 1,21$

avec $Y = \text{S.F.}$ et $X = \text{M.O.P.}$

4.5.6. Corrélation linéaire entre les germes fécaux (dans le sédiment) et la M.O. (dans le sédiment):

Le couple coliformes totaux (C.T.) - M.O. présente un bon coefficient de corrélation ($r=0,92$). La pente a , étant égale à 5,45, est positive et indique l'évolution dans le même sens (Fig.70).

Nous avons: $Y = 5,45 X - 0,97$

avec $Y = \text{C.T.}$ et $X = \text{M.O.}$

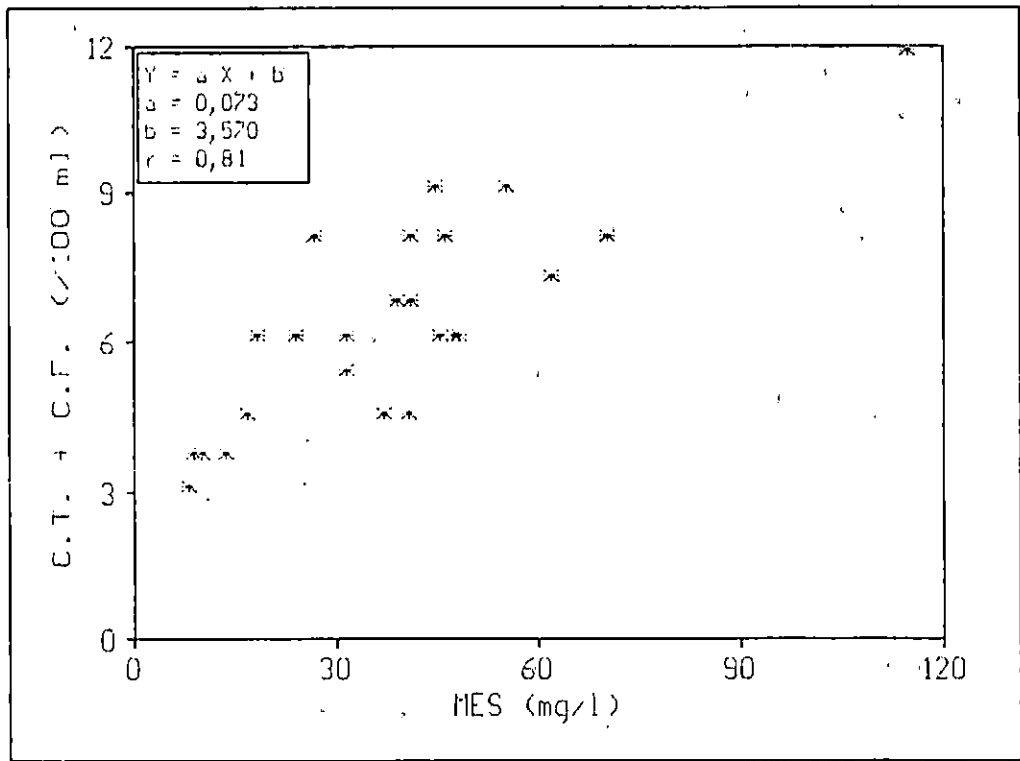


Fig.66:-Corrélation linéaire entre les C.T. + C.F. et la MES.

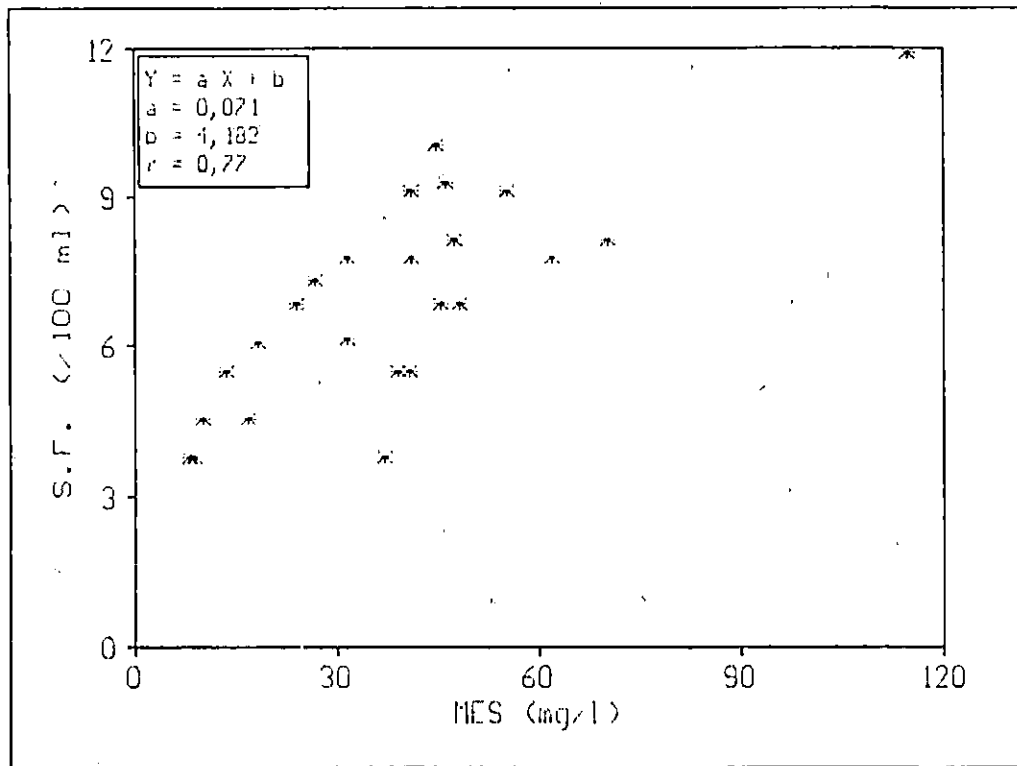


Fig.67:-Corrélation linéaire entre les S.F. et la MES.

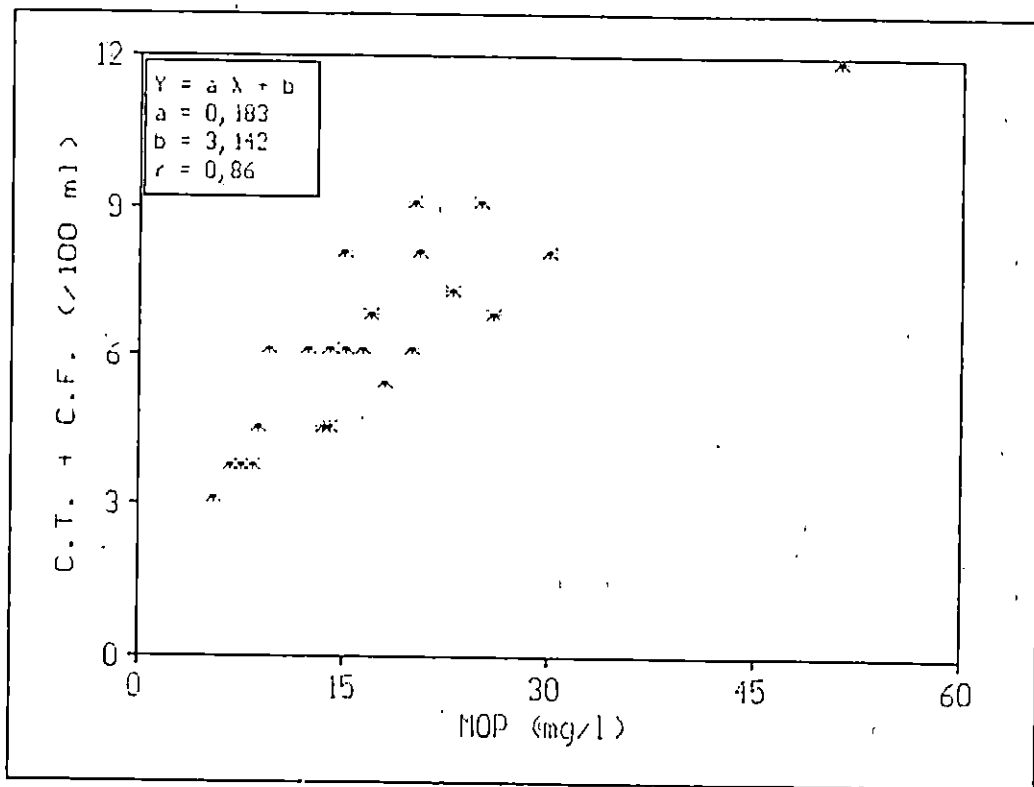


Fig.68:-Corrélation linéaire entre les C.I.+ C.F. et la M.O.P.

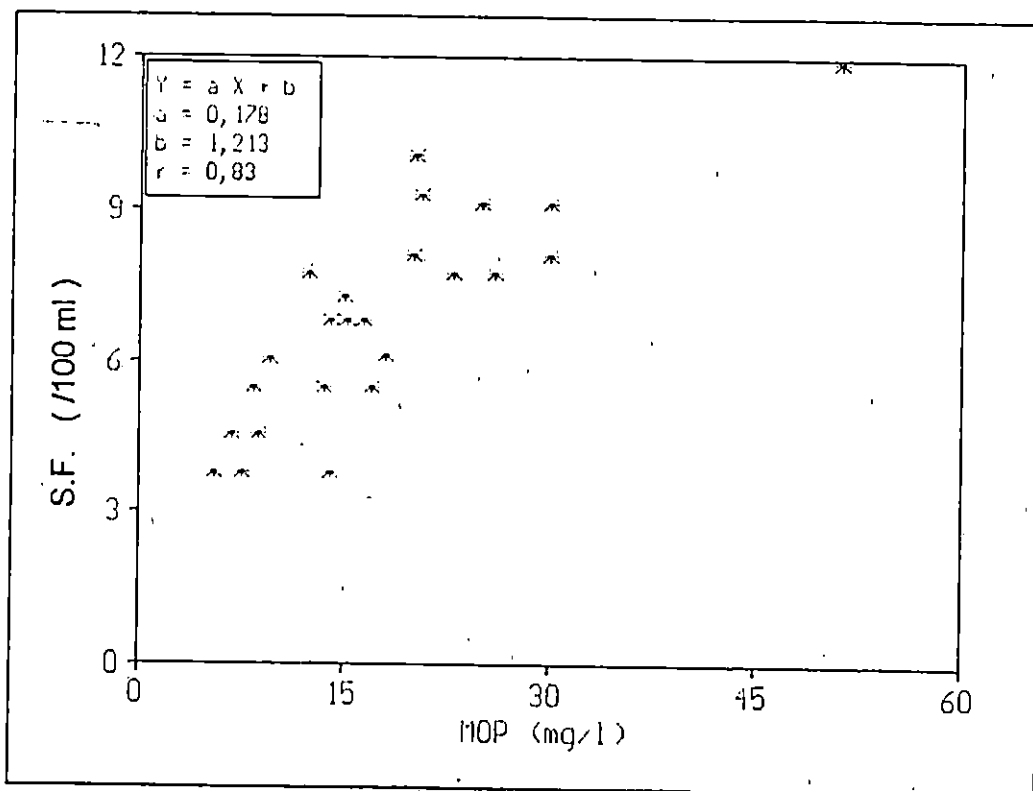


Fig.69:-Corrélation linéaire entre les S.f. et la M.O.P.

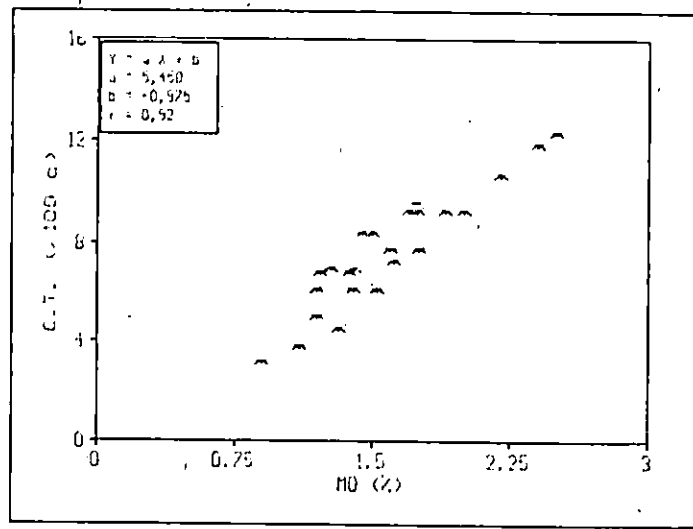


Fig.70:- Corrélation linéaire entre les C.I. (sédiment) et la MO.

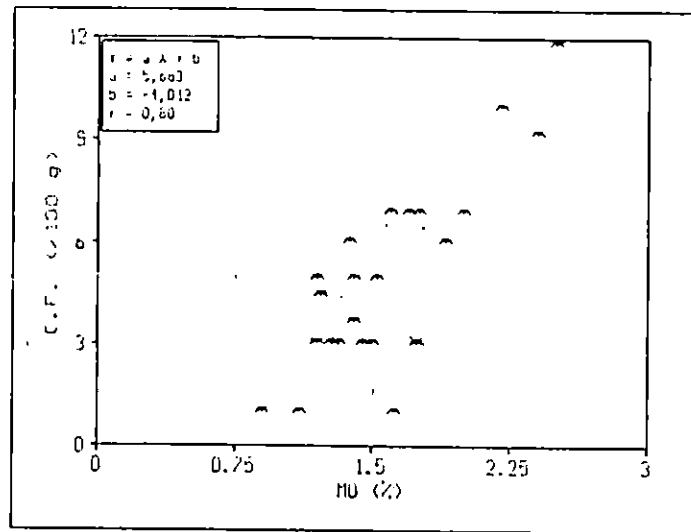


Fig.71:- Corrélation linéaire entre les C.F. (sédiment) et la MO.

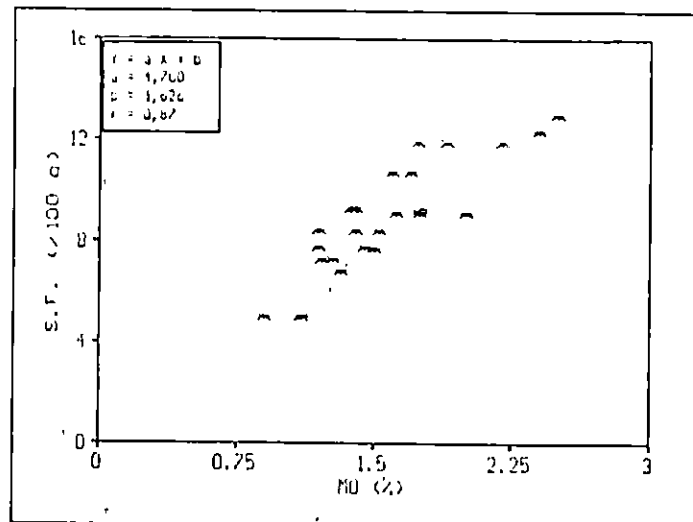


Fig.72:- Corrélation linéaire entre les S.F. (sédiment) et la MO.

Le couple coliformes fécaux (C.F.) - M.O. présente un coefficient de corrélation satisfaisant ($r=0,80$), avec une pente a positive, étant égale à 5,86 et indiquant l'évolution du couple dans le même sens. (Fig.71)

Nous avons: $Y = 5,86 X - 4,01$

$Y = C.T.$ et $X = M.O.$

Quant au couple streptocoques fécaux (S.F.) - M.O., le coefficient de corrélation est aussi satisfaisant ($r=0,87$). La pente a , étant égale à 4,70, est positive et indique donc l'évolution du couple dans le même sens (Fig.72).

Nous avons: $Y = 4,70 X + 1,62$

avec $Y = S.F.$ et $X = M.O.$

Conclusion:

Le but de cette étude était de caractériser l'état de pollution fécale dans la zone d'étude.

Dans l'ensemble, les coefficients de corrélation soulignent donc les associations entre les paramètres utilisés.

L'enrichissement en germes fécaux dans la zone d'étude, semble souligner l'influence de la DBO_5 , de la M.E.S., de la M.O.P. et de la M.O. .

L'abondance des matières organiques dans la M.E.S., va entraîner une très forte consommation d'oxygène pour leur dégradation biologique. Ce phénomène va donc conduire à un très fort appauvrissement en oxygène. Ainsi le milieu, favorable à la prolifération de bactéries, devient tout à fait impropre à la vie (OTTMANN, 1983).

GHOUL et al. (1990) indiquent que les bactéries d'origine tellurique, peuvent trouver dans les eaux et les sédiments riches en matières organiques des éléments indispensables à leur survie: éléments nutritifs et composés osmoprotecteurs qui leur permettent de supporter les conditions marines telles que la salinité. D'autre part, en arrêtant les rayons solaires bactéricides, les M.E.S. prolongent les temps de survie.

Durant leur séjour dans le sédiment, les bactéries peuvent acquérir des caractères qu'elles ne possédaient pas auparavant, tels que la résistance aux métaux lourds ou aux contaminants organiques (GHOUL et al., 1990; GAUTHIER et LE RUDULIER, 1990).

4.6. Qualité et normes de salubrité du littoral:

L'établissement de la liaison entre baignade et impact sanitaire était une notion intuitive qui n'a été démontrée que récemment. Quelques études mal conduites ont jusqu'à 1975 laissé croire que les risques liés à la baignade étaient nuls (POGGI, 1990).

Dans le domaine des eaux de baignade, comme pour la consommation de coquillages, l'ingestion est le mode d'agression le plus important. Un baigneur ingère de l'ordre de 75 à 100 ml d'eau lorsqu'il nage la tête sous l'eau; cela équivaut à la consommation de 2 huîtres de petite taille (POGGI, 1990).

La qualité requise des eaux de baignade a été fixée par la directive adoptée le 8 décembre 1975 par le Conseil des Communautés Européennes. Les normes se réfèrent à la notion des valeurs guides et de nombres impératifs. Celles qui sont actuellement admises sont les suivantes:

* nombres impératifs: qualité limite d'une eau acceptable pour la baignade.

- Moins de 10000 coliformes totaux/100 ml dans 95 % des résultats.

- Moins de 2000 coliformes fécaux/100 ml dans 95 % des résultats.

* valeurs guides: chiffres à prendre en compte pour le calcul des caractéristiques des rejets nouveaux.

- Moins de 500 coliformes totaux/100 ml dans 80 % des résultats.

- Moins de 100 coliformes fécaux/100 ml dans 80 % des résultats.

- Moins de 100 streptocoques fécaux/100 ml dans 90 % des résultats.

Les résultats des échantillons d'eau dans notre zone d'étude sont:

* coliformes totaux:

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 500: 54,16 %

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 1000: 91,66 %

* coliformes fécaux:

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 100: 29,16 %
- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 2000: 70,83 %

* streptocoques fécaux:

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 100: 20,83 %

Les résultats des échantillons de sédiment dans notre zone d'étude sont les suivants; mais nous tenons à signaler que du fait de l'inexistence de normes de salubrité pour les sédiments, nous avons utilisé celles pour les eaux de baignades:

* coliformes totaux:

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 500: 29,19 %
- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 10000: 66,66 %

* coliformes fécaux:

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 100: 50 %
- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 2000: 87,5 %

* streptocoques fécaux:

- Pourcentage des échantillons ayant un NPP < 100: 0 %

Les résultats montrent qu'environ 35 % des stations de prélèvement d'eau et 30,55 % des stations de prélèvement de sédiments sont d'une qualité satisfaisante et répondent aux exigences des critères considérées pour l'évaluation actuelle des eaux côtières à usage récréatif adopté par le Conseil des Communautés Européennes.

Pour l'eau, nous avons environ 2 % des stations d'échantillonnage qui ne remplissent pas la condition d'avoir moins de 10000 coliformes totaux/100 ml et environ 20 % qui n'ont pas moins de 2000 coliformes fécaux/100 ml dans les échantillons, et ne peuvent donc pas être considérées comme satisfaisantes selon les nombres impératifs et les valeurs guides.

Pour le sédiment, nous avons environ 35 % des stations qui ne remplissent pas la condition d'avoir moins de 10000 coliformes totaux/100 ml et environ 15 % des stations ayant plus de 2000 coliformes fécaux/100 ml dans les échantillons. Ces stations ne peuvent donc pas être considérées comme satisfaisantes selon les nombres impératifs et les valeurs guides.

Nous remarquons que les streptocoques fécaux dans le sédiment, présentent un pourcentage nul pour les échantillons ayant un NPP < 100/100 ml. Toutes les stations ne répondent donc pas aux normes.

Si nous faisons la moyenne des pourcentages obtenus dans les nombres impératifs et les valeurs guides, pour l'eau et le sédiment, nous aurons 49,99 % des stations d'échantillonnage de la zone d'étude qui sont d'une qualité satisfaisante et répondent donc aux normes proposées par le Conseil des Communautés Européennes.

Nous aurons donc 50,01 % des stations de la zone d'étude polluées par les germes fécaux. Ce chiffre reste, tout de même alarmant puisque la moitié de la zone est contaminée.

Ce danger pourrait entraîner la contamination des plages avoisinantes par les phénomènes de dispersion des bactéries en fonction des courants marins.

GAUTHIER (1970) indique que la dispersion des germes et leur sédimentation ne peuvent en aucun cas être considérées comme directement responsable de leur destruction. Elles n'aboutissent en fait qu'à une diminution apparente de leur nombre, et correspondent seulement à des facteurs de répartition de ces bactéries dans les différents domaines marins benthiques et pélagiques.

D'autre part, les sédiments, étant considérés comme un réservoir de bactéries, peuvent recontaminer l'eau quand les conditions hydrodynamiques s'y prêtent.

A diverses occasions lors de notre passage sur le terrain pendant la période estivale, nous avons constaté que des enfants inconscients du danger qu'ils encouraient, nageaient à proximité de l'embouchure, en pensant que le fléau ne se trouvait qu'au droit de l'Oued.

4.7. Etudes microbiologiques comparatives:

Très peu d'études ont été faites au voisinage de l'embouchure de l'Oued El Harrach concernant la pollution bactérienne.

Les résultats comparatifs sont regroupés dans le tableau n°13 :

Tab.13: Etudes microbiologiques comparatives.

Années et Auteurs	Nombre moyen de coliformes totaux/100 ml	Nombre moyen de coliformes fécaux/100 ml	Nombre moyen de streptocoques fécaux/100 ml
AID (1977) (U.S.T.H.B)	3063,15	498,42	262,10
BOUZOUGHAR (1986) (T.S.A.E)	159402,85	7640	32114,28
Notre présente étude	11643,79	11643,79	13995,20

Ainsi, il apparait nettement sur la figure n°73 que la pollution bactérienne a augmenté entre 1977 et 1986.

Ensuite, nous notons une diminution des germes fécaux de 1986 à 1993, sauf pour les coliformes fécaux.

D'Après la comparaison des trois résultats, il semblerait que la période de prélèvement joue un rôle prépondérant dans le dénombrement des germes. En effet, le prélèvement effectué en 1986 s'est passé en été alors que celui de 1993 s'est déroulé en plein hiver. La température a une grande influence sur la prolifération des bactéries.

4.8. Pollution par les éléments métalliques:

A la pollution bactérienne s'ajoute la pollution par les éléments métalliques, nettement visible au niveau des unités industrielles.

Il aurait été préférable de traiter ce type de pollution, mais les moyens matériels ne le permettaient pas.

Toutefois, nous allons donner des résultats obtenus antérieurement par des études de la dynamique de la pollution par les éléments métalliques en baie d'Alger.

Les industries situées dans le bassin versant de l'Oued El Harrach, déversent quotidiennement des quantités considérables d'eaux résiduaires chargées d'éléments toxiques tels que le cadmium, le cuivre, le chrome, le plomb,

Les éléments toxiques, même à des teneurs très faibles, peuvent présenter un danger pour l'environnement.

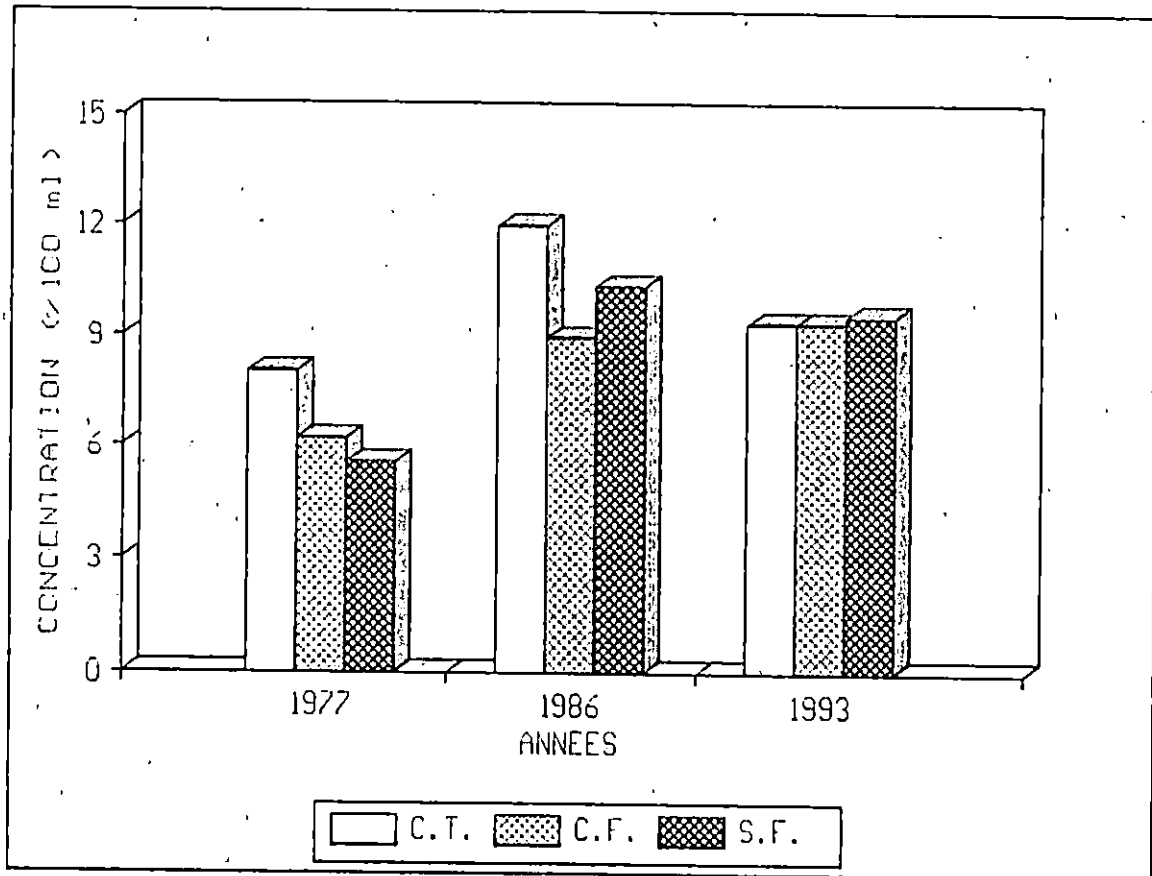


Fig.73:- Evolution temporelle des concentrations fécales au niveau de la baie d'Alger.

ADJOU et SILINI (1992) ont détecté des teneurs importantes en éléments métalliques dans les sédiments de l'embouchure de l'Oued El Harrach (Tab.14).

Tab.14: Teneurs moyennes en éléments métalliques observées dans les sédiments de l'embouchure de l'Oued El Harrach (ADJOU et SILINI, 1992).

métaux lourds	moyennes (mg/kg)
Cadmium	4,60
Cuivre	79,36
Plomb	54,11
Chrome	22,71
Nickel	43,17
Mercure	1,10
Manganèse	330,12

Ces éléments métalliques vont être rejetés dans la mer et seront soumis à des phénomènes de dispersion et de sédimentation.

CHARLOU et JOANNY (1983) indiquent que les particules en suspension retiennent, lors de leur sédimentation sur le fond, des traces métalliques présentes dans le milieu aqueux par adsorption, complexation et co-précipitation.

Le tableau n°15 nous donne une idée des teneurs moyennes en métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger (MAOUCHE, 1987).

Tab.15: valeurs moyennes de quelques éléments métalliques dans la baie d'Alger (MAOUCHE, 1987).

Eléments métalliques	Cu($\mu\text{g/g}$)	Zn($\mu\text{g/g}$)	Pb($\mu\text{g/g}$)	Mn($\mu\text{g/g}$)
Baie d'Alger	34	145	41	279
Au voisinage de l'embouchure de l'Oued El-harrach	36	134	32	294

Nous remarquons que les valeurs moyennes des éléments métalliques dans la baie d'Alger (avec les rejets portuaires, les émissaires, ...) se rapprochent de celles au voisinage de l'embouchure de l'Oued El Harrach. Cela montre l'importance des apports en polluants de l'Oued El Harrach et à quel degré il contribue à la pollution de la baie d'Alger.

CHAPITRE 5

5. Perspectives d'aménagement:

La concentration des populations et des activités dans le bassin versant de l'Oued El Harrach est la plus importante des sources de la pollution marine. En effet, l'Oued El Harrach et ses affluents drainent des quantités importantes en eaux polluées d'origine continentale.

Les décharges d'ordures ménagères sont aussi une source de pollution des eaux de surface et souterraines. Ces déchets sont déversés sans aucun traitement dans les décharges publiques. L'exemple de la décharge de Oued Smar est le plus révélateur car elle reçoit 1600 T/J de déchets ménagers et assimilés et 2400 T/J de déchets industriels.

Les déchets d'hôpitaux collectés avec les déchets ménagers sont constitués notamment de pansements souillés et de déchets anatomiques donc grands vecteurs de propagation de microbes et virus. Leur déversement dans les décharges publiques est une source de contamination directe des eaux de surface et souterraines. Malheureusement, l'ensemble des hôpitaux, situés dans le bassin versant, ne disposent pas d'incinérateurs permettant d'éliminer ces nuisances; les services des APC transportent ces déchets dans les décharges au même titre que les ordures ménagères.

Les déchets d'abattoirs sont aussi une source de contamination bactérienne et virale et ils sont déversés dans les différentes décharges publiques.

L'absence de surveillance aux atteintes à l'environnement (dépôts sauvages de déchets tant urbains qu'industriels) contribue également à augmenter les risques de pollution de l'Oued El Harrach. Les pots de peinture et gravats trouvés sur les Rives des Oueds laissent à penser que ce sont les entrepreneurs et les sociétés de construction qui sont les plus responsables de ces dépôts sauvages.

L'Oued El Harrach constitue donc le réceptacle de toutes ces pollutions. Comme ses eaux se jettent dans la baie d'Alger, l'embouchure est considérée comme le déversoir de toute la pollution continentale qui peut s'étendre assez loin soit vers le large, soit le long des côtes adjacentes.

L'analyse critique de la situation actuelle du bassin versant recommande la prévention et la protection contre la pollution de l'Oued El Harrach. Pour cela, il faudrait maîtriser ce phénomène à la source, c'est à dire au niveau du bassin versant et à l'embouchure.

5.1. Actions à entreprendre au niveau du bassin versant:

Elles concernent trois domaines:

- * Une réglementation nationale qui obligerait l'épuration de toutes les eaux usées urbaines avant leurs rejets dans un milieu récepteur (eaux de surface, eaux souterraines et eau de mer), est primordiale afin de protéger nos ressources en eau, nos ressources halieutiques et d'une manière générale l'environnement.

La réglementation nationale dispose déjà des normes de rejets pour les unités industrielles mais elle ne fait pas cas des rejets d'eaux usées urbaines. Ce qui est une grande lacune.

- * L'épuration des eaux usées urbaines de toutes les agglomérations situées dans le bassin versant hydrographique de l'Oued El Harrach et le prétraitement de toutes les eaux usées industrielles avant leur rejet à l'égout ou dans les milieux récepteurs amélioreront l'état actuel de l'Oued.

- * La lutte contre tout dépôt sauvage de déchets solides d'origine ménagère ou industrielle ainsi que l'évacuation et le traitement adéquat de ces déchets par les APC et les unités industrielles.

Aussi les principales actions à entreprendre sont les suivantes:

- * Le raccordement à la station d'épuration de Baraki des agglomérations situées dans la partie centrale du bassin versant. Ce sont principalement: El Harrach, Oued Smar, Bab Ezzouar, Dar El Beïda, El Makaria, Bachedjarah, Bourouba, Kouba, Birkhadem, Gué de Constantine, les Eucalyptus, Baraki, Baba Ali, Saoula, Draria, Baba Hassen, Douéra et Birtouta. Des travaux sont en cours pour Oued Smar, Bab Ezzouar, Dar El Beïda, les Eucalyptus et Baraki; et sont déjà réalisés à El Harrach, Bourouba, Gué de Constantine, Bachedjarah, El Makaria, et Kouba. Le raccordement des agglomérations restantes est en projet et il concerne Birkhadem, Baba Ali, Saoula, Draria, Baba Hassen, Douéra et Birtouta.

- * Epurer avant rejet les eaux usées urbaines des villes suivantes: Meftah, Sidi Moussa, Larbâa et Bougara. Ces villes comptent actuellement plus de 20000 habitants.

- * Une priorité sera donnée à l'agglomération de Baba Ali où se localise l'usine de pâtes à papiers (CELPAP ex SONIC) générant ainsi le plus grand flux de

pollution (15000 m³/j) que reçoit l'Oued El Harrach. En effet, les eaux résiduaires provenant de cette usine et déversées sans aucune épuration dans le cours récepteur de l'Oued Terro, affluent de l'Oued El Harrach, sont une cause principale de la pollution de ce dernier et des eaux souterraines.

Aussi, l'installation d'une station d'épuration propre à l'usine s'avère nécessaire. Cette station aura pour but:

- L'élimination des polluants provenant des eaux résiduaires de la CELPAP ex SONIC
- La séparation des matières fibreuses
- L'élimination des matières en suspension
- L'élimination des matières colorantes
- L'épuration biologique des eaux résiduaires
- Le traitement des boues

* Une attention particulière sera également donnée aux agglomérations qui possèdent des unités industrielles polluantes notamment celles qui rejettent des métaux lourds inhibiteurs de la dégradation biologique au niveau des stations d'épuration. Nous savons que les rejets d'eaux usées provenant des unités industrielles peuvent être chargés de multiples produits chimiques. Leur traitement devient plus complexe que celui des eaux d'origine domestique car chaque type de produits rejetés demande des traitements adaptés.

Il faudrait donc installer dans chaque unité un système de prétraitement des eaux usées industrielles; pour celles qui rejettent des métaux lourds dans leurs affluents, il faudrait une station de détoxification.

La station d'épuration de Baraki connaît des perturbations de fonctionnement à cause des rejets industriels qu'elle reçoit car cette station utilise l'emploi d'un procédé de traitements visant essentiellement la pollution bactérienne et la dégradation des matières organiques.

Les communes les plus concernées sont El Harrach, Gué de Constantine et Oued Smar.

A El Harrach, les unités les plus concernées sont: l'entreprise nationale des plastiques et caoutchoucs (11 E.N.P.C. TP1G Alger) et l'unité de peintures d'Alger (E.N.A.P.).

Au Gué de Constantine, nous avons l'unité de câblerie électrique (E.N.I.C.A.B.) et l'unité d'emballages métalliques (E.N.E.M.B.).

A Oued Smar, les entreprises les plus concernées sont: l'unité d'accumulateur (E.N.P.E.C.) et l'unité de peinture d'Alger (S.N.I.C.).

- * Créer des entreprises de gestion et de maintenance des stations d'épuration.
- * En ce qui concerne les déchets solides, un traitement adéquat de ces derniers éliminerait une nuisance certaine pour les habitants notamment de Oued Smar et protégerait les eaux souterraines de la Mitidja.

Il faudrait aussi mettre au point un système de collecte, de stockage et d'élimination des déchets dangereux et des déchets spéciaux (d'hôpitaux, d'abattoirs, ...).

L'installation d'une industrie de la récupération et de la valorisation des déchets est primordiale pour protéger l'environnement mais aussi pour faire des économies de matières premières.

Il faudrait également créer des décharges contrôlées ou des unités de compostage mais selon notre avis, un traitement industriel (incinération comprise) devrait être mis en oeuvre pour toute la région Algéroise car Alger à elle seule produit plus de 4000 T/j de déchets.

- * Eliminer les opérations de décharge sauvage par une surveillance stricte et une application effective des lois prévues à cet effet.

Mettre en place un dispositif de surveillance continue des eaux près des lieux de déversements des zones industrielles, à l'embouchure et au niveau des principaux affluents de l'Oued El Harrach à leur confluence.

Les zones les plus concernées sont El Harrach, Oued Smar, Gué de Constantine et Baba Ali.

5.2. Actions à entreprendre au niveau de l'embouchure:

En plus des actions menées en amont, l'aménagement de l'embouchure de l'Oued El Harrach nécessite des opérations appropriées, mais une étude sérieuse de la dynamique fluvio-marine s'impose.

Le premier niveau de la diffusion des polluants en milieu marin est déterminé par la zone d'extension en mer de l'Oued El Harrach. Celle-ci est délimitée vers le large par

la ligne d'égale salinité correspondant au taux normal de salinité de l'eau de mer (36 à 37 g/l en Méditerranée).

Le deuxième niveau de la diffusion des polluants est situé à l'extérieur de la zone d'extension en mer de l'Oued El Harrach.

A l'intérieur de la zone, généralement de faible profondeur, la diffusion est de type longitudinal. Elle est essentiellement déterminée par le rapport de force entre l'hydrodynamique marine et le débit fluvial. La propagation longitudinale se traduit par une sorte de panache turbide allongé, repérable par sa différence de couleur avec les eaux marines environnantes. En hiver, la propagation longitudinale peut s'étendre jusqu'au milieu de la baie.

A l'extérieur de la zone d'extension, la propagation peut se prolonger vers le large, mais elle est souvent de type latéral et s'effectue graduellement vers les rivages adjacents Est et Ouest à l'embouchure.

Dans ces processus, les courants et les vents jouent un rôle déterminant.

Le courant a pour effet de modifier vectoriellement la vitesse de déplacement des eaux en dehors de la zone d'extension. Il peut donc modifier son axe, la déformer et par conséquent influencer sur l'extension longitudinale et latérale.

Pour ce qui est du vent, il agite l'eau et la fait dériver. Ceci provoque une modification importante de la turbulence qui augmente la diffusion latérale des polluants au détriment de la diffusion longitudinale.

Pour la prévention et la protection contre la pollution de la zone marine-côtière, la D.H.W.A. a lancé des travaux qui consistent à approfondir le chenal de l'Oued El Harrach et à le protéger par deux digues orientées vers la mer, jusqu'à une profondeur de -4 m. Le creusement est entamé à environ 400 m en amont de l'embouchure, juste à hauteur du pont autoroutier.

Cet aménagement s'appuie sur trois principes essentiels:

- * Eloignement, vers le large, de la zone interne d'extension pour favoriser le pouvoir auto-épurateur marin, en augmentant éventuellement le temps de séjour en mer des charges polluantes. Les risques de leur transfert vers le trait de côte sont alors limités.
- * Empêchement au maximum de l'expansion latérale des polluants pour préserver le rivage.

- * Ouverture continue de l'embouchure pour libérer les eaux continentales polluées et éviter leur stagnation.

La construction des deux digues orientées vers la mer a pour rôle de canaliser le cours de l'Oued vers le large et d'empêcher l'envasement du chenal.

Cette solution est efficace si la reconnaissance des transferts littoraux se fait sérieusement pour une meilleure orientation des ouvrages, mais il est important de voir si ce type d'ouvrage a été préalablement à sa réalisation fait l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement conformément au décret n°90-78 du 27 Février 1990.

Il est à signaler que la partie aménagée en mer (en cours de réalisation) comprenant les deux digues parallèles à l'axe de l'Oued va être soumise aux facteurs hydrodynamiques régnants dans le secteur. La déstabilisation de la digue occidentale sera accrue d'une part par l'effet de l'attaque marine provoquée par les houles du Nord-Ouest les plus fortes et les plus fréquentes, et d'autre part par l'effet de l'érosion.

La digue orientale va servir de piège à sédiments ramenés par les courants de dérive littorale du Nord-Est; ce qui va donner un engraissement à l'Est de cette digue.

- * Procéder également aux travaux d'entretien de l'embouchure par des opérations de dragages pour éviter l'ensablement. L'immersion des produits dragués doit se faire sous des conditions écologiquement rationnelles.

CONCLUSION
GENERALE

Cette étude nous a permis la réalisation d'un état des lieux du bassin versant de l'Oued El Harrach.

Elle a porté essentiellement sur la mise en évidence des micro-organismes tests de contamination fécale.

Les résultats issus des études sédimentologique et bathymétrique indiquent l'existence d'une relation étroite entre la topographie sous-marine, la taille des particules et leur répartition.

L'étude des facteurs écologiques dans le site d'étude, bien que ponctuelle, incite à dire que, dans la plupart des cas, nous nous retrouvons au dessous des normes admises.

Les résultats de l'analyse bactérienne de l'eau et du sédiment mettent en évidence l'importance des contaminations microbiologiques apportées par les eaux de l'Oued El Harrach.

Dans la zone d'étude, nous observons une pollution microbienne importante surtout en radiale 4, située au droit de l'embouchure où nous avons relevé des teneurs importantes en germes fécaux.

Un seul prélèvement d'eau et de sédiment a été effectué pour chaque station. Il aurait été intéressant d'en faire plusieurs, même un suivi saisonnier qui aurait donné statistiquement des résultats plus significatifs.

Les variations des germes fécaux d'une station à une autre ont montré que d'une manière générale, les concentrations bactériennes sont plus élevées dans les sédiments que dans l'eau.

Les corrélations entre les germes fécaux et les facteurs écologiques étudiés ont montré des relations significatives.

Par ailleurs, il aurait été intéressant de traiter la pollution par les métaux lourds mais les moyens matériels ne le permettaient pas.

Une réhabilitation des eaux de l'Oued El Harrach et des aménagements appropriés redonneraient tout le cachet touristique à la baie d'Alger et permettraient le retour de la pêche et des investissements touristiques qui ne doivent pas manquer d'intégrer le critère de la défense et de la préservation du lieu physique et naturel.

BIBLIOGRAPHIES

- ABDOUN A.M. et BOUSLIMANI T. (1990)** - Approche de la dynamique littorale du secteur occidental de la baie d'Alger (relation sédimentologique - topographie sous-marine). Mémoire d'ingénieur en géologie marine, I.S.T., U.S.T.H.B.
- ADJOU A. et SELINI A. (1992)** - Aménagement et pollution littorale: l'embouchure de l'Oued El Harrach, les conditions de dragage et l'impact sur l'environnement. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, I.S.M.A.L., 62p.
- AYME A. (1956)** - Modifications récentes survenues dans le réseau hydrographique de la plaine de la Mitidja. Bull. Hist. Nat. Afr. Nord, 50-56.
- AMARA R. (1988)** - Contribution à l'étude de la dynamique de la pollution en zone côtière (cas de Bou - Ismail ex. Castiglione). Mémoire de D.E.S. en océanologie, I.S.M.A.L., 109 p.
- AMINOT A. (1983)** - Mesure des matières en suspension. in: **AMINOT et CHAUSSEPIED** ed.: manuel des analyses chimiques en milieu marin. C.N.E.X.O., 169-175.
- AOUAMEUR D. (1990)** - Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur en halieutique, I.S.M.A.L., 69 p.
- ASSO A. (1982)** - Contribution à l'étude des polluants métalliques chez la moule Perna perna (L.) dans la région algéroise. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université Aix-Marseille II, 149 p.
- AZZOUZ M. (1987)** - Niveau de pollution atmosphérique à Alger. Exposition urbaine au plomb. Thèse de doctorat, I.N.E.S., Alger, 281 p.
- BAKALEM A. et ROMANO J.C. (1982)** - Pollution et peuplements benthiques dans la région algéroise (baie d'Alger et baie de Bou-Ismaïl). VI^{ème} Journées Etud. Pollutions, C.I.E.S.M., Cannes: 687-697.
- BENSAADA M. (1987)** - Contribution à l'étude hydrochimique des eaux carbonatées de la Mitidja. Mémoire d'ingénieur en hydrogéologie, I.S.T., U.S.T.H.B.
- BENYACOUB H.R. (1988)** - Hydrodynamisme et sédimentation à l'embouchure de l'Oued Soummam. Mémoire d'ingénieur en géologie marine, I.S.T., U.S.T.H.B.

- BOUZOUGHER A.** (1986) - Contribution à l'étude de l'évolution de la pollution d'origine fécale de la baie d'Alger. Mémoire de technicien supérieur en assainissement et entomologie, I.T.S.P.W.A., 87 p.
- BRISOU J.F.** (1980) - Les bactéries marines. Ed. Masson, Paris, 206 p.
- CHARLOU J.L. et JOANNY M.** (1983) - Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu, Cd, Co, Ni, Cr, Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique in: **AMINOT et CHAUSSEPIED** ed.: MANuel des analyses chimiques en milieu marin. C.N.E.X.O., 285-294.
- DEGIOVANI C.** (1973) - Etude de la sédimentologie dynamique à la presqu'île de Sidi-Ferruch. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université D'Aix Marseille .
- DOUADI F. et SOUDANI L.** (1990) - Etude de la dynamique littorale à l'embouchure de l'Oued El Harrach (Lido-Hussein Dey). Mémoire d'ingénieur en géologie marine, I.S.T., U.S.T.H.B., 83 p.
- EDDALIA N.** (1990) - Les sels nutritifs et la matière en suspension dans la baie d'Alger et le golfe d'Arzew. Identification des masses d'eaux et de la pollution. Mémoire d'ingénieur en biologie des pêches, I.S.M.A.L., 103 p.
- FRESENIUS W. et SHNEIDER W.** (1990) - Technologie des eaux résiduaires: production, collecte, traitement et analyse des eaux résiduaires. Springer-Verlag, 1160 p.
- GAUTHIER M.J.** (1970) - Diffusion de la pollution bactérienne en milieu marin et mécanisme d'auto-épuration. Journées Etu. Pollutions, C.E.R.B.O.M., 57-81.
- GAUTHIER M.J.** (1976) - Les pollutions bactériennes en milieu marin in Pérés Ed.: Les pollution des eaux marines, 117-130.
- GAUTHIER M. et LE RUDULIER D.** (1990) - Survival in seawater of Escherichia coli cells in grown in marine sediments containing glycine-betaïne. Appl. Env. Microbio., Vol.56, (09), 2915-2918.
- GHOUL M., BERNARD T. et CORMIER M.** (1990) - Evidence that Escherichia coli accumulates glucine-betaïne from marine sediments. Appl. Env. Microbiol., Vol.56, (02), 551-554.
- HALIMI A.** (1980) - L'atlas Blidéen. Ed. O.P.U., (648), 2/80.
- KHENE Z.** (1990) - Contribution à l'étude des peuplements macrobenthiques de la baie d'Alger: secteur Hussein-Dey, avant port d'Alger. Mémoire de technicien supérieur en biologie des pêches, I.S.M.A.L., 56 p.

- LAABABSA N.E.H. (1991) - Contribution à l'étude de la pollution bactérienne par les eaux usées dans le port d'Alger et la côte de la baie Est de Bou-Ismaïl. Mémoire de technicien supérieur en assainissement et entomologie, I.T.S.P.W.A., 153 p.
- LECLAIRE L. (1963) - Etudes littorales en baie d'Alger. Zone Fort de l'Eau-Ben Mered. Cah. Océanogr., XV^{ème} années, 2, 109-125.
- LECLAIRE L. (1972) - La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares. Thèse d'Etat, Faculté des sciences de Paris, 382 p.
- LE GUYADER F. et CORMIER M. (1988) - Suivi des échanges eau/sédiment en modèle expérimental. Océanis, Vol.14, (01), 97-107.
- LE GUYADER F., POMMEPUY M. et CORMIER M. (1991) - Implantation d'Escherichia coli en pilote expérimental et influence des compétitions de flore. Can. Jour. Microbiol., Vol.36, (07), 116-121.
- MAHIOUT L. (1989) - Quelques aspects de la dynamique de la pollution bactérienne dans l'embouchure de l'Oued Béni-Messous. Mémoire de D.E.S. en océanologie, I.S.M.A.L., 88 p.
- MAOUCHE S. (1987) - Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie): Approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. Thèse de doctorat 3^{ème} Cycle, Université de Perpignan, 213 p.
- MANVAIS J.L. (1980) - Impact des aménagements sur le littoral. III^{ème} Assises Intern. Environnement, C.N.E.X.O., Paris, 1-18.
- MEJDOUB S. (1987) - Bilan de pollution des eaux résiduaires de l'Oued El Harrach. Mémoire de technicien supérieur, Inst. Chim., U.S.T.H.B., 49 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1973) - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Rapports intérimaires sur le domaine d'activité (hygiène et santé publique). C.K.I., Alger: COMEDOR, 27 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1974) - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Etude économique sur les conséquences de l'assainissement concernant les eaux résiduaires de l'usine de pâtes et papiers à Baba Ali (S.O.N.I.C.). C.K.I., Alger: COMERDOR, 17 p.

- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1974)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Rapport sur les enquêtes menées et les résultats obtenus dans le domaine de l'hydrologie. C.K.I., Alger, COMEDOR, Vol.1, 79 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1974)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Relevé de la situation présente en matière des eaux usées (compilation des questionnaires d'entreprises industrielles et commerciales). C.K.I., Alger: COMEDOR, 120 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1974)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Relevé de la situation présente en matière des résidus industriels (compilation des questionnaires d'entreprises industrielles et commerciales). C.K.I., Alger: COMEDOR, 99 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1974)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: relevé de la situation présente en matière des eaux usées (résultats des analyses chimiques des eaux usées domestiques et industrielles). C.K.I., Alger: COMEDOR, Vol.1, 82 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1975)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Rapport général sur le relevé et l'état des collecteurs principaux de la ville d'Alger et du réseau d'égouts d'El Harrach. C.K.I., Alger: COMEDOR, 25 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1975)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Rapport général sur le relevé et l'état des collecteurs principaux de la ville d'Alger et du réseau d'égouts d'El Harrach. C.K.I., Alger: COMEDOR, 25 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1976)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Etude de la factibilité sur la réalisation et l'exploitation des installations d'assainissement dans le bassin d'apport de la station d'épuration. C.K.I., Alger: COMEDOR, 124 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1976)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Projet d'aménagement de l'embouchure de l'Oued El Harrach. C.K.I., Alger: COMEDOR, 16 p.
- MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE (1976)** - Assainissement de la région de l'Oued El Harrach: Projet définitif de la station d'épuration d'El Harrach pour le bassin versant central d'eaux usées de l'agglomération Alger 2000. C.K.I., Alger: COMEDOR, 60 p.

- MINISTERE DE L'INTERIEUR (1990) - Les stations d'épuration d'effluents domestiques: filières coûts, conditions d'exploitation. Direction de l'environnement, 25 p.
- MINISTERE DE L'INTERIEUR (1990) - Décret exécutif n°90-78 du 27 Février relatif aux études d'impact sur l'environnement. Direction de l'environnement. In: J.O., R.A.D.P., n°10, 318-324.
- MINISTERE DE L'INTERIEUR (1993) - Décret exécutif n°93-160 du 10 juillet réglementant les rejets d'effluents liquides industriels. Direction de l'environnement. In: J.O., R.A.D.P., n°46, 5-12.
- O.M.S. (1979) - Plan d'action pour la Méditerranée. Principes et directives applicables au déversement de déchets dans le milieu marin.
- O.N.S. (1966) - Recensement général de la population et de l'habitat. Résultats de l'exploitation exhaustive. Série 1, Vol.2 .
- O.N.S. (1977) - Recensement général de la population et de l'habitat. Résultats par agglomération.
- O.N.S. (1987) - Recensement général de la population et l'habitat. Résultats par agglomération, Vol.2 .
- OTTMANN F. (1965) - Introduction à la géologie marine et littorale. Ed. Masson, 259 p.
- OTTMANN F. (1983) - Etude et impact des matières en suspension sur l'aménagement. Bull. Asso. Intern. Géol. Inge., Paris, 28, 109-120.
- PAUC H. (1970) - Contribution à l'étude dynamique et structurale des suspensions solides au large de l'embouchure du Grand-Rhône (Grau de Roustan). Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Perpignan, 126 p.
- POGGI R. (1990) - Impacts sanitaires des contaminations microbiologiques. Ifremer Actes de colloques 11: la mer et les rejets urbains. Bendor, 115-132.
- POMMEPUY M. et GUILLAUD J.F. (1990) - Le devenir des bactéries en zone littorale. Ifremer actes de colloques 11: la mer et les rejets urbains. Bendor, 89-100.
- RIVIERE A. (1960) - Généralisation de la méthode des "faciès granulométriques" par extension de la notion d'indice d'évolution. Détermination de celui-ci. C. R. Acad. Sci., Paris, 261, 3653-3656.

- RODIER J. (1984) - L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, bactériologie. Dunod 7^{ème} Ed., 1364 p.
- SCHWARTZ D. (1969) - Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion Médecine Sciences 3^{ème} Ed. 318 p.
- SCHWARTZBROD L., LUCENA F., BOSCH A. et SCHWARTZBROD J. (1988) - Micro-organismes, Eau de mer et Sédiments: Etude du site de Barcelone. Océanis, Vol.14, (01), 51-59.
- VAILLANT J.R. (1973) - Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution, Contrôle des déversements. Ed. Eyrolles, 403 p.

ANNEXE

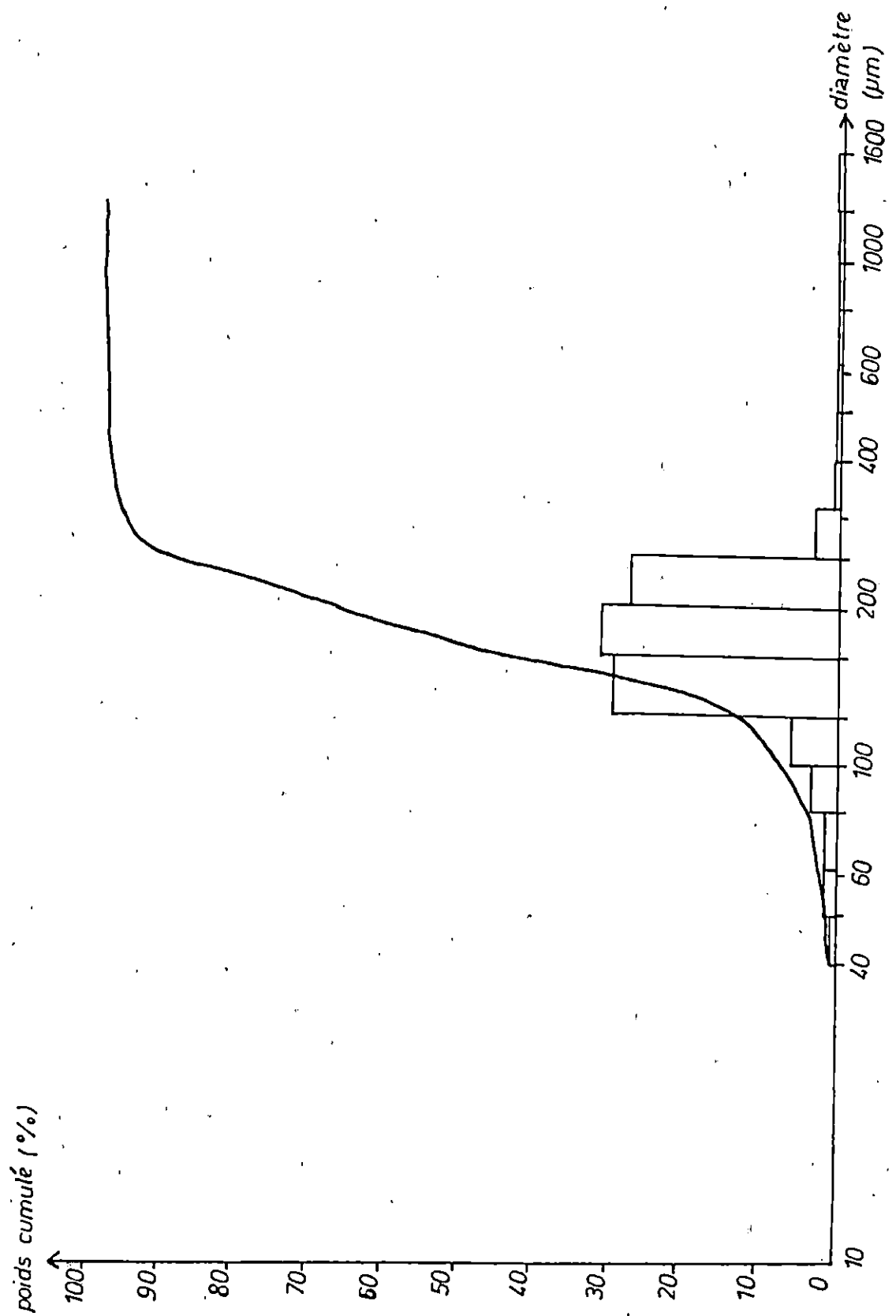


FIG. 1 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 1 - station 2)

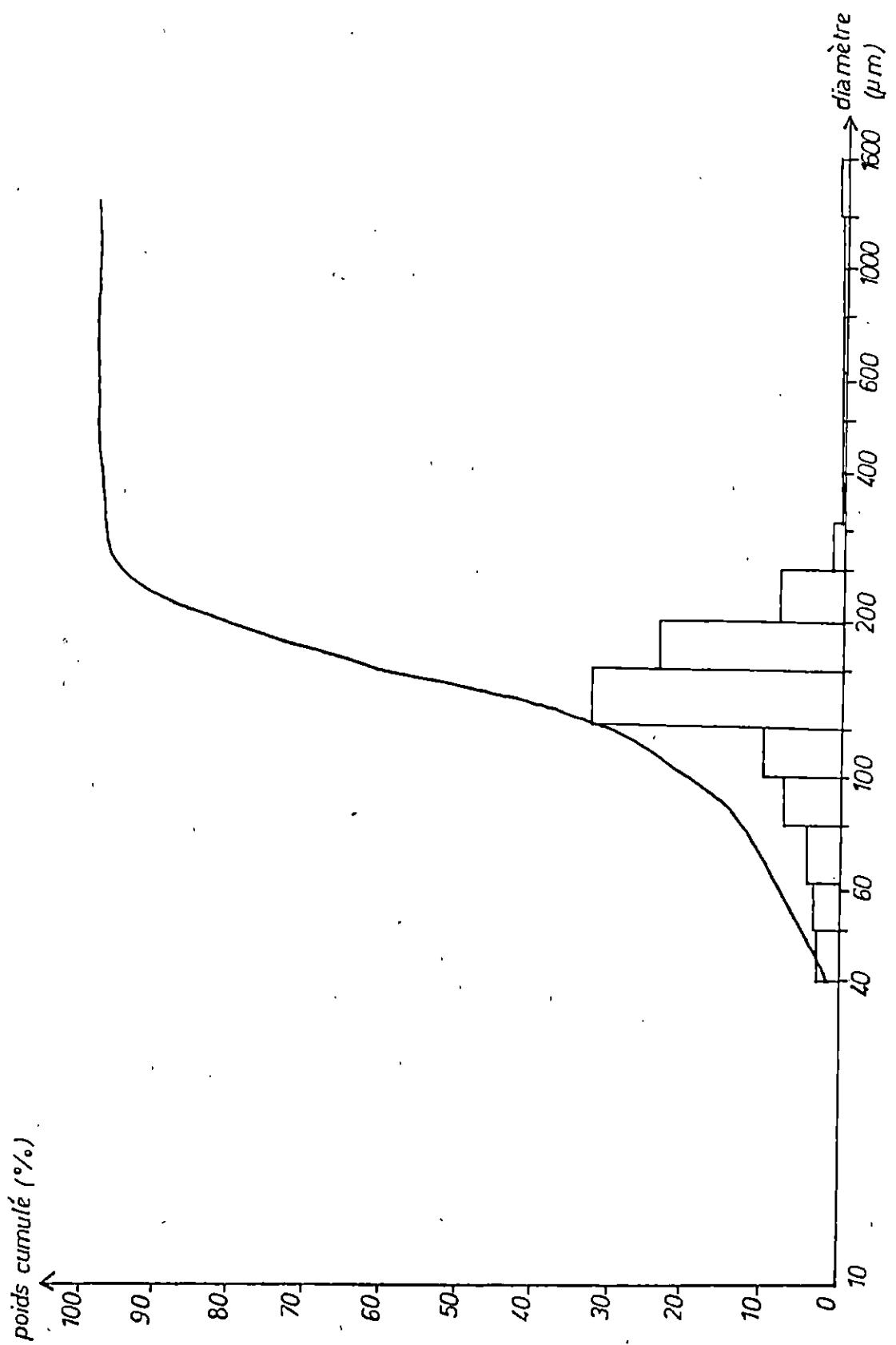


FIG. 2 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 1 - station 3)

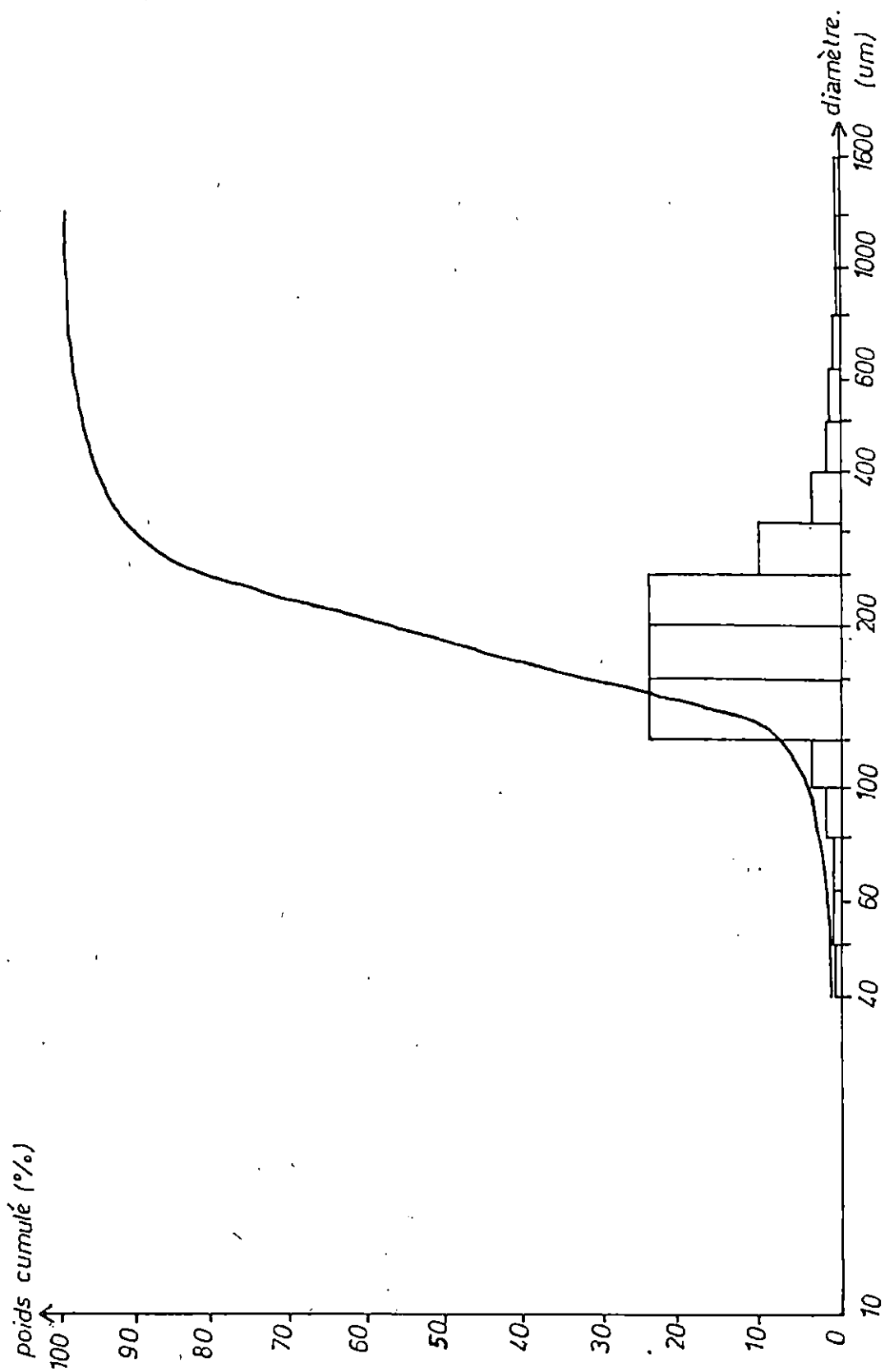


FIG. 3 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale2 - station1)

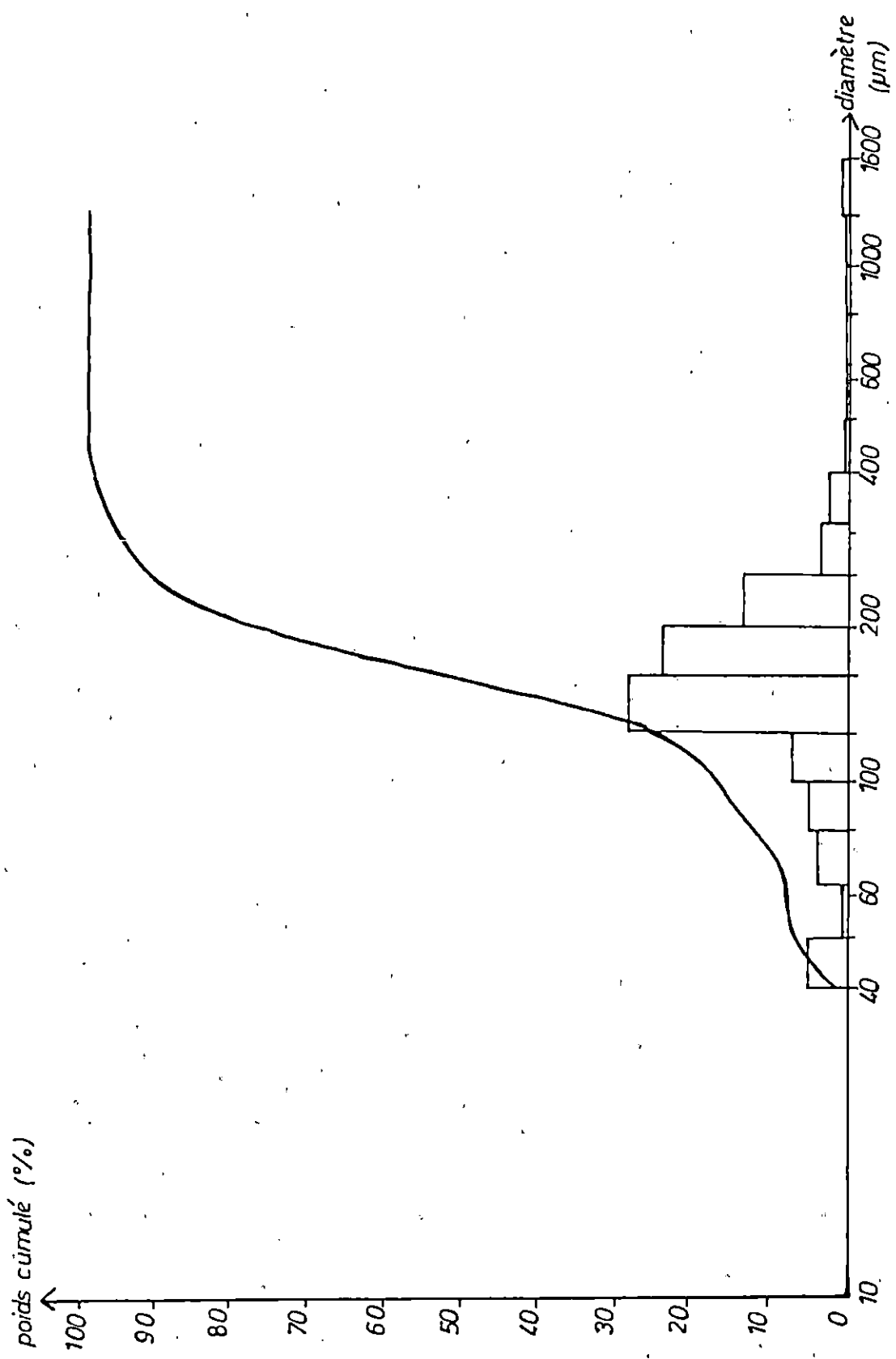


FIG. 4 : COURBE CUMULATIVE PLURIMO -
 -DALE ET HISTOGRAMME DE
 FRÉQUENCE (radiale 2 - station 2)

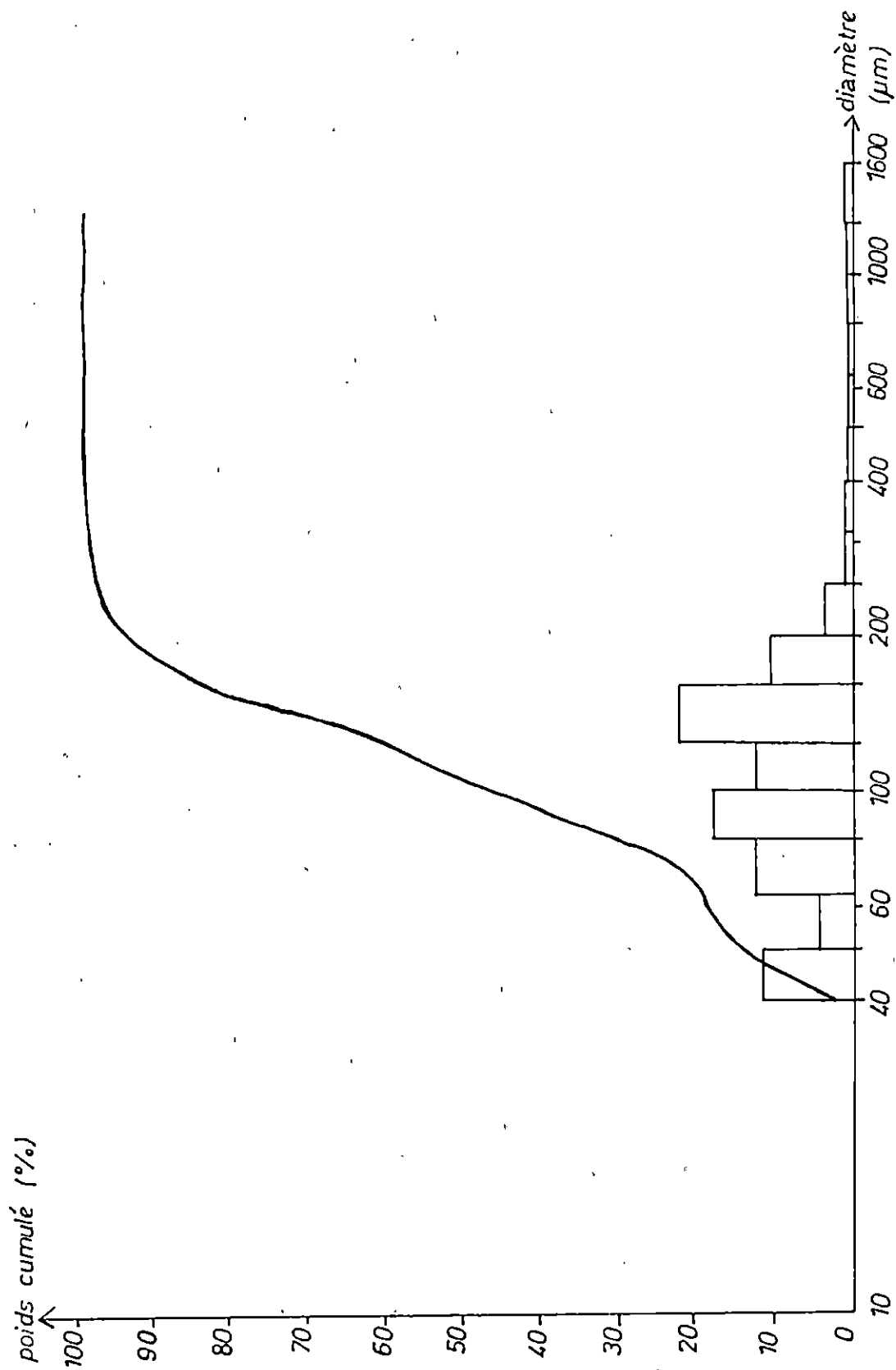


FIG. 5 : COURBE CUMULATIVE PLURIMO -
-DALE ET HISTOGRAMME DE
FRÉQUENCE (radiale2 -station3)

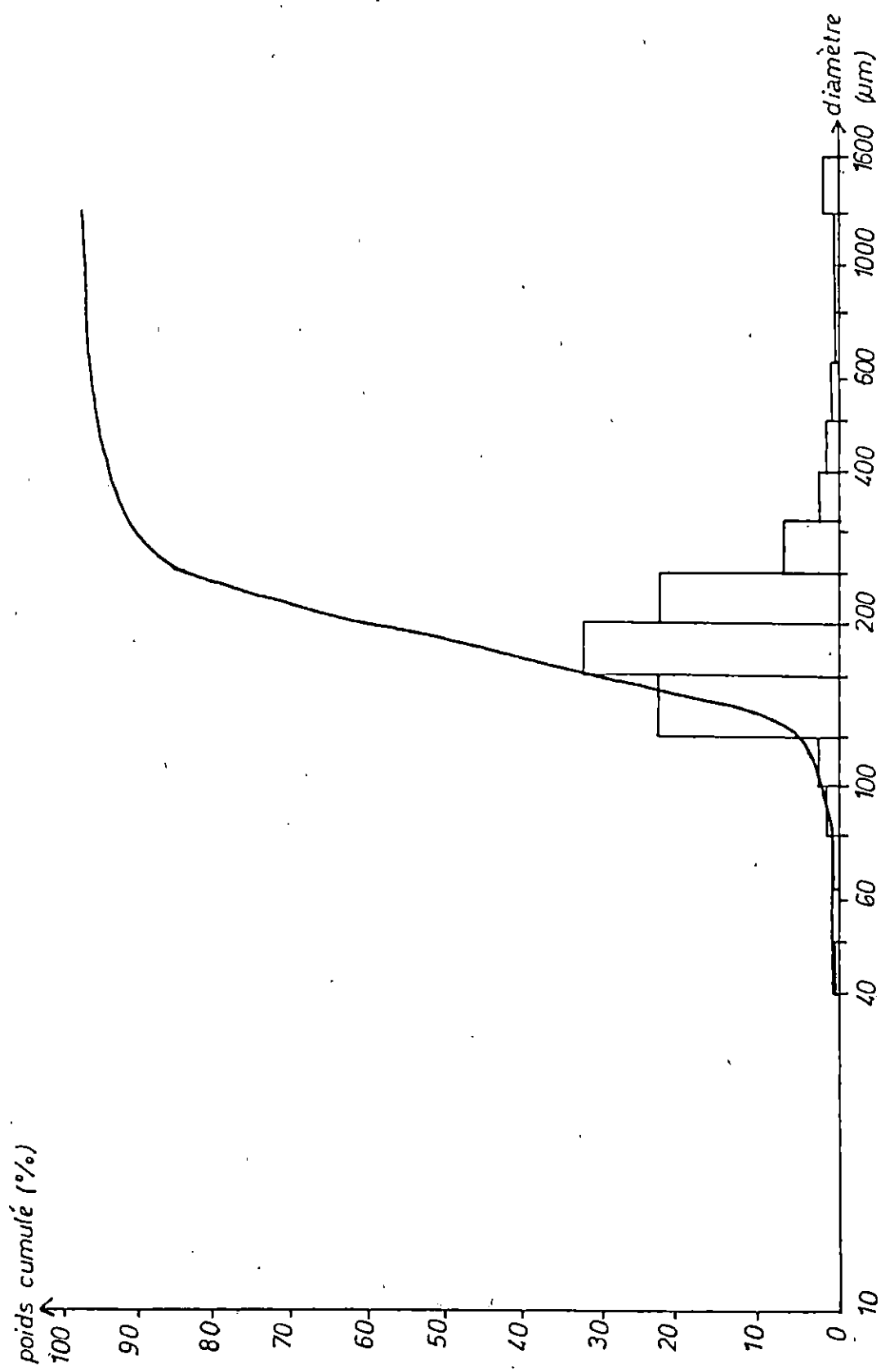


FIG. 6 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 3 - station 1)

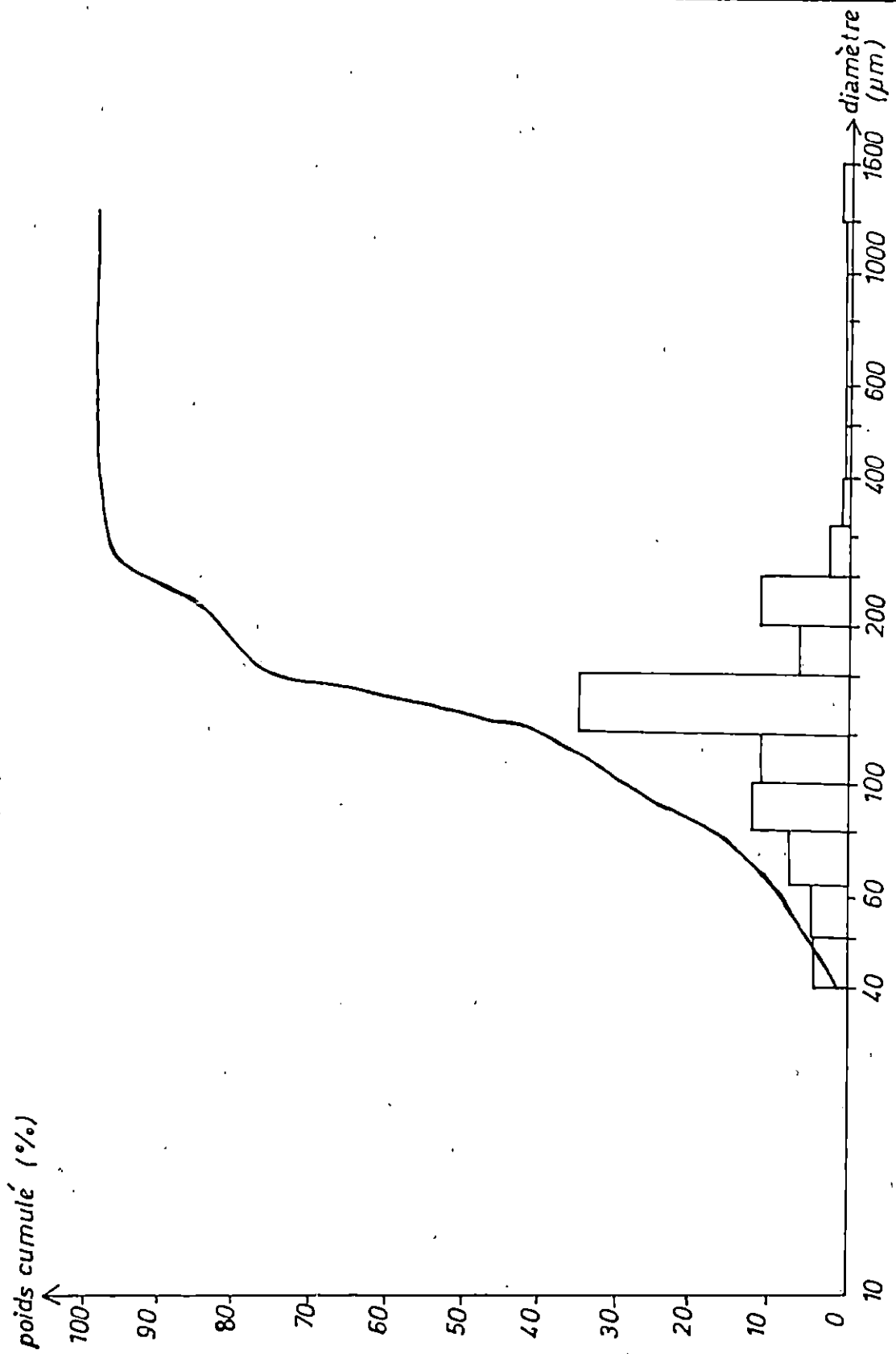


FIG. 7 : COURBE CUMULATIVE PLURIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 3 - station 3)

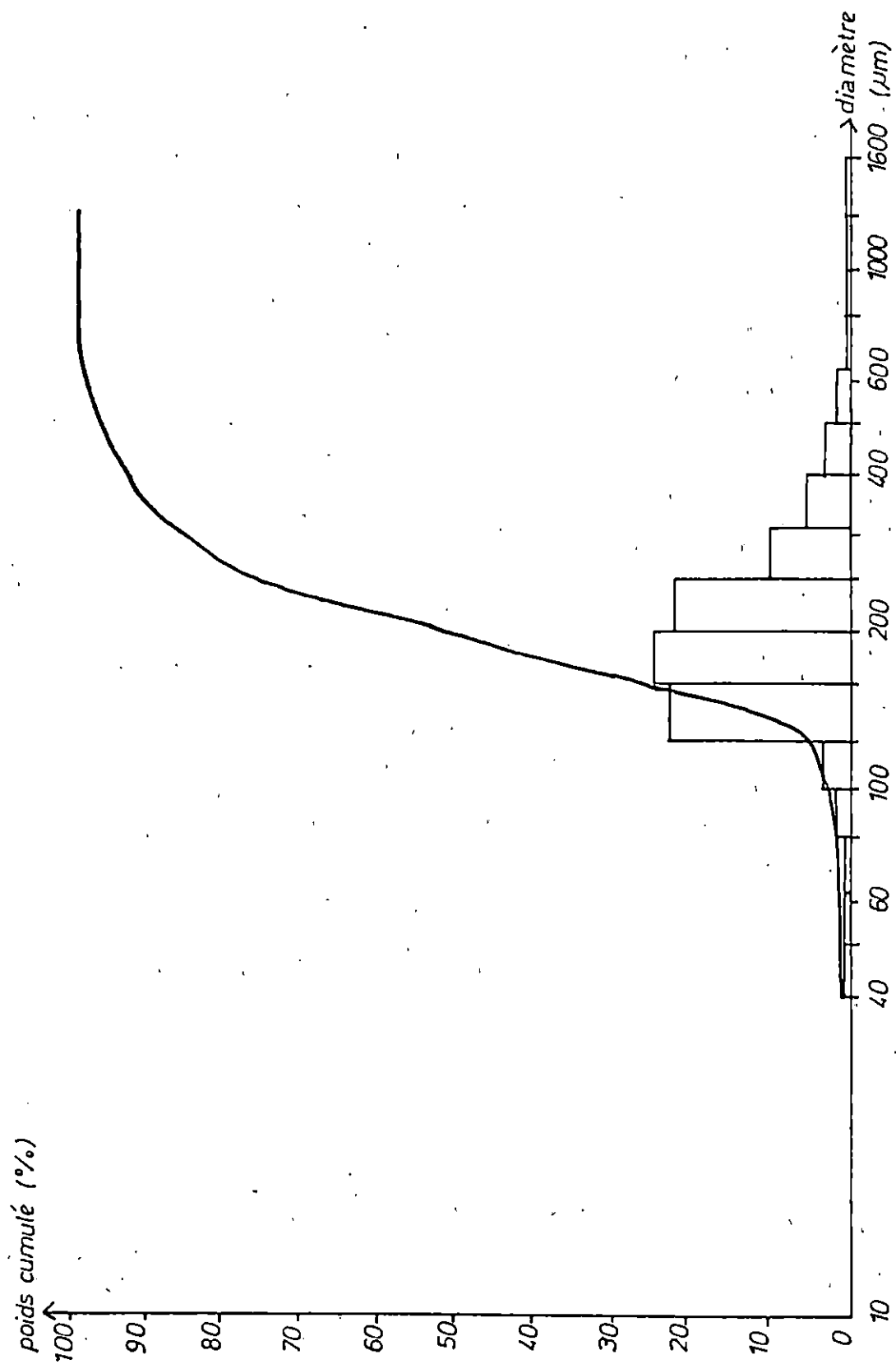


FIG. 8 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 4 - station 1)

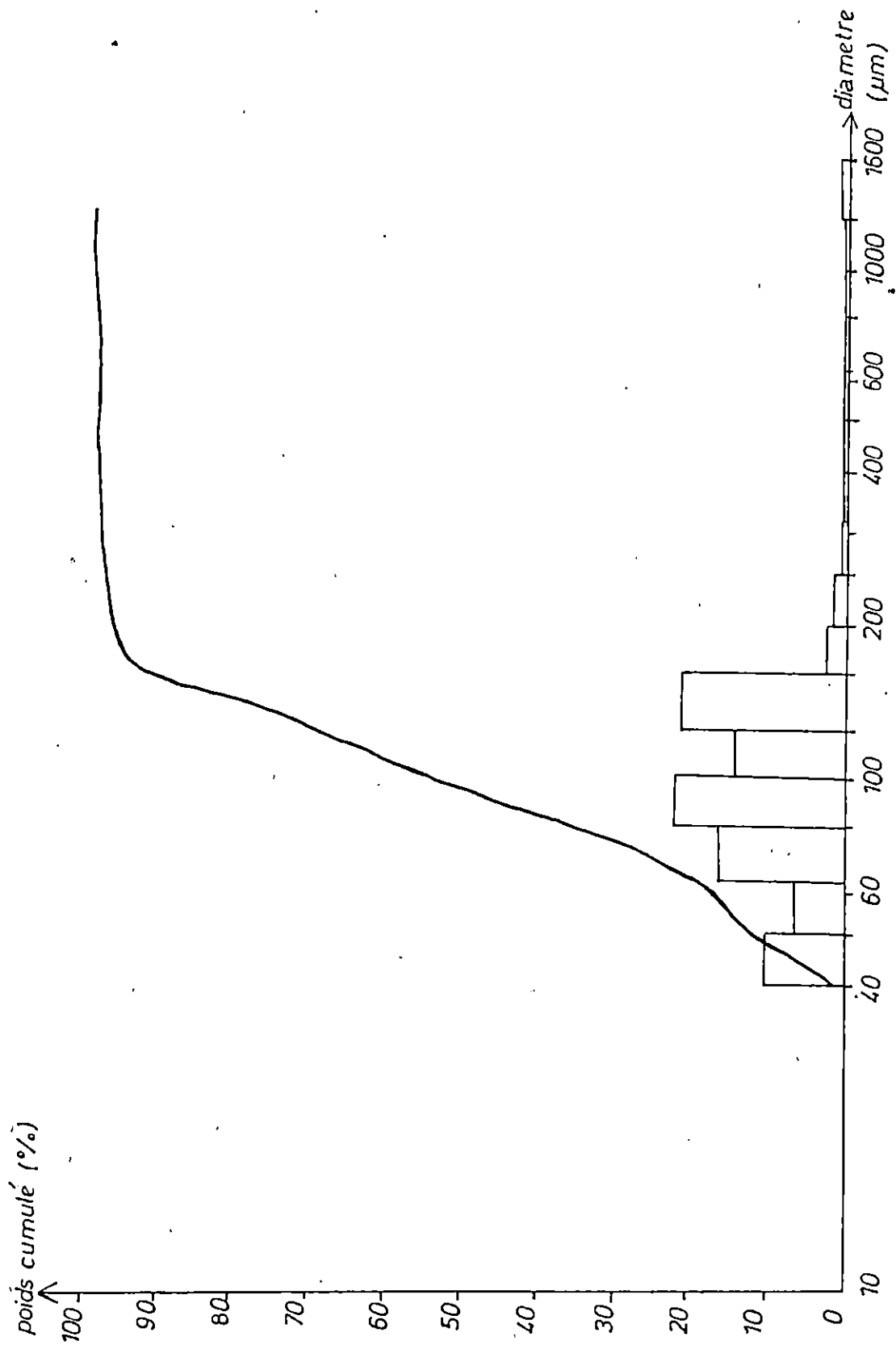


FIG. 9 : COURBE CUMULATIVE PLURIMO -
 -DALE ET HISTOGRAMME DE
 FRÉQUENCE (radiale4 - station2)

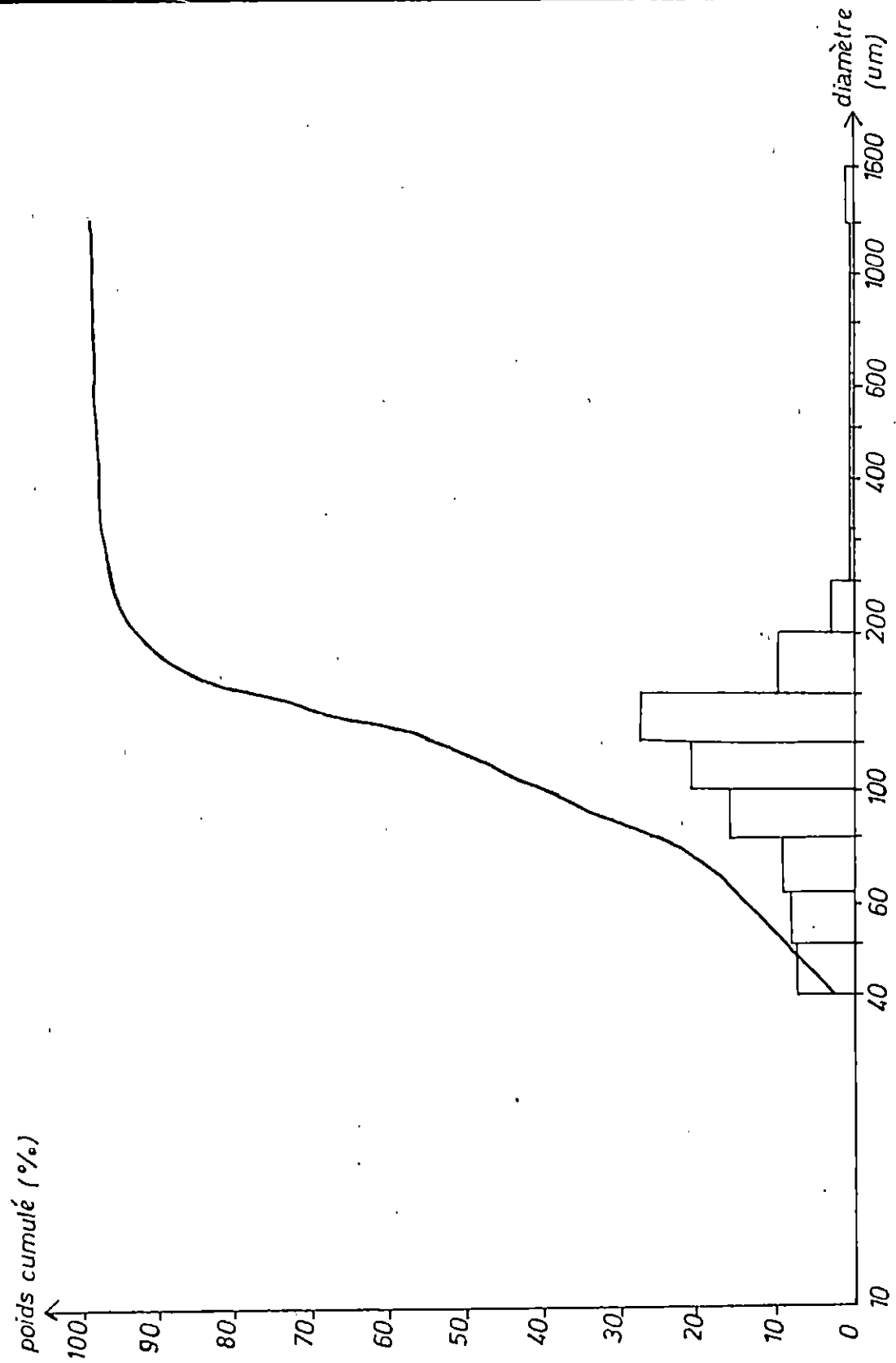


FIG.10: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FREQUENCE (radiale 4 - station 3)

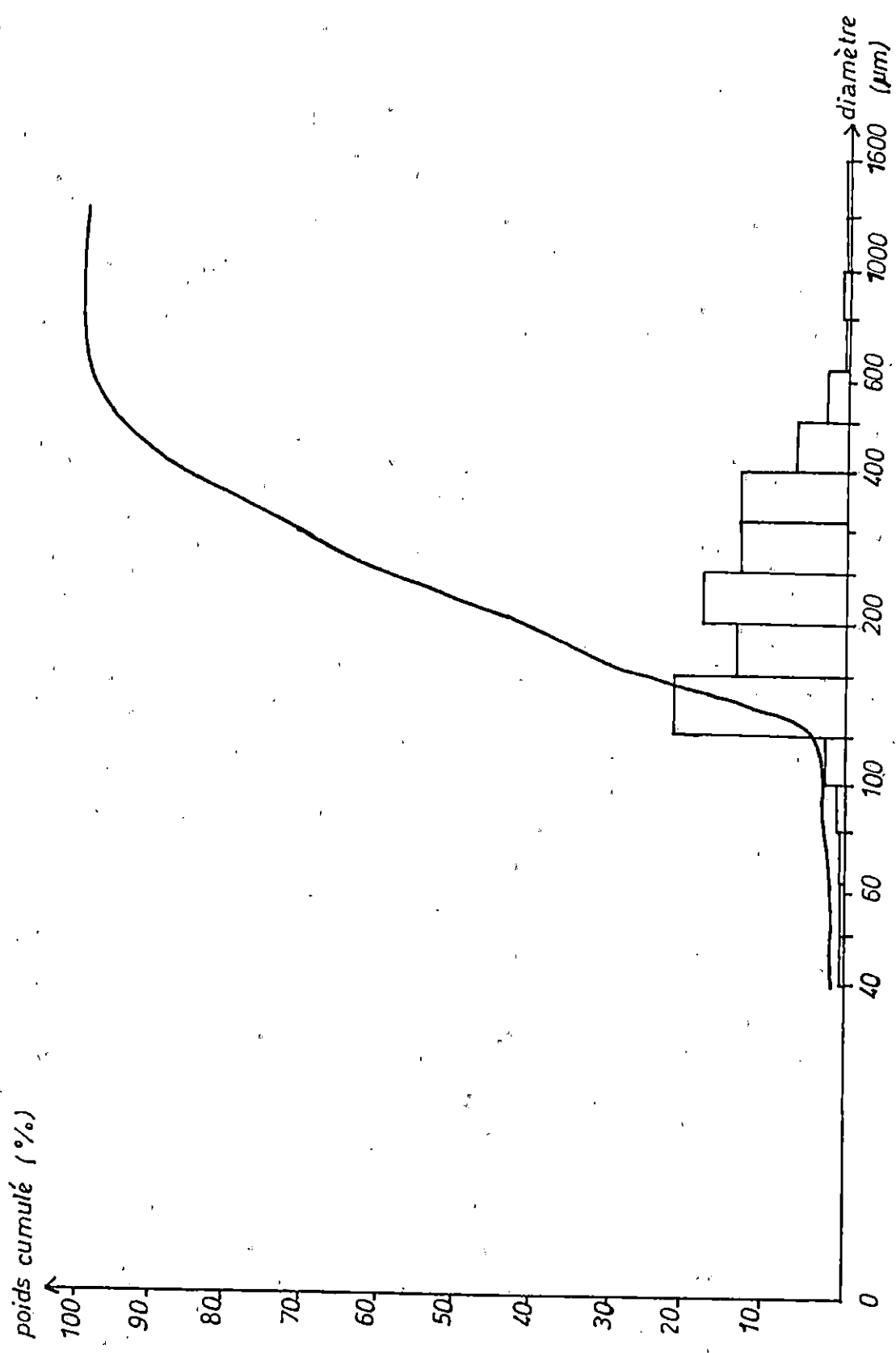


FIG.11 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 5 - station 1)

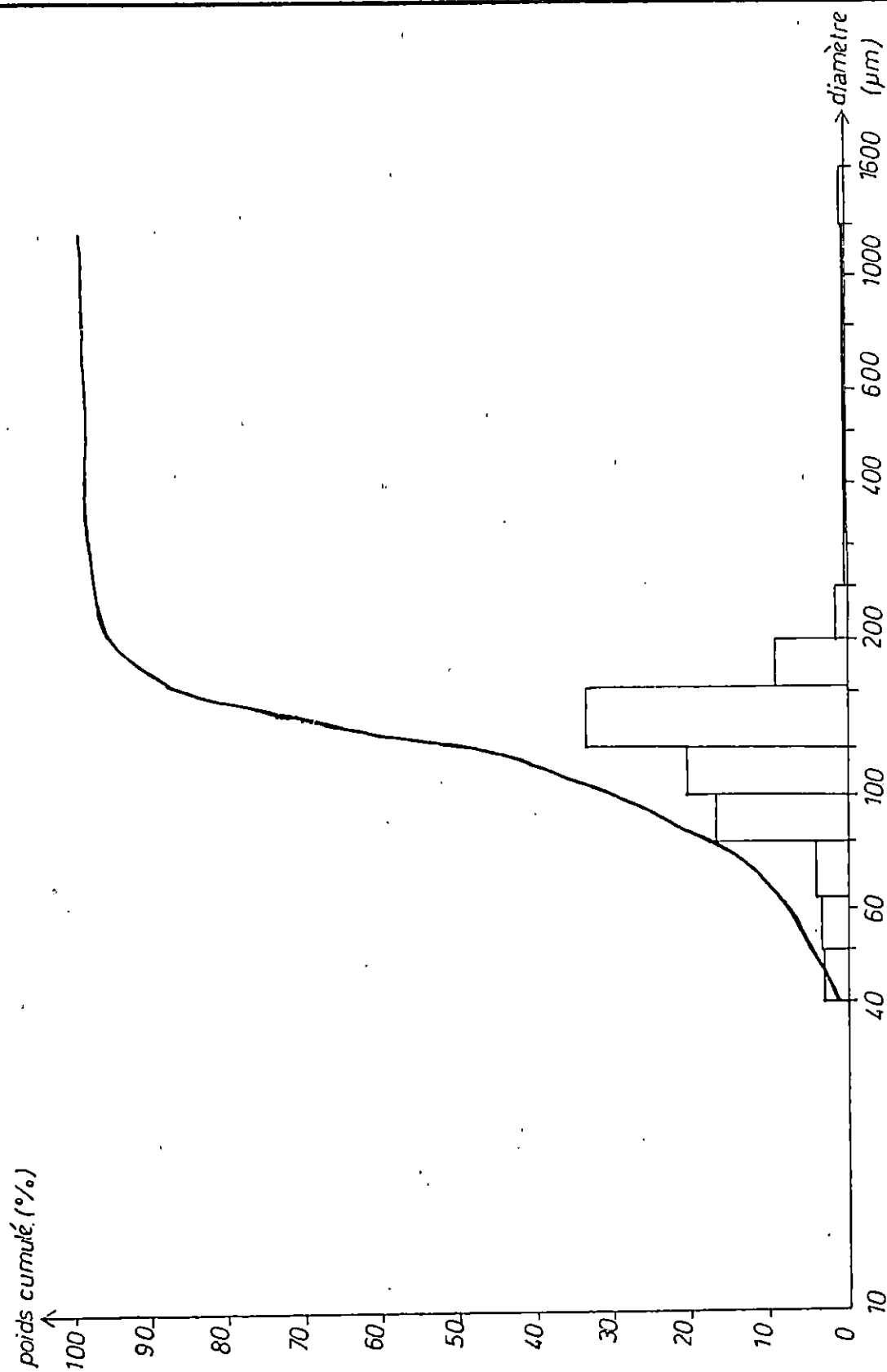


FIG.12 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 5 - station 2)

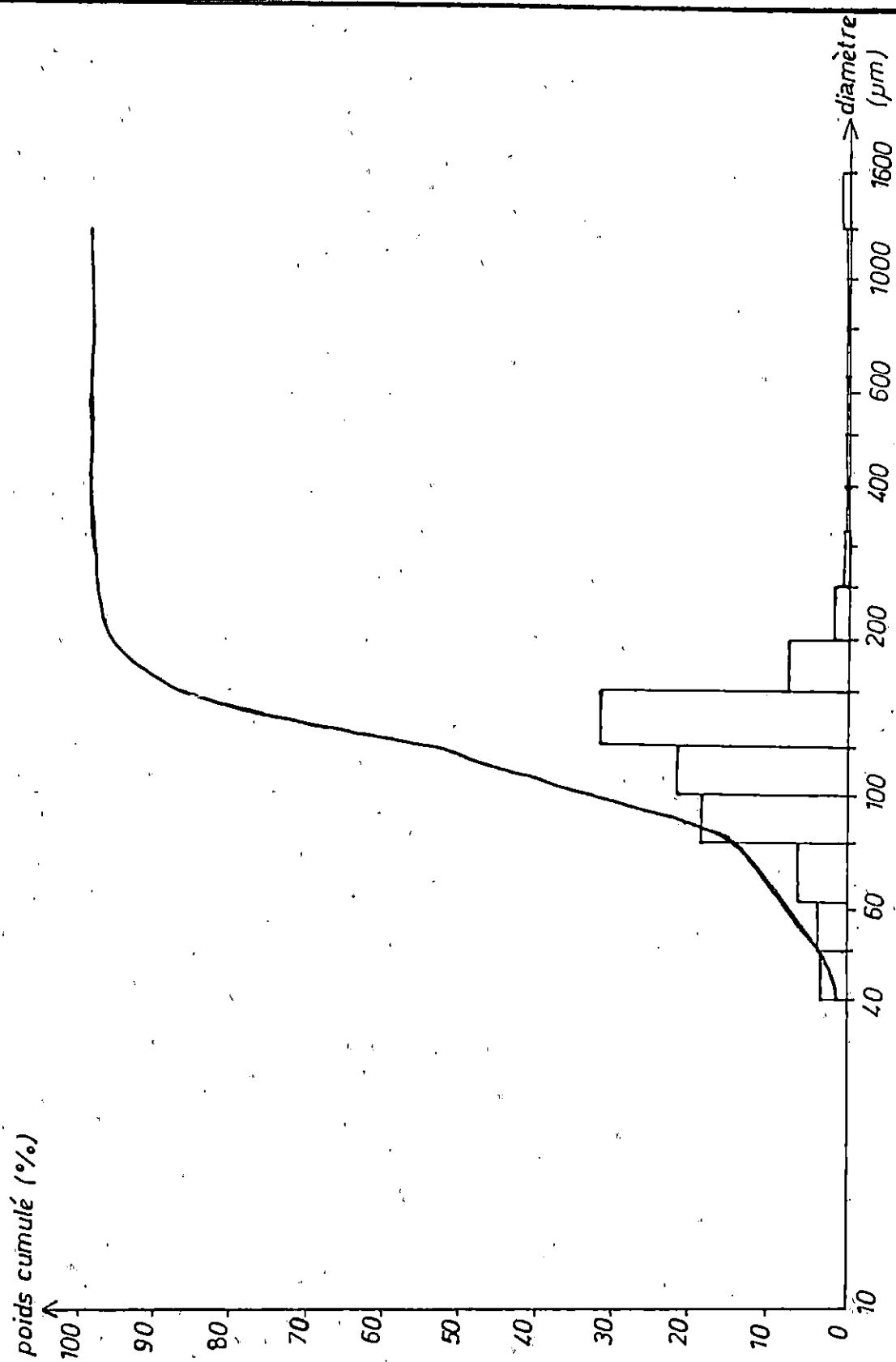


FIG.13 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 5 - station 3)

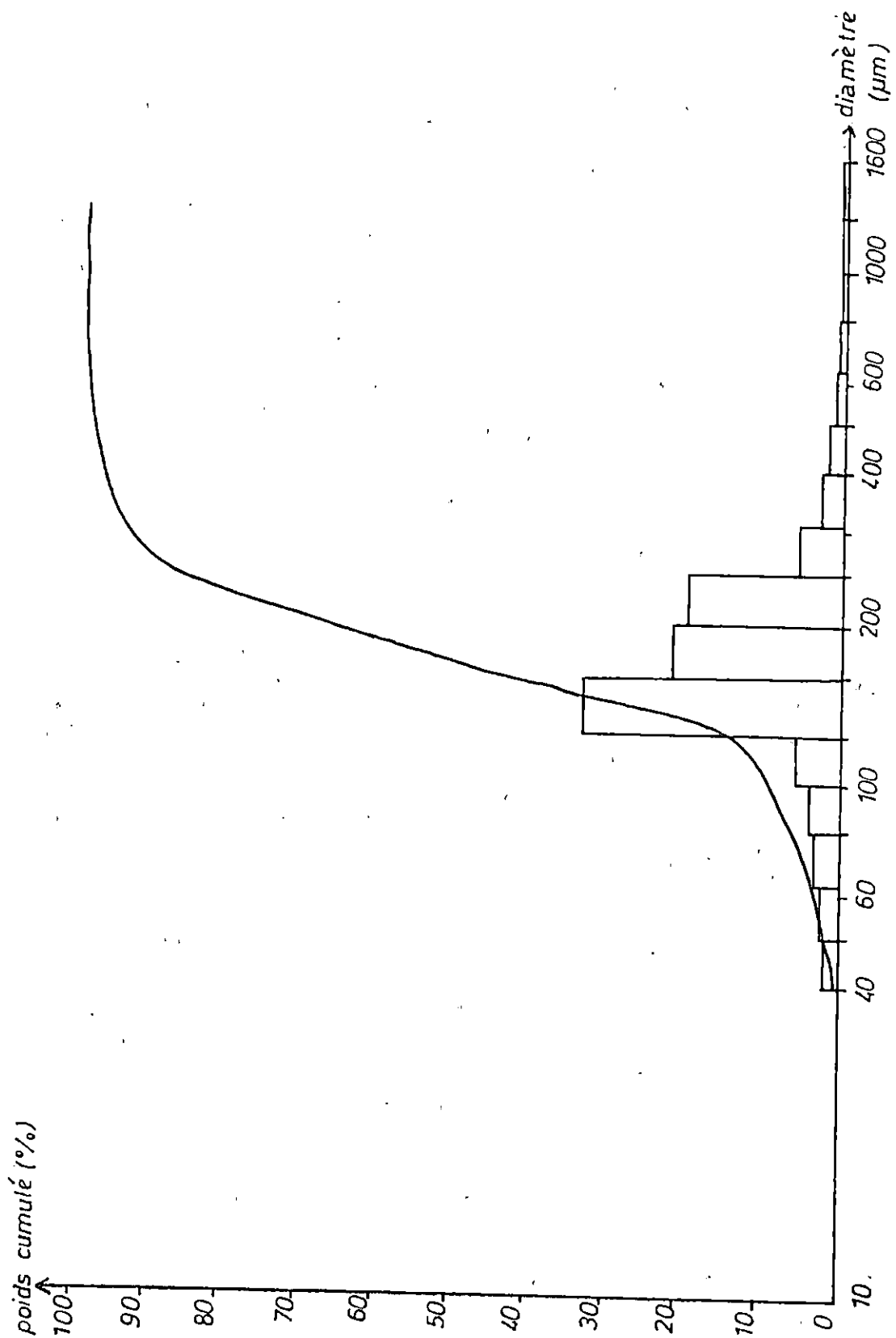


FIG.14 : COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 6 - station.1)

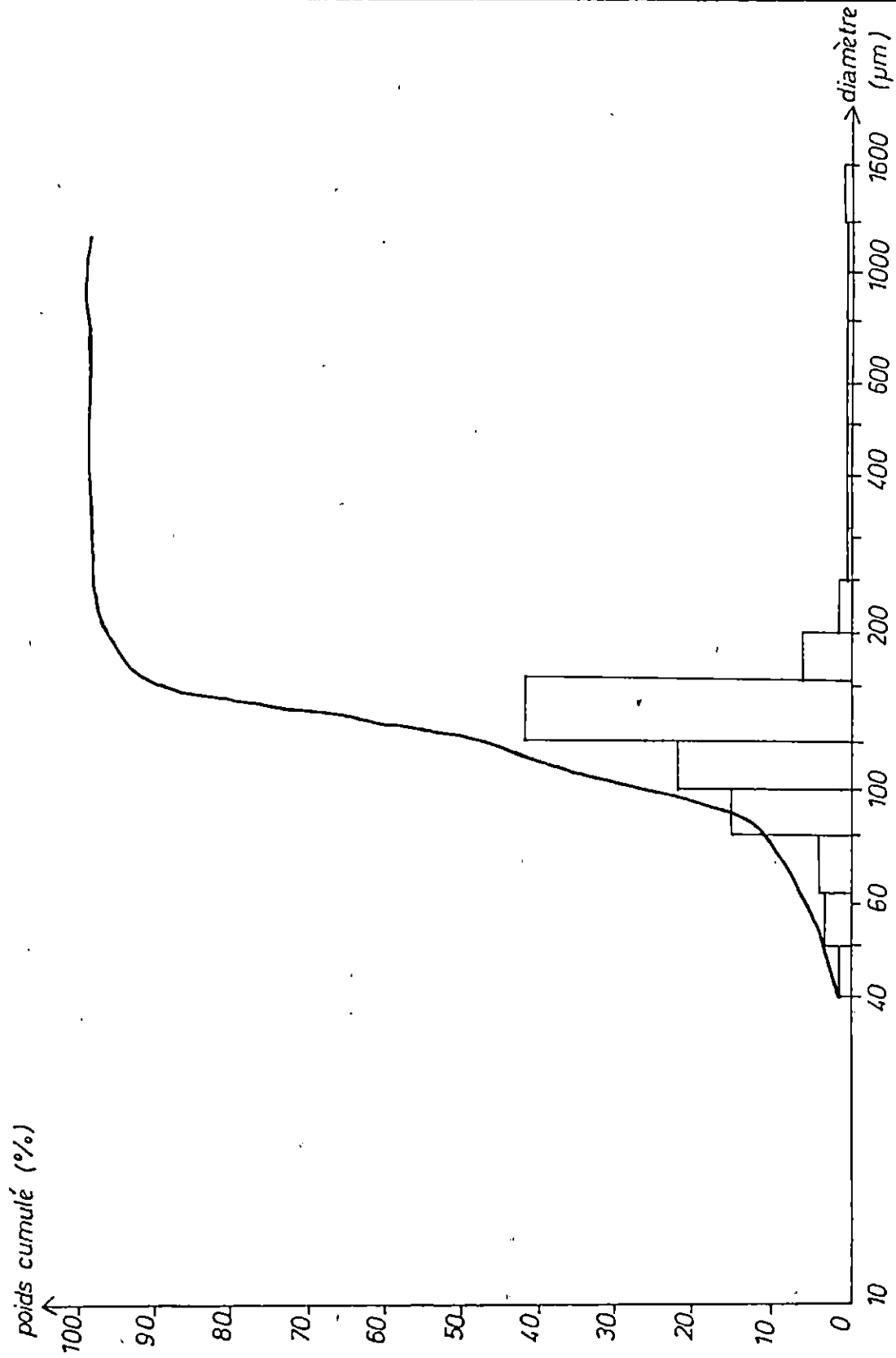


FIG.15: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FREQUENCE (radiale 6 - station 2)

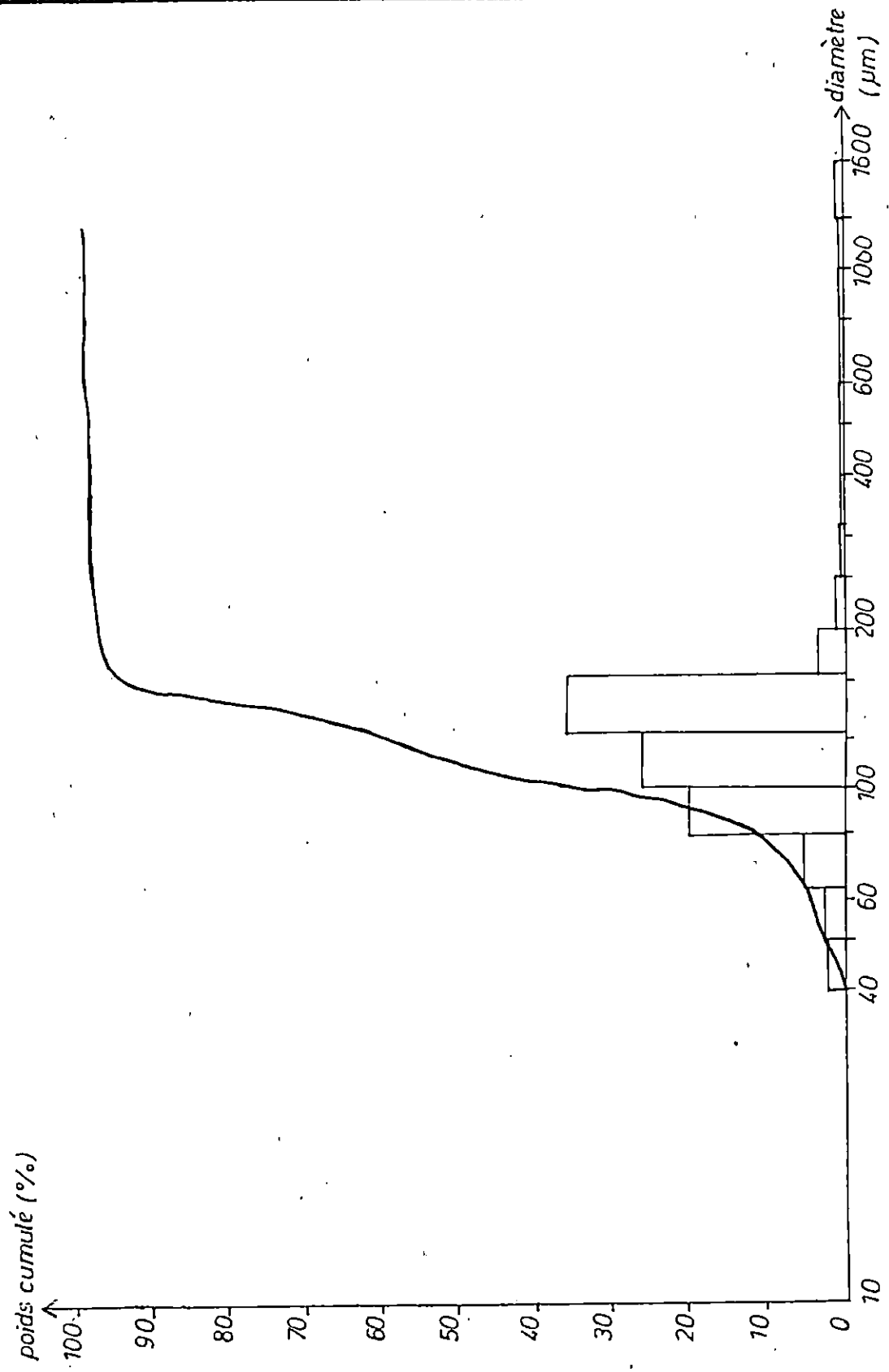


FIG.16: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FREQUENCE (radiale 6 - station 3)

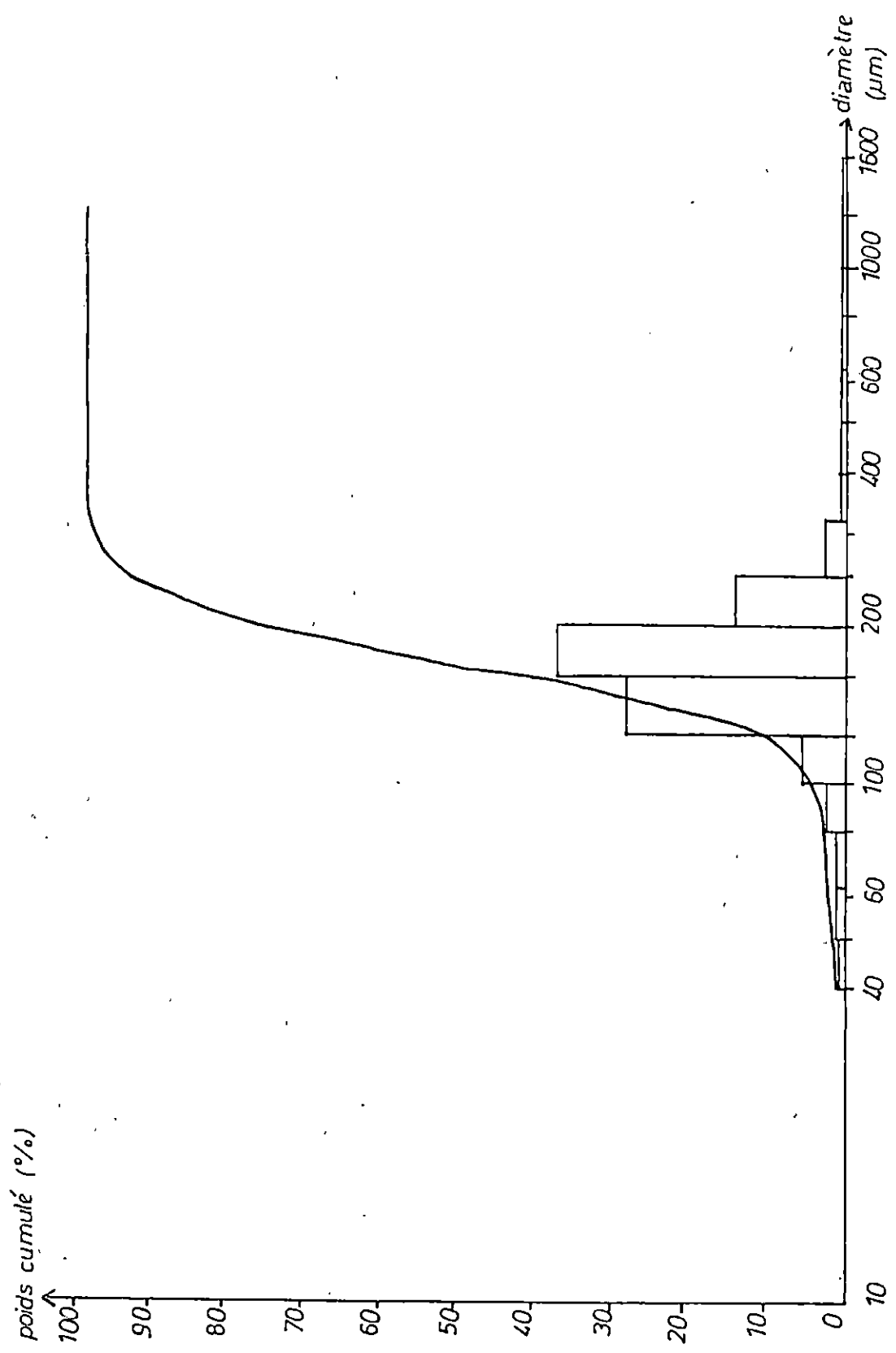


FIG.17: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 7 - station 1)

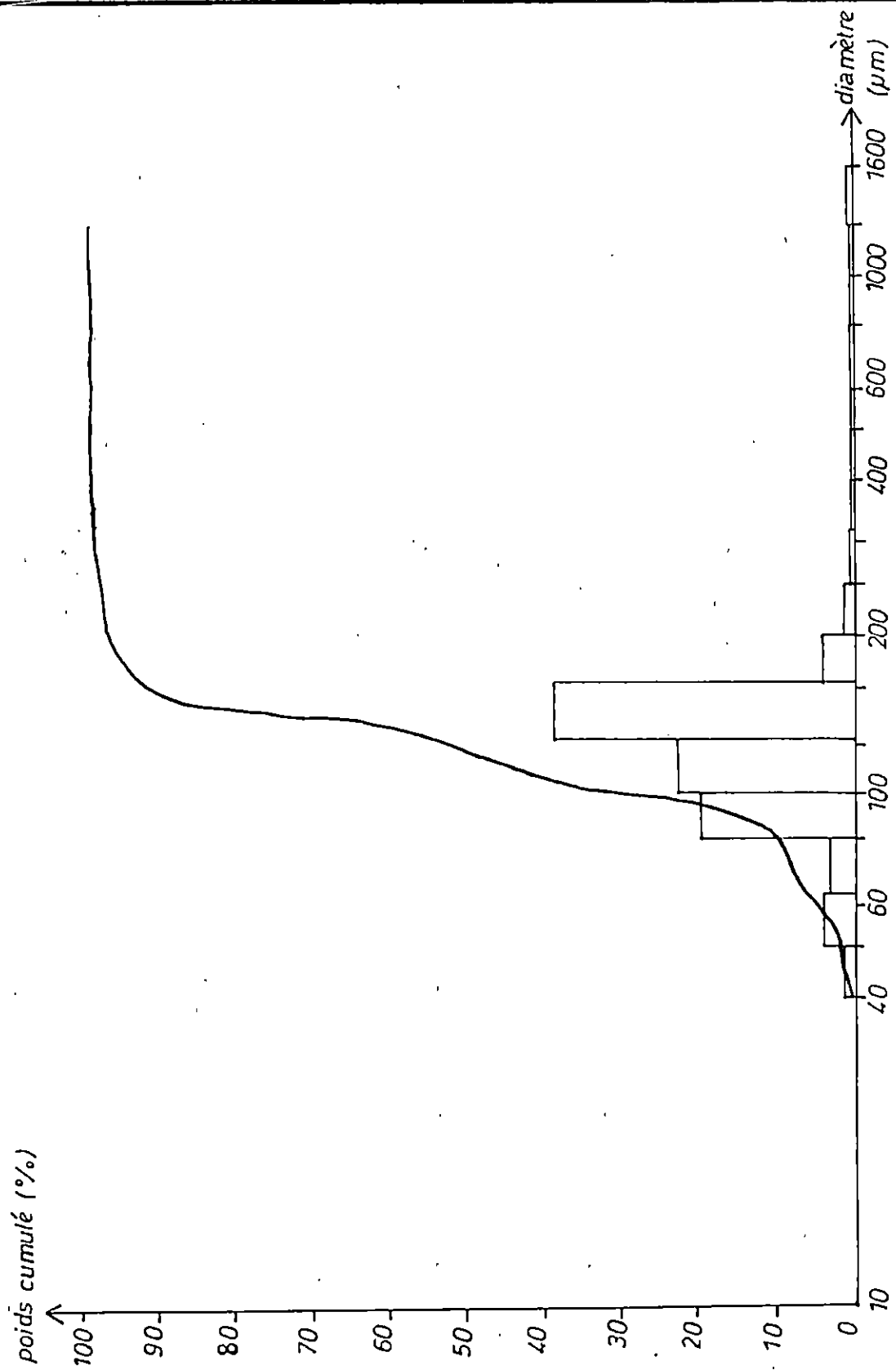


FIG.18: COURBE CUMULATIVE PLURIMO -
DALE ET HISTOGRAMME DE
FRÉQUENCE (radiale 7-station 2)

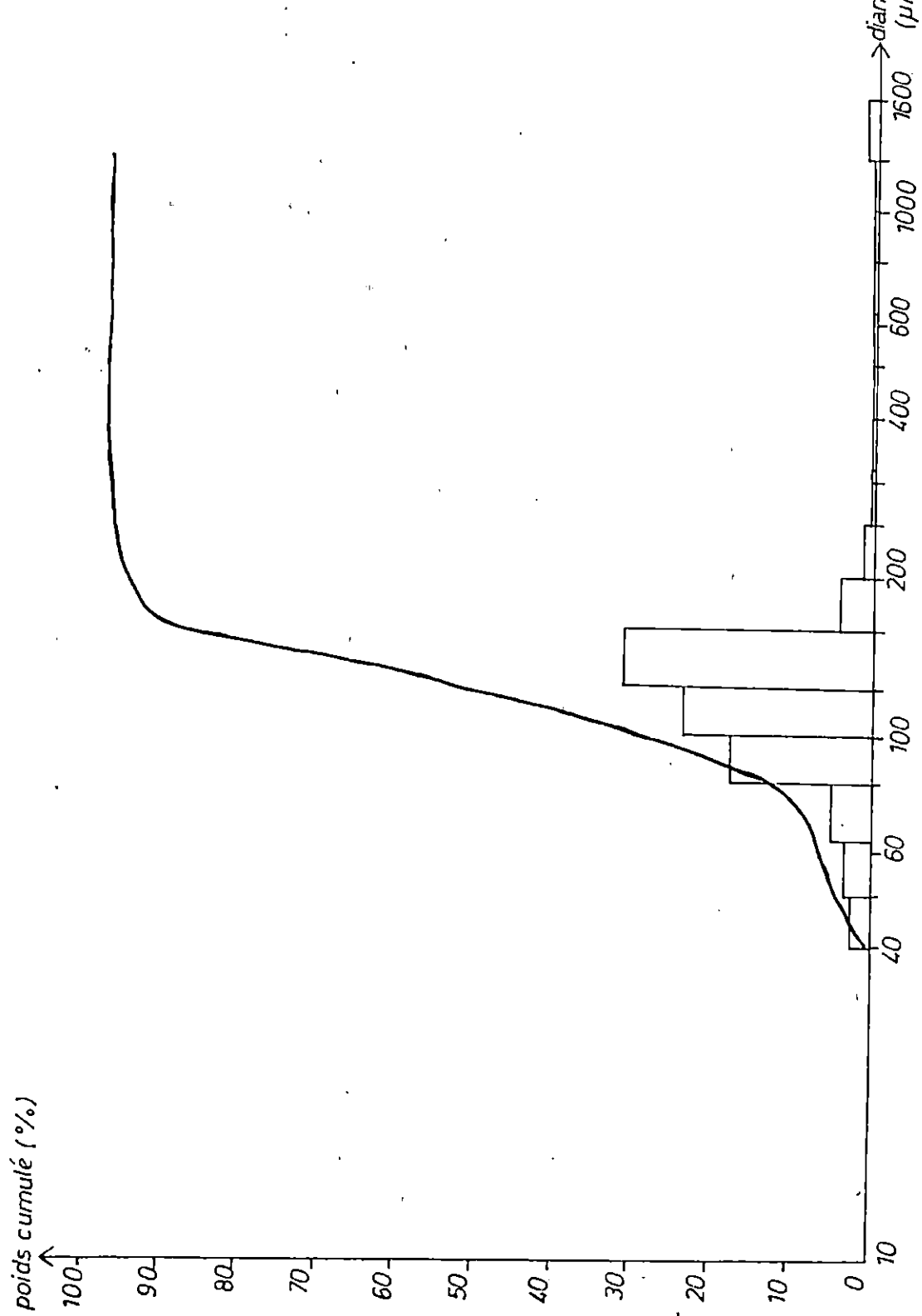


FIG.19: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 7-station 3)

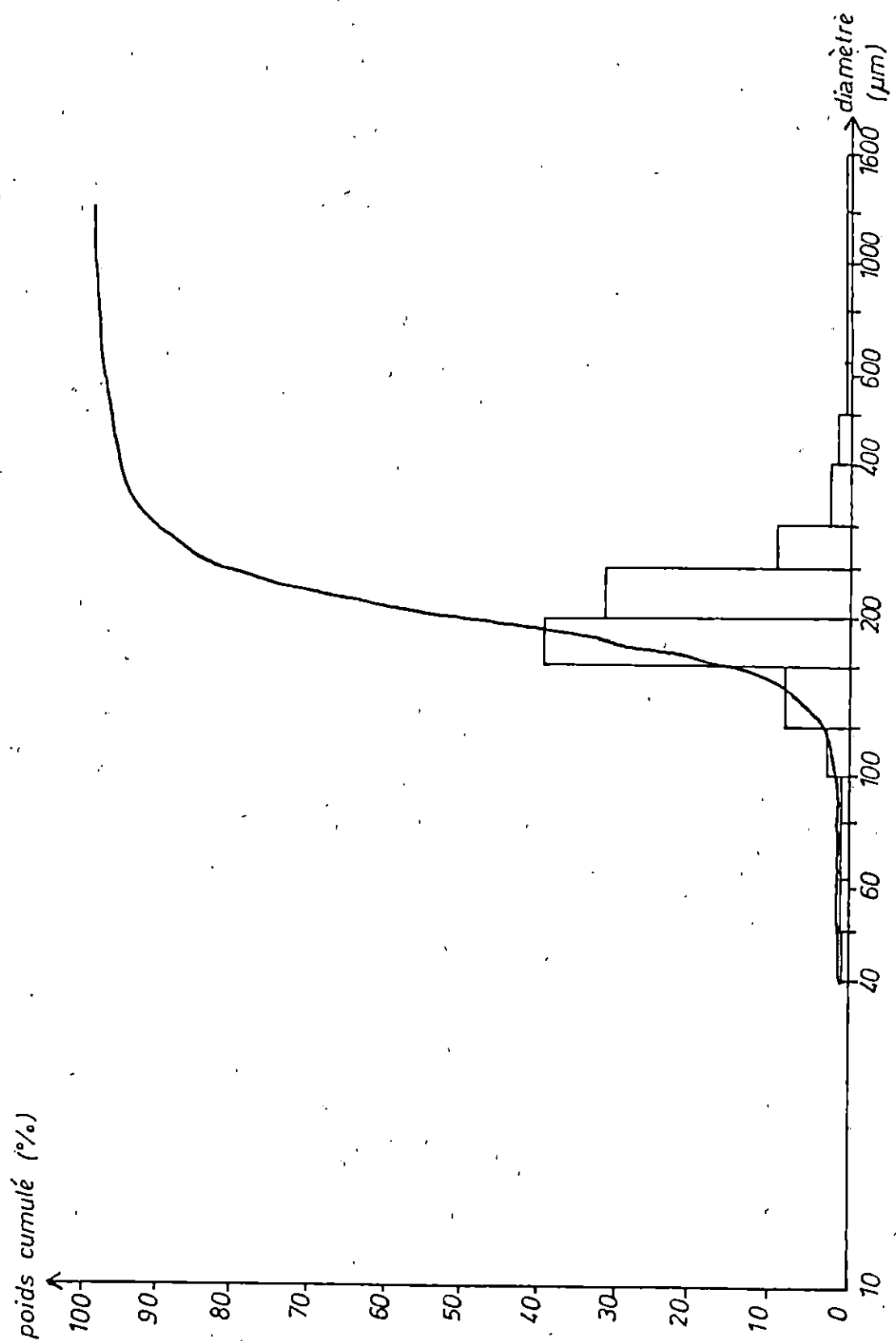


FIG.20: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 8-station1)

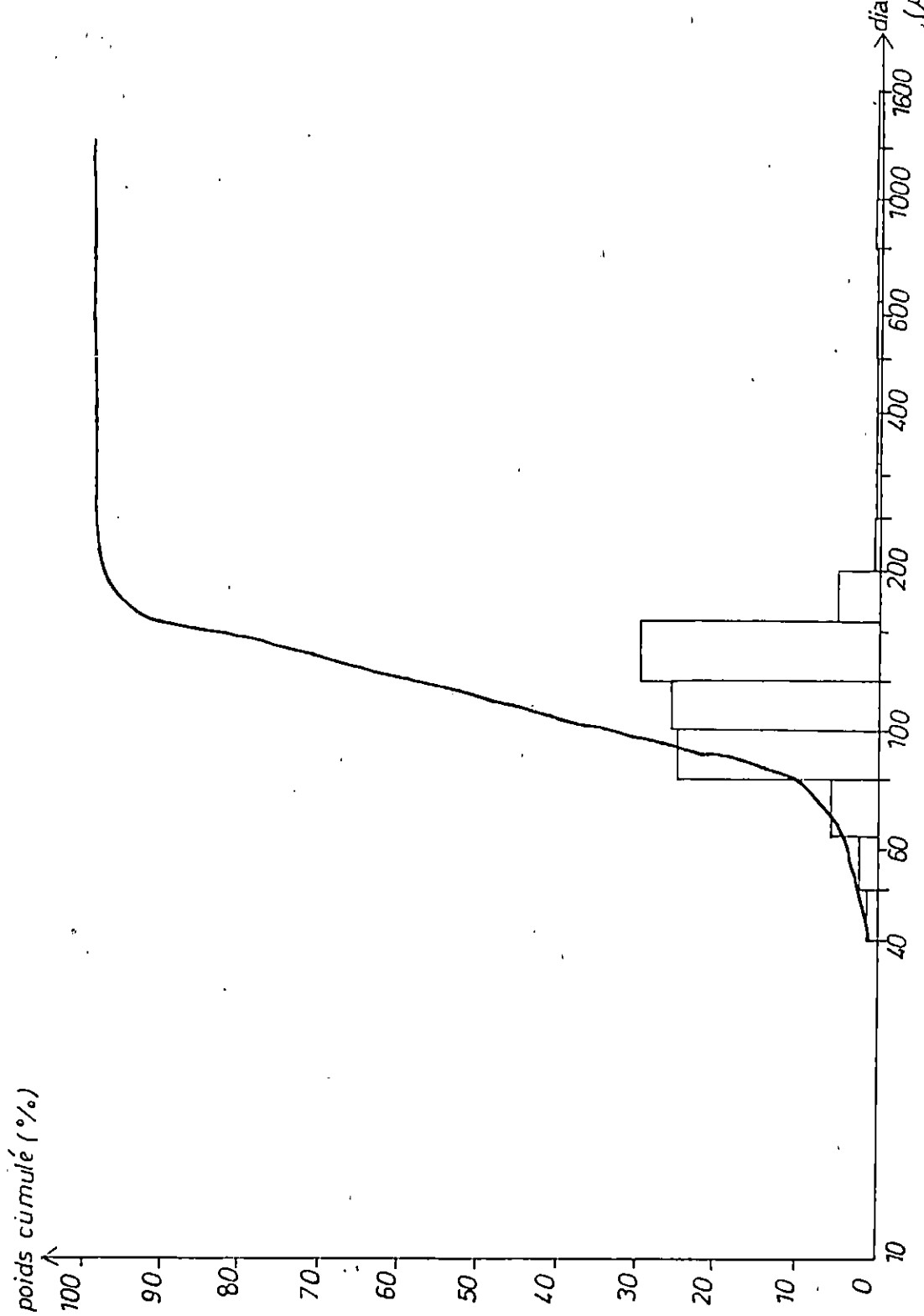


FIG. 21: COURBE CUMULATIVE UNIMODALE ET HISTOGRAMME DE FRÉQUENCE (radiale 8-station 2)

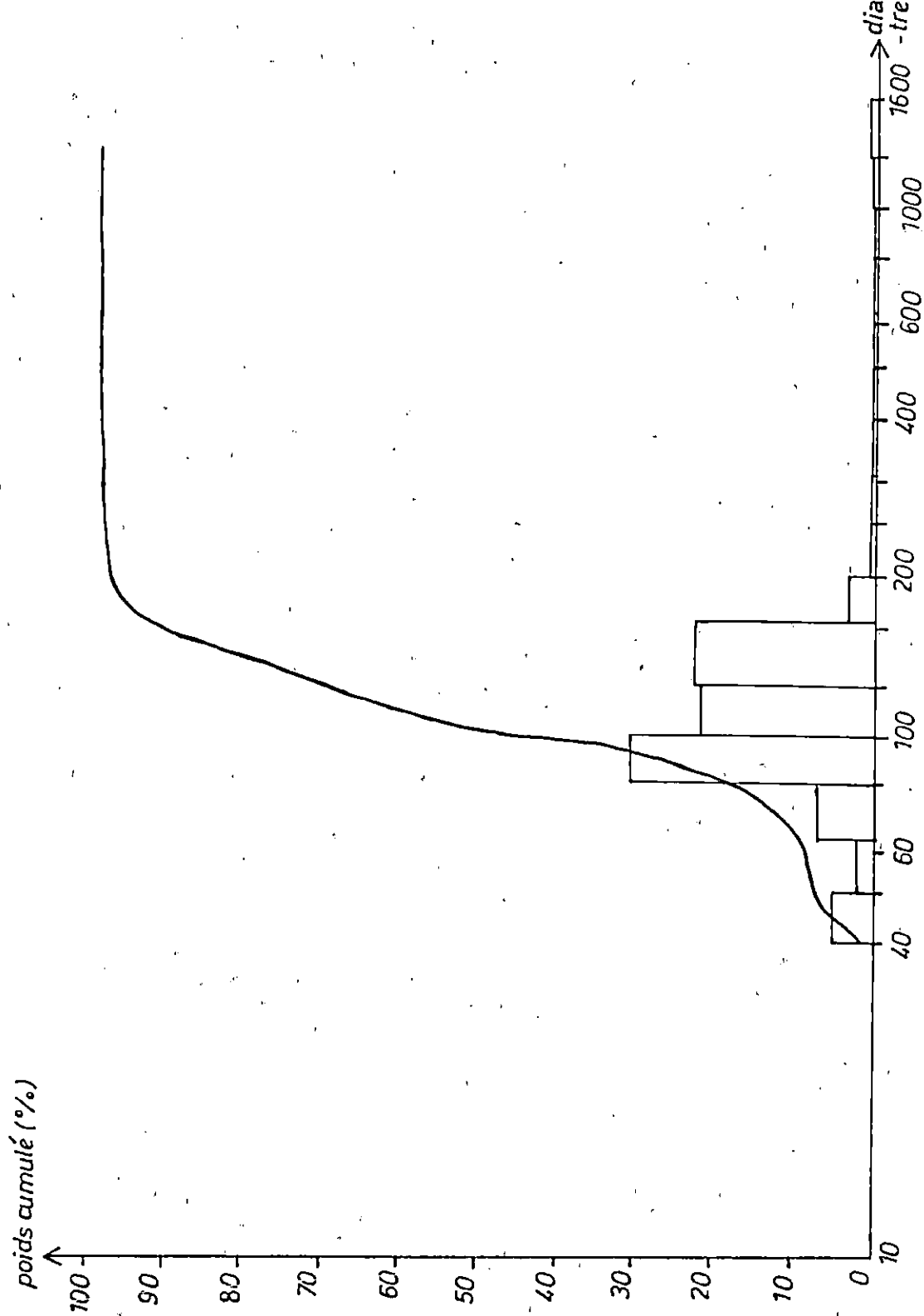


FIG. 22: COURBE CUMULATIVE PLURIMO-
-DALE ET HISTOGRAMME DE
FRÉQUENCE (radiale 8 - station 3)

Afin de déterminer le nombre le plus probable (NPP) selon des indices ci-après, nous utilisons la combinaison des tubes positifs dans la série finale de trois tubes. La table vaut pour des quantités d'échantillon de 10, 1, et 0,1 ml respectivement.

Combinaison du tubes Positif	Nbre le plus probable / 100 ml	Limite de confiance de 95 %	
		Inférieure	Supérieure
0.0.0	< 3	-	-
0.0.1	3	< 0.5	9
0.1.0	3	< 0.5	13
0.2.0	-	-	-
1.0.0	4	< 0.5	20
1.0.1	7	1	21
1.1.0	7	1	23
1.1.1	11	3	36
1.2.0	11	3	36
2.0.0	9	1	36
2.0.1	14	3	37
2.1.0	15	3	44
2.1.1	20	7	89
2.2.0	21	4	47
2.2.1	28	10	150
2.3.0	-	-	-
3.0.0	23	4	120
3.0.1	39	7	130
3.0.2	64	15	380
3.1.0	43	7	210
3.1.1	75	14	230
3.1.2	120	30	380
3.2.0	93	15	380
3.2.1	150	30	440
3.2.2	210	35	470
3.3.0	240	36	1300
3.3.1	460	71	2400
3.3.2	1100	150	4800
3.3.3	≥ 2400	-	0

Source : APHA - AWWA - WPCF : Standard methods for the examination of water and waste water

14 edition ; Waschington, D.C. 1975 (ref. 8).

1- <u>Eau peptonée</u> : composé de	Eau distillée	1 l
	Peptone tryptique	15 g
	NaCl	1 l

2- <u>Eau physiologique</u> :	Eau distillée	1 l
	NaCl	9 g

3- Oxydase = enzyme intervenant dans certains couples d'oxydo-réduction

4- Gélose : bouillon nutritif solidifié par addition d'agar-agar

Agar-agar ou gélose est un extrait desséché d'algues rouges.

Formules : - Macération de viande		1 l
(ou eau distillée + extrait de viande q.s.)		
- Peptone tryptique		15 g
- NaCl ou KCl		5 g
- Agar		15 à 20 g

5- Milieu Hektoen : C'est un milieu utilisé pour l'isolement des Entérobactéries pathogènes. Ce milieu est commercialisé sous forme déshydraté (en g/l d'eau distillée).

Formule :	- Protéose	12 g
	- Extrait de levure	3 g
	- Chlorure de Sodium	5 g
	- Thiosulfate de sodium	5 g
	- Sels biliaires	9 g
	- Citrate de fer ammoniacal	15 g
	- Salicine	2 g
	- Lactose	12 g
	- Saccharose	12 g
	- Fuschine acide	0.10 g
	- Bleu de bromothymol	0.065 g
	- Agar	14 g

6- Milieu de Rothe : Ce milieu est utilisé pour la détermination quantitative des Streptocoques fécaux dans l'eau, il est utilisé dans d'autres domaines où se justifie un contrôle de pollution fécale. Ce milieu contient de l'azide de sodium comme agent sélectif.

Formulé:	- (en g/l d'eau distillée	
	- Hydrolysate tryptique de caseine	12.6 g
	- Peptone bactériologique	8 g
	- Glucose	5 g

- Chlorure de sodium	5 g
- Phosphate dipotassique	2.7 g
- Phosphate monopotassique	2.7 g
- Azide de sodium	0.2 g

7- Milieu Litsky : Ce milieu contient de l'azide de sodium et de l'éthyl violet

Formule: - (en g/l d'eau distillée)	
- Peptone	20 g
- Glucose	5 g
- Chlorure de sodium	5 g
- Phosphate dipotassique	2.7 g
- Phosphate monopotassique	2.7 g
- Azothhydrate de sodium	0.3 g
- Ethyl violet	0.0005 g

8- Réactif de Kovacs : Sert à mettre en évidence la production d'indole.

Formule: - Paradiméthylamino-benzaldéhyde	5 g
- Alcool amylique	75 ml
- HC1	25 ml

9- Milieu BCPL : Ce milieu permet de différencier les espèces qui fermentent le lactose et celles qui ne le fermentent pas .

Formule: - Peptone	5 g
- Extrait de viande	3 g
- Lactose	10 g
- Agar	15 g
- Pourpre de bromocrésol	0.025 g

10- Milieu Shubert : C'est un milieu liquide utilisé pour la colimétrie. Il permet la confirmation directe de E.Coli après 24h d'incubation.

Formule: - Peptone bactériologique	10 g
- Chlorure de sodium	5 g
- Phosphate dipotassique	2 g
- Citrate ferrique	1 g
- Citrate de sodium	1 g
- Lactose	10 g
- Désoxycholate de sodium	1 g
- Rouge neutre	0.03 g
- Agar	15 g

11- Milieu Urée - Indole : La recherche d'une uréase consiste à constater l'alcanisation d'un milieu contenant de l'urée. La présence d'uréase est indiquée directement par la coloration rouge du milieu.

La recherche de la production d'indole présente surtout un intérêt pour la caractérisation des genres *Escherichia*, *Providencia*, *Vibrio*, etc...

12- Le test ONPG : C'est une méthode simple et rapide qui permet de chercher directement l'enzyme (E) qui est une enzyme intracellulaire capable de scinder la molécule de lactose en glucose et galactose.

Formule:	- (Solution)	
	- Orthonitrophényl β - D galactopyranoside	2 ml
	- Eau distillée	80 ml
	- Phosphate monosodique	6.9 g
	- Eau	45 ml

13- Milieu T.S.I : Ce milieu sert à l'identification des salmonelles.

Formule:	- Extrait de viande de boeuf	3 g
	- Extrait de levure	3 g
	- Peptone pancréatique de caséine	20 g
	- Chlorure de sodium	5 g
	- Lactose	10 g
	- Glucose	1 g
	- Saccharose	10 g
	- Sulfate ferreux ammoniacal	0.5 g
	- Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	0.5 g
	- Rouge de phénol	0.025 g
	- Gélose	12 à 18 g
	- Eau distillée q.s.p	1000 ml

14- Milieu KIA : Ce milieu permet de confirmer la fermentation du glucose (caractère d'identification de famille, avec ou sans production de gaz) et d'orienter l'identité du genre par l'étude de l'attaque du lactose et de production d' H_2S .

Composition :	- (g/litre)	
	- Extrait de viande	3 g
	- Extrait de levure	3 g
	- Peptone de caseine	15 g
	- Peptone de viande	5 g
	- Lactose	10 g
	- D (+) - Glucose	1 g
	- Citrate ferrique ammoniacal	0.5 g
	- Chlorure de sodium	5 g
	- Thiosulfate de sodium	0.5 g
	- Rouge de phénol	0.024 g
	- Agar -agar	12 g