

**EVOLUTION DE LA FLORE BACTERIENNE
DE L'ESTUAIRE DE L'ELORN**

Monique POMMEPUY



CNEXO-COB

Octobre 1983

ELGMM

Université de PARIS SUD

U.E.R. d'HYGIENE et de PROTECTION de l'HOMME et de son ENVIRONNEMENT

D. E. A. DE MICROBIOLOGIE

EVOLUTION DE LA FLORE BACTERIENNE DE
L'ESTUAIRE DE L'ELORN

Monique POMMEPUY

1 9 8 3

P L A N

I. BIBLIOGRAPHIE	1
II. MATERIEL et METHODES	11
III. RESULTATS	20
1. Paramètres physico-chimiques	20
2. Numérations sur milieu Dirgalski	23
3. Numérations sur autres milieux	31
4. Filtrations différentielles	35
5. Etude des profils et des flores	37
IV. CONCLUSION	42

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

Les estuaires, zones de mélange d'eaux douces et d'eaux marines, ont, de tout temps, été l'objet de multiples activités, tant industrielles que maricoles (élevage de coquillages, pêche, ...)

L'agglomération, autour d'une zone relativement fermée, d'une population humaine et de ses activités, a des conséquences obligatoires sur la faune et sur la flore de l'estuaire et, en particulier, sur les populations bactériennes.

En effet, le rejet d'eaux usées, fortement chargées en bactéries contaminantes et en matière organique, dans une zone où le renouvellement des eaux se fait de façon relativement lente, favorise la survie des bactéries étrangères au milieu. De même, les apports en éléments nutritifs modifient la flore marine autochtone. Enfin, la présence de larges vasières, où s'accumulent les nutriments et les bactéries, peut être un facteur de modification.

L'objet de ce travail est d'étudier la flore marine d'un estuaire à fort marnage, et son évolution lors des modifications saisonnières : variation du débit de l'Elorn, pénétration plus ou moins intense de l'eau marine, selon les coefficients de marée, enfin, rôle des sédiments et des matières en suspension.

I. BIBLIOGRAPHIE

De nombreux estuaires dans le monde ont donné lieu, ces dernières années, à diverses publications. La plupart sont des études strictement microbiologiques, certaines ont tenté d'expliquer les résultats obtenus dans le contexte estuarien, à savoir l'influence des variations des différents paramètres physico-chimiques sur les numérations réalisées ou sur les espèces isolées, de même que sur la mortalité ou la survie des bactéries pathogènes.

Les travaux les plus nombreux réalisés dans ce sens l'ont été à l'étranger.

La Chesapeake Bay, le plus grand estuaire de la côte atlantique des Etats Unis, a donné lieu à de nombreuses études et publications :

SAYLER et al. (1975) ont étudié la flore totale des bactéries aérobies hétérotrophes vivantes et les germes tests (coliformes fécaux CF, coliformes fécaux SF, coliformes totaux CT). Ils observent que, dans cet estuaire, il n'y a pas de corrélation entre les niveaux de contamination et la salinité, la température ou les concentrations en matières en suspension. Cependant, une proportion significative de bactéries hétérotrophes vivantes (53 %) et de CF et SF (80 %) est directement associée aux matières en suspension. Ils constatent également la survie prolongée des SF dans les sédiments.

CARNEY et al. (1975), sur un site plus en amont de ce même estuaire (Rhode river) ont étudié pendant un an l'existence et les variations saisonnières des germes tests et des bactéries pathogènes (*Salmonella spp.* et *Clostridium botulinum*). Ils montrent l'extrême variabilité des numérations selon les saisons (10^2 à 10^5 /ml), avec un maximum en hiver, variable selon les sites. La présence de *Salmonella spp.* n'a pu être mise en évidence ; par contre, *Clostridium botulinum* a été détecté dans 12 % des prélèvements.

ERKENBRECHER, C.W. (1981) étudie les variations spatio-temporelles des distributions et la composition de la flore bactérienne dans le sédiment et l'eau surnageante du Lynn Haven, estuaire situé dans la partie aval de la Chesapeake Bay.

Des fluctuations marquées sont observées : ainsi, les plus faibles contaminations correspondent aux eaux à forte salinité et aux sédiments grossiers de l'estuaire externe ; tandis qu'en amont, là où les effets de la marée se font le moins sentir, les contaminations sont très élevées. Les densités en germes tests sont toujours significativement plus fortes dans le sédiment que dans l'eau, quelle que soit la position du point de prélèvement dans l'estuaire. Cet auteur conclut que la pollution, dans ce cas, est d'origine essentiellement agricole et urbaine, le sédiment jouant le rôle de véritable réservoir de bactéries.

GUNN et al. (1982), dans une note sur l'isolement et le dénombrement des Cocci Gram positifs, indiquent que le rapport bactéries hétérotrophes totales/Cocci, faible en mer ouverte ≈ 10 , est supérieur à 2 000 dans la Chesapeake Bay ; ils observent également une association de ce rapport avec la salinité et la distance côte - large. 92 % des Cocci isolés sont des *staphylocoques* (*hominis* - like et *epidermidés*) ; *Micrococcus spp* et *Streptococcus spp* furent rarement isolés dans l'eau, sauf dans les zones de rejet.

Les travaux de COLWELL et al. (1981) et de KAPER et al. (1979-1981) sur *Vibrio parahaemolyticus* et *Vibrio cholerae*, réalisés sur des cycles annuels, mettent en évidence le rôle des périodes de sédimentation et de remise en suspension, ainsi que celui du phytoplancton. Ils montrent que ces vibrions sont trouvés surtout en été, lorsque les eaux ont une température supérieure à 15°C, température optimale pour leur multiplication qui se fait essentiellement à basse salinité (4 à 17 ‰ pour *Vibrio parahaemolyticus*, par exemple). Les concentrations de ce germe dans l'eau varient entre 0,04 et 46/100 ml, tandis que, dans le sédiment, elles peuvent être supérieures à 10³/100 cc. Si les corrélations entre salinité et *V. parahaemolyticus* sont bien mises en évidence dans toutes ces études, par contre, on n'a pas pu démontrer l'existence de corrélations avec les coliformes fécaux, ce qui amène les auteurs à conclure que, en l'absence de maladies humaines dues à ces germes, ces vibrions sont des espèces autochtones de la Chesapeake Bay ; ils survivent et se multiplient dans cet environnement naturel. La présence de ces vibrions sur les côtes des U.S.A. a été constatée fréquemment ; ainsi, MOLTES (1983) a pu isoler le *Vibrio cholerae*, type Ogawa dans les eaux d'un autre estuaire de Floride (Apalachicola Bay).

Le Newport River Estuary (Caroline du Nord) a donné lieu, également, à de nombreux travaux : PALUMBO et al. (1978) et FERGUSON et al. (1977-79) se sont intéressés à la flore microbienne totale. Ils observent que, dans cet estuaire, les comptages ne diminuent pas brutalement avec la salinité, les bactéries se comportant comme un paramètre conservatif ;

Ils observent également que le haut estuaire peut être considéré comme une source de bactéries (présence de marais, croissance in situ, re-suspension à partir du fond). Dans cette zone, l'activité hétérotrophe des bactéries est plus élevée que dans le reste de l'estuaire. Ils notent que l'augmentation des teneurs en matières en suspension s'accompagne d'une augmentation des concentrations bactériennes.

Le Détroit de Géorgie et le Fraser River Estuary, au Canada, ont été également étudiés ces dernières années :

CHURCHLAND et al. (1982) se sont intéressés à quatre sites du Fraser River pendant un cycle de marée. Ils montrent l'influence des courants sur la contamination de cet estuaire, le flot apportant de véritables bouffées d'eaux usées, issues des zones de rejet. Ces auteurs indiquent les excellentes corrélations trouvées entre les numérations en coliformes fécaux et les concentrations mesurées en Coprostanol et Cholesteroi.

BELL et al. (1981) et ALBRIGHT (1983), étudient les concentrations des bactéries libres par rapport à celles attachées au matériel particulaire, dans le même estuaire et dans le détroit de Géorgie. Environ 60 % de la biomasse bactérienne et de l'activité hétérotrophe sont associés aux matières en suspension dans la partie turbide du Fraser (salinité 0 ‰); les bactéries, qu'elles soient libres ou attachées, représentent l'essentiel de la biomasse et de la production de cette partie de l'estuaire. L'influence des bactéries attachées décroît vers l'aval en même temps que la salinité augmente. Dans le détroit de Géorgie, les bactéries, pour la plupart libres, ne représentent plus que 4 % de l'ensemble de la biomasse et 25 % de la productivité qui est alors essentiellement assurée par le plancton.

Les études sur le Humber Estuary, en Grande Bretagne, abordent le sujet précédemment évoqué, à savoir le problème des bactéries libres ou attachées :

GOULDER (1976-77), observe que, pendant les périodes de vive-eau, les concentrations en matières en suspension dans l'estuaire sont élevées et que les bactéries sont, pour la plupart, attachées aux particules. Le nombre de bactéries attachées augmente avec la turbidité, alors que la partie libre est constante, c'est-à-dire indifférente aux variations des concentrations en matières en suspension. Le potentiel de minéralisation

du glucose pour les bactéries attachées est plus élevé que pour les libres, ce qui suggère que les premières sont essentiellement responsables de l'évolution de la matière organique dans l'estuaire. Des observations, réalisées par cet auteur, montrent que, lorsque les turbidités sont faibles, le nombre de bactéries libres est plus important que celui des bactéries attachées.

Dans leurs dernières publications, GOULDER et al. (1979-80) constatent qu'il peut y avoir des modifications de ce schéma, dues à des polluants toxiques (métaux lourds) inhibant localement les bactéries. Pour les zones proches d'un rejet d'effluent d'une usine de traitement de métaux, l'activité bactérienne, généralement corrélée avec la pollution organique, ne l'est plus tandis que des relations négatives apparaissent avec les fortes concentrations en métaux (Cu, Pb, Zn).

L'appréciation qualitative de la flore des rejets des effluents est importante pour la compréhension de la contamination ; Dans ce même Humber Estuary, AYRES (1978) a isolé très fréquemment, quelle que soit la saison, *Vibrio parahaemolyticus*, ce qui lui fait conclure qu'il existe une source permanente de pollution (décharge d'un effluent d'usine traitant des crustacés d'importation)

Les études sur le Severn Estuary, réalisées par ANSON (1975) et WARE (1979) méritent également d'être citées, bien que plus générales, et ne s'intéressant qu'aux coliformes fécaux et aux bactéries aérobies hétérotrophes. Des répartitions spatiales de ces bactéries sont obtenues dans différentes conditions de mesures ; l'extrême variabilité des distributions est due à l'effet des courants de marée. Ces auteurs remarquent que les coliformes fécaux rejetés par les égouts disparaissent plus vite que les bactéries non coliformes.

GAMESON (1978-80), note également l'effet des paramètres physico-chimiques (vagues, état de la mer, radiations solaires) sur les niveaux de contamination des eaux côtières et estuariennes anglaises.

L'étude de la pollution d'un autre estuaire anglais, le Firth of Forth, par READ (1982) montre l'importance des rejets urbains sur la pollution des zones estuariennes. Cet auteur démontre qu'il a suffi de réduire la teneur en matière en suspension de 60 % dans un effluent urbain pour voir la pollution de cet estuaire décroître de façon significative en turbidité, nutriments et contamination fécale.

En France, il existe également des études récentes (rade de Brest, Loire) ou en cours (Loire, Gironde, Seine, Nord-Pas de Calais):

OTTMANN et al. (1979) et FRESNEL (1978) ont démontré que, dans l'estuaire de la Loire, les phénomènes hydrodynamiques régissent la pollution bactérienne. En effet, le bouchon vaseux, zone de forte turbidité (>100 mg/l) et la concentration bactérienne qui l'accompagne, se déplacent dans tout l'estuaire et conditionnent donc les phénomènes de pollution et d'auto-épuration au gré des saisons. Ce rôle est complexe ; en effet, le bouchon vaseux a un effet épurateur vis-à-vis des zones situées en aval, et un effet d'accumulation au sein même de l'estuaire. En été, par exemple, il piège des bactéries à l'endroit où il stagne, près de la ville de Nantes. Lors des crues d'hiver, ou au printemps, le bouchon vaseux, expulsé dans l'estuaire externe, dissémine ses réserves accumulées en bactéries vers les plages et les zones conchylicoles.

MARTIN-BOUYER et al. (1973) et VEIGA PIRES et al. (1975) ont étudié la pollution organique et bactérienne (coliformes fécaux, *E. coli*, enterocoques) dans la rade de Brest. Des variations saisonnières marquées de la pollution organique sont observées, avec un maximum en juin-juillet, tandis que les variations hebdomadaires sont très faibles à nulles. L'influence de la marée ne s'exerce que sur la salinité et non pas sur les indicateurs de pollution. Cette étude aboutit à une classification des sites, classification qui a été refaite en 1976 par d'autres travaux (SEPBN).

De cette revue bibliographique, il ressort, malgré la grande disparité des approches, quelques grands traits concernant la microbiologie des estuaires :

Tout d'abord, selon la flore microbienne étudiée, on obtient les résultats suivants :

- la flore totale (bactéries aérobies hétérotrophes) permet d'apprécier l'activité bactérienne générale dans les estuaires ; les concentrations sont plus élevées en amont (salinité faible à nulle) qu'en aval et sont sujettes à des variations saisonnières ;
- les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et, surtout, *E. coli*, renseignent sur la pollution de l'estuaire ; leur présence et leur densité sont liées à différents facteurs, tels que :
 - . le volume et la proximité des rejets,
 - . les paramètres physico-chimiques (salinité, courants de marée, teneurs en matière organique).

- l'étude des vibrions est intéressante, car, outre leur possibilité d'être pathogènes, ils peuvent indiquer localement des transformations de la flore estuarienne ; ainsi, *Vibrio cholerae* ou *V. parahaemolyticus* se trouvent de façon permanente dans les zones côtières des U.S.A. et de certaines régions côtières de la Grande-Bretagne.

On peut tirer un autre enseignement de ces publications quant à l'importance des matières en suspension dans les phénomènes de survie des bactéries, aussi bien sous l'angle des concentrations (plus il y a de turbidité et plus les concentrations en bactéries semblent augmenter) que sous l'angle de la productivité des bactéries, les bactéries adsorbées paraissant jouer un rôle plus important dans l'écosystème estuarien que les bactéries libres.

Les travaux réalisés sur le sédiment montrent l'importance du captage des bactéries sur le fond des estuaires (GERBA et al., 1976 - IRVING, 1977, - LABELLE et al., 1980, - ERKENBRECHER, 1981). Ces auteurs observent que, dans le sédiment, on trouve 100 à 1 000 fois plus de bactéries que dans l'eau surnageante, quelles que soient les bactéries étudiées : germes tests, *E. coli* ou flore totale. Ceci est attribué à l'importance des teneurs en matière organique dans le sédiment. Ainsi, DALE (1974) et RUBLEE (1982) trouvent d'excellentes corrélations entre les bactéries et les concentrations en carbone organique. Dans ces conditions, BABINCHAK (1977) estime que la survie de *E. coli* peut être très longue, puisque, en laboratoire, les sédiments peuvent être gardés 4 jours à 4°C sans qu'un changement appréciable soit constaté dans les comptages. In situ, lorsque la température du sédiment est basse, les coliformes fécaux peuvent persister très longtemps. D'après IRVING (1977) ce serait l'atténuation de la lumière qui jouerait un rôle important dans la survie des coliformes fécaux en eau turbide et au fond. Cependant, d'autres facteurs, tels que certains corps chimiques (iode, excréments diverses par des organismes marins), les bactériophages, les prédateurs, interviendraient également (in CABANE, 1982).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBRIGHT L.J., 1983. Heterotrophic bacterial biomass activities and productivities within the Fraser River plume. *Can. Journ. of Fish. Aq. Sc.* Vol. 40, sup. 1 : 216-220.
- ALBRIGHT L.J., 1983. Influence of river-ocean plumes upon bacterioplankton production of the strait of Georgia. *British Columbia. Mar. Ecol. Progr. Ser.* Vol. 12 : 107-113.
- ANSON A.E., G.C. WARE, 1977. Microbiology of polluted estuaries with special reference to the Bristol Channel. *in Aquatic Microbiology* ed. Skinner F.A. and J.M. Shevan, Academic Press.
- AYRES P.A., G.I. BARROW, 1978. The distribution of *Vibrio parahaemolyticus* in British coastal waters : report of a collaborative study 1975 - 1976. *J. Hyg-Camb.* 80 : 281-294.
- BABINCHAK J.A., J.T. GAIKOVSKI, S. DUDLEY, M.F. NITROWSKI, 1977. Distribution of faecal coliforms in bottom sediments of the New York Bight. *Mar. Pollut. bull.* 8 : 150-153.
- BELL C.R., L.J. ALBRIGHT, 1981. Attached and free floating bacteria in the Fraser River Estuary, British Columbia, Canada. *Marine Ecology Progr. Ser.* 6 : 317-327.
- CABANE F., 1982. Bactériologie des eaux côtières. Rapport CNEXO/COB/ELGMM : 66 p. + 25 p. biblio.
- CARNEY J.F., C.E. CARTY, R.R. COLWELL, 1975. Seasonal occurrence and distribution of microbial Indicator and Pathogens in the Rhode River of Chesapeake Bay. *Applied Microb. Nov.* 1975, 30 n° 5 : 771-780.
- CHURCHLAND M., G. KAN, A. AGES, 1982. Variations in fecal pollution indicators through tidal cycles in the Fraser River Estuary. *Can. Journ. of Microbiology*, 28 n° 2 - 192 : 239-247.

- COLWELL R.R. et al., 1981. Occurrence of *Vibrio cholerae* serotype O1 in Maryland and Louisiana estuaries. *Applied and env. Microbiol.* Feb. 1981, 41 n° 2 : 555-558.
- DALE N.G., 1974. Bacteria in intertidal sediments : factor related to their distribution. *Limnology and Oceanography*, May 1974, 10 (3).
- ERKENBERCHER C.W., 1981. Sediment bacterial indicators in an urban shell fishing subestuary of the lower Chesapeake Bay. *Applied and Env. Microb.* Sept. 1981, 42 (3) : 484-492.
- FERGUSON R.L., A.V. PALUMBO, P.A. RUBLEE, 1977. Source and significance of suspended bacteria in the coastal zone. Annual Report to the Energy Res. and Dev. Adm. Beaufort Laboratory.
- FRENEL P., 1978. Relations entre l'hydrologie et les bactéries témoins de la contamination fécale dans l'estuaire externe de la Loire. Thèse de 3e cycle, Univ. Nantes, juin 1978.
- GAMESON A.L.H., 1978. Investigations of sewage discharge to some British coastal waters. Chapter 5.1. Bacterial distribution. Water Res. Center techn. rep. TR79 : 60 p.
- GAMESON A.L.H., D. MUNRO, 1980. Investigations of sewage discharge to some British coastal waters. Chapter 5.2. Bacterial distribution. Water Res. Center techn. rep. TR147 : 80 p.
- GERBA C.P., McLEODS J.S., 1976. Effects of sediments on the survival of *Escherichia coli* in marine waters. *Appl. Env. Microbiol.* 32 (1) 114-120.
- GOULDER R., 1976. Relationships between suspended solids and standing crops and activities of bacteria in an estuary during a neap-Spring-neap tidal cycle. *Oecologia (Berl.)* 24 : 83-90.
- GOULDER R., 1977. Attached and free bacteria in an estuary with abundant suspended solids. *Journ. of applied Bacteriology* 43 : 399-405.
- GOULDER R., A.S. BLANCHARD, P.L. SANDERSON, B. WRIGHT, 1979. A note on the recognition of pollution stress in Populations of estuarine bacteria. *Journ. of applied Bacteriology*, 46 : 285-289.
- GOULDER R., A.S. BLANCHARD, P.L. SANDERSON, B. WRIGHT, 1980. Relationships between heterotrophic bacteria and pollution in an industrialized estuary. *Wat. Res.* 14 : 591-610.

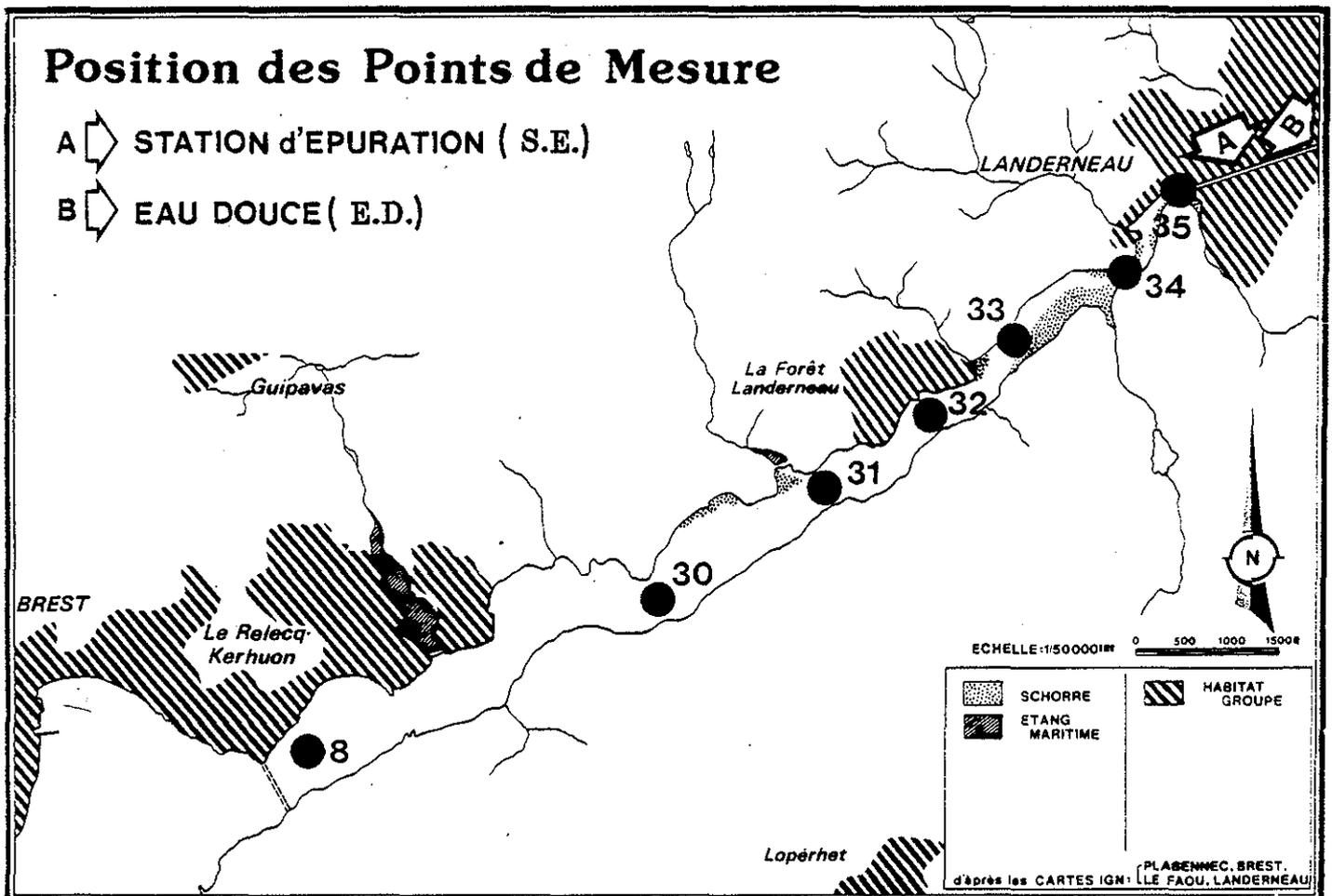
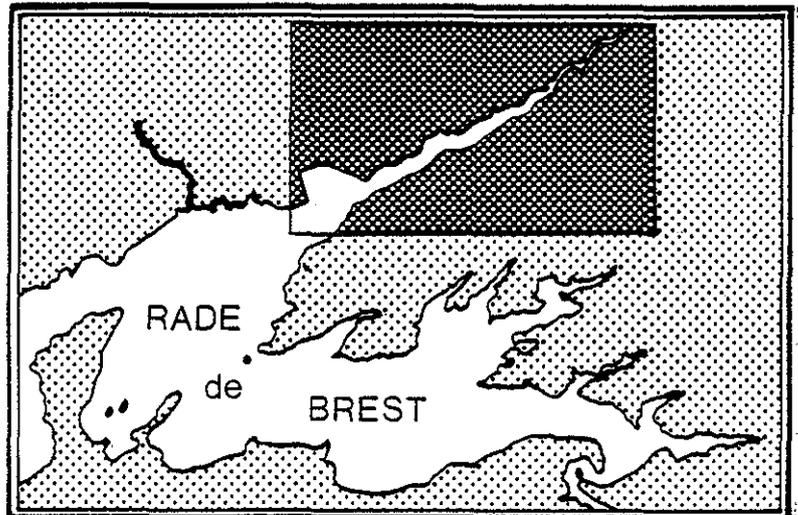
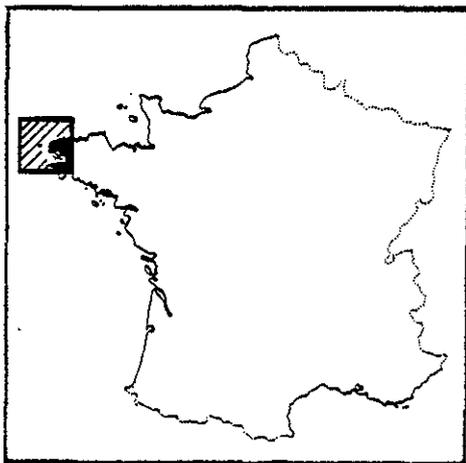
- GUNN B.A., F.L. SINGLETON, E.R. PEELE, R.R. COLWELL, 1982. A note on the isolation and enumeration of Gram positive cocci from marine and estuarine waters. *Journ. of applied Bacteriology*, 53 : 127-129.
- IRVING T.E., 1977. Preliminary investigation on the effects of particulate matter on the fate of sewage bacteria in the sea water. Res. center Techn. rep. TR55.
- KAPER J., H. LOWKMAN, R.R. COLWELL, S.W. JOSEPH, 1979. Ecology, Serology and Enterotoxin production of *Vibrio cholerae* in Chesapeake Bay. *Applied and Env. Microb.* Jan. 1979, 37 (1) : 91-103.
- KAPER J.B., E.F. REMMERS, H. LOCKMAN, R.R. COLWELL, 1981. Distribution of *Vibrio parahaemolyticus* in Chesapeake Bay during the Summer season. *Estuaries* 4 (4) : 321-327.
- LABELLE R.L. et al., 1980(b). Relationships between environmental factors, bacterial indicators and the occurrence of enteric viruses in estuarine sediments. *Appl. Env. Microbiol.* 39 (3) : 588-596.
- MARTIN BOUYER G. et al., 1973. Evaluation de la pollution des eaux de surface en plusieurs points, en relation avec les zones de conchyliculture de la rade de Brest. RIOM, tomes 31-32 : 91 p.
- MOLTES M.L., J.R. ZYWNO, A. DEPAOLA, R.E. BECKER, M.W. PRESNELL, 1983. Isolation of *Vibrio cholerae* serotype Ogawa from a Florida estuary. *Applied and Env. Microb.* Jan. 1983, 45 (1) : 321-322.
- OTTMANN F., J. QUERE et al., 1979. Etude de la concentration bactérienne par le bouchon vaseux dans l'estuaire de la Loire. Contrat CNEXO 77.1741 avec un complément de la D.D.E. 44 : 53 p + annexes.
- PALUMBO A.V., R.L. FERGUSON, 1978. Distribution of suspended bacteria in the Newport River Estuary, North Carolina. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.* 7 : 521-529.
- READ P.A., K.J. ANDERSON, J.E. MATTHEWS et al., 1982. Water quality in the First of Forth. *Mar. Poll. Bull.* 13 (12) : 421-425.
- RUBLEE P.A., 1982. Bacteria and microbial distribution in estuarine sediments. *In Estuarine Comparisons*. Ed. by V.S. KENNEDY. Ac. Press.

SAYLER G.S., J.D. NELSON, J.R.A. JUSTICE, R.R. COLWELL, 1975. Distribution and significance of fecal indicator organisms in the upper Chesapeake Bay. Applied Microb. Oct. 1975. 30 (4) : 625-638.

S.E.P.N.B., 1976. Pollution de la rade de Brest. D.D.E. : 187 p.

VEIGA-PIRES H, et al., 1975, Application de l'analyse factorielle en composantes principales au contrôle de la pollution des eaux de surface. RIOM, tomes 39-40, p. 11.

WARE G.C., A.E. ANSON, 1978. The bacteriology of the Severn Estuary. Coston pap (tidal power and estuary management) 30 : 273-278.



PRESENTATION du CADRE de l'ETUDE

II. MATERIEL ET METHODE

1. CADRE DE L'ETUDE

L'estuaire de l'Elorn est situé au Nord-Est de la Rade de Brest (cf. carte jointe). Son bassin versant (400 km²) draine une région où les activités agricoles, industrielles (agro-alimentaires) sont importantes.

En amont de Landerneau, cette rivière reçoit de nombreux rejets dont les principaux sont actuellement traités (station d'épuration de la coopérative agricole).

Le débit d'eau douce de l'Elorn à son arrivée au déversoir de Landerneau (point eau douce - B - sur la carte) est en moyenne 4 m³/s et a varié pendant notre étude de janvier à septembre 1983 de 3 à 15 m³/s.

Dans son cours maritime, l'Elorn reçoit deux rejets principaux : celui de la station d'épuration du Bois Noir (point - A - sur la carte) et celui d'une usine de traitement d'algues (entre les points 34 et 35).

L'estuaire est soumis aux fluctuations de la marée ; le marnage en aval varie de 3 m en morte eau à 7 m en vive eau, tandis qu'en amont, il n'est plus que de 1 à 4 m environ pour des conditions de marée respectivement identiques.

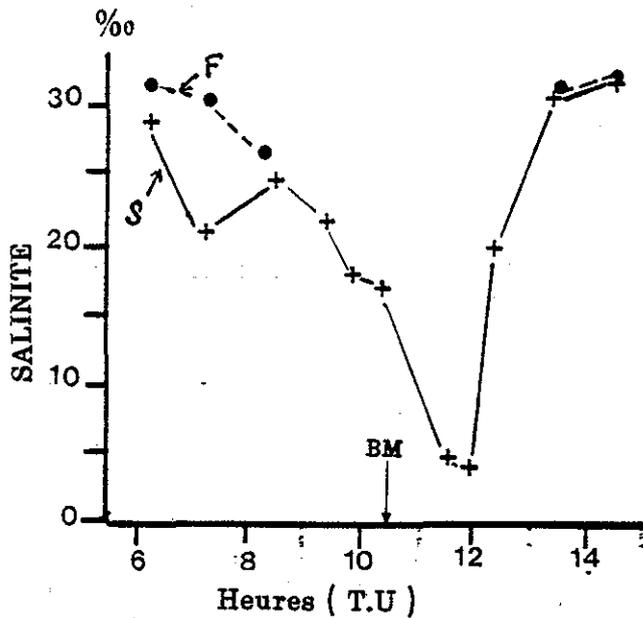
A marée haute le lit de l'estuaire varie d'une centaine à quelques centaines de mètres dans la plus grande partie de l'estuaire. La marée basse découvre de larges vasières, ne laissant plus qu'un chenal large de quelques dizaines de mètres et dont la profondeur est parfois inférieure à 1 m dans la partie amont (points 32 à 35).

Les courants dus à la marée et au débit de la rivière peuvent être élevés (1, 2 m/s en vive eau à mi-jusant) tandis qu'en morte eau, ils n'excèdent pas 40 cm/s.

La vitesse du courant a pour effet de remettre en suspension les sédiments du fond et des vasières ; et l'on peut observer la création d'un bouchon vaseux dynamique, dont l'extension et l'intensité dépendent du débit de la rivière et du coefficient de marée. Ces phénomènes ont déjà été très étudiés dans de nombreux estuaires français (Salomon J.C. 1983*).

* Salomon J. C., Allen G. P., rôle sédimentologique de la marée dans les estuaires à fort marnage. C F P notes et mémoires n° 18 - Paris 1983 - pp 35 - 44 - 14 fig.

Des mesures réalisées sur l'Elorn en 1983 rendent compte de ces phénomènes. La figure ci-dessous illustre les résultats obtenus le 9 août 1983 au point 33 : on note l'importance de la vitesse des courants ; l'augmentation de la turbidité 2 à 3 heures avant la basse mer accompagne la chute de salinité ; le phénomène de "bouchon vaseux" (turbidité > 100 mg/l) est visible pendant 4 à 5 heures.

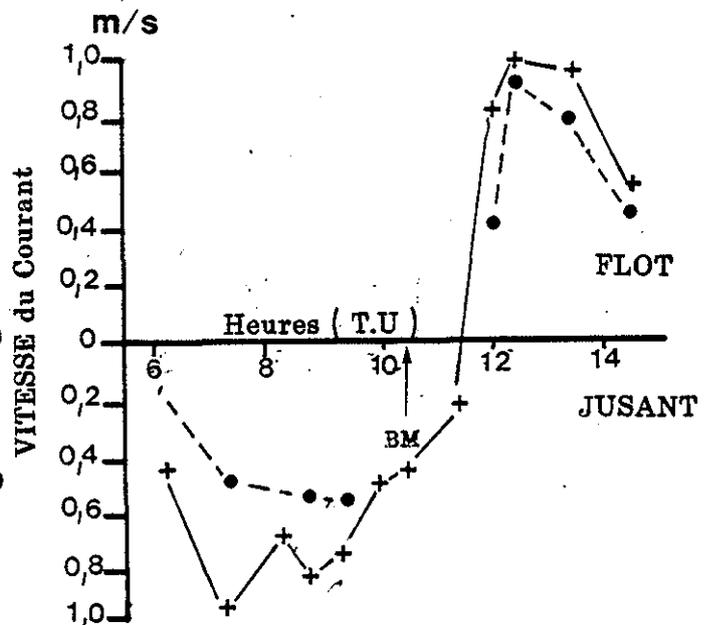
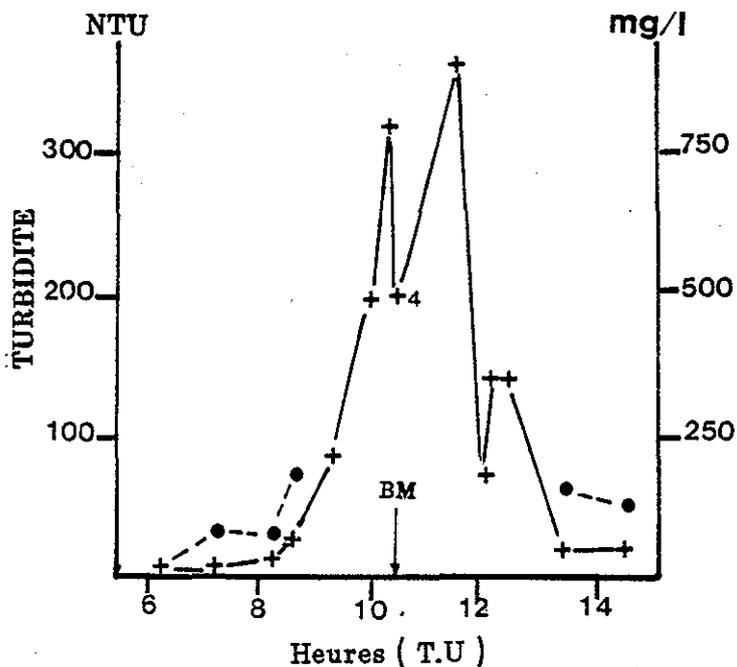


Evolution de la Salinite, de la turbidite
et de la vitesse du courant.

Estuaire de l'Elorn - Point 33 -

9 Aout 1983

Coef. Mares: 97-101
Debit Elorn: 3 m³/s



2. CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS

Plusieurs campagnes de prélèvements se sont déroulées du 15 janvier au 6 septembre 1983. Les deux premières ont permis d'établir la stratégie d'échantillonnage, de tester les milieux et les dilutions à utiliser pour l'étude microbiologique.

Le tableau ci-dessous résume les conditions de ces mesures.

Jours	Coef. de marée	Débit Elorn m ³ /s
15.01.83	54.58	9,5
25.02.83	85.85	12
1.03.83	110.108	6
22.03.83	49.45	7
19.04.83	61.55	8
17.05.83	75	14
21.06.83	63.65	5
06.09.83	90.97	3,5

Les prélèvements ont été réalisés en 7 points répartis le long de l'estuaire ; l'eau était prélevée à 1 m au dessus du fond et à 20 cm sous la surface à l'aide de bouteille stérile (méthode Arrondeau J. P* 1977), pour les analyses bactériologiques et d'une bouteille Niskin pour les analyses physico-chimiques.

Les stations étaient visitées de l'aval vers l'amont à basse mer et à pleine mer ; le temps total des prélèvements n'excédant pas 1h30 autour des étales de PM et de BM, ces mesures sont considérées comme synchrones. Lorsque la navigation n'était pas possible (à basse mer de vive eau, en amont) les prélèvements ont été réalisés depuis la rive.

A basse mer, on a pu prélever l'eau du rejet même de la station d'épuration. Enfin des échantillons ont été pris en amont du déversoir de l'Elorn à Landerneau.

* ARRONDEAU J.P., FRENEL P. P. LEDOUAREC, 1977. Méthodologie d'étude pour des eaux polluées, application à l'estuaire externe de la Loire. RIOM 47 : 141-146.

Des sédiments ont été prélevés à basse mer sur les vasières en bordure du chenal à l'aide de boîtes stériles.

Environ 200 échantillons d'eau et 30 prélèvements de sédiments ont été ainsi réalisés au cours de cette étude.

3. PROTOCOLE DE L'ETUDE

3.1 - Analyses physico-chimiques

Des analyses de salinité et de turbidité ont été faites dans les heures qui ont suivi les prélèvements.

. La Turbidité :

Cette analyse est réalisée à l'aide du turbidimètre HACH 2100 A. Les résultats sont donnés en unités NTU (unité de turbidité néphélométrique) un étalonnage réalisé par l'équipe Chimie-Pollution du C.O.B. permet de convertir ces résultats en mg/l.

. La Salinité :

Cette analyse a été faite, dans les heures suivant le prélèvement, au réfractomètre à main (R.A.M.) afin d'évaluer approximativement les dessalures (précision 2 ‰). Une meilleure précision est obtenue par la suite avec le salinomètre BECKMAN RS7C (0,05 ‰).

3.2 - Analyses Bactériologiques

Les échantillons sitôt prélevés étaient stockés au froid dans des glacières et acheminés sur Rennes, ils ont été ainsi traités entre 5 à 6 heures après leur prélèvement.

Le tableau joint résume le protocole des différents traitements réalisés sur ces échantillons :

- Filtration et ensemencement
- mise en culture
- repiquage pour l'isolement des souches
- identification des bactéries
- interprétation des résultats

PROTOCOLE DE L'ETUDE

PRELEVEMENTS EAU - SEDIMENTS

Analyses Physicochimiques

Analyses bactériologiques

Filtrations, fixations, examen au M.E.B.

Filtrations différentielles

Filtrations

Ensemencements au rateau

Analyses, Filtrations
Ensemencements

Milieux de sélection
et numération.

Isolement

Identification et mise
en évidence des caractères
de cultures

Interprétation des
résultats.

DD (24h à 37°C) D 42 (24h à 42°C) DS (48h à 25°C) TS (48h à 25°C) TCBS (24h à 37°C) CHAPMAN (48h à 37°C) ANAEROBIES KV-Perfringence (72h à 37°C)

TD (24h à 37) TD (24h à 42°C) TS (48h à 25°C)

↓
 API 20 E + souche API 20 E + souche API 20 E + souche
 + étude des caractères complémentaires

Eau peptonée sans sel

Réalisation de courbes et profils à partir des numérations
 Classement des résultats : profils
 Interprétation des identifications.

3.2.1 - Filtrations et ensemencement

Seuls les prélèvements de sédiments étaient ensemencés au rateau : une anse de 1 cc de sédiment était diluée dans 1 ml d'eau physiologique ; les numérations sont ramenées à 100 ml pour pouvoir être comparées aux résultats obtenus sur l'eau.

Trois types de filtration ont été réalisées à partir des prélèvements d'eau.

la filtration pour les numérations :

effectuée à l'aide d'une rampe millipore préalablement stérilisée à l'alcool et sur filtre cellulosique (millipore) dont les pores sont de 0,22 μ

Selon la turbidité, la charge bactérienne présumée et le milieu à ensemencer, différentes dilutions ont été utilisées :

	DD	D 42	DS	TS	TCBS	CHAPMAN	KV. *	Perf *
eau claire	1 10	1 100	1 10	10 ⁻¹ 1	10	1 10	10	10
eau trouble	10 ⁻¹ 1	1 10	10 ⁻¹ 10	10 ⁻² 10 ⁻¹	5	1 10 ⁻¹	1	1
Station d'épuration	10 ⁻² 1	10 ⁻¹ 1	10 ⁻¹ 1	10 ⁻³ 10 ⁻¹	1	10 ⁻¹	1	1

Chaque filtre était ensuite posé sur un milieu de culture et mis à incuber à une température et durant un temps correspondant à chaque milieu.

Deux filtrations ont été réalisées sur la plupart des milieux pour remédier aux grandes fluctuations de numérations propres aux estuaires.

Les milieux KV et Perf ont été immédiatement placés dans des jarres anaérobies et mis à incuber pendant 72 heures à 37 °c.

Les filtrations différentielles :

Elles ont été réalisées sur quelques points (8 - 31 - 33 - 35, eau de la station d'épuration et de l'Elorn (eau douce).

Filtration à 3 μ (filtres millipores) :

Les quantités filtrées étaient de 1 à 50 ml suivant la charge des eaux de l'estuaire ; l'eau de la station d'épuration était diluée à 10⁻².

*KV = Kana-vaneomycine

*Perf = milieu Perfringence

. Filtration à 0,22 μ

La filtration obtenue après passage à 3 μ était recueillie dans des Erlen-meyer stériles et refiltrée à 0,22 μ (filtres millipore). Les quantités filtrées variaient de 1 à 100 ml suivant les points.

L'emploi des filtres de porosité 0,22 μ permet de retenir l'ensemble des bactéries (contrairement aux filtres 0,45 μ); les quantités filtrées étant trop faibles pour colmater le filtre.

. Les Filtrations pour la microscopie à balayage

Quelques filtres en polycarbonates (nucléopores 0,22 μ de porosité) ont été utilisées pour l'observation des échantillons au microscope électronique à balayage. La méthode de fixation est détaillée par M. C. CHEVRIER (D.E.A. 1983).

3.2.2. Sélections des Bactéries

Les filtres ainsi obtenus ont été déposés sur différents milieux plus ou moins sélectifs et mis à incuber à différentes températures suivant les milieux (25° c, 37° c, 42° c) au bout de 24 h, 48 h, ou 15 jours, selon les cas ; le Nombre d'Unités Formant Colonies ayant poussé étaient comptées, les valeurs étant ramenées à 100 ml.

On passera ici rapidement en revue les différents milieux utilisés :

a) milieux Drigalski doux (DD - D 42)

Formule (par litre d'eau distillée) : peptone (15 g) extrait de viande (3 g) desoxycholate de sodium (1 g) thiosulfate de sodium (1 g) lactose (15 g) cristal violet (0,005 g) bleu de bromothymol (0,08 g) agar (11 g).

Le développement des bactéries Gram positifs est inhibé par le cristal violet. Ce milieu est donc sélectif des bacilles Gram négatifs dont on peut différencier les lactoses +, colonies jaunes (le plus souvent des *E. Coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*... etc) des lactoses -, colonies vertes ou bleues.

Ce milieu (appelé par la suite de l'exposé DD) est mis à incuber 24 h à 37° c.

On a également utilisé ce même milieu à 42° c pour isoler des coliformes fécaux (D 42).

b) Milieu Drigalski salé (DS)

Ce milieu a la même composition que le précédent mais on utilise l'eau de mer filtrée (0,22 μ) à la place de l'eau distillée.

Il favorise la croissance des bacilles Gram négatifs plus spécifiquement marins mais on isole également des bactéries halotolérantes.

c) Gélose trypticase salée (TS)

Formule (pour 1 litre d'eau de mer filtrée) : hydolysat trypsique de caséine (15 g) peptone de soja (5 g) chlorure de sodium (5 g) agar (15 g).

Sur ce milieu peu spécifique poussent les halotolérantes et les germes propres au milieu marin (*Aeromonas*, *Pseudomonas*) la numération se fait après 48 h d'étuve à 25° c.

d) T.C.B.S. (thiosulfate - citrate - bile de boeuf - saccharose) 88 g de poudre/litre.

formule : peptone (10 g) extrait de levure (5 g) citrate de sodium (10 g) thiosulfate (10 g) chlorure de sodium (10 g) bile de boeuf (8 g) citrate ferrique (1 g) saccharose (20 g) bleu de bromothymol (0,04 g) agar (14 g). P. M. 8.6.

Ce milieu est conseillé pour la culture des vibrions halophiles (Brisou J.F.* 1980), il permet de distinguer les bactéries saccharoses +, colonies jaunes (dont certaines sont *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*) des saccharoses - (*E. Coli*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*...).

e) Chapman

formule : peptone (10 g) extrait de viande de boeuf (1 g) chlorure de sodium (75 g) mannitol (10 g) rouge de phénol (0,025 g) agar (15 g) P.M. 7.5.

Mis à incuber pendant 48 h à 25° c, il permet d'isoler généralement les cocci Gram positifs (*Staphylocoques*, *Bacillus*...) En fait on y trouve également des bacilles Gram négatifs genre *Vibrio*... etc).

f) Milieux pour les bactéries anaérobies- Kana-Vanco (K.V.)

formule : 100 ml de gélose de Schadler pour 1 ml de supplément (10 mg de Kanamycine, 75 mg de vancomycine) 5 ml de sang de mouton stérile.

Ce milieu est sélectif des bactéroïdes.

- Perfringence sélective agar (Perf.)

formule pour un litre d'eau distillée : peptone (15 gr) caséine (10 gr) extrait de viande (10 gr) citrate ferrique (0,5 g) sulfide de sodium (0,5 g) sulfate de polymyxine (0,01 g) sulfadiazine de sodium (0,12 g) agar (13,9 g P.M 7 ±0.1

*Brisou J.F. : les bactéries marines 1983. Ed. Masson

Ce milieu est sélectif des *Clostridium*.

Les deux milieux sont mis à incuber en anaérobies à 37°C pendant 72h.

3.3 - Isolement des bactéries

Les numérations faites on procède à des repiquages pour l'isolement des souches à parti des milieux Drigalski : on a ainsi isolé pour chaque prélèvement 2 lactoses + et 2 lactoses - pour chaque milieu Drigalski.

Ces bactéries étaient mises à pousser soit sur trypticase douce à 37° C., à 42° C soit sur trypticase salée à 25° C selon leur origine (DD, D42, DS respectivement).

Sur les autres milieux on a procédé de différentes manières.:

A partir du milieu Chapman, on a réalisé des colorations de Gram qui ont montré le remplacement des cocci Gram positifs des eaux prélevées en amont par des bacilles Gram négatifs sur les eaux issues de la partie aval de l'estuaire. Ces remplacements de flore, montre qu'en zone estuarienne ce milieu ne se comporte pas comme un milieu sélectif, puisqu'on a un glissement progressif de l'aval vers l'amont d'une flore spécifique des rejets à une flore plus marine. Ces résultats rendent délicate l'interprétation des numérations obtenues.

Quelques oxydases ont été réalisées pour mettre en évidence les vibrions isolés sur le milieu TCBS.

Les isollements réalisés sur les milieux anaérobies confirment leur sélectivité puisque sur le milieu Kana-vanco 100 % les bactéries isolées sont des Bactéroïdes et sur le milieu perfringence des *Clostridium*s (toutes espèces confondues).

Sur le milieu TS on a testé l'halotolérance des colonies : ainsi pour chaque prélèvement 10 colonies ont été mises à pousser dans une peptonée sans sel.

3.4 - Identification des bactéries

L'étude des souches a été réalisée à l'aide des galeries A.P.I 20 E parallèlement à l'ensemencement des galeries, on a ensemencé des tubes pour garder des souches.

La galerie A.P.I. 20 E permet d'identifier les bactéries d'après leur réaction en présence de différents enzymes ou sucres :

. enzymes ONPG - ADH - LDC - ODC - CIT - H₂S - Urée - TDA - Ind - VP - Gel.

. sucres : Glu - MAN - INO - SOR - RAM - SAC - MEL - AMY - ARA.

L'oxydase, la réduction des nitrates, la mobilité permettait de compléter l'identification des bactéries. D'autres caractères complémentaires nécessaires à l'identification de certaines familles ont pu être réalisées : mobilité à 37° c et à 25° c gaz dans le glucose (*Klebsiella*) pigmentation, production de H₂ S, mode respiratoire... etc

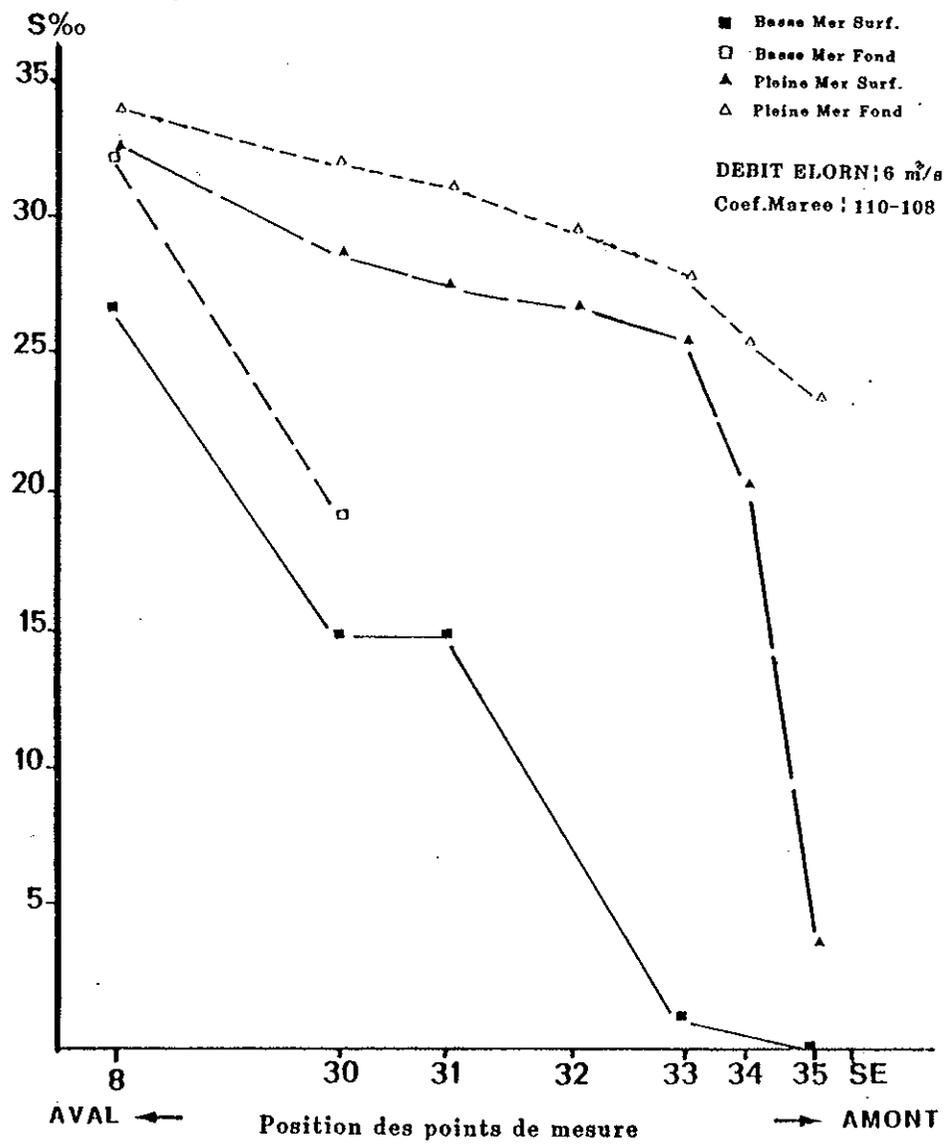


Fig.1 Variation de la Salinite dans l'estuaire de l'Elorn -1 Mars 1983

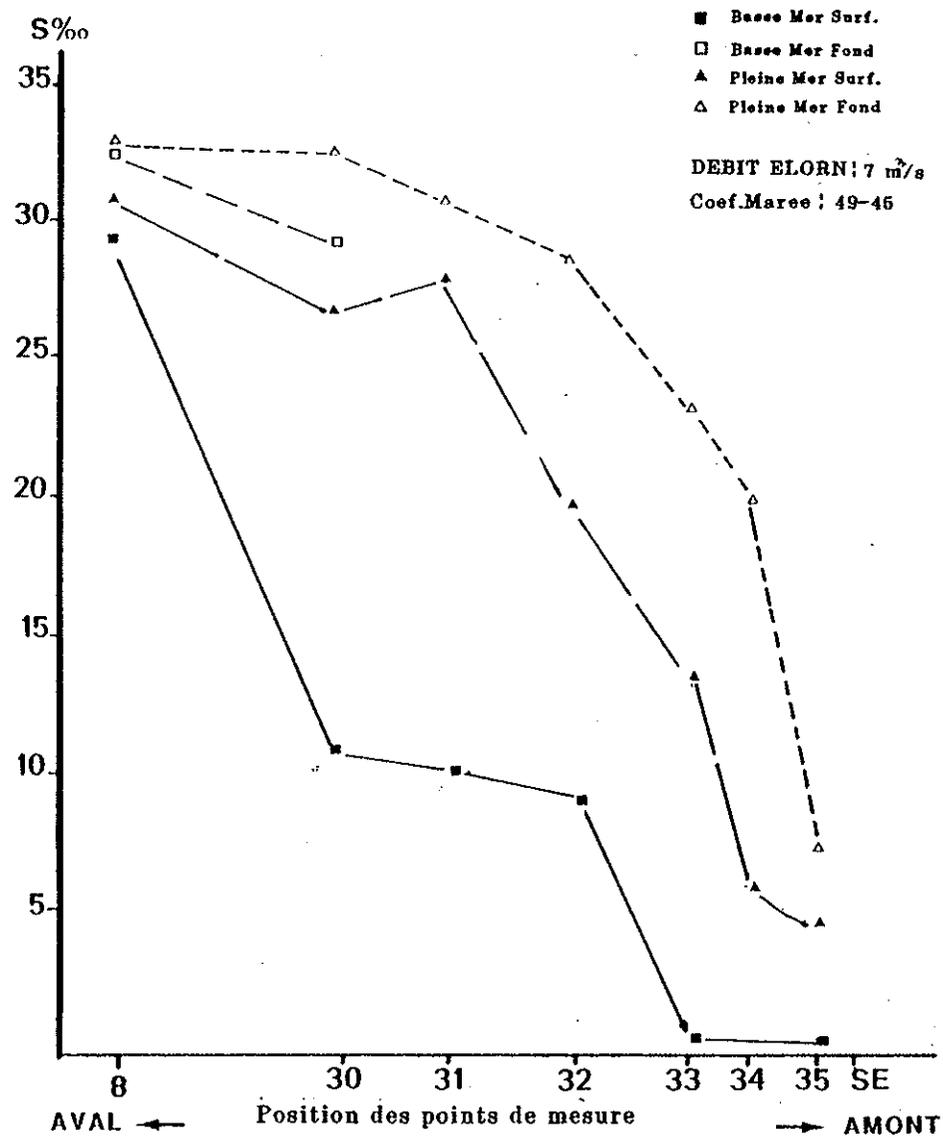


Fig.2 Variation de la Salinite dans l'estuaire de l'Elorn -22 Mars 1983

III. LES RESULTATS

1. LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

L'étude de la salinité et des teneurs en matière en suspension permet de cerner le cadre dans lequel évolue la flore de l'estuaire.

1.a - LA SALINITE

Les eaux douces chargées en bactéries d'origine animale ou humaine pénètrent dans l'estuaire où elles se mélangent à l'eau marine -et donc, à la flore marine. Pour suivre leur devenir (mortalité, sédimentation, survie) il est indispensable de bien connaître la dilution des eaux douces ; cette dilution est régie essentiellement par deux paramètres : le débit de la rivière et le coefficient de marée.

Deux campagnes réalisées en mars 1983, alors que le débit de l'Elorn pouvait être considéré comme constant (6 - 7 m³/s), permettent d'illustrer le rôle du coefficient de marée sur ces phénomènes de mélange.

. En vive-eau (1er mars - coefficient 110-108) FIG. 1 :

A pleine mer, les eaux marines salées pénètrent très profondément dans l'estuaire. Cette avancée se fait sentir en surface, jusqu'au point 34, et au fond jusqu'au point 35.

A basse mer, on note l'extension des eaux douces dans tout l'estuaire (point 30 : 15 ‰ en surface).

. En morte-eau (22 mars - coefficient 49-45) FIG.2 :

A pleine mer, la pénétration de la marée est plus limitée (point 31 en surface - point 32 au fond), tandis qu'à basse mer, l'extension des eaux douces vers l'aval est plus grande.

Lors de ces campagnes, les variations de salinité observées en un point entre la basse mer et la pleine mer, ont été supérieures à 12 ‰ (atteignant 26 ‰ localement) pour toute la partie de l'estuaire comprise entre les points 30 à 35.

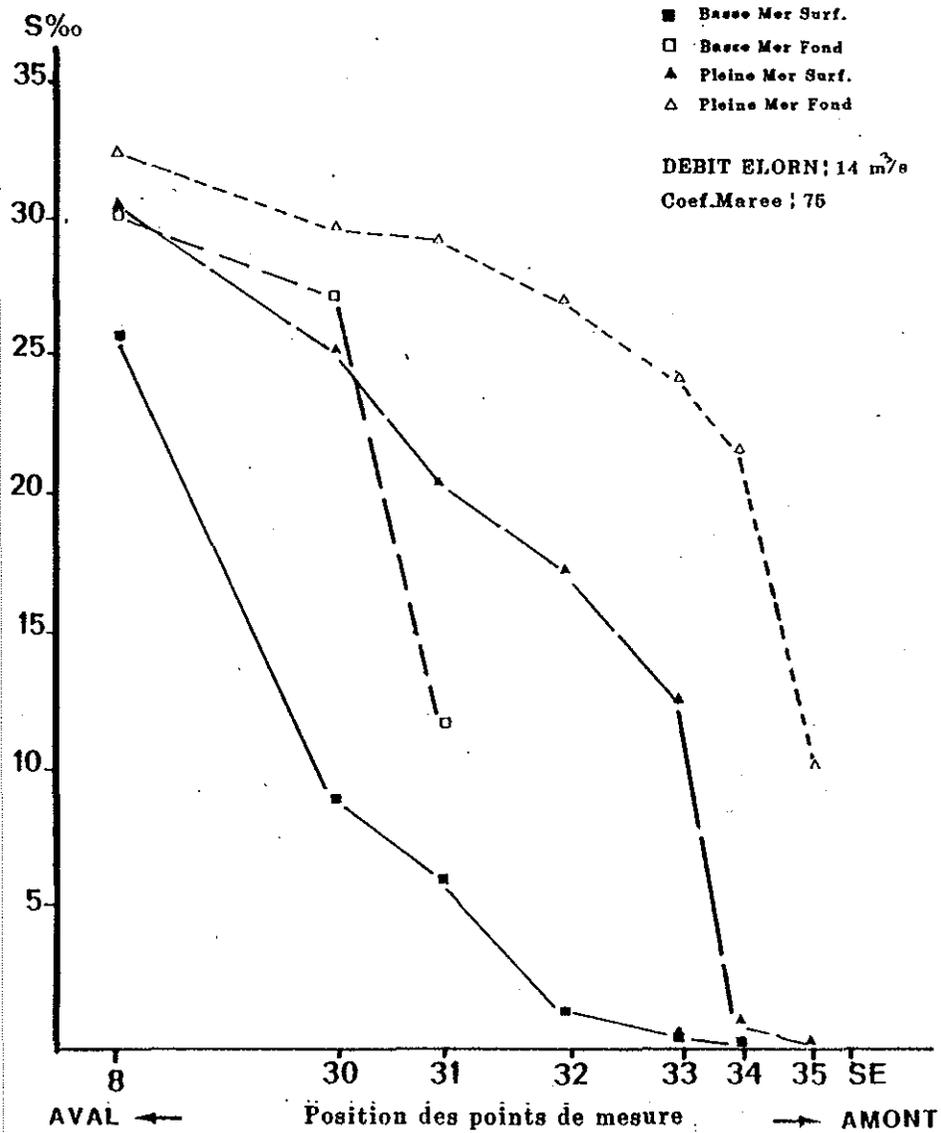


Fig.3 Variation de la Salinite dans l'estuaire de l'Elorn -17 Mai 1983

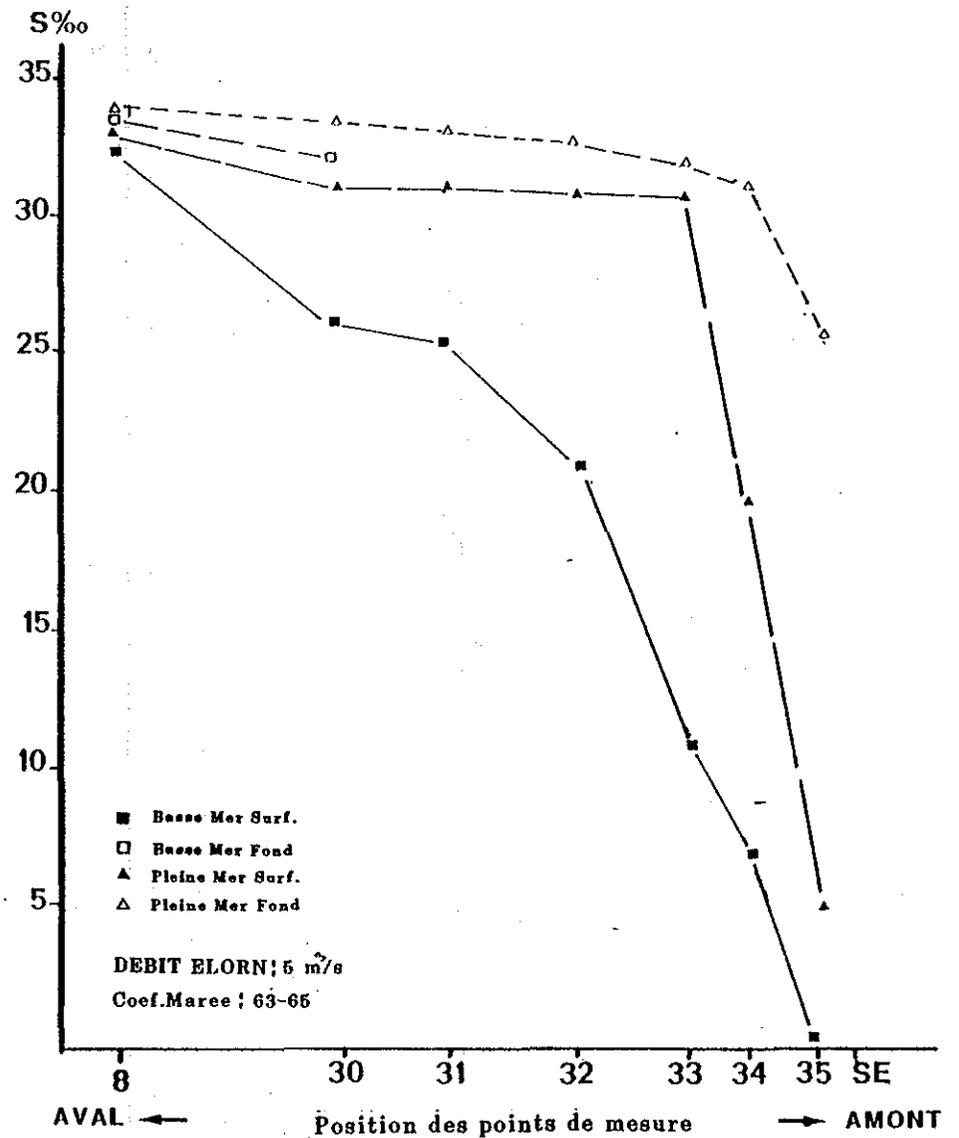


Fig.4 Variation de la Salinite dans l'estuaire de l'Elorn -21 Juin 1983

On verra plus loin l'influence de ces variations importantes et rapides sur l'halophilie des bactéries.

Les campagnes réalisées en mai (FIG. 3) et juin 1981 (FIG. 4) montrent l'influence du débit de la rivière.

Le coefficient de marée, lors de ces deux sorties, peut être considéré comme semblable alors que le débit de l'Elorn était, en mai, presque trois fois supérieur à celui observé en juin. Cela s'est traduit par de très fortes dessalures dans tout l'estuaire, aussi bien à basse mer qu'à pleine mer.

En conclusion, on peut souligner les importantes et rapides variations de salinité, ainsi que l'importante stratification des eaux de cet estuaire (parfois plus de 20 ‰ de différence de salinité entre la surface et le fond au point 30, basse mer le 17 mai, sur une hauteur d'eau de 8 m.

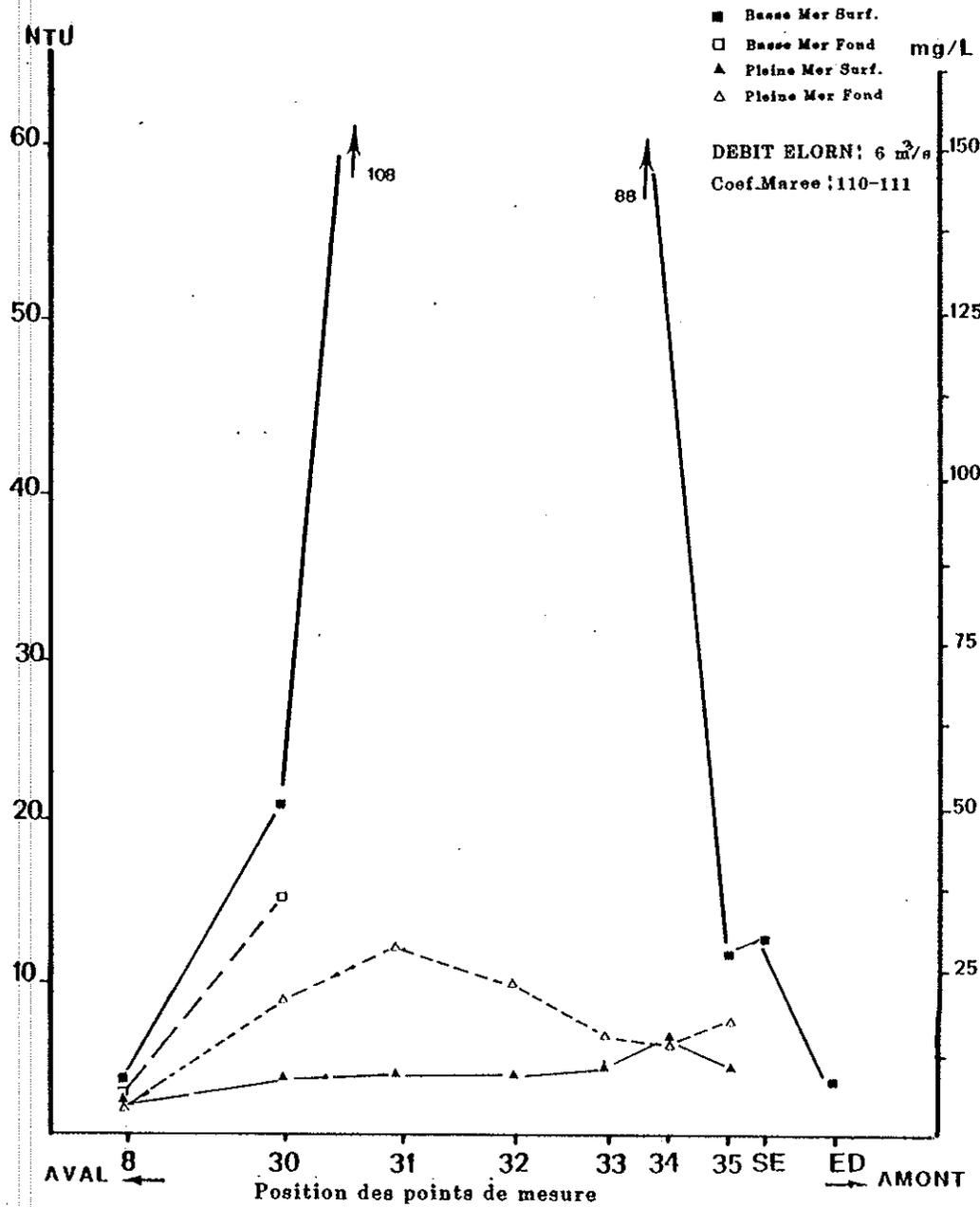


Fig.5 Variation de la turbidite dans l'estuaire de l'Elorn -1 Mars 1983

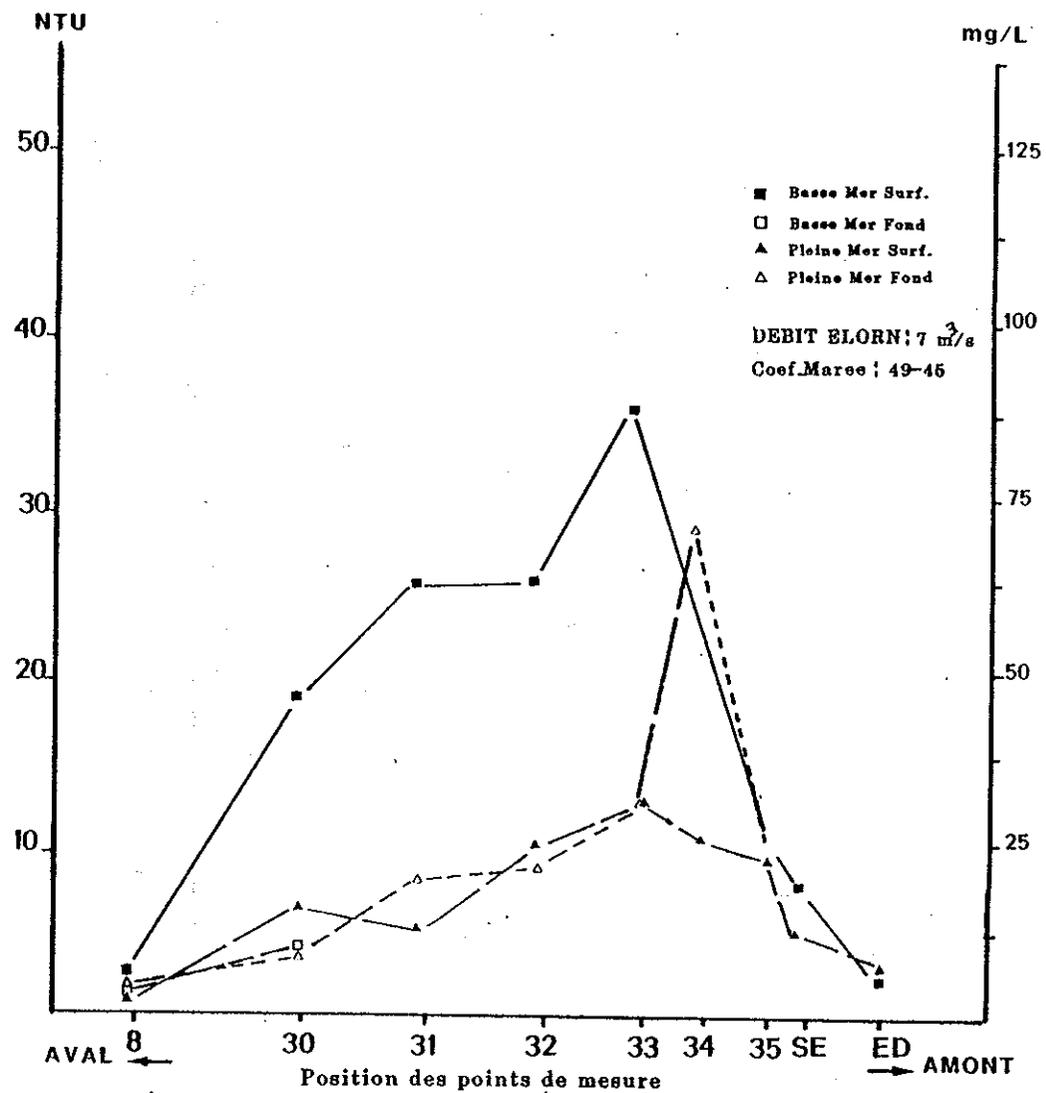


Fig.6 Variation de la turbidite dans l'estuaire de l'Elorn -22 Mars 1983

1.b - LA TURBIDITE

Les matières en suspension sont importantes pour les bactéries, car elles leur servent de support et elles y trouvent les nutriments indispensables à leur survie.

Les suspensions, dans l'estuaire, proviennent d'une part de la rivière et, d'autre part, des remises en suspension des sédiments du fond. Les apports de l'Elorn en éléments turbides sont généralement très faibles (<10 mg/l) sauf exception (25 mg/l le 17 mai).

A pleine mer, les turbidités sont basses dans tout l'estuaire, à quelques exceptions près (généralement au fond, vers les points 34 et 35). A basse mer, on observe une augmentation des turbidités aux points 31, 32 et 33. Les concentrations y sont plus élevées en vive-eau (FIG. 5 : 1er mars - 200 mg/l) qu'en morte-eau (FIG. 6 - 22 mars - 50 à 100 mg/l). et elles sont également influencées par le débit (FIG. 7 - 17 mai - 100 à 150 mg/l contre à peine 50 mg/l le 21 juin lors d'un débit plus faible - FIG 8).

Dans le cas de l'Elorn, le bouchon vaseux semble être créé essentiellement par des phénomènes dynamiques : les courants élevés dans cette zone de faible profondeur remettent en suspension les sédiments du fond et du bord du chenal, pendant le jusant. Au flot, il y a dispersion de la masse turbide, qui est refoulée vers l'amont. Pendant les étales de courant, une partie de ces particules sédimente. On tentera plus loin de comprendre l'effet de ces transits de particules aval - amont, puis amont - aval sur les flores bactériennes dans l'estuaire.

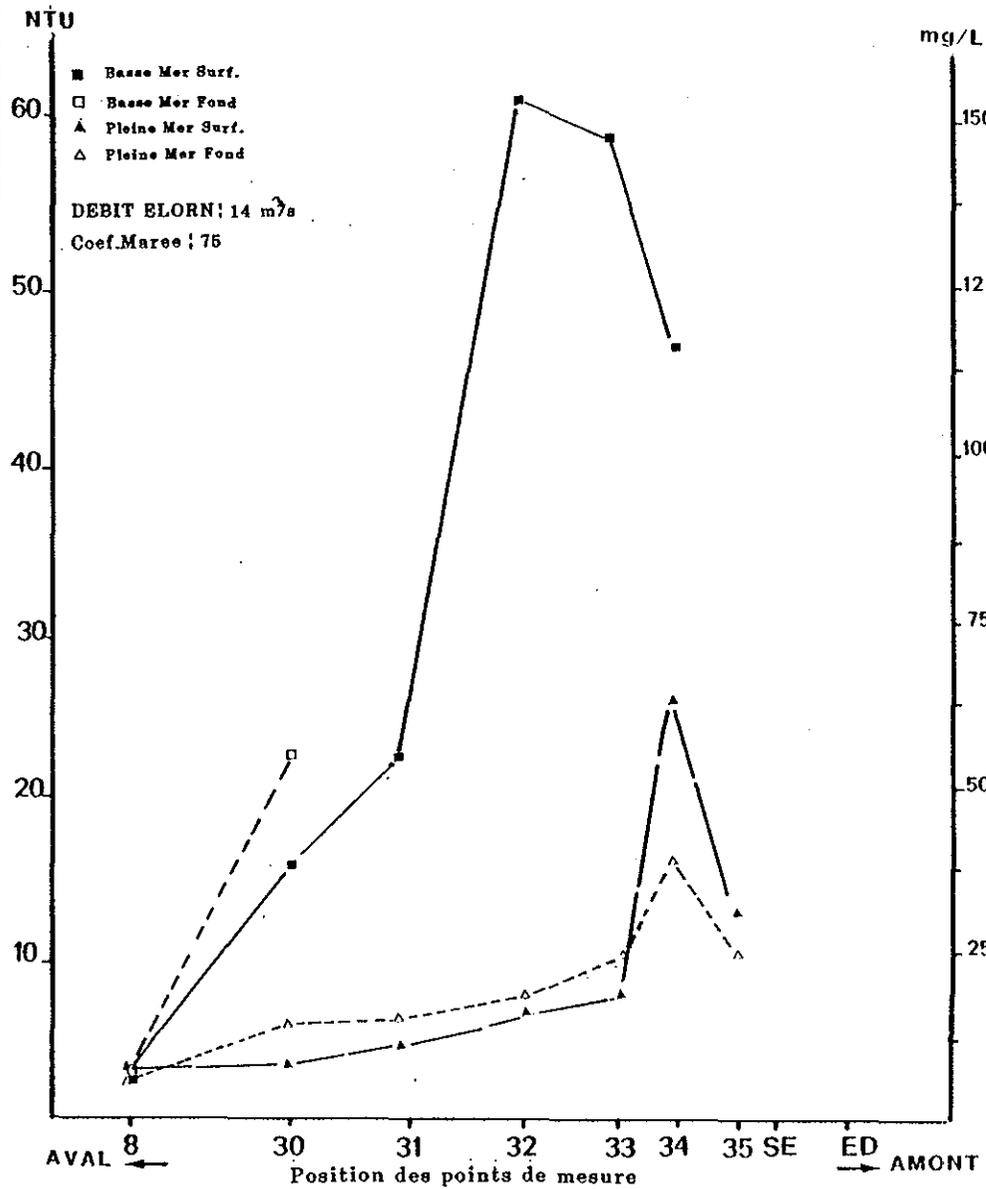


Fig.7 Variation de la turbidite dans l'estuaire de l'Elorn -17 Mai 1983

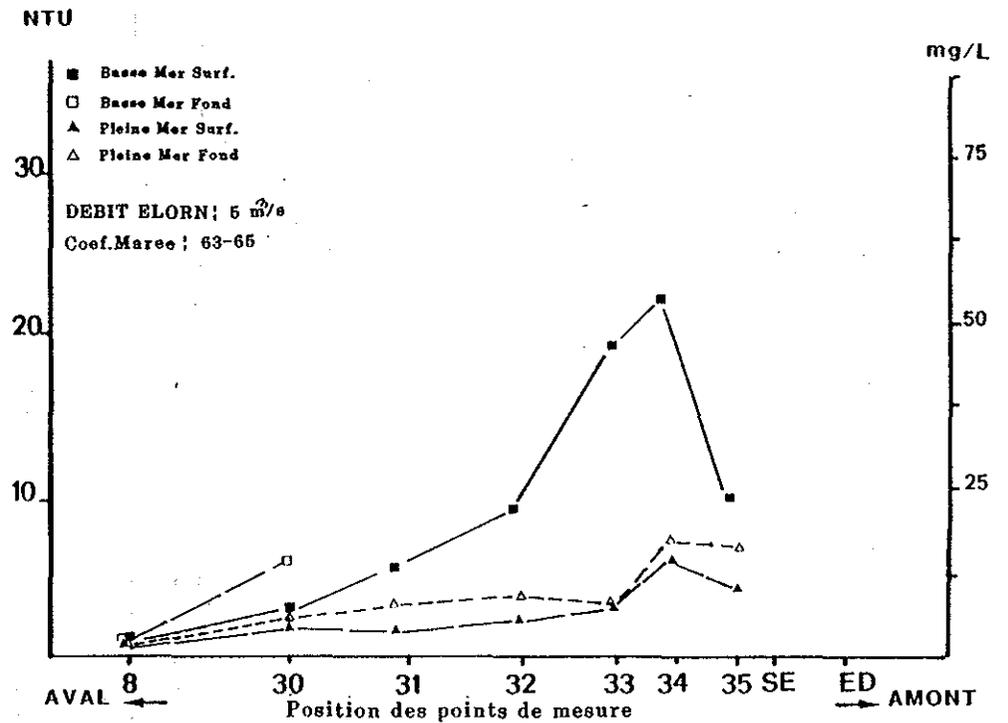


Fig.8 Variation de la turbidite dans l'estuaire de l'Elorn -21 Juin 1983

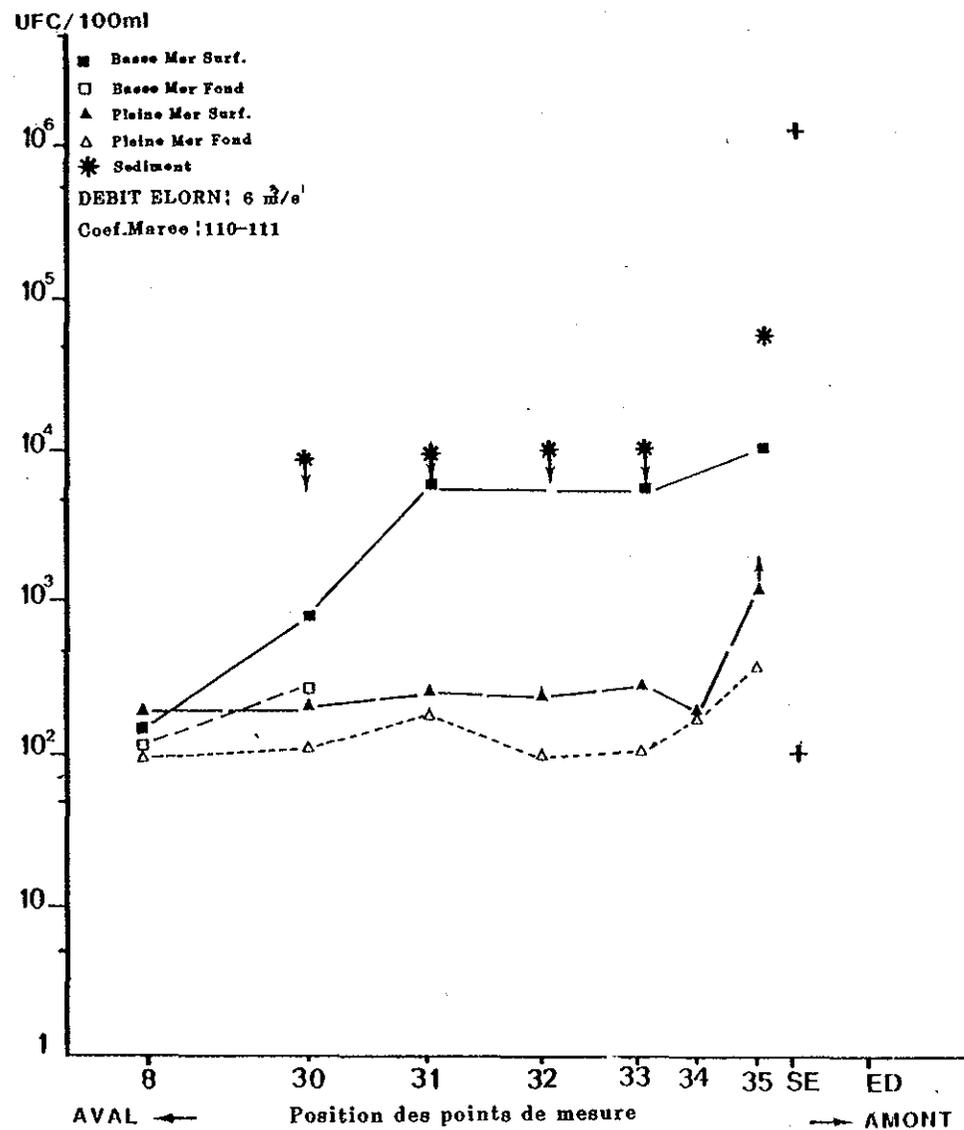


Fig.9 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -1 Mars 1983
 — DRIGALSKI (42°C) — Bacteries Lactoses(⊕)

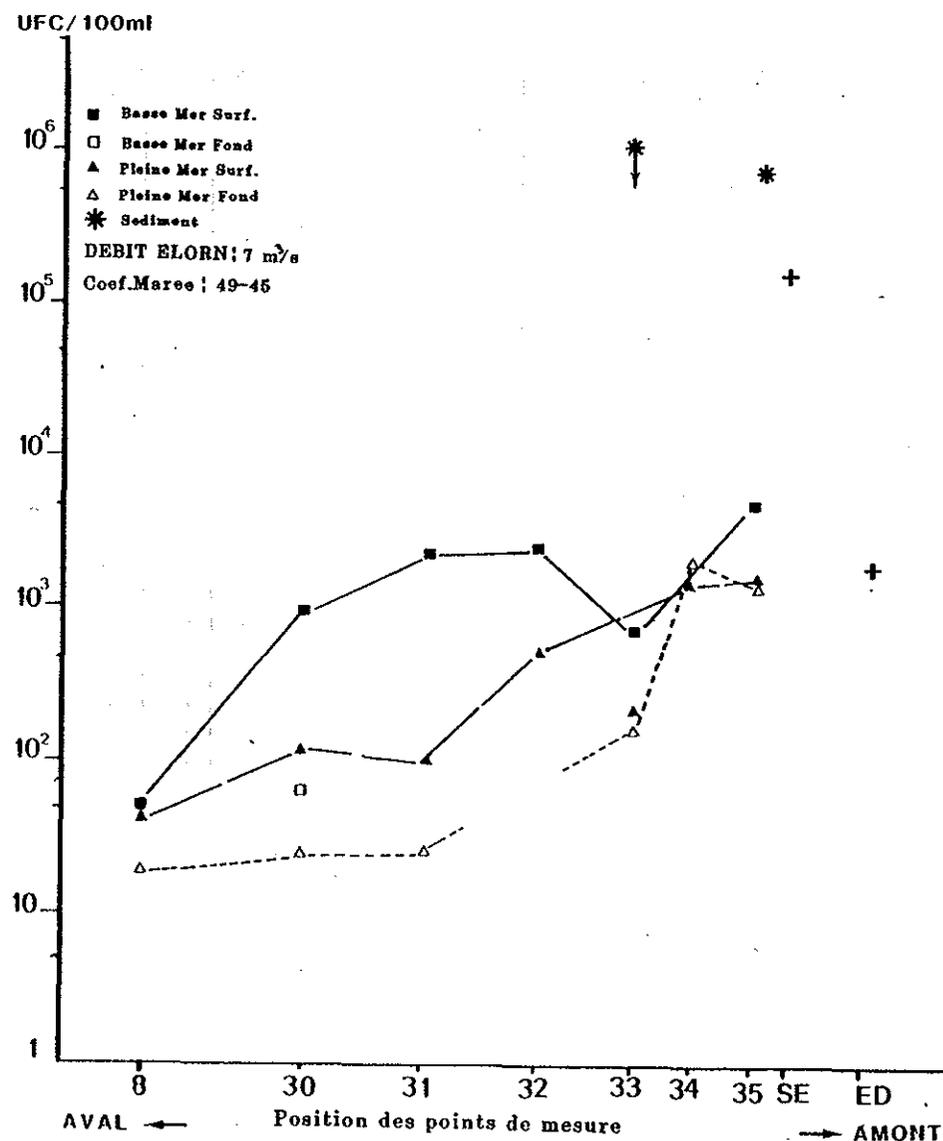


Fig.10 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -22 Mars 1983
 — DRIGALSKI (42°C) — Bacteries Lactoses(⊕)

2. LES NUMERATIONS SUR MILIEU DRIGALSKI

2.a - DRIGALSKI A 42°C (D.42)

Les résultats des numérations sont reportés, comme ceux des paramètres physico-chimiques, sur les graphiques joints (abscisses : points de prélèvements, ordonnées : UFC/100 mL, Unités Formant Colonies pour 100 mL d'eau).

Le D.42 permet d'isoler les coliformes fécaux qui sont d'origine animale ou humaine et sont déversés en mer par les rivières et les égouts.

Il ressort de l'examen de ces graphiques, que les coliformes fécaux subissent une dilution au cours de leur transport dans l'estuaire : les numérations diminuent en même temps que la salinité augmente. Les campagnes du mois de mars illustrent ce phénomène.

En vive-eau (1er mars - FIG. 9) :

A pleine mer, les numérations sont faibles ($\approx 10^3$ UFC/100 mL) dans toute la zone étudiée et du même ordre de grandeur que celles trouvées en eau douce. Les valeurs au fond sont inférieures à celles de surface.

A basse mer, en aval (point 8) les valeurs sont identiques à celles trouvées à pleine mer, tandis qu'en amont, elles sont nettement plus élevées ($\approx 10^4$ UFC/100 mL). Les valeurs dans le sédiment sont également faibles, sauf au point 35.

En morte-eau (22 mars - FIG. 10) :

A pleine mer, les numérations augmentent de l'aval (50 UFC/100 mL) vers l'amont, pour atteindre les valeurs trouvées en eau douce.

A basse mer, comme lors de la campagne précédente, les teneurs sont plus élevées qu'à pleine mer.

La variation des apports joue un rôle important sur la contamination fécale de l'estuaire ; ainsi, lors de la campagne du 17 mai (FIG. 11) où le débit était élevé, les teneurs trouvées sont plus grandes, même à pleine mer (de 10^2 à 10^4 UFC/100 mL) que le 21 juin (FIG. 12) ($< 10^2$ UFC/100 mL) dans tout l'estuaire, sauf au point 35.

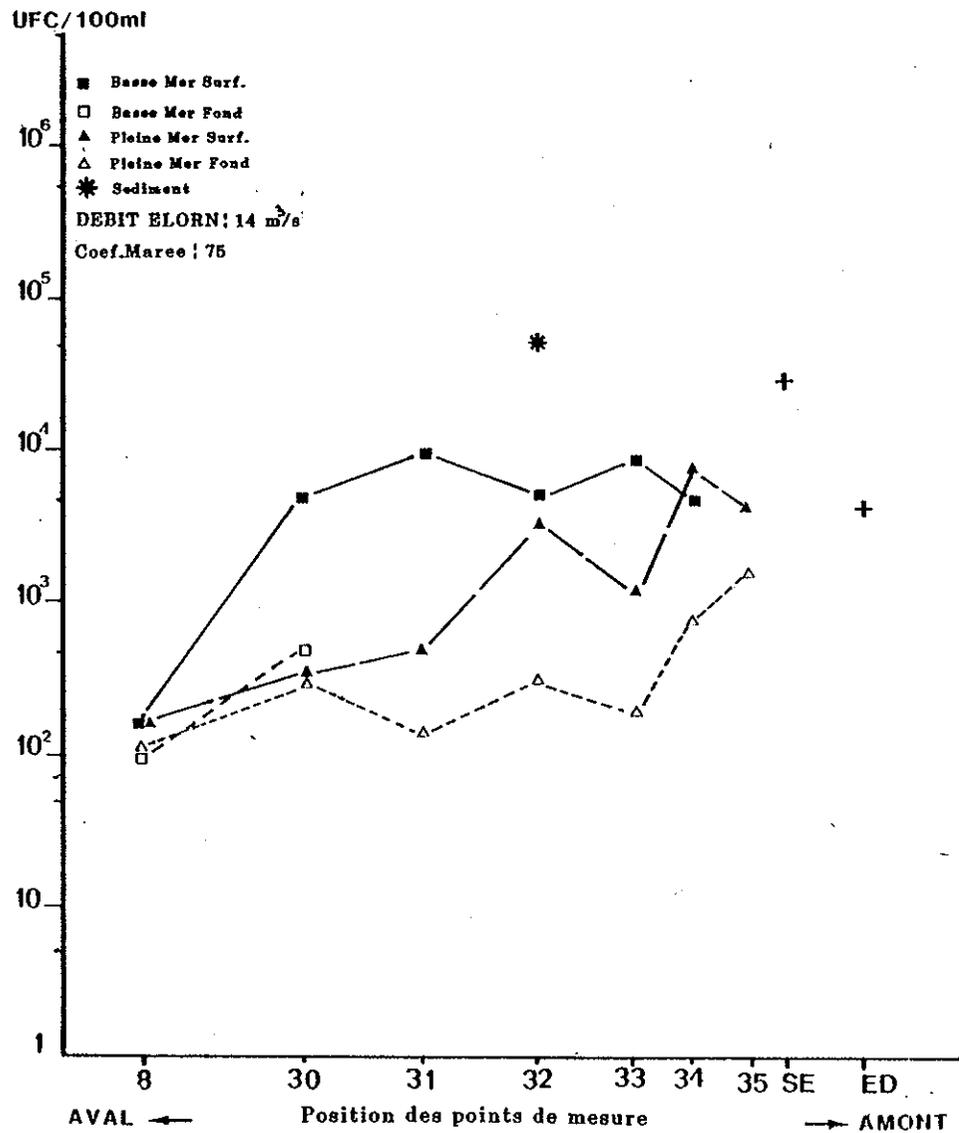


Fig.11 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -17 Mai 1983
- DRIGALSKI (42°C) - Bacteries Lactoses ⊕

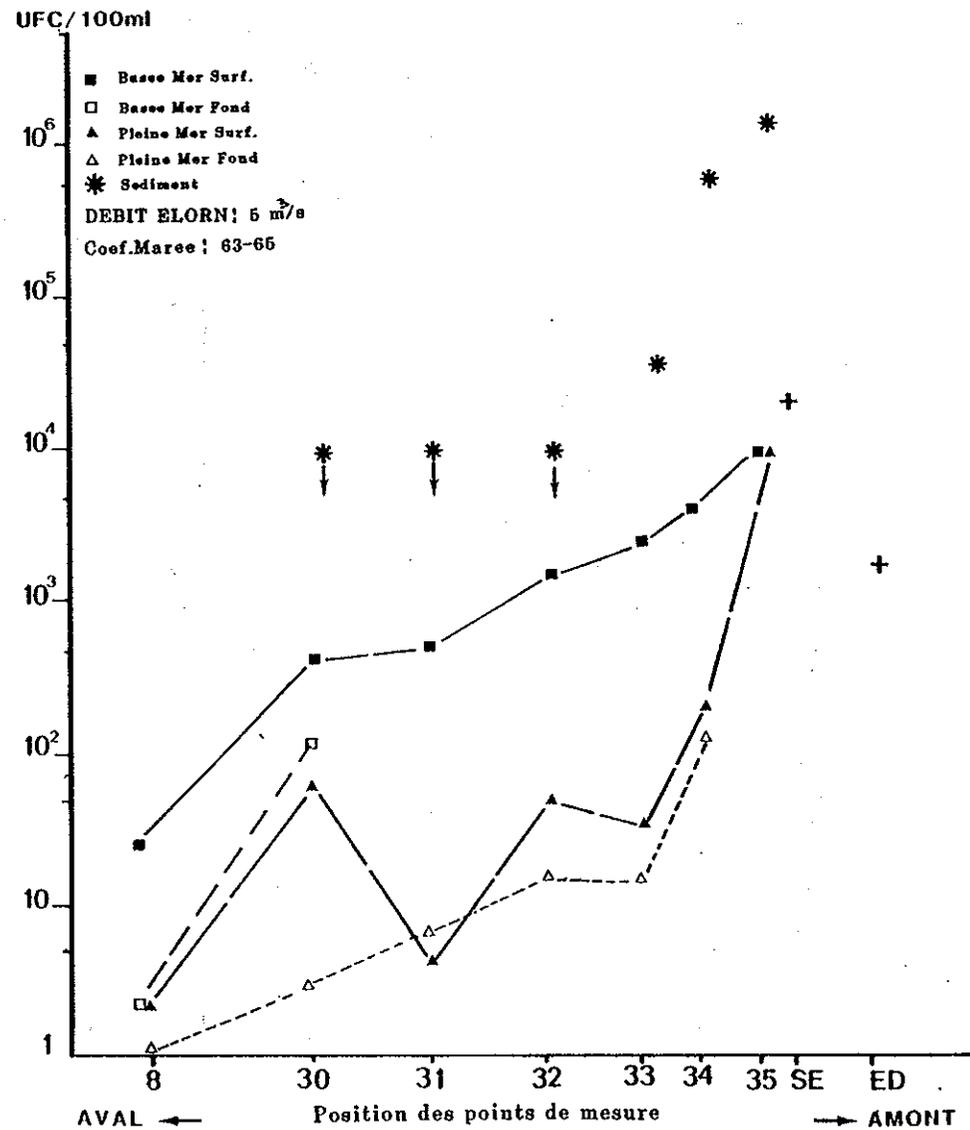


Fig.12 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -21 Juin 1983
- DRIGALSKI (42°C) - Bacteries Lactoses ⊕

Si les relations salinité/coliformes fécaux apparaissent assez nettement à l'examen des différents graphiques, par contre, il n'y a pas de liaison apparente des concentrations bactériennes avec la turbidité.

Une autre constatation est que les valeurs dans le sédiment dans la partie amont (points 34, 35) sont très élevées, mettant ainsi en évidence le piégeage des coliformes fécaux dans le sédiment, près des sources de pollution.

Les concentrations dans l'eau douce sont très variables (10^2 UFC/100 ml en mars - 10^4 UFC/100 ml en mai), la pluviosité (lessivage des sols) et l'heure de prélèvement devant jouer un rôle assez important sur ces fluctuations.

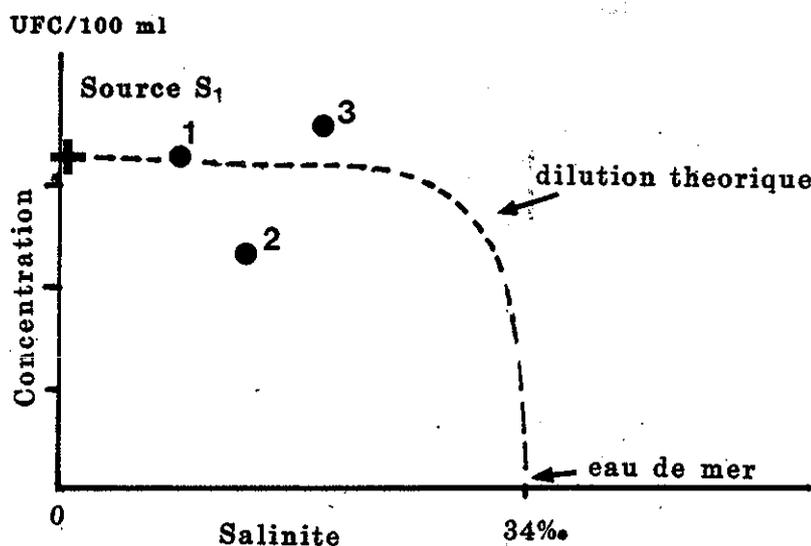
Les concentrations, au niveau de la station d'épuration sont plus élevées mais plus constantes (10^4 à 10^5 UFC/100 ml).

2.b - ETUDE DE LA DILUTION DES GERMES DANS L'EAU

Il est intéressant d'étudier la dilution des bactéries rejetées par les égouts, afin de savoir si leur comportement est conservatif ou non (rôle de la sédimentation, mortalité, ...).

Pour ce faire, on a pris les résultats des numérations sur le milieu D.42, dont la flore est allochtone au milieu marin, et l'on a porté les concentrations sur une échelle logarithmique en fonction de la salinité.

Le graphique ci-dessous montre la courbe de dilution théorique d'un paramètre conservatif, dans l'eau de mer :



On considère que, si les points se trouvent sur la courbe, la dilution se fait de manière conservative (cas du point 1).

Si les points se trouvent en dessous (cas du point 2) il y a disparition des bactéries au cours du mélange ; dans ce cas, d'autres phénomènes faisant chuter les concentrations sont intervenus : sédimentation, mortalité ...

Enfin, si les points se trouvent au-dessus (cas du point 3) une autre source de contamination (autre que S₁) est intervenue pour augmenter les concentrations.

Les résultats obtenus sont illustrés par deux figures.

- Le 21 juin (FIG. 13)

Les deux sources principales sont :

- . l'eau douce ($2 \cdot 10^3$ UFC/100 ml) dont la courbe de dilution se place très en dessous des points de mesure ;
- . la station d'épuration ($2 \cdot 10^4$ UFC/100 ml) qui influence nettement la pollution de l'Elorn, puisqu'elle "remonte" le point 35 (pleine mer et basse mer) à des niveaux supérieurs à 10^4 .

La courbe de dilution théorique des eaux de l'Elorn à partir du point 35 a été tracée ; on constate qu'à basse mer, les points 34, 33 et 32 semblent se diluer de manière conservative, tandis que les concentrations chutent aux stations 30 et 31 et pour toutes les valeurs de pleine mer. Il faut voir, ici, l'effet de la mortalité et de la sédimentation (d'autant qu'à ces derniers points, la turbidité était faible). Le temps de trajet entre la source et le point de prélèvement peut être également un facteur important. Ce même schéma se retrouve pour les campagnes du 25 janvier et du 22 mars ; à basse mer, le mélange bactéries/eau de mer se fait de façon conservative jusqu'aux points 30 à 31 selon les campagnes.

- Le 19 avril (FIG. 14)

La source "station d'épuration" influence toujours très nettement la pollution amont de l'Elorn, jusqu'au point 33 à basse mer. A pleine mer, les concentrations observées sont nettement plus faibles et plus proches du niveau de l'eau douce.

Les courbes de dilution correspondant à la pleine mer et à la basse mer ont été tracées. On constate qu'à basse mer, les points 31, 10 et 8 sont très nettement placés en dessous de la courbe de dilution théorique ; à pleine mer, on se retrouve dans la situation précédente. Ces fortes diminutions de concentrations à basse mer au niveau des points 30 ou 31 ont été également observées le 1er mars et le 17 mai.

La situation du 6 septembre 1983 est assez identique à celle du 9 avril de la même année, bien que l'estuaire soit nettement plus contaminé lors de cette dernière campagne ; on observe des valeurs voisines de

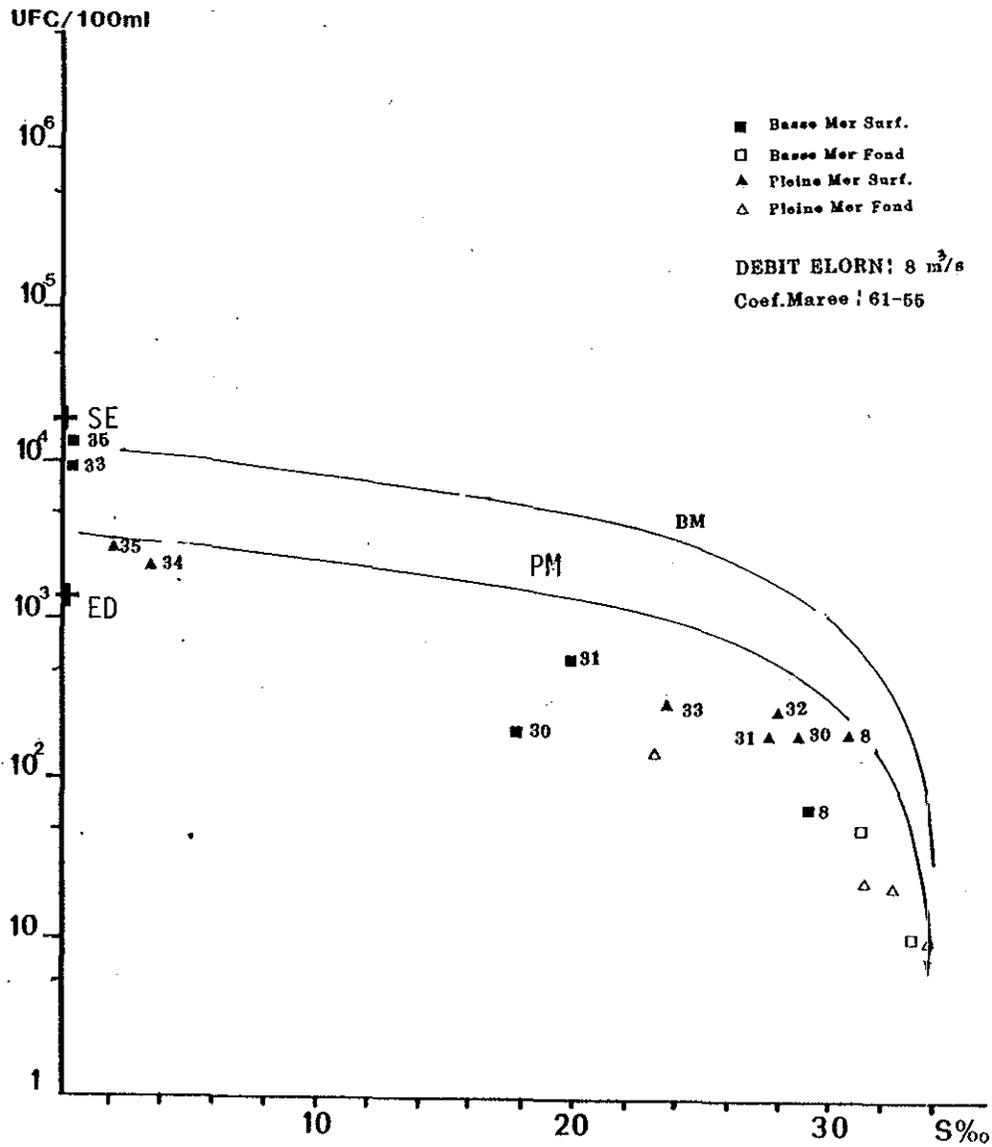


Fig.13 Relation entre la Salinite et les Numerations Bacteriennes -19 Avril 1983

(Bacteries Lactoses (⊕) isolees sur D 42°C)

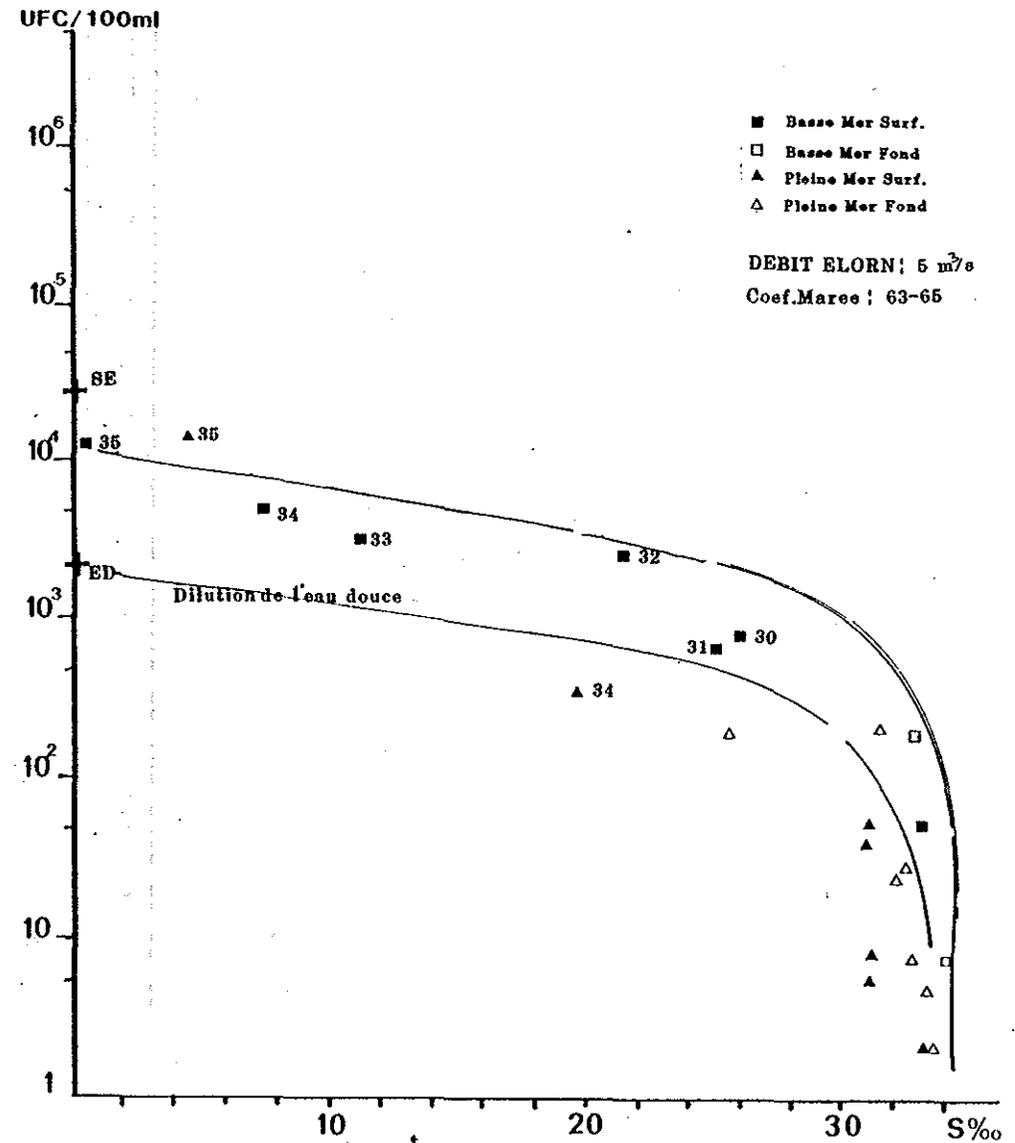


Fig.14 Relation entre la Salinite et les Numerations Bacteriennes -21 Juin 1983

(bacteries Lactoses (⊕) isolees sur D42°C)

5.10^4 UFC/100 ml au niveau de la source (point 35, salinité 1‰) l'eau douce, et surtout de la station d'épuration, présentant des valeurs élevées.

A basse mer, les points 34 et 33 restent très chargés, la chute de la contamination s'observe après le point 33 (ce qui correspond comme pour les cas précédents, à la sortie du bouchon vaseux).

En conclusion, on retiendra deux points principaux :

- l'importance du rejet de la station d'épuration sur la contamination de l'estuaire.

- à basse mer, une disparition plus faible des germes qu'à pleine mer ; outre le temps de trajet entre la source et le point de prélèvement, la diminution de la turbidité (sortie du bouchon vaseux) peut être un des facteurs explicatifs du phénomène constaté.

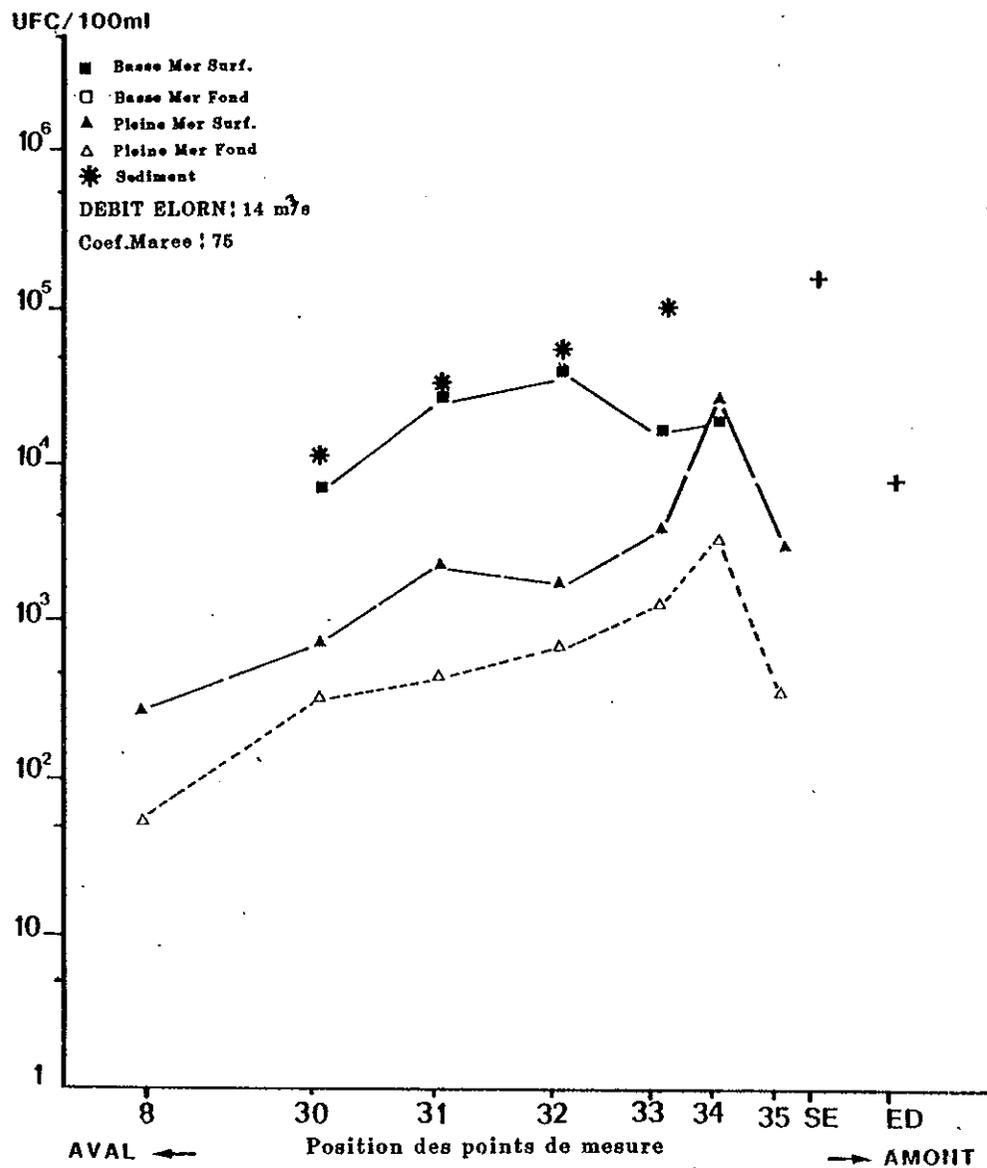


Fig.15 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -17 Mai 1983
- DRIGALSKI DOUX-Bacteries Lactoses⊕

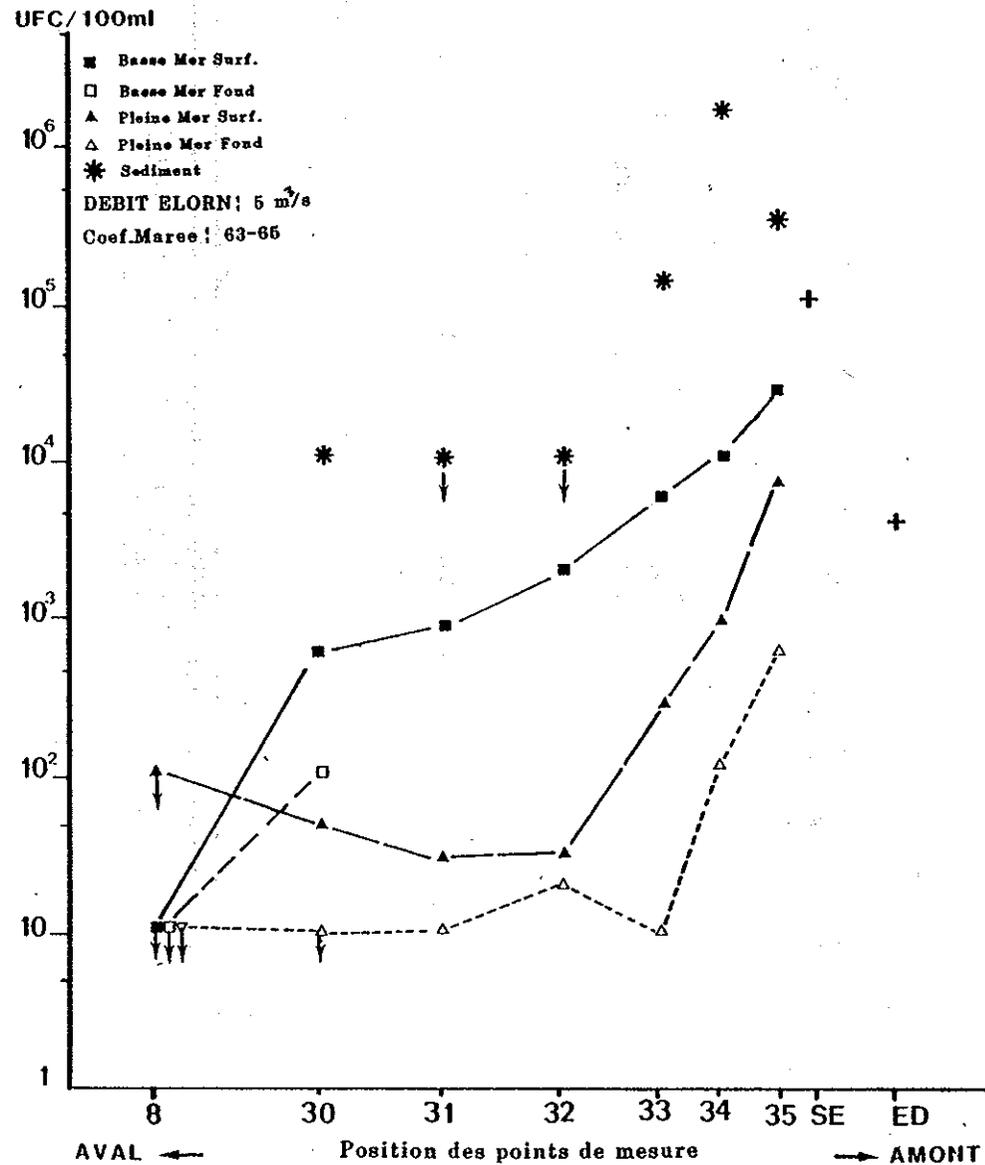


Fig.16 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -21 Juin 1983
- DRIGALSKI DOUX-Bacteries Lactoses⊕

2.c - DRIGALSKI DOUX à 37°C (DD)

Ce milieu, mis à incuber à 37°C, permet d'isoler les bacilles Gram négatifs. Si l'on compare les graphiques obtenus sur D.42 (FIG.12) puis sur DD (FIG.16), on constate que les résultats sont assez identiques d'un milieu à l'autre ; les courbes ayant les mêmes allures (voir par exemple le 17 mai - DD (FIG.11) et D42 (FIG.15)). Seules les valeurs des numérations changent : il y a 5 à 100 fois plus de colonies comptées sur le milieu à 37°C que sur celui à 42°C.

Dans le sédiment (FIG. 17) il y a plus de bacilles Gram négatifs que dans l'eau surnageante. Sur une même figure, on a reporté les numérations obtenues à chaque campagne. On observe qu'en aval les valeurs sont relativement basses et stables, quel que soit le coefficient de marée. Les plus fortes fluctuations sont situées au point 33 : c'est en vive-eau (1er mars) et en crue (17 mai) que les comptages sont les plus bas et voisins de ceux trouvés au point 31 ($\sim 10^4$ UFC/100 ml), tandis qu'en morte-eau, ils sont beaucoup plus élevés ($>10^6$ UFC/100 ml). On retrouve le même schéma pour les Lactoses⁺ et pour les lactoses⁻.

Ceci est certainement dû, en grande partie, à la dynamique de l'estuaire : durant les périodes de morte-eau, il y a sédimentation et captage des bactéries dans les particules qui se déposent au fond, les points en amont étant les plus contaminés. En vive-eau, ou en crue, les courants sont plus forts et provoquent des remises en suspension des sédiments déposés (phénomène de "décapage"). Les valeurs au fond sont alors faibles : durant ces périodes, la turbidité des eaux augmentent de même que les teneurs en bactéries (cf. courbes précédentes). Dans les points très en amont, la variabilité est moins grande car, d'une part, les sources sont très proches et, d'autre part, les courants sont moins violents. Enfin, on constate que, lors de la dernière campagne (6 septembre 1983), le sédiment était beaucoup plus chargé que lors des autres campagnes (voir niveau des sources) Cela se ressent dans tout l'estuaire, jusqu'au point 30.

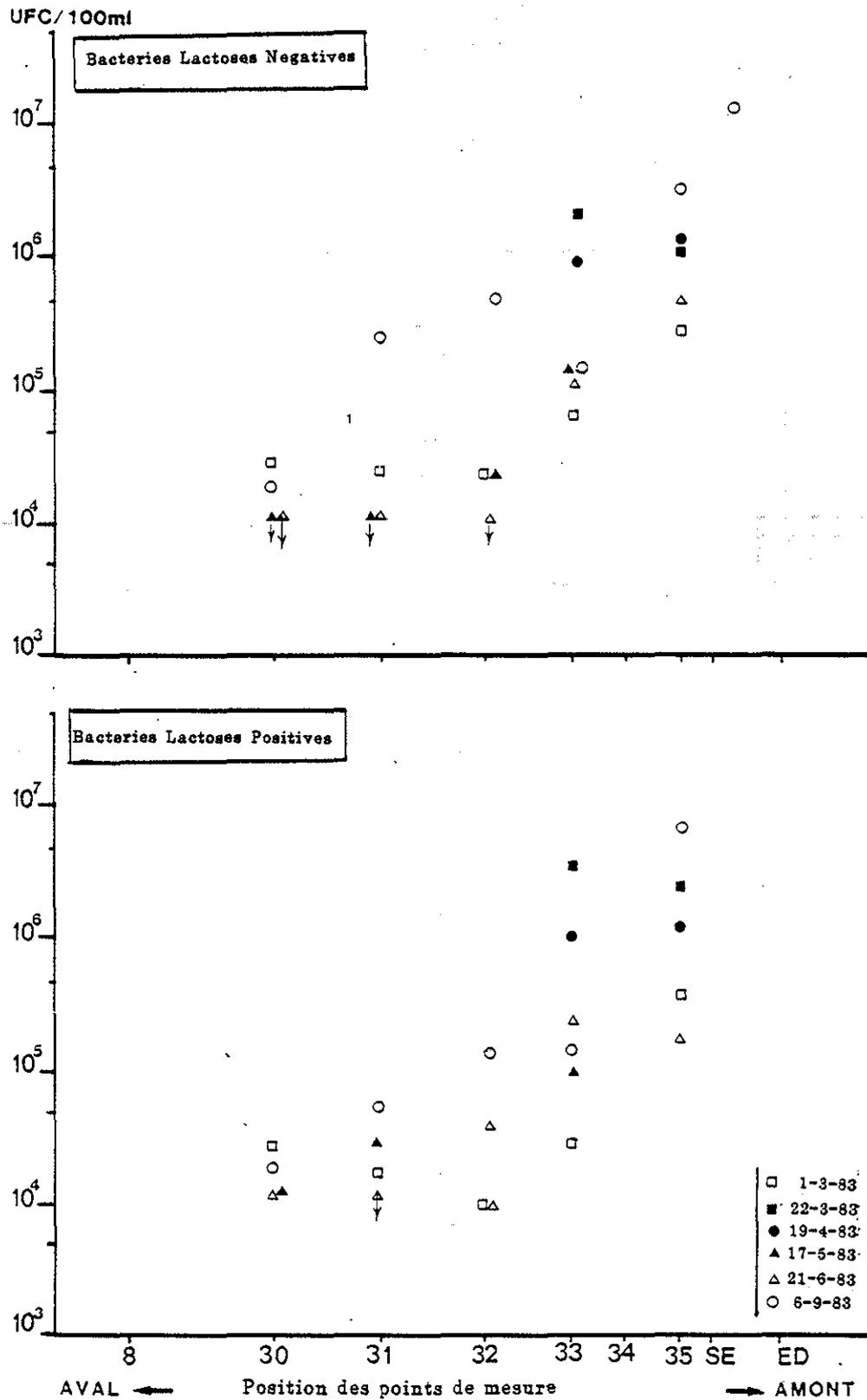


Fig.17 Variation des Numerations dans les Sediments -DRIGALSKI DOUX -

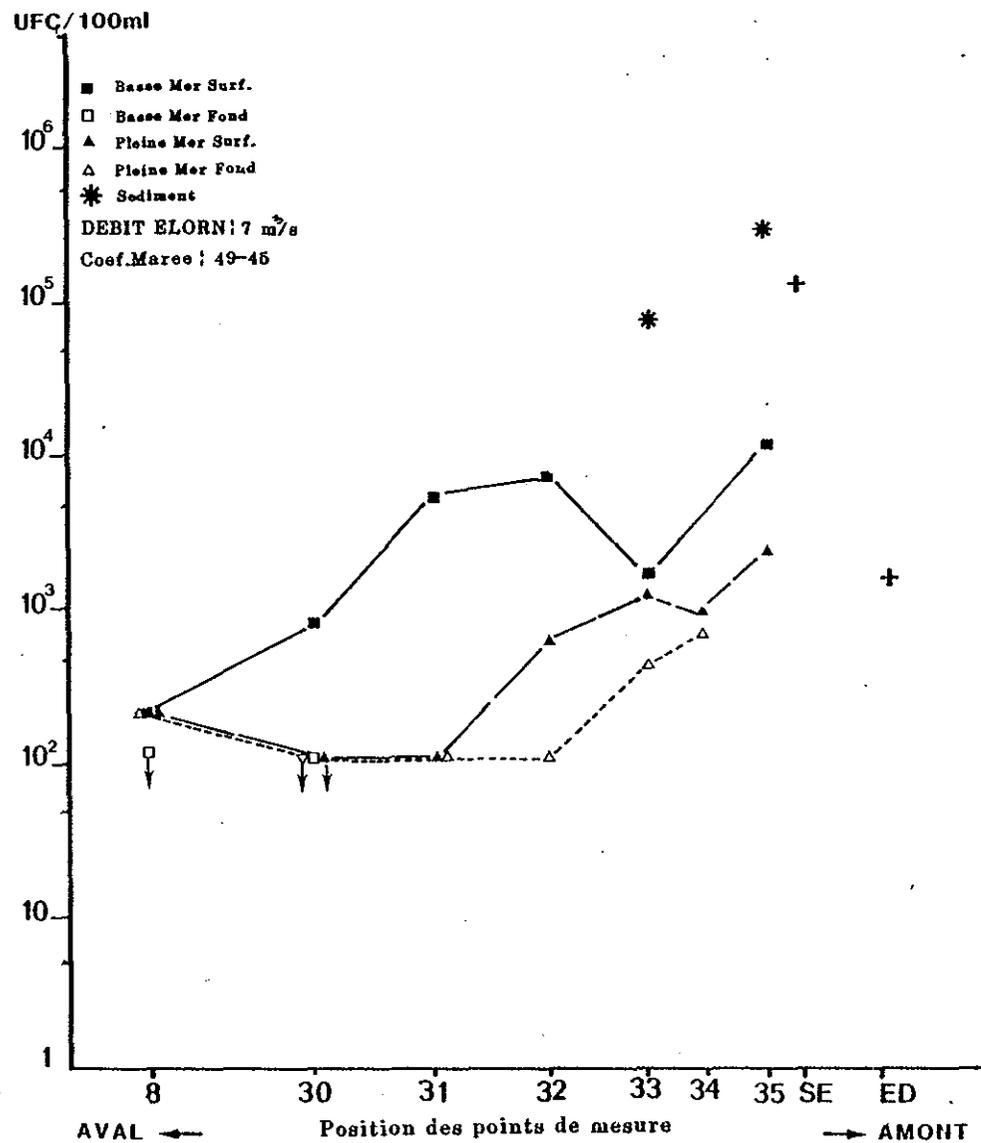


Fig.18 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -22 Mars 1983

— DRIGALSKI SALE-Bacteries Lactoses ⊕

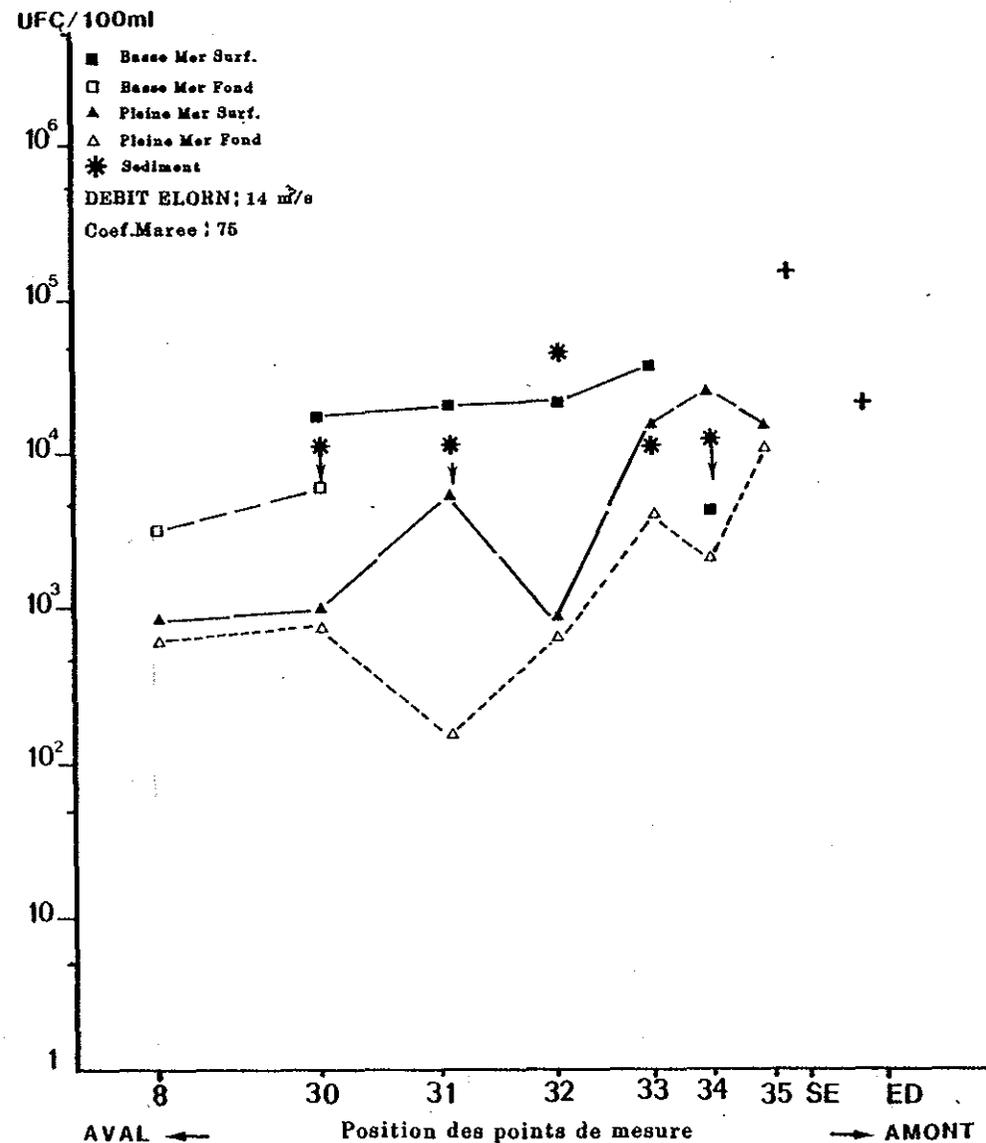


Fig.19 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -17 Mai 1983

— DRIGALSKI SALE-Bacteries Lactoses ⊕

2.d - DRIGALSKI SALE (DS)

Sur ce milieu favorisant la pousse des bactéries marines et des bactéries halotolérantes, on retrouve des résultats assez voisins (FIG. 18 - 19) de ceux du milieu précédent (DD). Les niveaux de numération sont les mêmes, l'allure des courbes également : progression des valeurs de l'aval vers l'amont et de la pleine mer à la basse mer ; cependant, l'allure des courbes est moins régulière. Au niveau du sédiment, on notera les valeurs faibles en Lactose + (alors qu'en L⁻, non reportées, elles sont toujours $>5.10^4$ avec un maximum observé aux points 32 et 33 de 5.10^5 UFC/100 ml).

Ces résultats sont à première vue assez surprenants et on aurait pu s'attendre à une sélectivité par le sel plus importante ; plusieurs explications peuvent être avancées :

- la sélectivité par le sel n'est peut-être pas efficace, étant donné que, dans l'estuaire, les fluctuations de salinité sont très importantes et peuvent dépasser 20 ‰ (maximum 28 ‰ au point 33 le 19 avril). Les bactéries halotolérantes, issues des rivières, sont favorisées.

- les teneurs en matières nutritives dans l'estuaire sont très importantes, ce qui fait que les bactéries sont plus nombreuses en amont qu'en aval, comme l'a déjà observé ERKENBRECHER (1981).

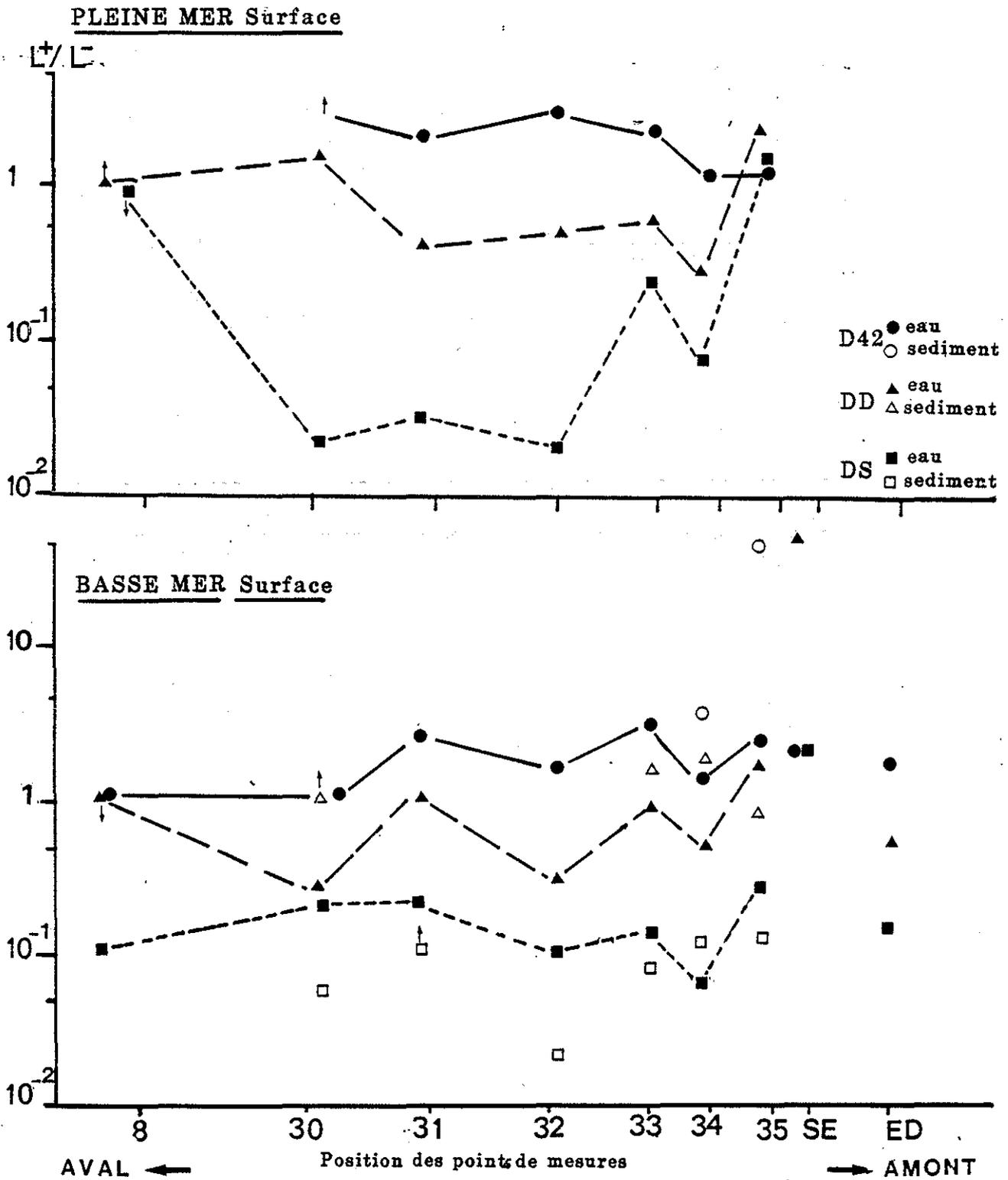


Fig.20 Variation du Rapport $\frac{\text{lactoses} +}{\text{lactoses} -}$ des numerations
 sur les 3 milieux Drigalski -21 Juin 1983

2.e - COMPARAISON DES DIFFERENTS MILIEUX DRIGALSKI

La comparaison de la sélectivité des milieux Drigalski utilisés a été réalisée en utilisant le rapport

$$\frac{\text{bactéries Lactose Positive (UFC/100 mL)}}{\text{bactéries Lactose Négative (UFC/100 mL)}} = \frac{L^+}{L^-}$$

pour chaque prélèvement.

La figure 20 illustre ces résultats ; d'une manière générale, le D42 favorise les L⁺ ; le rapport L⁺/L⁻ est voisin de 1 avec le DD ; les L⁻ poussent mieux que les L⁺ sur DS.

On peut observer l'évolution des courbes de l'amont vers l'aval. Le rapport L⁺/L⁻ est relativement constant sur les deux premiers milieux, tandis que sur DS, il est faible en aval et a tendance à augmenter en amont, au niveau des points 34 et 35, à pleine mer, 31 à 35 à basse mer : ceci concorde avec l'évolution de la salinité et met en évidence les changements de flore de l'extérieur de l'estuaire jusqu'à l'eau douce, avec remplacement progressif des Lactoses moins par des Lactoses plus.

Les rapports L⁺/L⁻, pour les trois milieux, sont assez voisins à basse mer (les courbes sont resserrées) tandis qu'à pleine mer ils sont très différents : autrement dit, lorsque la salinité est élevée, la modification des flores est plus forte.

Au niveau du sédiment, on retrouve des résultats identiques : les L⁺ poussent mieux sur D42 et les L⁻ sur DS. Les valeurs du rapport L⁺/L⁻ sont très voisines de celles trouvées sur l'eau au point 8 : le sédiment semble favoriser les L⁻ par rapport aux L⁺, et ceci même très en amont près des sources de pollution, ce qui est logique puisque les L⁻ sont presque essentiellement des bactéries du milieu naturel, beaucoup plus résistantes que les entérobactéries par exemple.

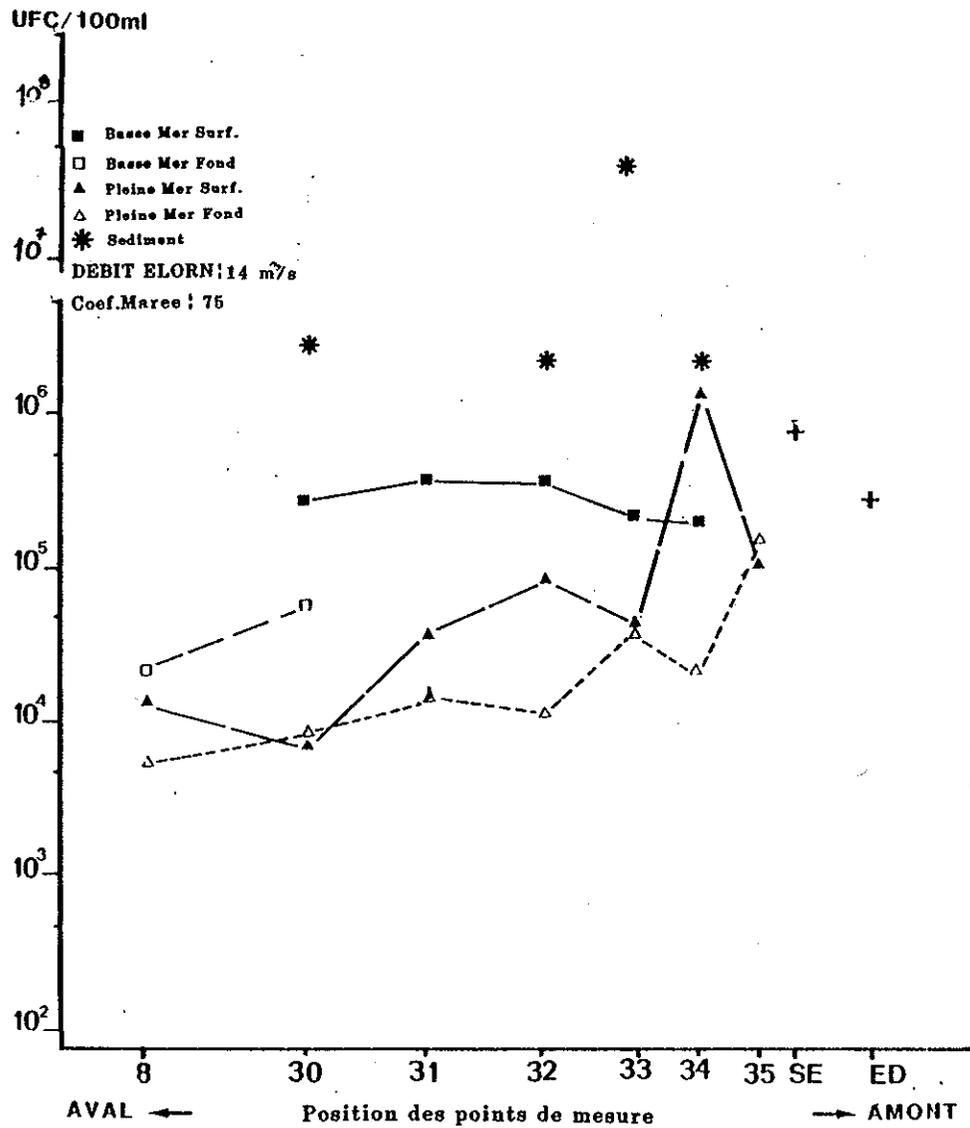


Fig.21 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -17 Mai 1983
 — TRYPTICASE Salee —

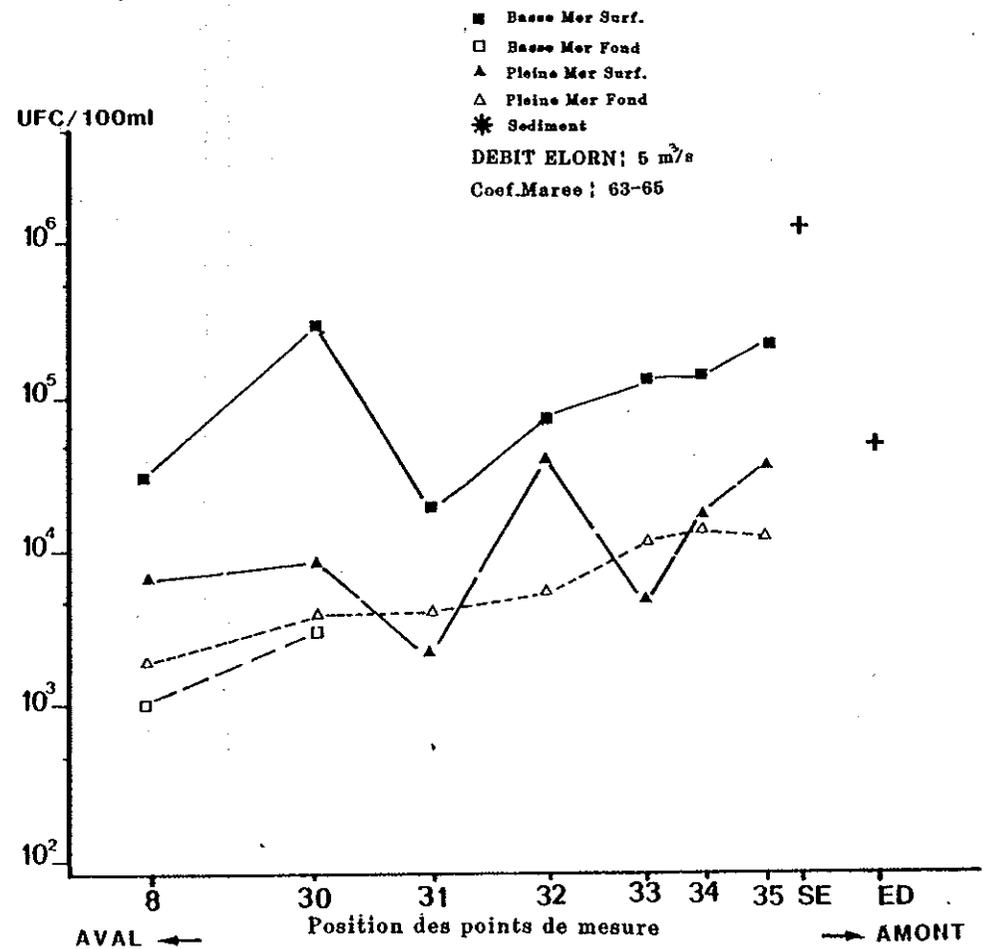


Fig.22 Variation des numerations dans l'estuaire de l'Elorn -21 Juin 1983
 — TRYPTICASE Salee —

3. LES AUTRES MILIEUX

3.a - MILIEU TRYPTICASE SALE (TS)

Le milieu TS, moins sélectif que les milieux précédemment étudiés, permet d'avoir une numération globale des bactéries.

Les figures 21 et 22 montrent les résultats obtenus en mai et juin 1983.

On constate, en premier lieu, que les numérations sont, selon les points, 10 à 100 fois supérieures à celles obtenues sur Drigalski salé.

Les plus fortes valeurs sont notées à basse mer et en amont (sauf au point 34, surface, pleine mer, le 17 mai), mais les différences entre les valeurs extrêmes sont plus faibles que pour les autres milieux. La station d'épuration présente, par ailleurs, des valeurs très élevées.

Il n'y a pas de variations importantes des numérations entre la campagne de mai et celle de juin comme c'était le cas pour les milieux Drigalski. Cependant, nous ne pouvons pas généraliser cette constatation aux autres mois, car ce milieu n'a pas été utilisé pour les quatre premières campagnes.

En mai, les valeurs obtenues dans le sédiment indiquent les plus fortes populations bactériennes : $10^6/100\text{ ml}$, et parfois $10^7/100\text{ ml}$ points 31 et 33.

L'étude de la croissance des bactéries isolées sur milieu TS dans une eau peptonée sans sel montre (FIG.23) que la proportion en bactéries halophiles est plus importante dans la partie aval de l'estuaire, ce qui est en accord avec l'observation de la pénétration des eaux donc des flores marines, dans l'estuaire.

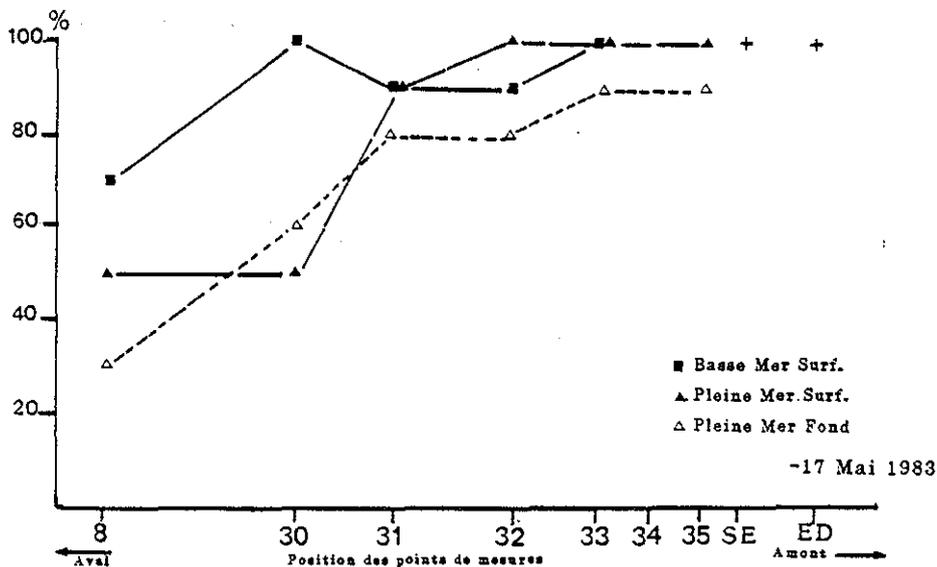


Fig.23 Pourcentage de bactéries isolées sur TS et poussant sur eau peptonée sans sel

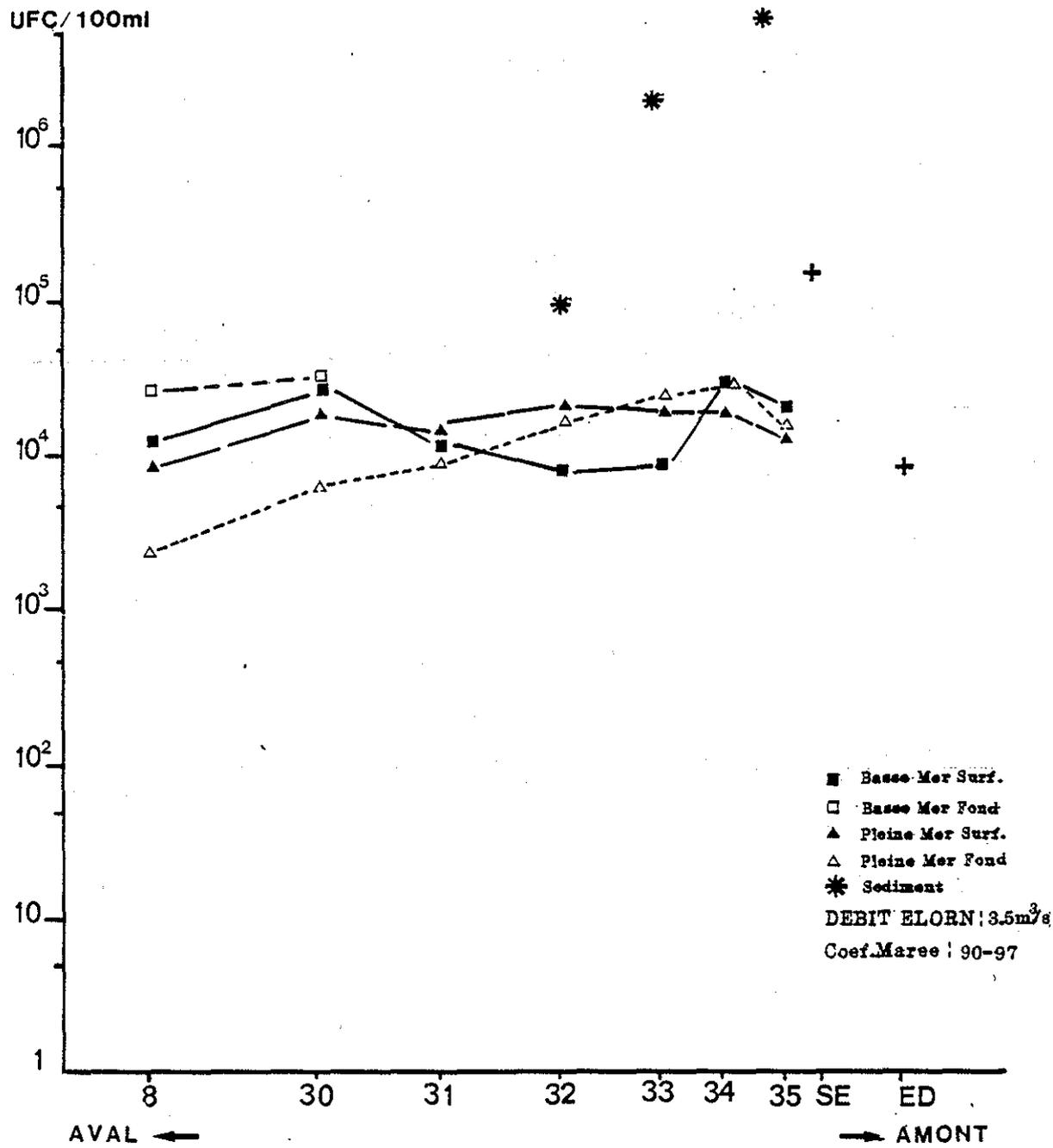


Fig.24 Variation des numerations dans l'Estuaire de l'Elorn -6 Septembre 1983 -
 - Milieu de CHAPMAN -

3.b - MILIEU CHAPMAN

Une seule figure (FIG.24) est présentée ici pour mentionner le travail effectué. En effet, comme nous l'avons évoqué plus haut, l'étude des colorations de Gram a mis en évidence le remplacement des Cocci Gram⁺ des eaux prélevées en amont par des bacilles Gram⁻ sur les eaux en aval de l'estuaire. Ces remplacements de flore en zone estuarienne en font un milieu peu sélectif et rendent l'interprétation des résultats délicate.

Les valeurs trouvées sur ce milieu sont voisines de 10^4 UFC/100 ml ; Elles varient peu d'un point à l'autre de l'estuaire. Seuls, les points de la station d'épuration et le sédiment présentent des valeurs nettement plus élevées.

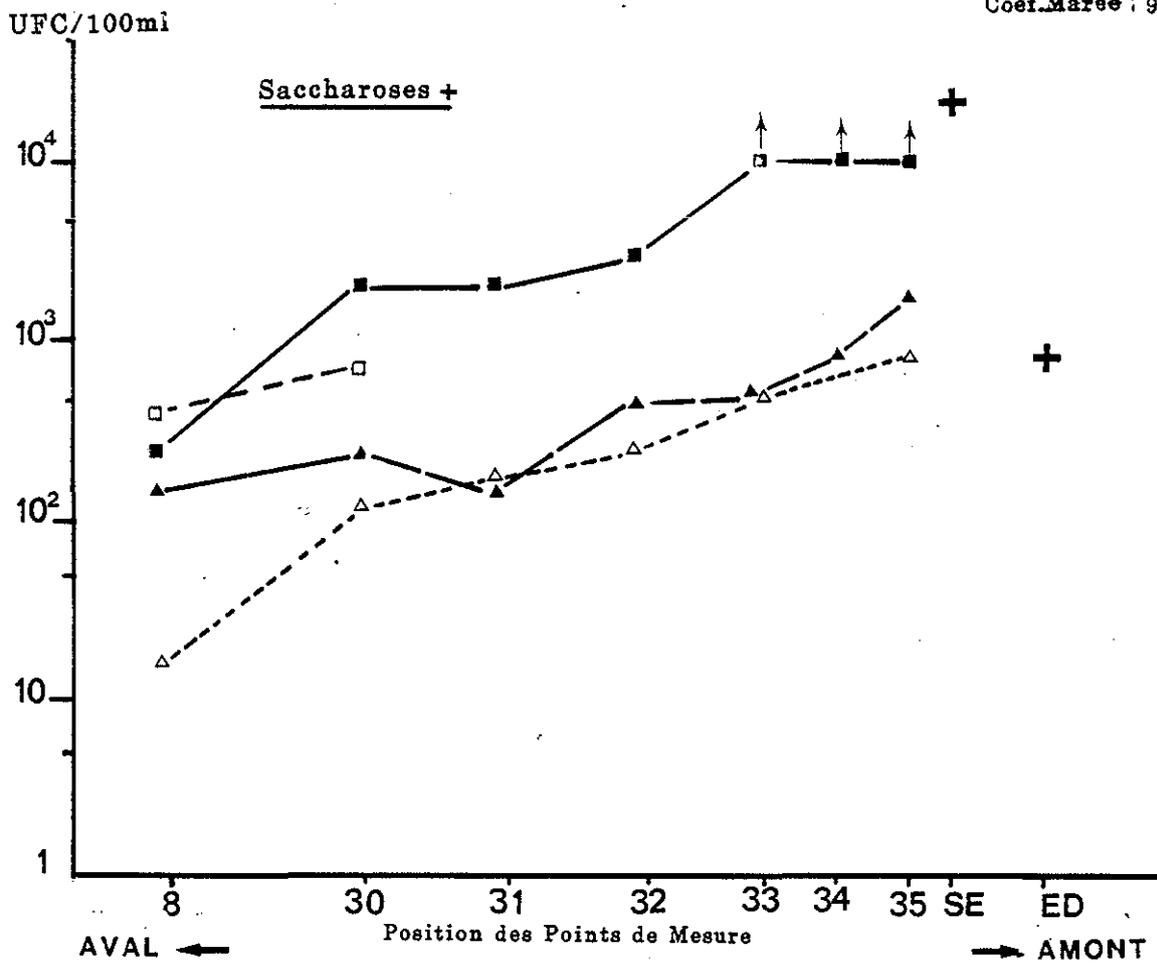
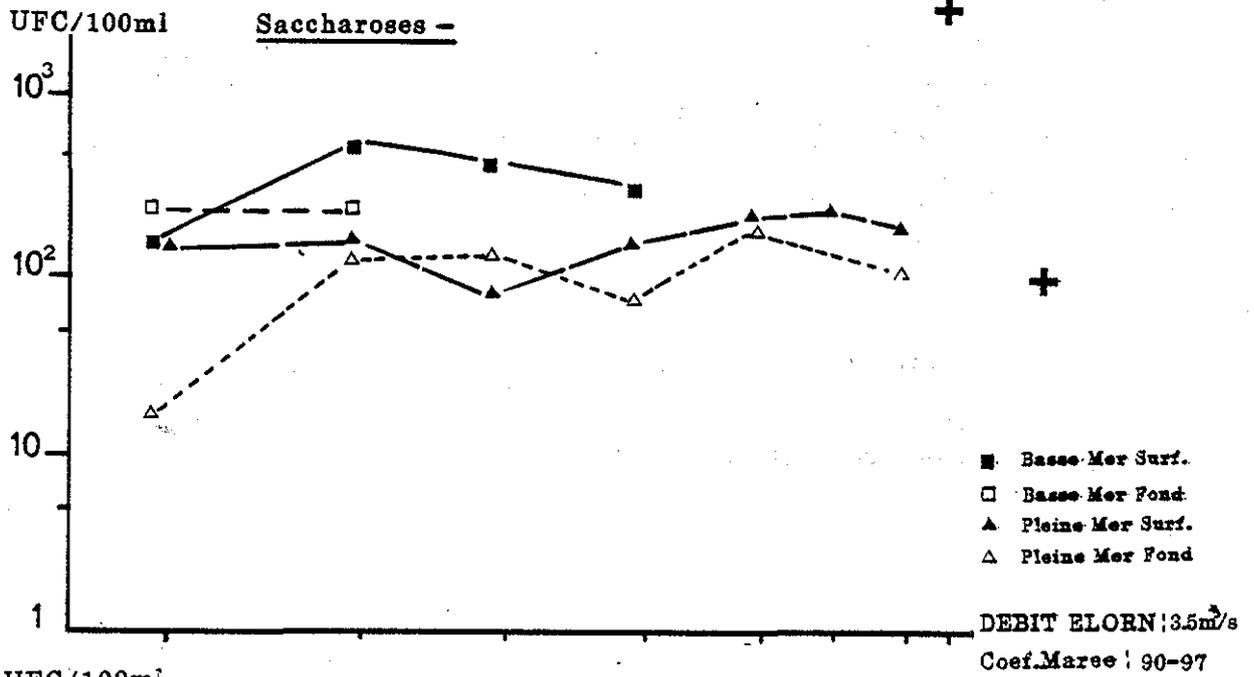


Fig.25 Variation des Numerations dans l'Estuaire de l'Elorn - 6 Septembre 1983.

- Milieu T.C.B.S. -

3.c - T C B S

Ce milieu est utilisé pour isoler les vibrions qui fermentant le saccharose, s'expriment par des colonies jaunes, pour les positifs, par des colonies gris-verdâtres pour les négatifs.

La figure 25 est donnée à titre d'exemple. On constate que la courbe des saccharoses⁺ a la même allure que celles précédemment étudiées, (DD, DS), avec plus de colonies à l'amont ($>10^4$ UFC/100 ml) l'aval (10^2 UFC/100 ml) et à basse mer qu'à pleine mer.

A basse mer, les saccharoses⁻ sont nettement moins nombreuses que les S⁺ (10^2 à $5 \cdot 10^2$ UFC/100ml contre $>10^2$ UFC/100 ml), tandis que, dans les eaux plus marines (point 8 et eau à pleine mer) la quantité de S⁻ est équivalente à celle des S⁺.

Les valeurs, au niveau du sédiment, sont plus élevées que dans l'eau et l'on constate également une évolution des numérations entre l'hiver (ou l'on trouve des valeurs inférieures à 10^4 UFC pour 100 ml en janvier - mars) et l'été (4 à $6 \cdot 10^6$ UFC/100 ml) dans tout l'estuaire. L'échauffement des eaux (de 7°C à 13°C et 14°C en juin) pourrait être un des facteurs explicatifs de cette "poussée" de vibrions.

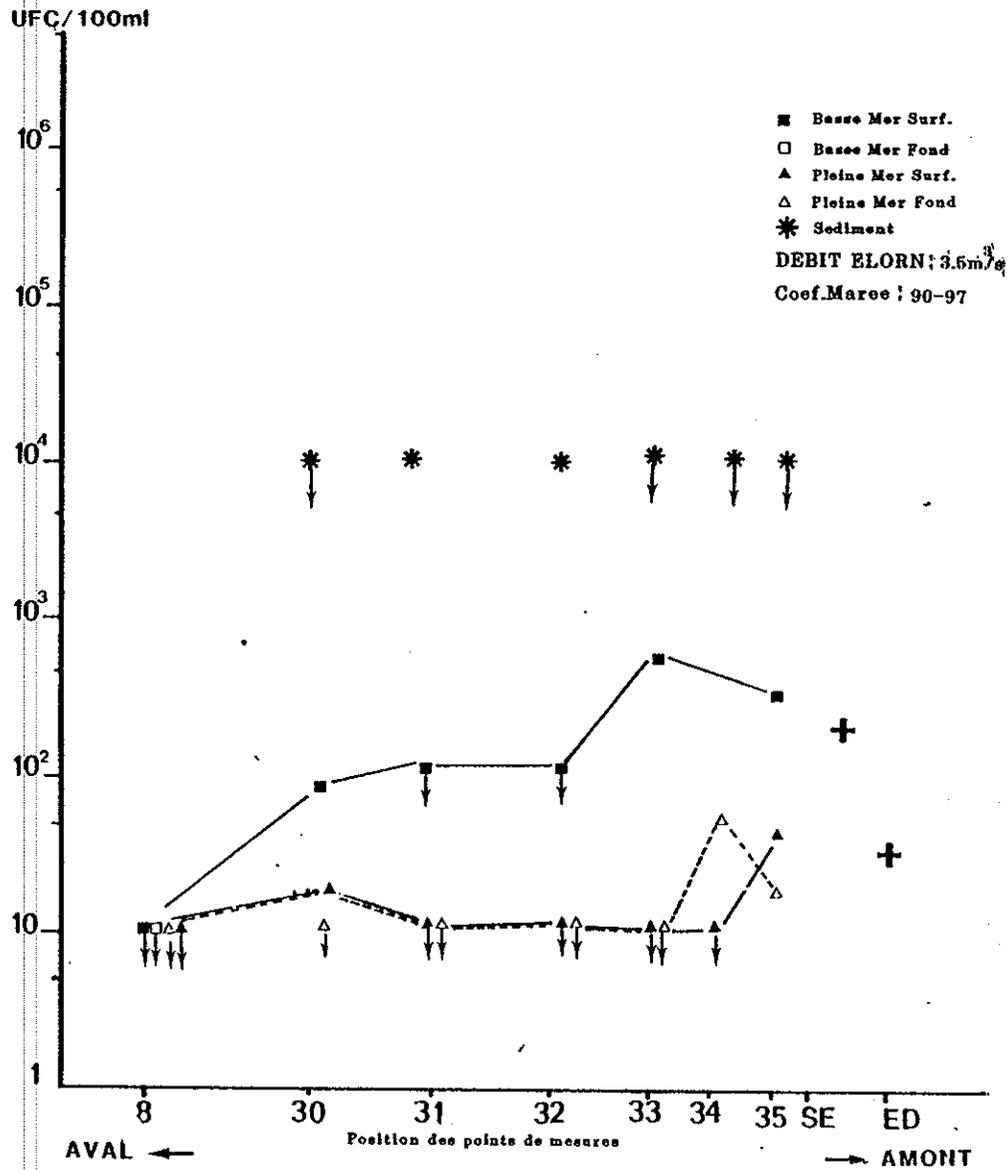


Fig.26. Variation des numerations dans l'Estuaire de l'Elorn - 6 Septembre 1983

-MILIEU PERFRINGENS-

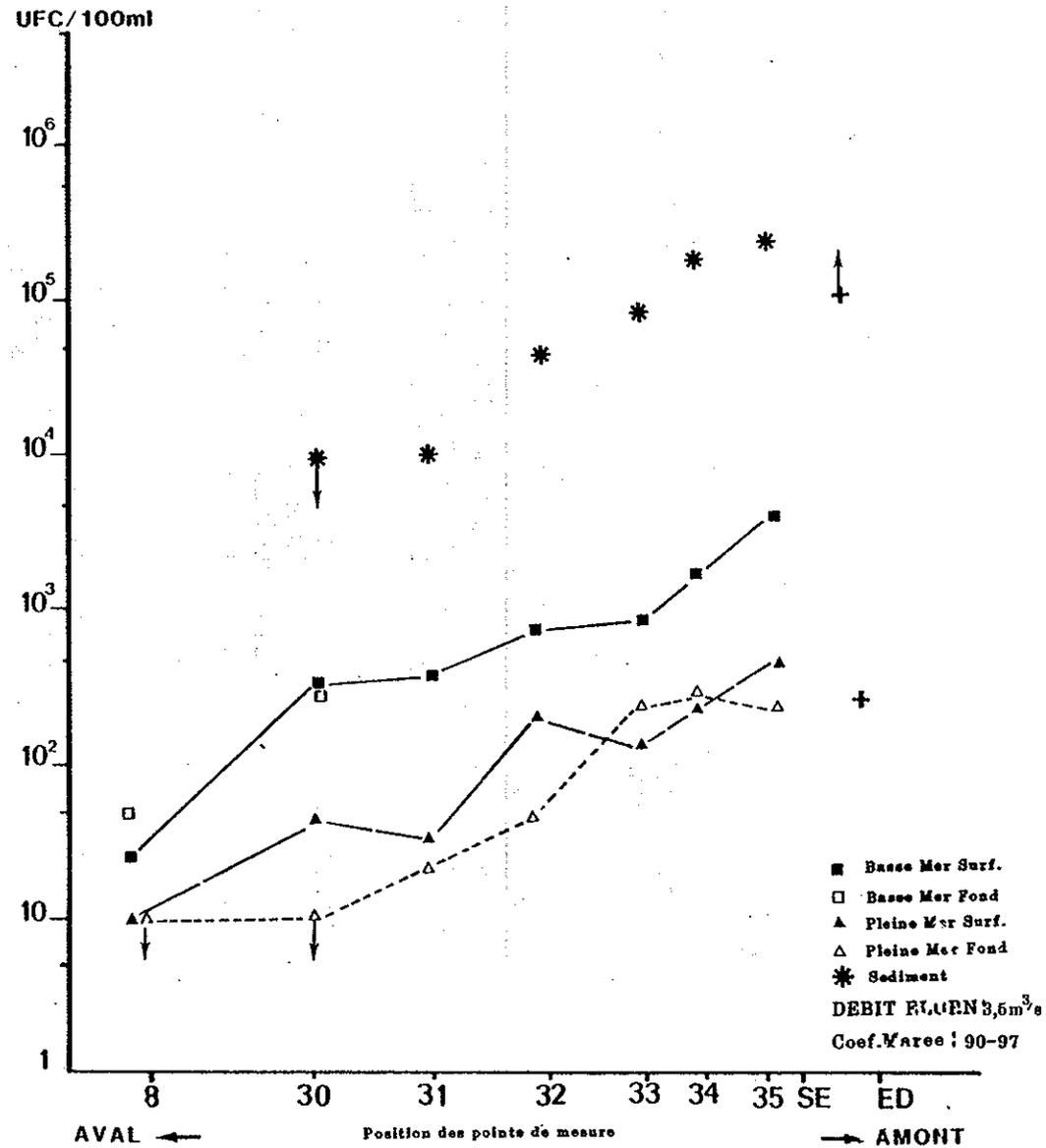


Fig.27 Variation des numerations dans l'Estuaire de l'Elorn - 6 Septembre 1983

MILIEU KANA-VANCO.

3.d - MILIEUX POUR BACTERIES ANAEROBIES

La campagne du 6 septembre 1983 illustre les résultats obtenus pour les bactéries anaérobies.

- Milieu Perfringence (FIG. 26)

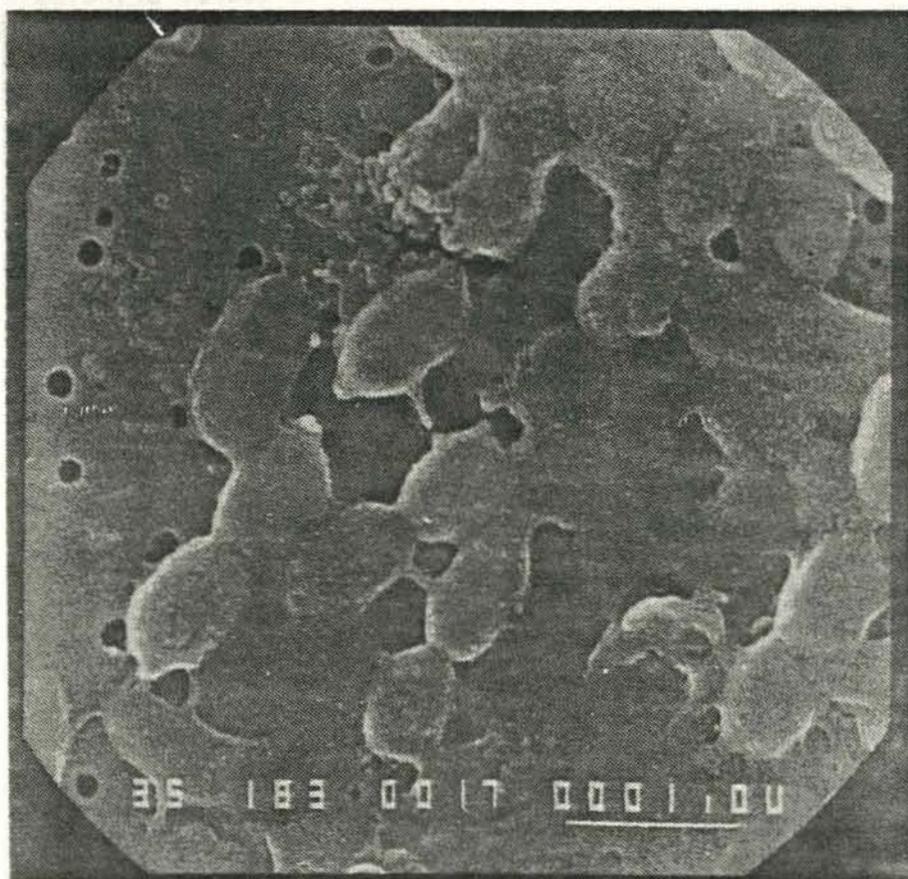
Les eaux marines (point 8 basse mer et pleine mer jusqu'au point 34) sont très peu chargées en *Clostridium* ($< 10^2$ UFC/100 ml). C'est dans la partie amont que l'on en trouve le plus ($> 10^2$ UFC/100 ml).

Les eaux douces n'en sont pas dépourvues ; quant à la station d'épuration, elle en rejette une quantité non négligeable.

Dans le sédiment, c'est au niveau des points 31 et 32 que l'on trouve les valeurs les plus importantes.

- Milieu KV (FIG. 27)

Les Bactéroïdes sont en plus grand nombre que les *Clostridium* (10 à 100 fois plus) et leur évolution, dans l'estuaire, est très voisine de celle des autres milieux : la source principale semble être la station d'épuration ($> 10^5$ UFC/100 ml) et l'on observe une dilution et une diminution progressive de l'amont vers l'aval. Les sédiments présentent également des valeurs très élevées surtout dans la partie amont ($> 10^5$ UFC/100 ml aux points 34 et 35).



4. RESULTATS DES FILTRATIONS DIFERENTIELLES

Des observations au microscope à balayage, il ressort que, la plupart du temps, les bactéries ne sont pas libres, dans l'eau de mer, mais associées au matériel particulaire.

Sur la photographie jointe, les bactéries semblent s'échapper d'un amas qui pourrait être de la matière organique ; la photo de détail montre que ces bactéries sont littéralement prises dans cette matière, et l'on note de nombreux points d'adhérence.

A partir de ces observations, et des études antérieures, il a paru intéressant d'étudier ces phénomènes et d'évaluer le pourcentage de bactéries libres dans l'estuaire de l'Elorn.

Une première filtration a donc été réalisée à 3μ ; l'eau filtrée recueillie a été ensuite passée à travers un filtre de $0,22 \mu$; nous avons alors calculé le pourcentage de bactéries libres, de la façon suivante :

$$\% \text{ bactéries libres} = \frac{\text{numération } 0,22 \mu}{\text{numérations } 0,22\mu + 3\mu} \times 100$$

Les figures jointes présentent les résultats, et l'on tentera d'examiner les relations existant entre ce pourcentage et la turbidité (FIG. 28).

En ce qui concerne les numérations sur Drigalski 42 (FIG. 29), on observe que le pourcentage de bactéries libres est d'environ 10 % ; il est inférieur à cette valeur dans la partie amont (<1 % lors de certaines campagnes).

Au niveau de la station d'épuration, ce pourcentage varie entre 1 et 10 % selon les jours de prélèvements. Il n'y a apparemment aucune relation avec la turbidité.

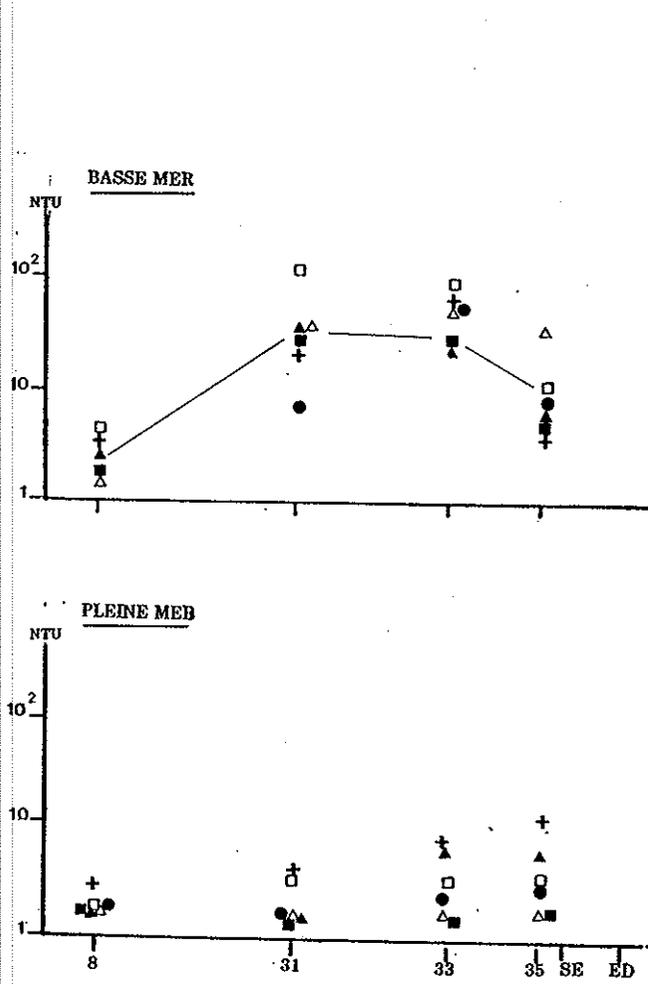


Fig.28 Evolution de la turbidité -

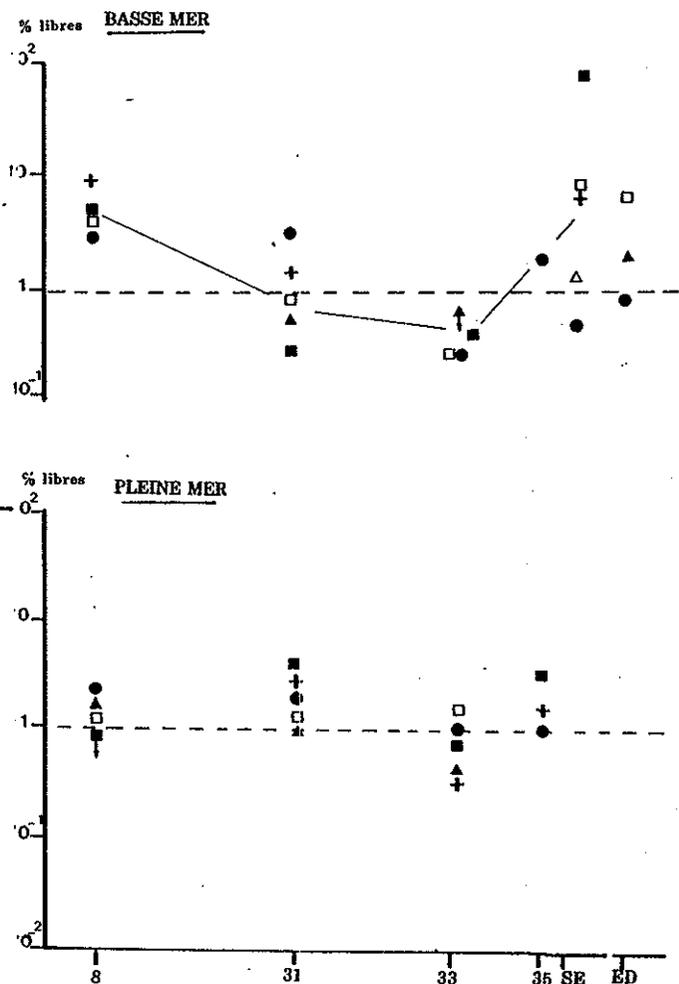


Fig.30 Pourcentage de bacteries libres dans l'Estuaire de l'Elorn

Rapport des Numerations $\frac{0.22\mu}{0.22\mu+3\mu} \times 100$

Milieu Drigalski Doux Lactoses +

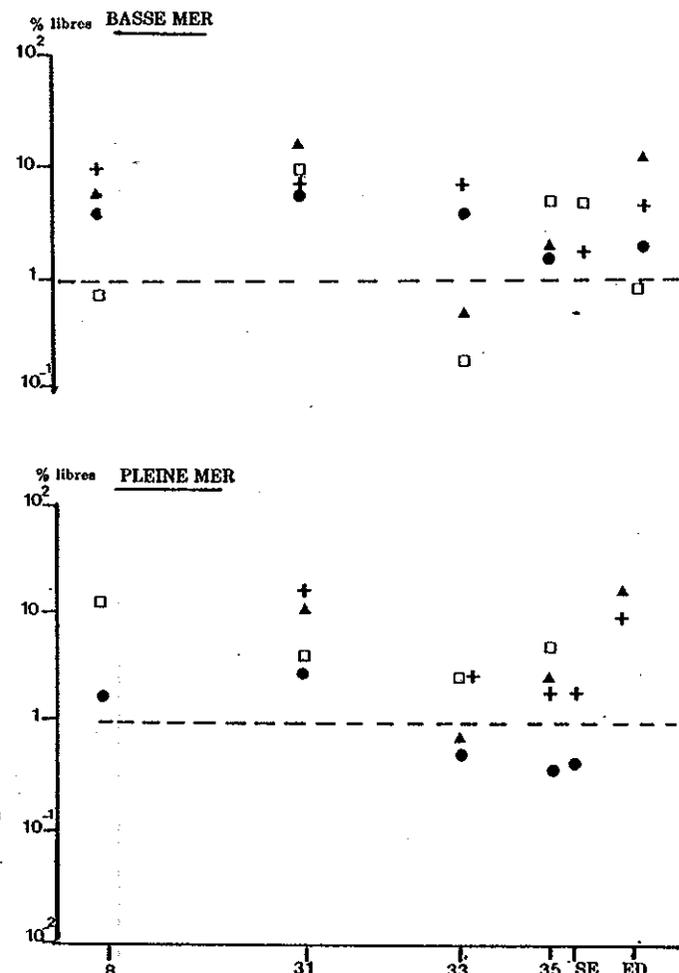


Fig.29 Pourcentage de bacteries libres dans l'Estuaire de l'Elorn

Rapport des Numerations $\frac{0.22\mu}{0.22\mu+42\mu} \times 100$

Milieu Drigalski 42 Lactoses +

- 15.2.1983
- 1.3.1983
- ▲ 22.3.1983
- + 19.4.1983
- 17.6.1983
- △ 6.9.1983

Les résultats obtenus sur Drigalski doux (FIG. 30) en Lactose⁺, au point 8, sont identiques à ceux trouvés sur D42 : soit environ 10 % des bactéries L⁺ sont libres. Dans le reste de l'estuaire, on constate que, lorsque la turbidité augmente, le pourcentage de bactéries L⁺ libres diminue (<1 %). Les bactéries négatives ont un pourcentage de bactéries libres généralement plus élevé (10 %) pour les fortes turbidités ; ce point est intéressant à noter : les bactéries du milieu extérieur sont donc, généralement, plus libres que les entérobactéries.

Drigalski salé : c'est sur ce milieu que le pourcentage de bactéries libres est le plus important (10 à 80 % au point 8). L'influence de la turbidité est particulièrement nette sur les résultats obtenus au point 31 et 33, aussi bien sur les L⁺ que sur les L⁻ : lorsque la turbidité augmente, le pourcentage de bactéries libres diminue. Sur les points amont (35 et station d'épuration), les résultats sont beaucoup plus aléatoires.

En conclusion, on retiendra :

- que peu de coliformes, isolés sur D42, sont libres (moins de 10 %), et que leur adsorption semble indifférente aux teneurs en matière en suspension. Tout se passe comme si ces bactéries n'avaient pas la possibilité de se libérer (ou de s'adsorber) sur le matériel disponible en suspension dans l'estuaire, puisque, en aval, on retrouve le même pourcentage de bactéries libres qu'au niveau du rejet ;
- que les bactéries isolées sur DD ou DS sont, elles, sensibles à la turbidité : lorsque cette dernière est faible (< 25 mg/l), le pourcentage de bactéries Lactose⁺ libres est de 5 à 10 %. Lorsque la turbidité augmente, ce rapport chute (<1 %). Le pourcentage de L⁻ libres est généralement plus élevé (20 à 80 %, selon les campagnes). Ces bactéries sont, comme les L⁺ isolées sur DD ou DS, sensibles à la turbidité. En fait, lorsqu'il y a remise en suspension, les bactéries colonisant les matières en suspension sont en plus grand nombre que celles qui étaient présentes dans l'eau, ce qui explique la chute du rapport. A ce titre, la filtration différentielle est intéressante, car elle montre les relations entre les fortes turbidités sur les populations bactériennes.

5. ETUDE DE LA FLORE DE L'ESTUAIRE

L'examen des résultats obtenus sur tous les milieux de culture, et pour chaque prélèvement, permet d'évaluer la flore bactérienne de l'estuaire. En effet, si l'on reporte sur un même graphique les résultats des numérations, on obtient, pour chaque point, un "profil" représentatif de la flore bactérienne.

La comparaison des profils entre eux renseigne sur les associations ou les différences entre chaque point de prélèvement.

Un exemple est donné figure 31. De l'examen de cette figure, il ressort que :

- . le point 8, le plus marin, possède une flore propre ;
- . les points 31, 32, 33 et même 34 présentent des flores relativement semblables,
- . la station d'épuration et l'eau douce ont une flore spécifique.

L'utilisation de ces profils permet de caractériser différentes masses d'eau, pour chaque campagne. On peut également connaître ainsi les différentes sources et leur influence.

Tous les prélèvements d'une même campagne (eau et sédiment) ont été traités par une analyse multivariante des correspondances (en $\text{Log } x + 1$) réalisée à l'aide des programmes du Centre Océanologique de Bretagne.

A la suite de cette analyse, on constate que trois situations peuvent se rencontrer dans l'estuaire étudié :

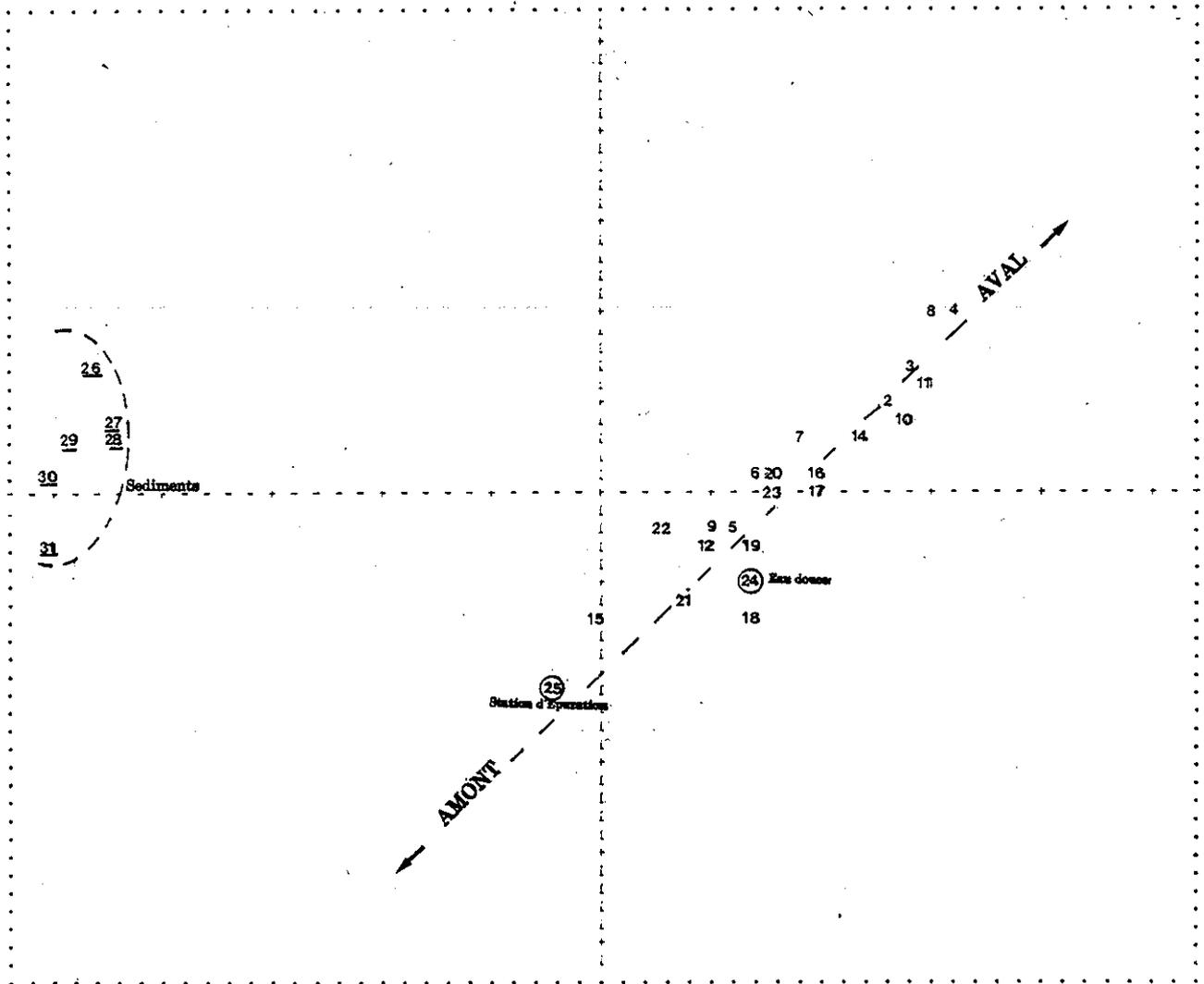
1ère situation : (exemple du 6 septembre 1983 - FIG. 32)

La projection simultanée des points dans un plan défini par deux axes d'inertie est présentée sur cette figure. Les axes I et II extraient respectivement 73 % et 15 % de la variance totale du phénomène.

AXE DES X : 1(788)
 AXE DES Y : 3(188)

SELOIN L'AXE DES X UN INTERVALLE = 1.41E+05

SELOIN L'AXE DES Y = 1.51E+05

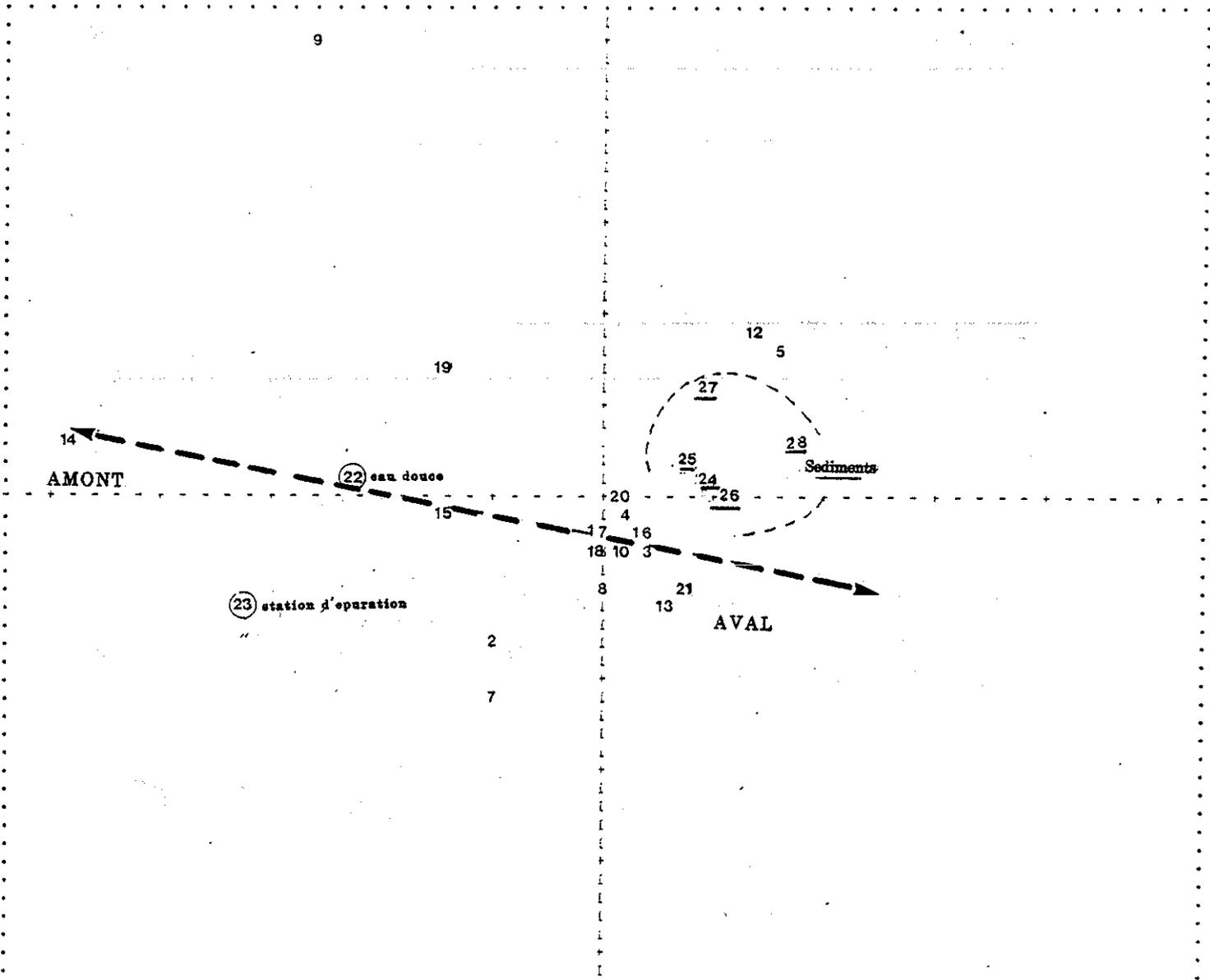


POINTS GROUPEES : 1, 10,
 POINTS GROUPEES : 13, 17,

fig.32 Analyse des correspondances 6 Septembre 1983

AAE DES X : 1 (44%)
 AAE DES Y : 2 (30%)

SELON L'AXE DES AUCION INTERVALLE = .11E-02 SELON L'AXE DES Y = .11E-02



POINTS GROUPEES : 1, 13,
 POINTS GROUPEES : 6, 21,
 POINTS GROUPEES : 11, 16,

Fig.33 Analyse des correspondances.1 Mars 1983

La structure obtenue suggère l'interprétation suivante :

L'ensemble des points de l'estuaire est allongé selon un axe aux extrémités duquel il y a, d'une part la station d'épuration et, de l'autre, les points situés en aval de l'estuaire. Ce schéma représente donc le glissement progressif des flores bactériennes de l'amont vers le large (eau de mer). Près de la station d'épuration, on trouve les points 33, 34, 35 - basse mer - surface (respectivement repères 15 - 18 - 21 sur la figure), ce qui montre la contamination des eaux de l'estuaire par la flore du rejet.

Les points "sédiment" sont regroupés à gauche, sur l'axe I, et n'influencent pas la distribution des autres points, on a donc une distinction très nette des flores eau - sédiment à cette campagne.

2ème situation (1er mars 1983 - FIG. 33)

Tous les points sont alignés sur le même axe représentant l'estuaire, mais la dispersion est plus grande.

En haut, à droite de la figure, on trouve le sédiment qui a une flore différente de celle de la station d'épuration. En bas, à gauche, sont représentés les points marins (2 - 7), respectivement 8 et 30.

Dans ce cas de figure, que l'on retrouve également le 17 mai, on a donc intégration des sédiments au schéma de distribution. Lors de ces deux campagnes, on a bénéficié de conditions hydrodynamiques telles qu'il y a eu décapage des sédiments dans la masse d'eau ; c'est ce que traduit le schéma de distribution.

Un cas intermédiaire est représenté sur la figure 34 (21 juin 1983), où l'on voit le sédiment (point à droite du schéma) influencer quelques points de l'estuaire (34 et 32) au niveau du maximum de turbidité.

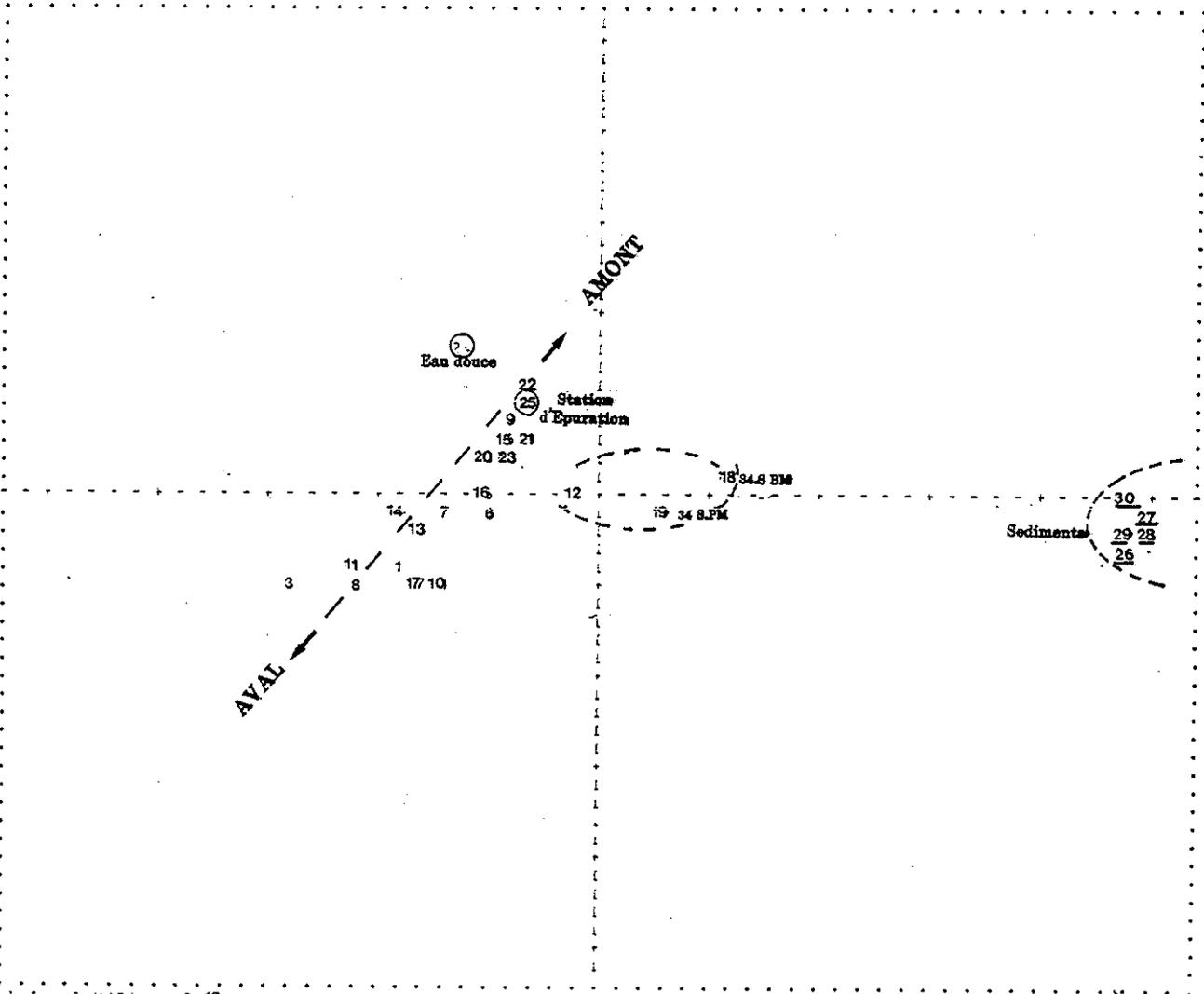
3ème situation (FIG. 34)

Sur cette figure, on observe une très grande dispersion des points, sans que l'on puisse en donner une interprétation satisfaisante (c'est également le cas pour le 15 février).

Le 19 avril et le 22 mars, l'absence de points "sédiments" dans l'analyse ne permet pas d'en définir le rôle. Les phénomènes de distribution des points se rapportent à celui décrit le 6 septembre.

AXE DES X : 1 (cm);
 AXE DES Y : 2 (cm)

SELON L'AXE DES X UN INTERVALLE = 1.15E-02 SELON L'AXE DES Y = 1.15E-02



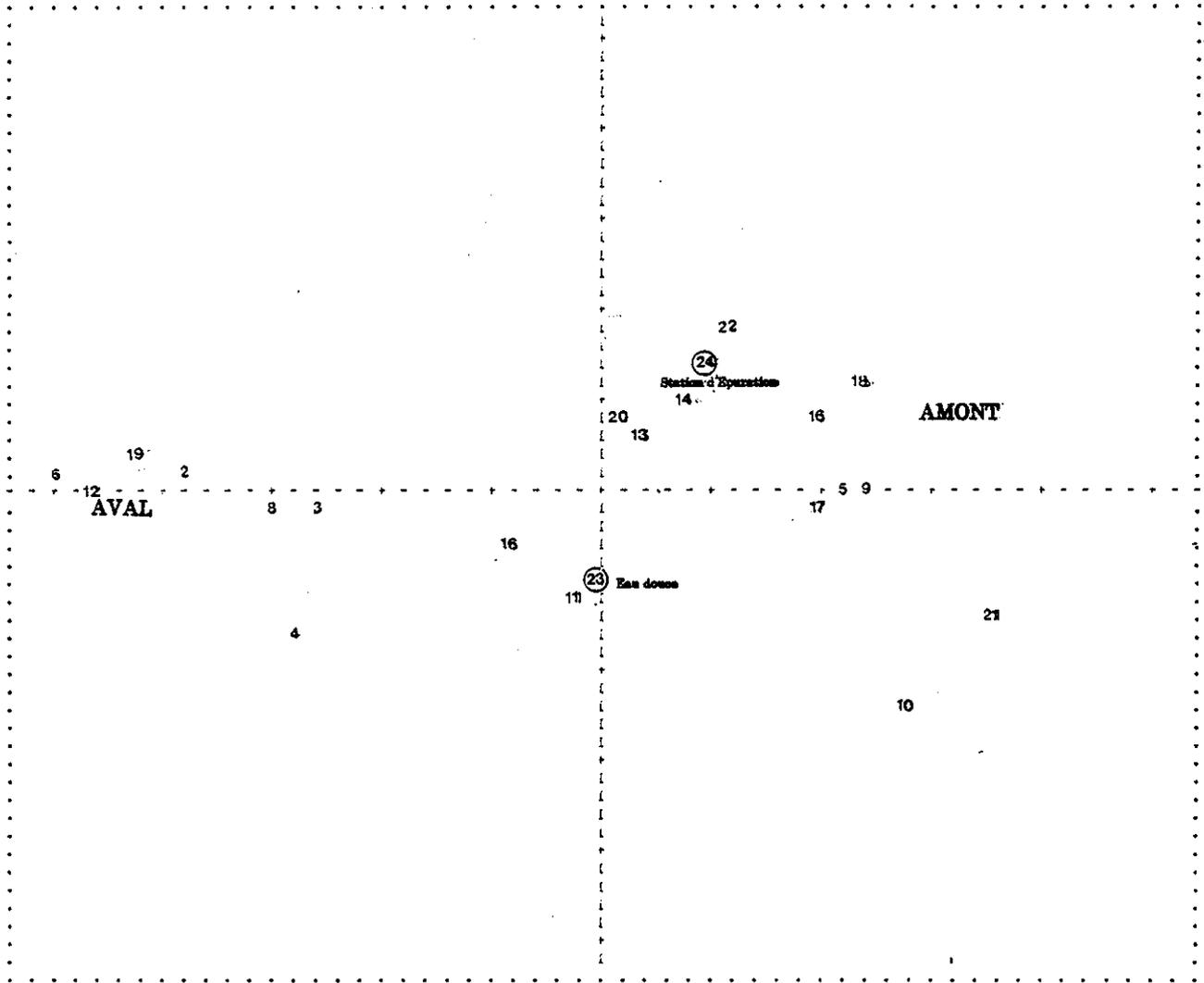
Clats GROUPES : 2, 10.
 Clats GROUPES : 5, 9.

Fig.34 Analyse des correspondances. 21 Juin 1983

AXE DES Y : 1 (74%)
AXE DES Y : 2 (12%)

SECON L'AXE DES X A UN INTERVALLE = .139E-05

SECON L'AXE DES Y = .139E-05



POINTS GROUPES : 1, 12,

Fig.35 Analyse des correspondances 25 Janvier 1983

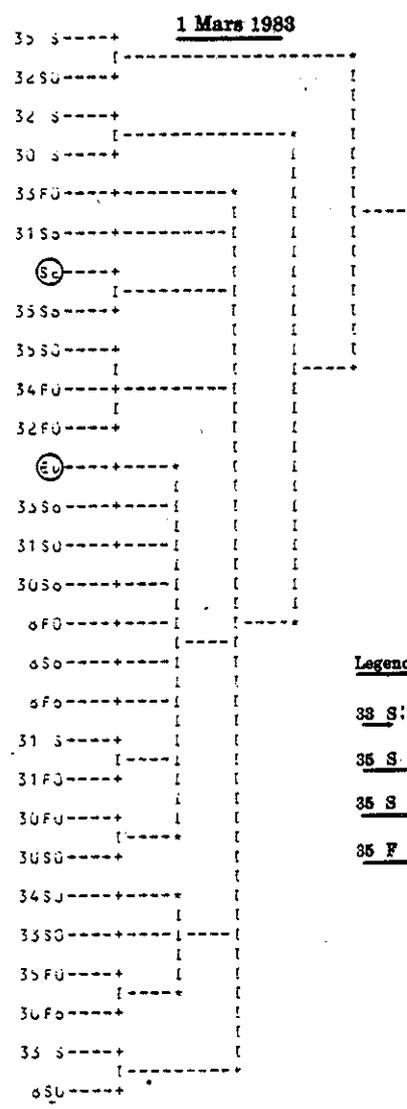
Un autre traitement statistique a été réalisé sur ces mêmes données : il s'agit d'une classification hiérarchique de Roux ; cette méthode de regroupement, appelée dendrogramme, est un mode de représentation schématique dans un espace à deux dimensions, applicable à une matrice de similitude ou de distance.

Pour construire un dendrogramme, on porte, sur un axe, des niveaux de similitudes entre les deux observations. On joint ensuite à cette première grappe, l'observation, s'il y en a une, qui est plus proche que toute autre observation ; sinon, on la joint à l'observation la plus proche pour former une autre grappe, et ainsi de suite. On peut, de cette façon, former un certain nombre de grappes reliées par des niveaux hiérarchiques similaires (VERON,* 1974).

Un exemple de cette analyse est illustré par la FIG. 36 (1er mars 1983) :

*VERON, M. 1974. Sur un critère de calcul du meilleur niveau de coupure d'un dendrogramme de classification hiérarchique, 1974. *Ann. Microbio.* (Inst. Pasteur) 125 B, pp : 29 - 44.

NIVEAUX	3	4	5	6	7
---------	---	---	---	---	---



- Legende:**
- 35 S: point sediment
 - 35 S 0: point surface P.M
 - 35 S 6: point surface BM
 - 35 F 0: point fond P.M

Fig.36 DENDROGRAMME - Classification hierarchique

Ces deux traitements statistiques, l'analyse multivariable et la classification hiérarchique, permettent d'évaluer les différentes flores de l'estuaire ; on distinguera plusieurs groupes, dont certains se retrouvent bien distincts à chaque campagne.

Sur le tableau P 41, on a porté, pour chaque groupe, le résultat des identifications. Les bactéries sont classées de la manière suivante (les résultats sont donnés en pourcentages) :

- A. *E. coli*
- B. *Klebsiella, Enterobacter, Serratia*
- C. Autres entérobactéries : *Citrobacter, Proteus, Acinetobacter* ...
- D. *Pseudomonas*
- E. *Vibrio, Aeromonas*
- F. Autres : aérobies strictes.

1er groupe - station d'épuration : prédominance, dans ce groupe, des entérobactéries, *E. coli*, groupe KES et autres (entre 50 et 90 % des bactéries identifiées).

2ème groupe - eau douce (flore de l'Elorn à arrivée du déversoir de Landerneau) : là aussi, il y a prédominance des entérobactéries (entre 45 et 70 %).

3ème groupe - flore de l'estuaire aval (eau) : on a une diminution du nombre des entérobactéries et, surtout, une meilleure répartition des groupes. On note l'importance, à ce niveau, du nombre des *E. coli* (15 à 25 % de la flore identifiée). Il faut cependant souligner que les numérations, à ce point, sont très faibles par rapport à celles des deux groupes précédents. Enfin, on observe l'augmentation du pourcentage de *Pseudomonas* et *Aeromonas*.

4ème groupe - représenté par les prélèvements de sédiment : on observe la prédominance des bactéries du type *vibrio* et *aeromonas* et la diminution, à ce niveau, des entérobactéries.

5ème groupe - formé par les points du haut estuaire (eau de surface à basse mer) : ce groupe, beaucoup moins distinct que les autres, est mis là à titre d'exemple. On notera l'importance des entérobactéries qui traduit l'influence des apports dus à la station d'épuration et à l'eau douce.

RÉSULTATS DES IDENTIFICATIONS EXPRIMÉS EN POURCENTAGES

MISE EN EVIDENCE DES DIFFERENTES FLORES DE L'ESTUAIRE

CAMPAGNES		Bactéries identifiées					Nombre d'identifications	
		A*	B*	C*	D*	E*		F*
Station d'épuration	1er mars	0	16	58	0	0	25	24
	17 mai	8	33	8	8	16	24	12
	21 juin	30	40	20	0	10	0	10
	6 septembre	36	45	0	0	0	18	11
Eau douce	1er mars	10	20	40	0	10	20	10
	17 mai	18	36	18	9	0	18	11
	21 juin	9	18	18	9	9	36	11
	6 septembre	0	57	14	0	0	24	7
Estuaire - aval (points 8 et 30)	1er mars	26	28	6	0	8	30	49
	17 mai	25	25	14	7	10	18	56
	21 juin	13	21	8	3	6	48	37
	6 septembre	28	35	10	3,5	1	21	57
Sédiment	1er mars	16	26	0	4	24	37	24
	17 mai	8	29	0	4	58	41	34
	21 juin	10	3	10	3	37	39	28
	6 septembre	7	23	11	0	11	46	43
Estuaire amont basse mer	1er mars	30	25	5	0	10	30	20
	17 mai	24	42	4	4	8	15	45
	21 juin	18	21	21	12	12	15	33
	6 septembre	7	43	13	2,5	2,5	30	39

*A = E. coli *B = K.E.S. *C = autres entérobactéries *D = Pseudomonas *E = Aeromonas, Vibrio *F = autres

C O N C L U S I O N

L'estuaire de l'Elorn, situé dans la rade de Brest, est soumis à différents facteurs influençant sa flore bactérienne :

- la pénétration de la marée,
- l'effet des courants par remise en suspension des sédiments du fond et des vasières,
- la variation des apports de l'Elorn et principalement ceux de la station d'épuration.

Le nombre total de bactéries, (numérées sur Trypticase salée) est plus élevé en amont qu'en aval ; les sédiments et les apports (eau douce - rejets urbains) sont les principales sources de bactéries.

Les coliformes, issus principalement de la station d'épuration, se diluent à basse mer dans les eaux de l'estuaire, sans grande mortalité apparente. Ces bactéries sont, pour la plupart, adsorbées sur du matériel particulaire, puisque seulement 10 à 20 % d'entre elles sont libres.

La perte de sélectivité du milieu Drigalski salé laisse penser que l'halotolérance des bacilles Gram négatifs présents dans l'estuaire est élevée. Ceci est dû, vraisemblablement, aux fortes variations de salinité subies sur des périodes assez courtes.

Les concentrations sont 100 à 1 000 fois plus faibles dans l'eau que dans le sédiment qui joue le rôle de piège à bactéries. Lorsque les courants sont importants (crue de l'Elorn, ou vive eau), les particules sont "décapées" du fond et remises en suspension ; durant ces périodes, le pourcentage de bactéries libres chute (<1 %), la majorité étant adsorbée sur le matériel disponible en suspension. Un traitement statistique des données indique que la flore trouvée dans l'eau ou le sédiment est alors très peu différente.

Il ressort, de cette étude, qu'il existe plusieurs sources de contamination dans l'estuaire de l'Elorn : la station d'épuration, la rivière elle-même, et le sédiment du fond et des vasières qui se comporte comme un véritable réservoir de bactéries.