

**CYCLE DE LA MATIERE ORGANIQUE
DANS L'ESTUAIRE DE L'ELORN
ET RELATIONS AVEC LES BACTERIES**

Par Michelle QUEMENEUR, Roger KEROUEL, Alain AMINOT

Juin 1984

IFREMER

Département Environnement Littoral

Programme : Devenir et effets des polluants
Projets : Rejets urbains / Bactériologie Elorn

**CYCLE DE LA MATIERE ORGANIQUE
DANS L'ESTUAIRE DE L'ELORN
ET RELATIONS AVEC LES BACTERIES**

Par Michelle QUEMENEUR, Roger KEROUEL, Alain AMINOT

Juin 1984

IFREMER

Département Environnement Littoral

Programme : Devenir et effets des polluants
Projets : Rejets urbains / Bactériologie Elorn

PLAN

Introduction

I. Cadre de l'étude

- 1) Zone fluviatile
- 2) Zone estuarienne

II. Stratégie d'échantillonnage ; paramètres étudiés ; méthodes

- 1) Stratégie d'échantillonnage
- 2) Méthodes utilisées

III. La matière organique dans l'estuaire de l'Elorn

- 1) Généralités
- 2) Carbone organique dissous
- 3) Carbone organique particulaire

IV. Relations entre la matière organique et les numérations bactériennes

- 1) Introduction
- 2) Profils horizontaux de COP et de numérations bactériennes dans l'estuaire de l'Elorn
- 3) Relation avec les matières en suspension
- 4) Relations avec le carbone organique particulaire
- 5) Relations avec le carbone organique particulaire non algal
- 6) Conclusion

V. Conclusion générale

Bibliographie

INTRODUCTION

Un estuaire est un système particulier, lieu de rencontre des eaux fluviales enrichies en sels nutritifs et en matières organiques par le lessivage des sols et des eaux salées plus pauvres. C'est un milieu instable soumis à des fluctuations variées (cycles de marées, débits fluviaux, pollutions, ...) au sein duquel ont lieu de nombreux phénomènes particuliers : floculation, sédimentation, adsorption, remise en suspension ou en solution de matériel particulaire.

C'est donc une zone d'étude privilégiée en particulier de la matière organique dont la plupart des apports à l'océan transite par l'estuaire ou elle participe à un cycle biogéochimique complexe.

Par ailleurs les estuaires sont généralement des zones économiques actives et donc très peuplées. Les agglomérations urbaines rejettent dans le milieu estuarien des eaux usées riches en matière organique et en bactéries.

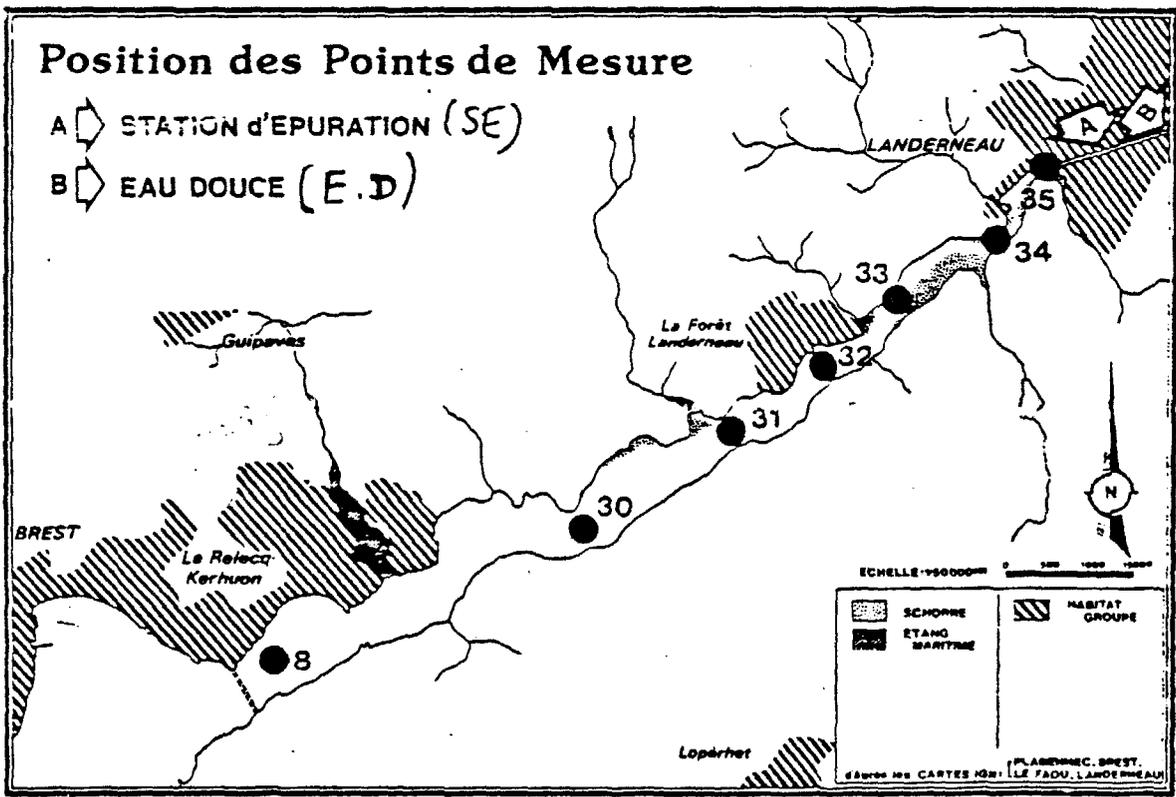
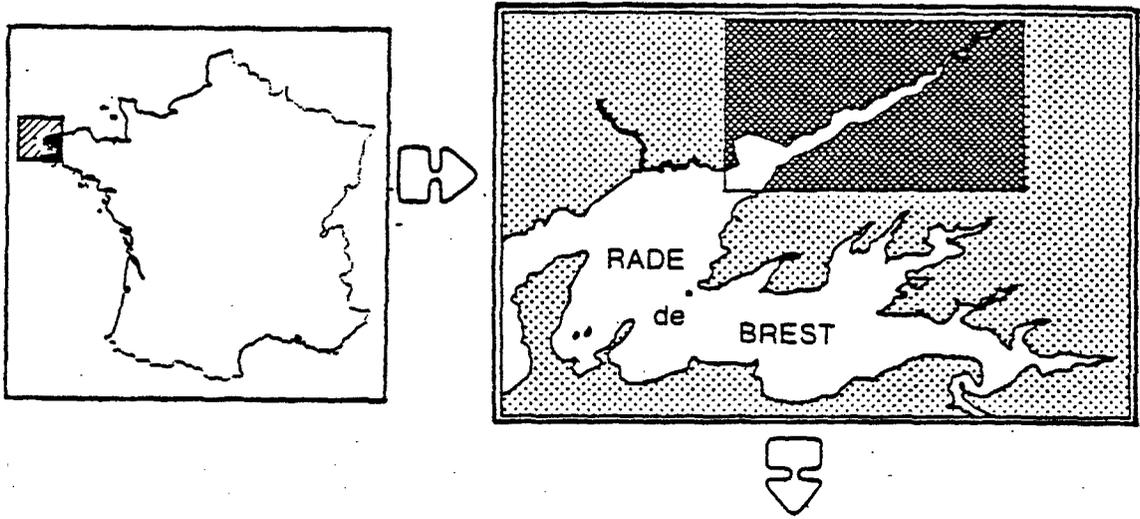
Ce travail aura deux objectifs :

- Etudier le cycle de la matière organique dans un estuaire fortement influencé par la marée et relativement pollué,
- Tenter de mettre en évidence le rôle de la matière organique dans la survie des populations bactériennes.

Ceci est un prolongement du programme "Bactériologie de l'estuaire de l'Elorn" mené par le département ELGMM du Centre Océanologique de Bretagne. Ce programme a comporté :

- des mesures bactériologiques (M. POMMEPUY -1-),
- des mesures des paramètres physico-chimiques : salinité, température, pH, turbidité, matières en suspension (J. L'YAVANC -1-, R. KEROUEL -2-),
- des mesures de paramètres chimiques : oxygène dissous, pigments chlorophylliens, sels nutritifs, carbone organique dissous, acides aminés, urée (A. AMINOT -2-, R. KEROUEL -2-), carbone et azote particulaire (M. QUEMENEUR).

-
- 1- : Equipe Gestion et Aménagement,
 - 2- : Equipe Chimie.



**PRESENTATION
du CADRE de l'ETUDE**

Fig. 1

I. CADRE DE L'ETUDE

1) Zone fluviatile

L'Elorn est une des deux rivières importantes débouchant en rade de Brest (au N.E.). De nombreux petits affluents drainent une région de 400 km² à vocation agricole (cultures fouragères, céréales, élevage). Les activités industrielles essentiellement agro-alimentaires sont concentrées en deux zones : Landivisiau et Landerneau. Du fait de la présence de quelques agglomérations, l'Elorn reçoit en amont de Landerneau quelques effluents dont les principaux sont traités.

L'Elorn présente un régime fluvial océanique ; son débit moyen au déversoir de Landerneau est de 4 m³/s. La structure et la géologie de son bassin versant lui confèrent un écoulement annuel assez régulier (présence d'arènes granitiques se comportant comme des éponges). Durant l'étude de janvier à septembre 83, le débit a varié de 3 à 15 m³. Il faut noter qu'en raison de conditions climatiques particulières (fortes pluies en mai) le profil annuel est différent de celui des autres années.

2) Zone estuarienne

La figure 1 présente la position des stations de prélèvement.

L'estuaire de l'Elorn est fortement influencé par la marée puisque le marnage en aval varie de 3 m en mortes eaux à 7 m en vives eaux.

On distingue :

- la partie amont (de Landerneau au point 30) présentant un chenal étroit et peu profond et de larges vasières découvertes à basse mer. Cette zone est fortement influencée par le débit de l'Elorn.
- la partie aval (du point 30 au pont A. Louppe) où le chenal s'approfondit et s'élargit. Il y a toujours une grande quantité d'eau de mer dans cette zone.

La salinité, qui traduit les phénomènes de mélanges eaux douces-eaux salées, les matières en suspension, les temps de séjour de l'eau douce dans l'estuaire sont trois paramètres indispensables à connaître pour comprendre l'évolution des paramètres dissous (dilution ou évacuation des polluants).

Les salinités

Leur répartition est influencée par les coefficients de marée mais aussi par le débit du fleuve. On peut souligner qu'en vives eaux les eaux salines pénètrent profondément dans l'estuaire (1er mars, point 34 : 20,4 % en surface, pour un coefficient de 110-108). Selon le débit du fleuve, l'estuaire apparaît alors pratiquement homogène (1er août, figure 2) soit légèrement stratifié.

En mortes eaux l'avancée des eaux marines est moins marquée. Quand le débit du fleuve est important, l'estuaire présente une stratification très nette (10 février, figure 3), l'eau douce s'écoulant en surface. Les mélanges entre les deux types d'eau sont alors plus restreints.

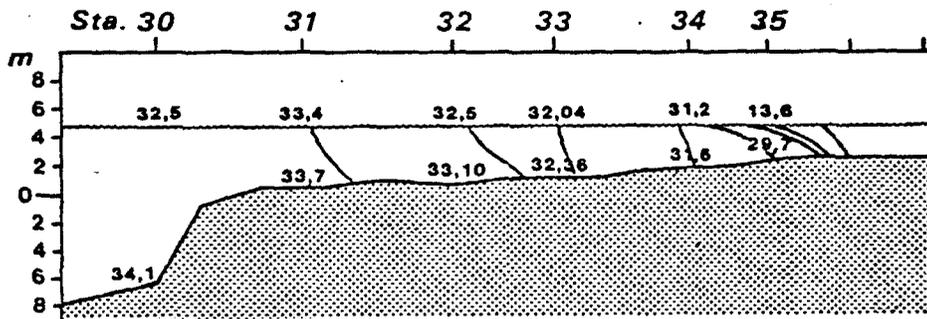
Les matières en suspension (MES)

De manière générale, les MES sont assez faibles à pleine mer (inférieures à 20 mg). Elles augmentent sensiblement à basse mer surtout dans la partie amont avec des maximums aux points 32 ou 33 selon le débit de l'Elorn.

Répartition Longitudinale Salinité.

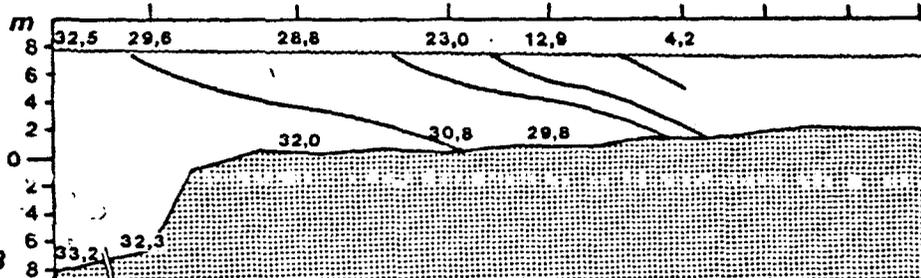
D'APRES J L'YAVANC (1983)

PM
Aout 1983
Vives Eaux
Etiage.



(PM)

le 15 Fév. 1983
Coef. : 85-85
Débit: 12 m³/s



(BM)

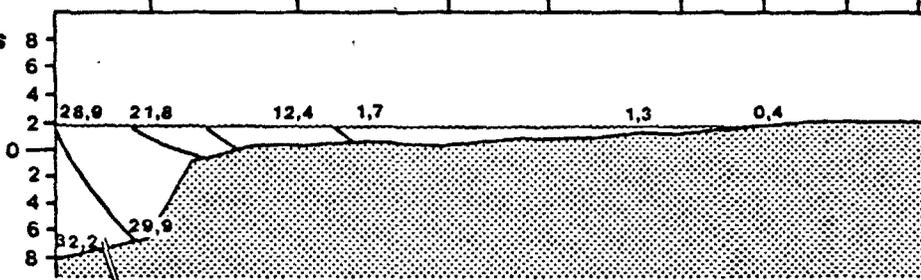


Fig. 2

Répartition Longitudinale Salinité.

D'APRES J. LYAVANC (1983)

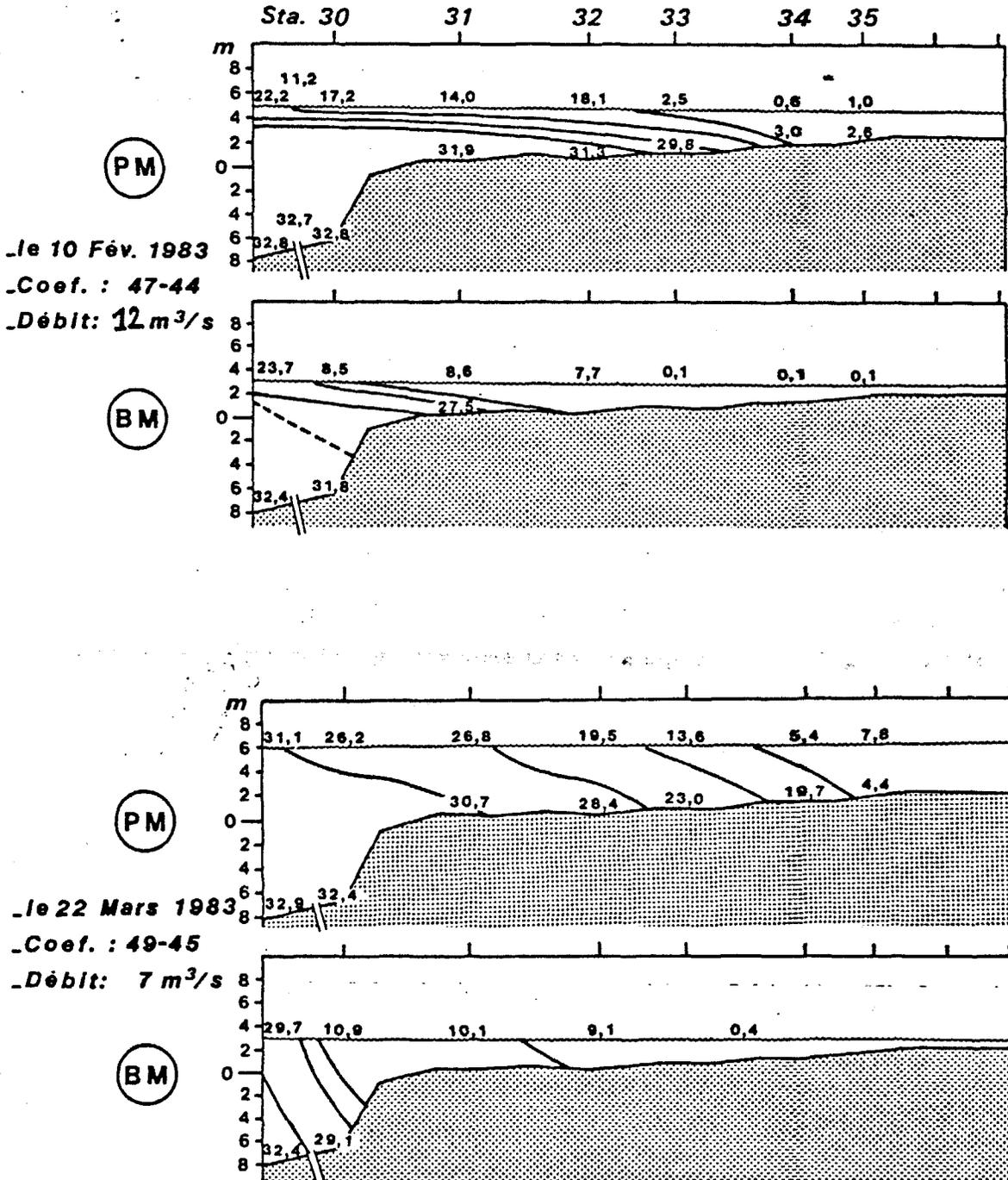


Fig.3

Estuaire de l'Elorn

Evolution de la vitesse du courant, de la turbidité
et de la salinité en vive eau (Aout 1983)

D'APRÈS J. L'YAVANC

Station 33

-Coef. 97-

Vitesse du courant

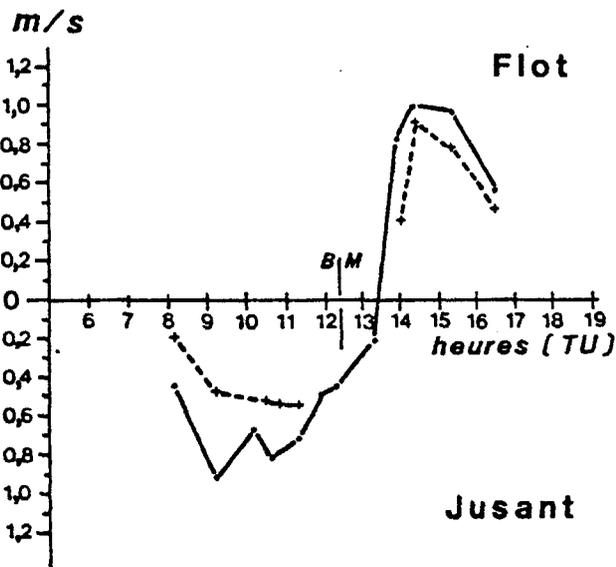
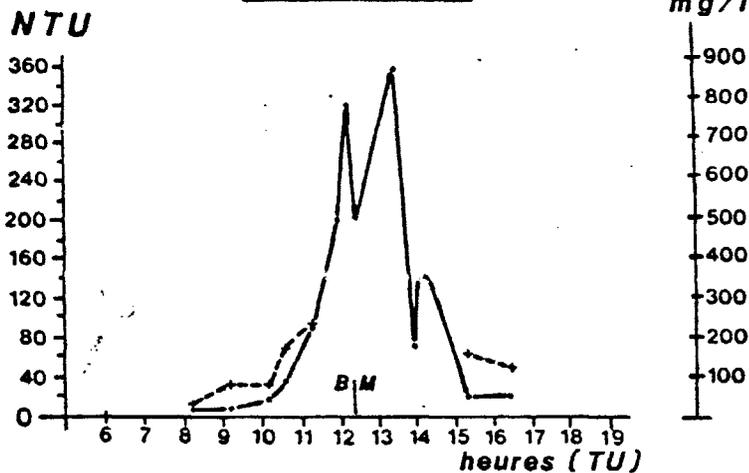
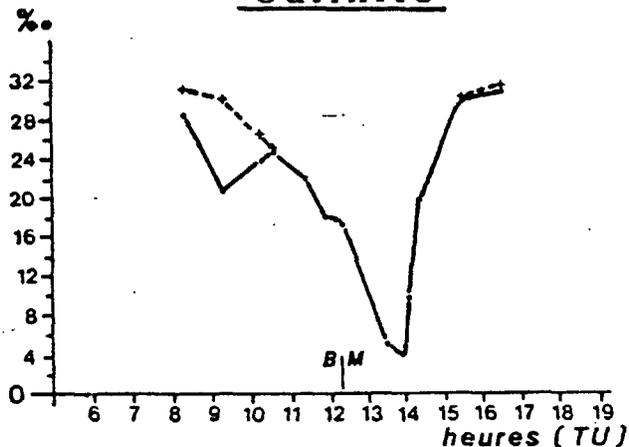


Fig. 4

Turbidité



Salinité



Lors d'étude au point fixe de fortes concentrations ont été notées à proximité de la basse mer (2 h avant) quand la hauteur d'eau dans le chenal est faible et la vitesse des courants encore élevée. Les maximums sont atteints lors de la renverse du courant. Il existe donc bien un bouchon vaseux dans l'estuaire mais il n'est pas constant et il dépend des conditions dynamiques (fig. 4).

Temps de séjour des eaux douces dans l'estuaire

Les quantités d'eau douce emmagasinée dans l'estuaire sont plus grandes en mortes eaux qu'en vives eaux et leurs temps de séjour sont très brefs et peu variables, de 2,2 à 4 jours (J. L'YAVANC).

II. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ; PARAMETRES ETUDIES, METHODES D'ANALYSE

1) Stratégie d'échantillonnage

Pour cette étude on a choisi sept points répartis dans l'estuaire, plus un point station d'épuration (A) et un point eau douce (B) (prélèvement effectué au déversoir de Landerneau). Les prélèvements ont été effectués du 25 janvier au 6 septembre (voir figure 1).

Jour	Coefficient de marée	Débit de l'Elc. n m ³ /s
25/01/83	54-59	9,5
15/02/83	85-85	12
22/03/83	49-45	7
19/04/83	61-55	8
21/06/83	63-65	5
06/09/83	90-97	3,5

Les stations étaient visitées à basse mer et pleine mer de l'aval vers l'amont. Les mesures sont considérées comme synchrones puisque le temps de prélèvement ne dépassait pas 1h30 autour des étales.

2) Méthodes utilisées

Parmi les paramètres suivis lors de ce programme certains ont des rapports plus directs avec la matière organique ou sont susceptibles d'en modifier les teneurs. Il s'agit :

- des matières en suspension constituées de matériel organique (détritus ou production autochtone) et de particules inorganiques (argile, quartz). Elles sont liées aux cycles biologique et biochimique de la matière organique pour diverses raisons dont les deux principales sont l'adsorption de lumière (limite de la production primaire) et la fixation des bactéries (restructuration de la matière organique).
- de la salinité qui reflète le mélange des eaux douces et salées. Les variations de salinité sont susceptibles d'affecter la matière organique par des phénomènes de floculation ou de précipitation (Sholkovitz, 1976).

- des pigments chlorophylliens. La chlorophylle peut permettre une évaluation de la biomasse photosynthétique et la phéophytine permet d'apprécier l'état physiologique de cette biomasse.

L'eau est prélevée avec des bouteilles NISKIN puis transvasée dans divers flacons selon les mesures à effectuer. Pour les analyses de matériel particulaire on préfiltre à 200 µm pour éliminer les grosses particules (débris végétaux, zooplancton, ...). Les flacons sont aussitôt placés en glacière et acheminés rapidement au laboratoire où ils sont soit traités, soit congelés.

a) Les matières en suspension

L'eau est filtrée dès l'arrivée au laboratoire sur membranes en fibres de verre (Whatman GF/C) préalablement grillées à 450°C, rincées à l'eau distillée, séchées en étuve et pesées. A la fin de la filtration, les filtres sont rincés à l'eau distillée pour éliminer le sel puis séchés (70°C) et repesés.

b) La salinité

Les mesures sont faites au salinomètre à induction Beckmann R57C avec une précision de 0,05 % . .

c) Chlorophylle et phéophytine

On utilise la méthode spectrophotométrique de Lorenzen. Les échantillons sont filtrés sur GF/C après addition de MgCO₃. Les filtres sont broyés dans l'acétone à 90 %. On laisse à l'obscurité une nuit puis on centrifuge et on mesure l'absorbance à 665 nm avant et après acidification. On utilise les formules de Lorenzen pour obtenir les teneurs en chlorophylle a et en phéophytine.

d) Matière organique

Traditionnellement la matière organique est répartie en deux phases :

- la matière organique dissoute (MOD),
- la matière organique particulaire (MOP).

On considère généralement que la MOD est la fraction qui passe à travers un filtre de 0,45 µm. Ceci est tout à fait arbitraire car le passage entre les deux phases se fait progressivement par l'intermédiaire de substances colloïdales. La matière organique est en général évaluée par dosage du carbone qui en est l'élément le plus représentatif. Nous y avons ajouté des mesures d'azote organique particulaire (NOP).

- Carbone et azote organique particulaire

Pré-traitement : L'échantillon est filtré sur rampe Millipore en utilisant des filtres GF/C préalablement grillés (500°C). Les filtres sont pliés et stockés dans des piluliers en verre dans lesquels on ajoute 3 gouttes de HCl fumant en évitant que l'acide ne vienne en contact direct avec le filtre. Les vapeurs acides provoquent la transformation des carbonates en gaz carbonique CO₂. On élimine ainsi le carbone minéral gênant pour la mesure. Après quelques heures les filtres sont séchés en étuve à 50°C.

Dosage : L'appareil utilisé pour les mesures est un "Elemental Analyser" model 240 de Perkin Elmer. L'échantillon est roulé dans un carré d'aluminium (préalablement grillé) et introduit dans la chambre de combustion où il est brûlé à 1 050°C en présence

d'oxygène. On obtient un mélange gazeux de CO_2 , H_2O , NO_2 qui est entraîné par un courant d'hélium. Il passe d'abord dans une chambre de réduction où le NO_2 est transformé en azote N_2 , puis les composants du mélange sont détectés successivement par des cellules catharométriques. La courbe d'étalonnage est obtenue avec de l'acétanilide. Il a été vérifié qu'elle était linéaire dans la gamme des valeurs mesurées :

- * de 150 à 2 500 μg de C,
- * de 40 à 450 μg de N.

La hauteur des pics s'apprécie à 0,5 mm ce qui correspond à 0,25 μg d'azote et 1 μg de C. Mais en fait la difficulté d'obtenir des blancs reproductibles diminue sensiblement la précision de cette méthode.

- Carbone organique dissous

L'eau de filtration des MOP est recueillie dans des flacons de pyrex de 250 ml préalablement grillés à 500°C.

Les mesures sont effectuées à l'aide d'une chaîne Technicon comprenant : un échantillonneur, une pompe, une cassette de réaction, un colorimètre, un enregistreur.

Le COD est oxydé par le persulfate en milieu basique sous irradiation UV. On injecte alors de l'acide pour abaisser le pH de la solution et en extraire le gaz carbonique formé. Il est alors repompé et introduit dans une solution tampon carbonate-bicarbonate colorée en rose par la phénol-phtaléine. La baisse de pH provoquée par la redissolution du CO_2 se traduit par une décoloration de la solution. Cette décoloration est mesurée et amplifiée. On peut ainsi obtenir une gamme de 0-5 mg/l à expansion 5 et 0-7 mg/l à expansion 4. La précision est de 0,05 mg/l.

Les eaux sont dégazées sous bullage d'oxygène N45 pendant 10 min, juste avant l'analyse.

Après le dosage les échantillons sont stockés à l'obscurité et température ambiante pendant au moins trois mois, puis redosés. On mesure ainsi le COD non dégradé (COD ND) par la flore bactérienne. Le COD dégradable (COD D) est obtenu par différence avec la première mesure.

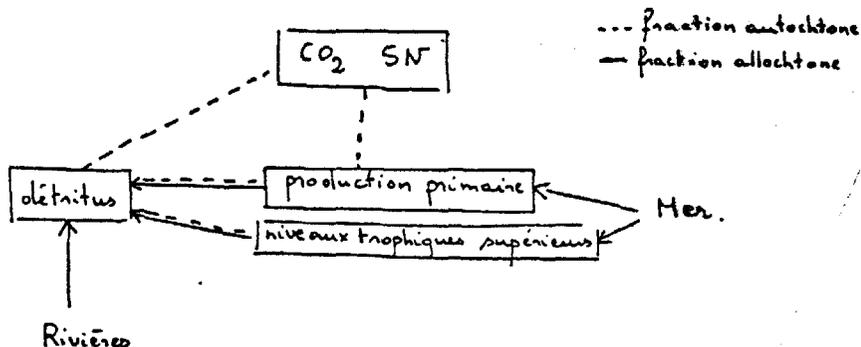
III. LA MATIERE ORGANIQUE DANS L'ESTUAIRE DE L'ELORN

1) Généralités

Nous avons déjà évoqué le fait que la matière organique peut se trouver sous forme particulaire ou dissoute. Dans la plupart des milieux aquatiques, la fraction dissoute est plus importante que la fraction particulaire mais en estuaire les teneurs sont sensiblement égales. LISS (1976) donne comme valeurs moyennes : 1 à 5 mg/l pour le COD et 0,5 à 5 mg/l pour le COP. WAFAR (1981) met en évidence dans l'estuaire de la rivière de Morlaix des teneurs en COD variant de 5 mg/l (fleuve) à 1,15 mg/l (station marine) et des teneurs en COP allant de 5 mg/l (fleuve) à 0,125 mg/l (station marine).

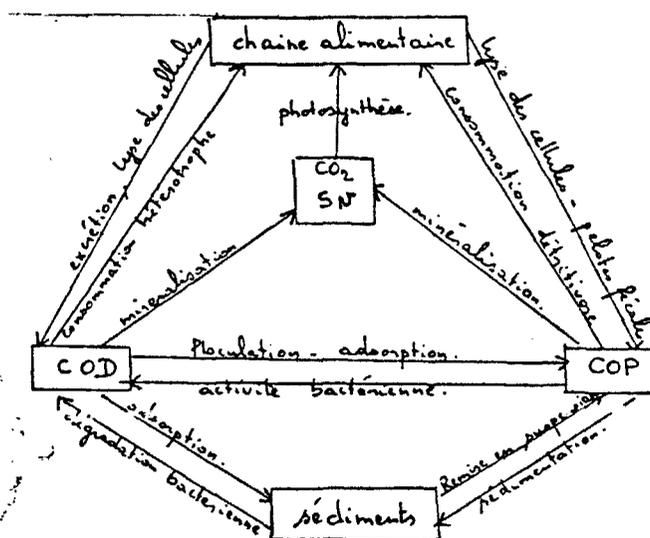
De nombreux auteurs DUCE, DUURSMA, LAANE, ETCHEBER s'accordent à dire qu'en milieu estuarien on distingue deux sortes de matière organique :

- une fraction allochtone essentiellement détritique amenée par les fleuves,
- une fraction autochtone produite dans le milieu (phytoplancton, bactérie, zooplancton, ...).



d'après LAANE

Quelle que soit son origine, cette matière organique peut subir des transformations qui induisent des échanges entre les phases dissoutes et particulaires (sous l'effet des facteurs physicochimiques mais aussi de l'activité bactérienne, photosynthétique, broutage, ...). Le tableau ci-dessous tente de faire une synthèse de tous les phénomènes mis en jeu.



d'après MACKINNON

2) Carbone organique dissous dans l'estuaire de l'Elorn

Les valeurs de COD dans l'estuaire sont comprises entre 1 et 4,85 mg/l ce qui est en accord avec les valeurs trouvées dans la littérature.

La source principale de COD est le fleuve Elorn. On y trouve des valeurs de 1,75 à 2,75 mg/l, avec en janvier un maximum à 4,55 mg/l.

Il n'apparaît pas de rapport simple entre les concentrations en COD et le débit du fleuve : en amont de Landerneau, l'Elorn reçoit certains effluents riches en matière organique et dont l'effet sur la distribution du COD n'est pas négligeable.

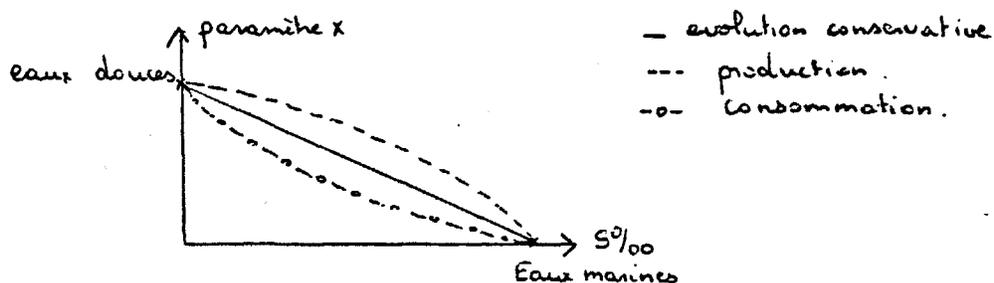
L'évolution des teneurs en COD devrait ensuite dépendre de deux facteurs principaux :

- le processus de mélange eaux douces - eaux salées,
- les processus biologiques : le COD peut être consommé par les organismes vivants ou produits soit par excrétion, soit par lyse des cellules.

Les temps de séjour des eaux douces dans l'estuaire sont trop courts pour que le COD soit affecté par des réactions chimiques.

a) Evolution des teneurs en COD en fonction de la salinité

On dit qu'un paramètre dissous est conservatif quand les concentrations sont régies uniquement par les processus de mélange. Celles-ci évoluent alors linéairement en fonction de la salinité.



Si on examine les courbes établies pour l'estuaire de l'Elorn, on constate que jusqu'à 20 ‰ les valeurs sont supérieures à celles trouvées dans l'eau douce et traduisent l'existence d'apports supplémentaires de COD (figures 5, 6).

Aux très faibles salinités 0-0,5 ‰ (en général, point 35), les concentrations en COD ont tendance à augmenter sous l'effet du rejet de la station d'épuration qui peut en contenir jusqu'à 15 mg/l. Cependant le débit de ce rejet est très variable ainsi que sa concentration ce qui explique que son impact soit plus ou moins visible sur les courbes.

En l'absence de nouvel apport en COD, les concentrations devraient ensuite diminuer et tendre vers la droite théorique de mélange, mais ce n'est pas ce qui est observé : dans la plupart des cas, les concentrations continuent d'augmenter, ce qui révèle une deuxième source de pollution. Il s'agit de l'effluent de la SOLBAG dont les caractéristiques sont un pH très faible (# 2), une forte DCO et de fortes valeurs d'azote (MAZEAS, 1983). Ainsi certaines fortes valeurs en COD associées à une baisse de pH et des valeurs élevées en acides aminés peuvent être attribuées à ce rejet (figure 5).

Remarque : Ces rejets se font à un endroit de l'estuaire où le volume d'eau est très réduit à basse mer. Ils peuvent donc ponctuellement modifier fortement les concentrations dans le milieu.

Au-delà de 20 ‰ en moyenne le COD semble se comporter de manière conservative ; l'eau estuarienne se mélange à l'eau marine plus pauvre.

En juin (fig. 7), on remarque un maximum de COD à 32 ‰ : il est vraisemblablement lié au phénomène d'eau rouge observé à cette époque dans l'estuaire et se traduisant par une forte croissance de dinoflagellés type *Gonyaulax Spinifera*. Il est d'ailleurs difficile de dire s'il s'agit là de carbone organique dissous dans le milieu ou d'un artefact provoqué par la lyse des cellules lors de la filtration. Le point E.R. (eau rouge) correspond à un prélèvement dans une nappe particulièrement dense (500 µg/l de chlorophylle a).

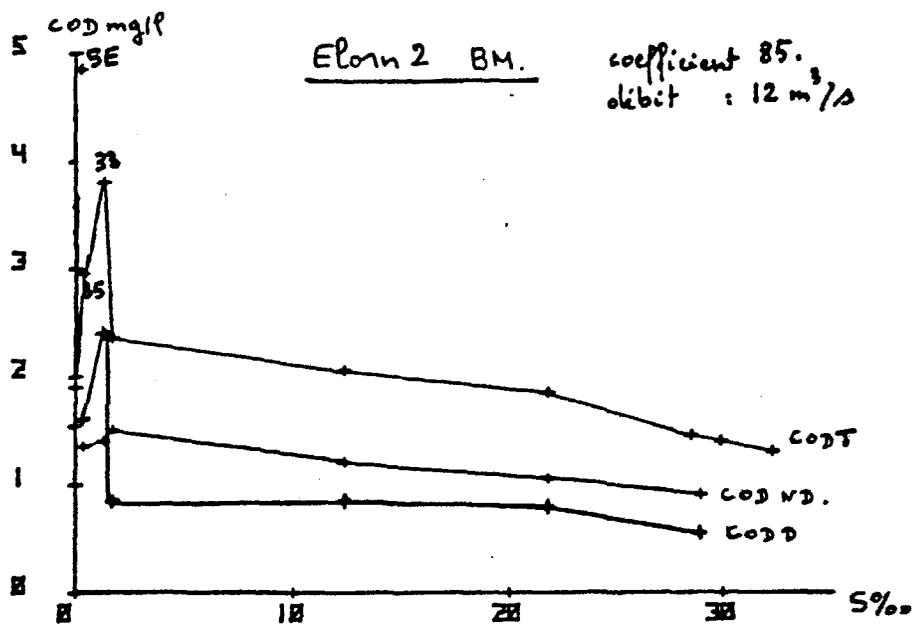


Fig. 5

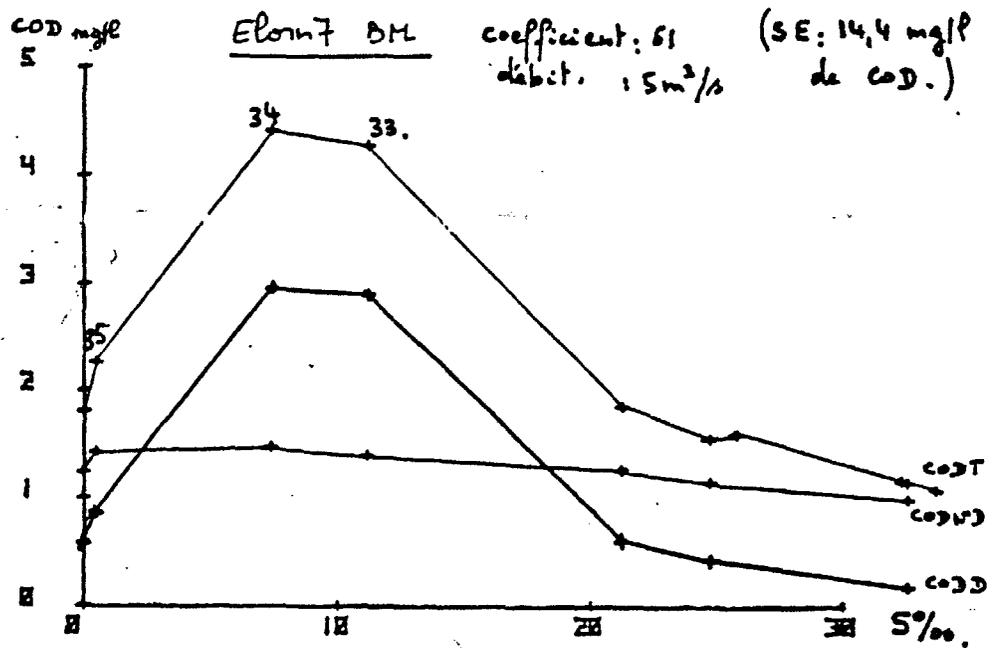


Fig. 6

Evolution du COD en fonction de la salinité. en février (5) et juin (6)

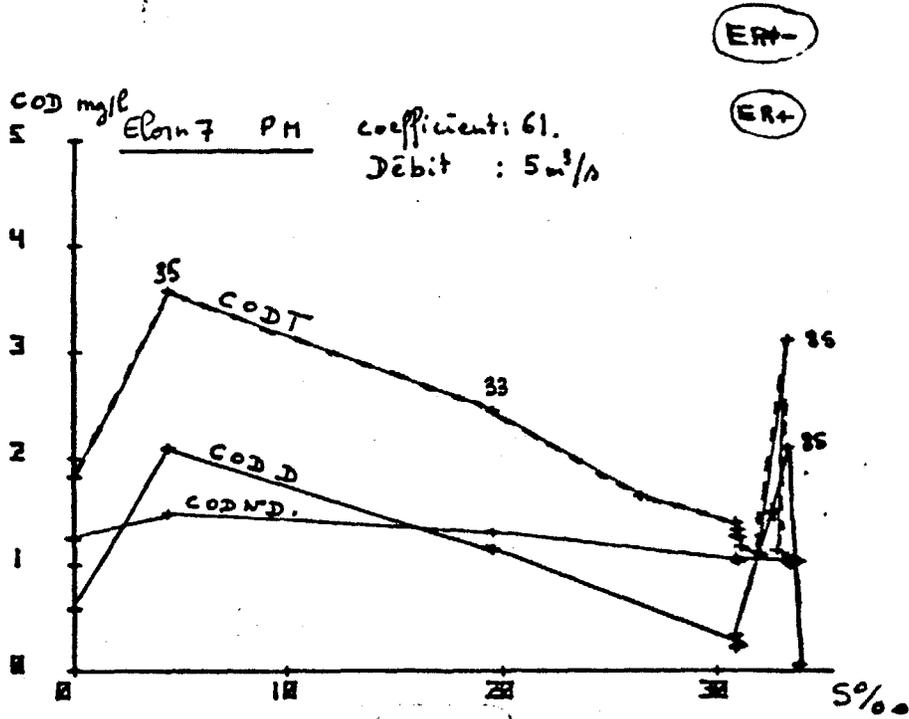


Fig. 7

Evolution du COD en fonction de la salinité.
(juin 83)

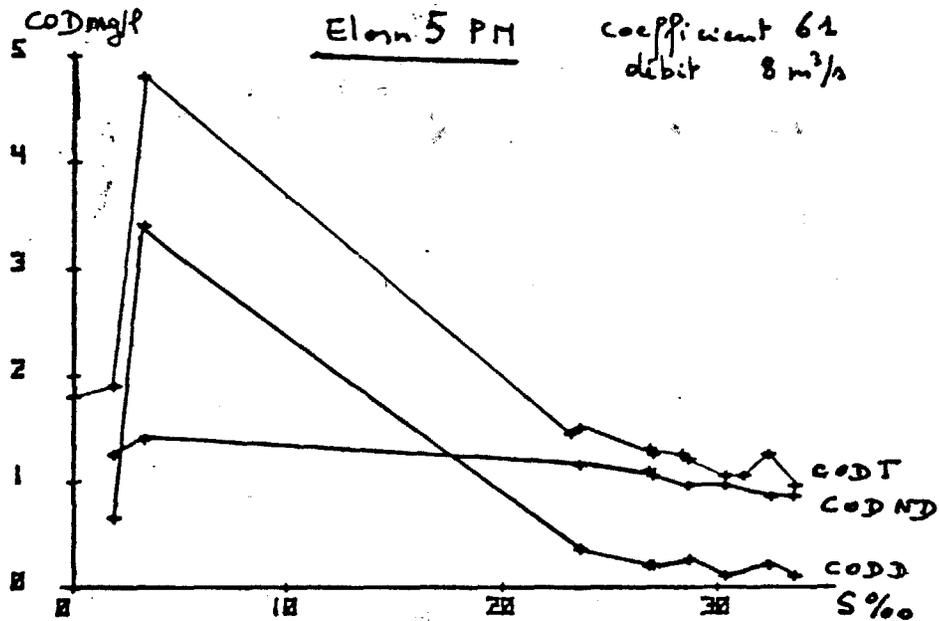


Fig. 8

Evolution du COD en fonction de la salinité
(avril 83)

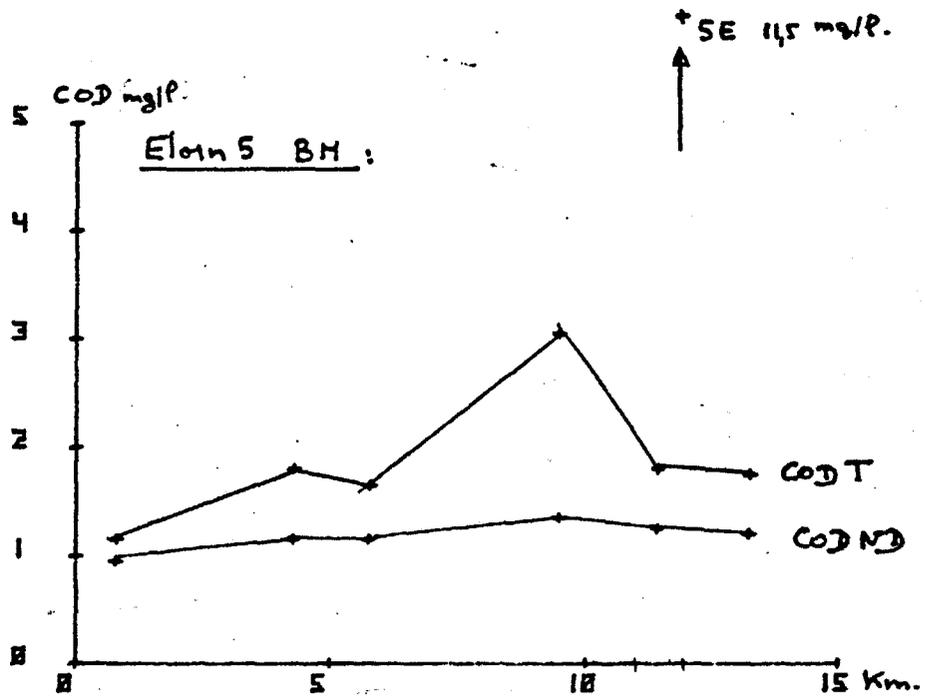


Fig. 9

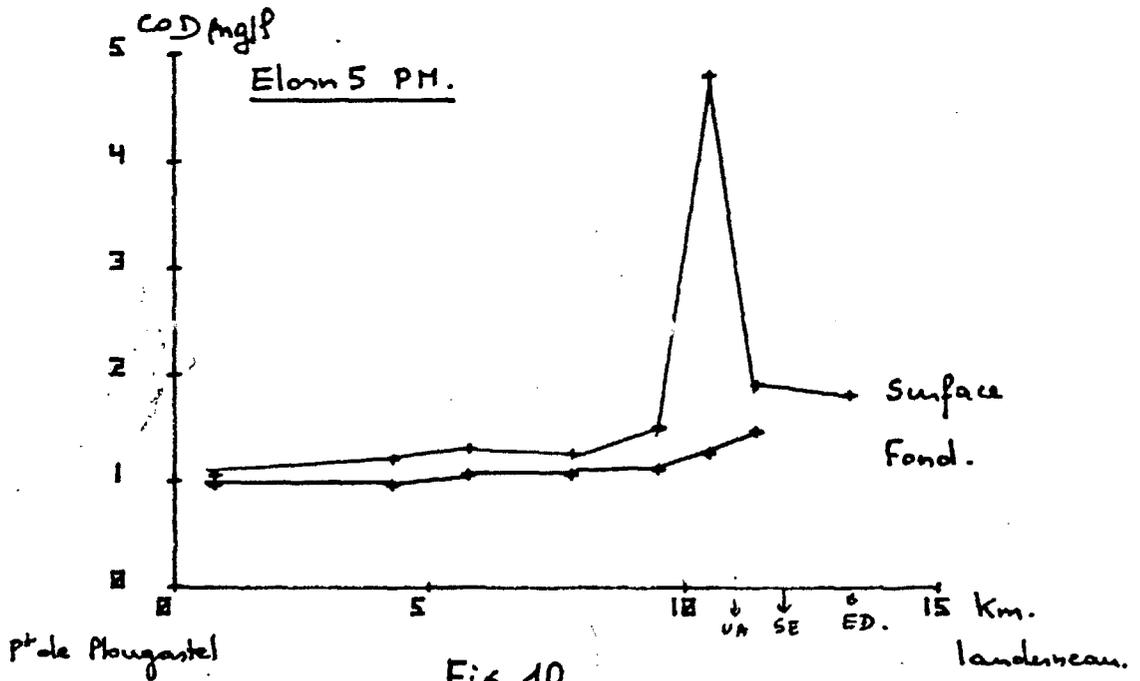


Fig. 10

Profils horizontaux de COD dans l'estuaire
de l'Elorn. (avril 83) coefficient σ
 débit $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

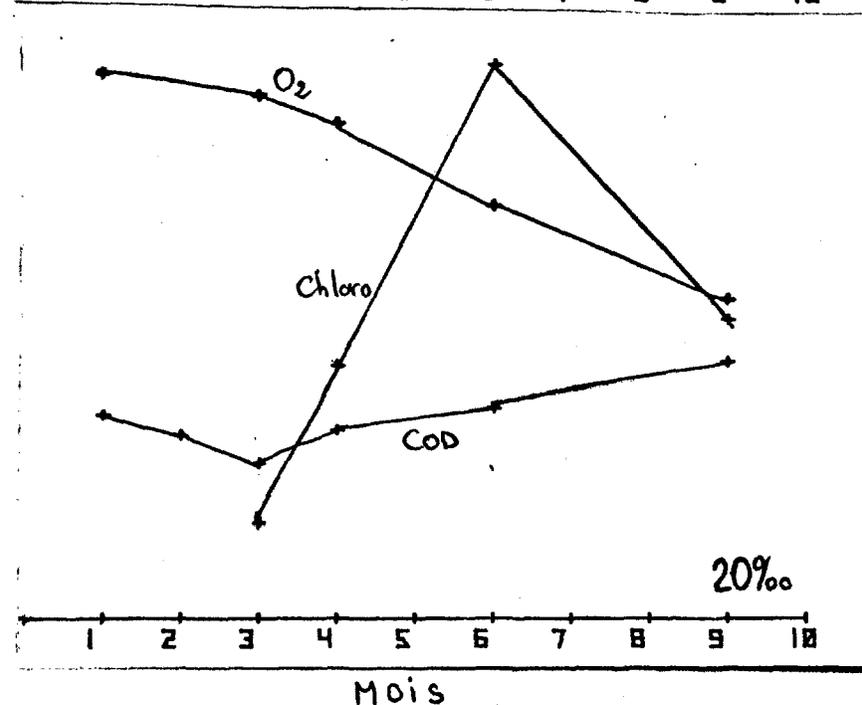
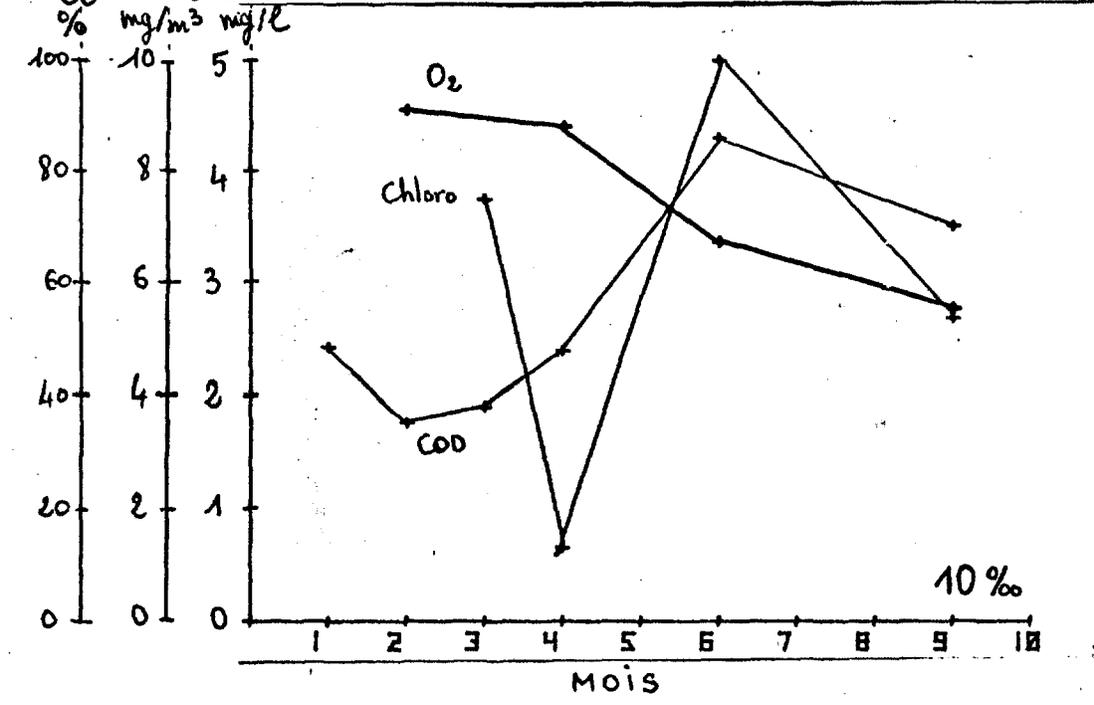
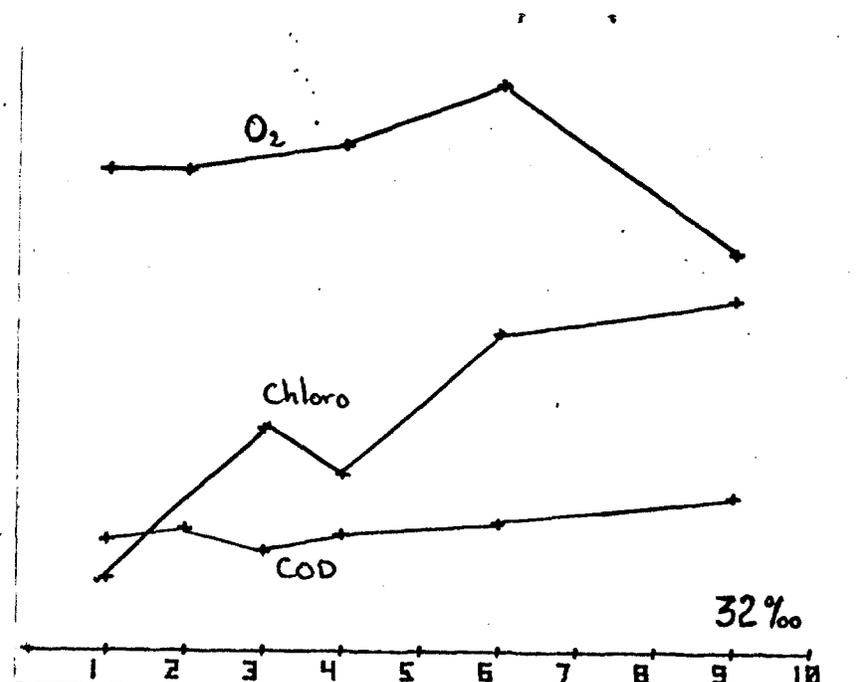
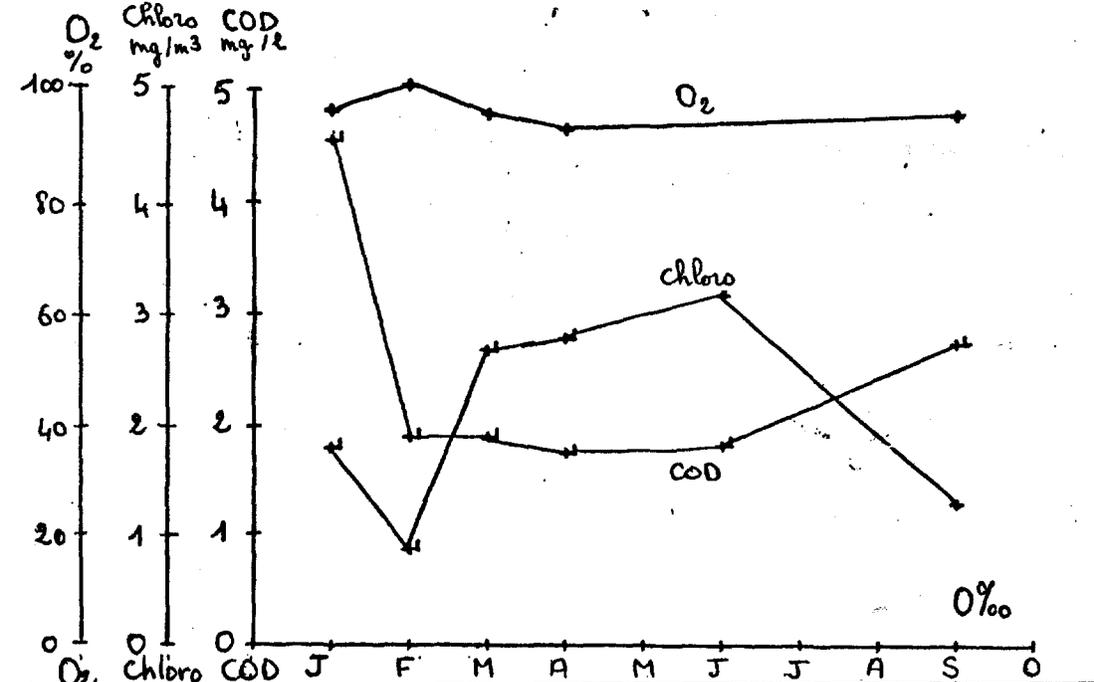


Fig. 11

	S ‰	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Juin	Sept.
COD (mg/l)	0	4,55	1,9	1,90	1,75	1,82	2,73
	10	2,40	1,75	1,90	2,37	4,30	3,60
	20	1,79	1,60	1,35	1,65	1,85	2,23
	32	1	1,1	0,90	1,05	1,15	1,40
Chlorophylle a (mg/m ³)	0	1,80	0,86	2,67	2,78	2,25	1,28
	10			7,48	1,30	10,05	5,13
	20			1,68	4,40	9,84	5,35
	32	0,65		2,03	1,60	2,89	3,21
Pheophytine (mg/m ³)	0	3,30	1,9	1,90	1,75	1,82	2,73
	10			6,90	2,50	8,36	4,67
	20			2,38	2,33	3,78	6,31
	32	0,55		0,48	0,04	0,26	0,46
Oxygène dissous % saturation	0	96	101	96	93		96
	10		91		88	67	55
	20	97		93	88	73	56
	32	96			101	113	80

Evolution saisonnière de quatre paramètres dissous
à quatre salinités différentes.

COD non dégradable

L'évolution des teneurs en fonction de la salinité montre que ce paramètre se comporte de manière quasi conservative. Il est peu affecté par les rejets de la SE et de l'UA. Compte tenu des grandes variations enregistrées pour le COD total on doit donc admettre que ces rejets sont composés essentiellement de COD dégradable soit des protéines, sucres, lipides, ... (fig. n° 8, 9). Ceci apparaît comme un résultat intéressant car cette MOD dégradable est susceptible d'être utilisée par les bactéries présentes dans le milieu.

	COD T	COD ND	COD D
<u>Elorn 7 point</u> 31 PMS	1,33	1,04	0,29
34	2,45	1,31	1,14
35	3,57	1,48	2,09
<u>Elorn 5 point</u> 31 PMS	1,30	1,10	0,20
34	4,80	1,40	3,40
35	1,90	1,25	0,65

b) Répartition géographique

Les profils de COD dans l'estuaire permettent de situer géographiquement les sources de pollution. Selon la marée, les masses d'eaux polluées se déplacent dans l'estuaire autour des zones de rejets (fig. 9, 10).

On met aussi en évidence l'effet de "dilution" que produit le flot d'eau salée entrant dans l'estuaire à marée montante.

A pleine mer, la stratification des eaux apparaît. Au fond on trouve une masse d'eau salée conservant les caractéristiques qu'elle avait à l'entrée de l'estuaire. L'eau de surface résultant du mélange eau douce - eau salée a des caractéristiques plus variables le long de l'estuaire. C'est elle qui reflète les variations de COD.

c) Evolution saisonnière

En estuaire on ne peut parler d'évolution saisonnière en un point (variations constantes de salinité), on va parler d'évolution saisonnière à une salinité donnée. Les concentrations en COD à 0 ‰, 10 ‰, 20 ‰, 32 ‰ ont été calculées à partir des courbes COD = f(S ‰) pour les six campagnes (fig. 11).

Les concentrations en eaux douces sont pratiquement constantes sauf en septembre et en janvier (4,55 mg/l). Cette dernière valeur peut être le fait de pollution en amont du point de prélèvement.

A 10 ‰ : le facteur de variabilité le plus important est le degré de pollution, les effluents se trouvant plus ou moins dilués selon le positionnement du front salin. Les éventuelles variations saisonnières ne peuvent être dégagées.

A 20 ‰ : on observe une diminution des valeurs de février à mars, puis elles remontent pour atteindre 1,85 mg/l en juillet et 2,23 mg/l en septembre. Ceci s'accompagne d'un déficit marqué en oxygène (73 % et 56 %).

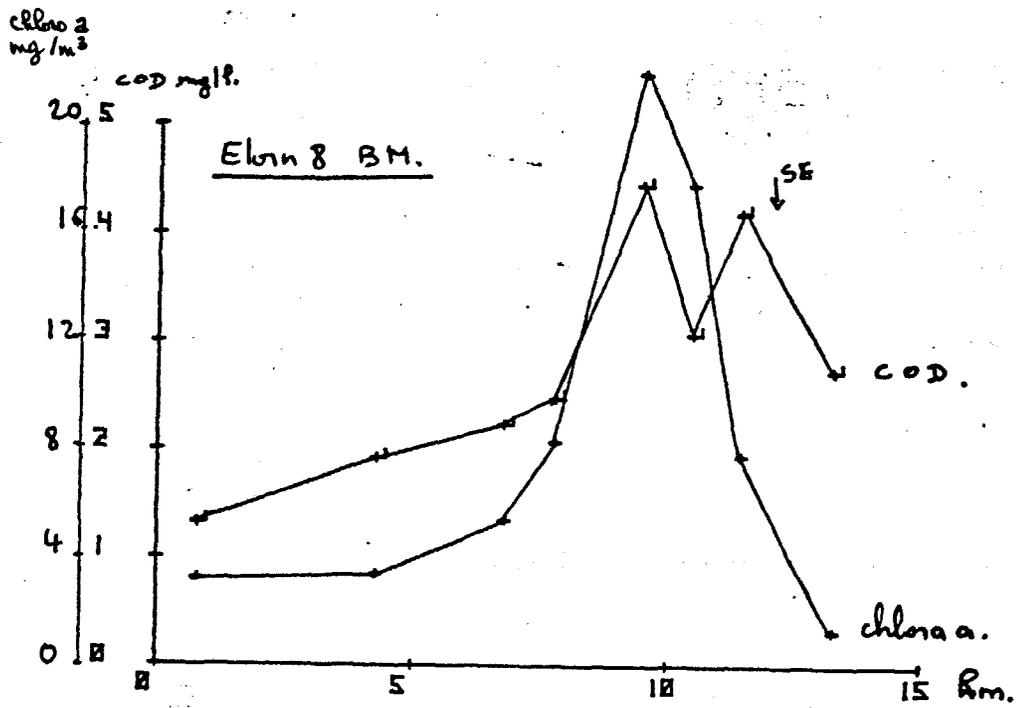


Fig. 12

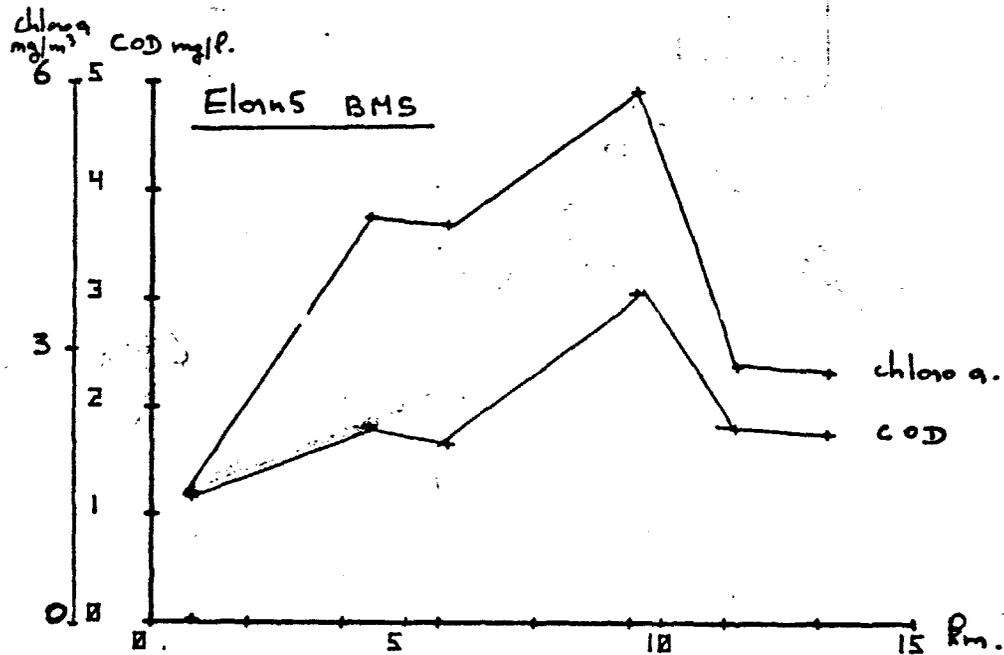


Fig. 13

Evolutions simultanées de la chlorophylle a et du carbone organique dissous dans l'estuaire de l'Elorn.

septembre 83 (Fig 12)	coefficient 95	débit 3 m ³ /s
avril 83 (Fig 13)	coefficient 61	débit 8 m ³ /s.

A 32 % : la teneur en COD est pratiquement constante : $1 \pm 0,1$ mg/l ; on remarque cependant une très légère augmentation en juin accompagnée d'une sursaturation en oxygène (113 %) lors du bloom de dinoflagellé. En septembre on atteint 1,4 mg/l et le pourcentage de saturation en oxygène tombe à 80 %.

Les courbes de chlorophylle ayant été tracées simultanément, il apparaît que les deux paramètres ne sont pas corrélés. A 0 % et 20 % , il semble que le maximum de COD soit décalé dans le temps par rapport au maximum de chlorophylle. Ceci correspond aux résultats de LAANE (1980) ou de WAFAR (1981). On admettra donc que le COD biogénique est libéré dans le milieu lors de la lyse des cellules phytoplanctoniques. Cependant, ponctuellement, on trouve des pics de chlorophylle associés à des pics de COD (fig. 12, 13). On peut alors penser que ce COD est excrété par des organismes vivants (phytoplancton ou organismes supérieurs) ou produit lors du broutage par perte de liquide cellulaire (Il peut aussi s'agir d'un artefact produit par la lyse des cellules lors de la filtration).

En conclusion, nous retiendrons que le COD est apporté essentiellement par l'Elorn, mais son cycle est fortement perturbé par la présence dans l'estuaire amont d'au moins deux sources importantes de pollution.

Ces rejets sont caractérisés par une forte proportion de carbone organique dissous dégradable. ils sont donc un facteur favorable au développement des micro-organismes hétérotrophes mais ils peuvent contribuer au déficit en oxygène (atténué ici par un renouvellement rapide des eaux).

Les résultats permettent de conclure à une production in situ mais celle-ci apparaît faible. Cependant les mesures ayant été faites à des intervalles relativement longs, il se peut que cette production ait été plus importante durant les mois d'été. D'une manière générale, les temps de séjour de l'eau douce dans l'estuaire sont relativement courts et le COD produit est immédiatement déversé en rade de Brest.

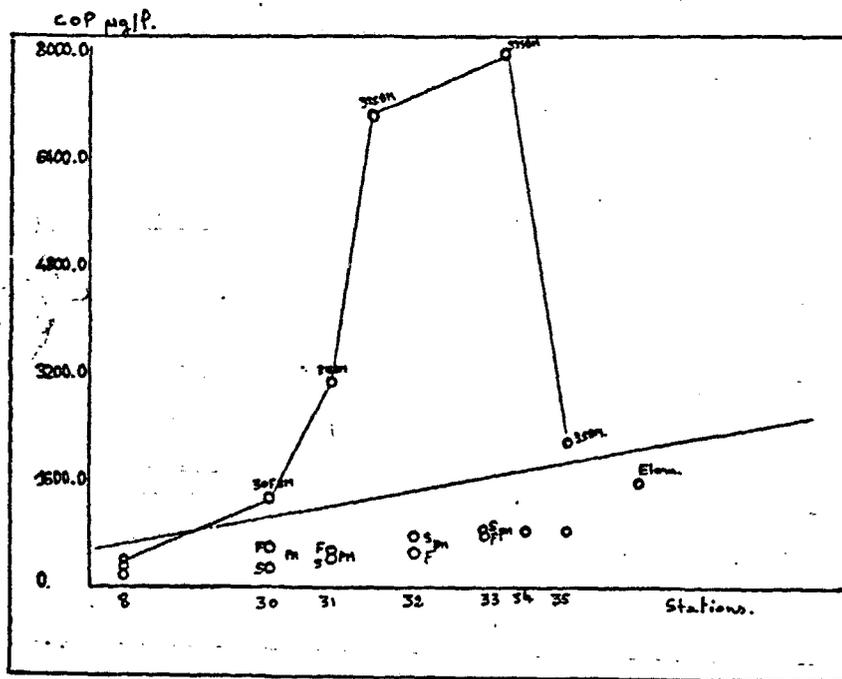
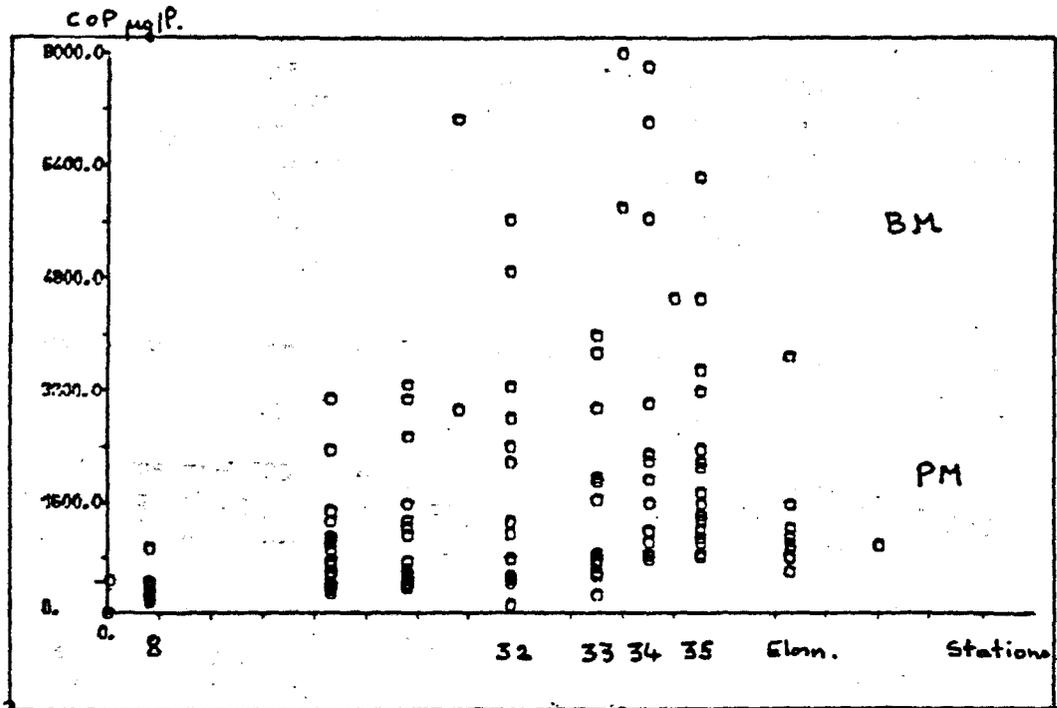
3) La matière organique particulaire dans l'estuaire de l'Elorn

a) Résultats globaux

Les valeurs de COP mesurées dans l'estuaire varient de 190 à 8 200 $\mu\text{g/l}$, la plupart d'entre elles se situant entre 300 et 1 500 $\mu\text{g/l}$. Au point 8, la station la plus marine, les valeurs restent inférieures à 500 $\mu\text{g/l}$. En eau douce elles sont plus élevées, particulièrement en hiver (3 600 $\mu\text{g/l}$ en janvier, 1 560 $\mu\text{g/l}$ en février). La courbe $\text{COP} = f(Q)$ tend à prouver que la charge en COP dépend de la quantité d'eau charriée par la rivière. La forte valeur de janvier reste alors inexplicée (pollution ?). Les plus fortes valeurs sont trouvées dans la partie centrale de l'estuaire (3 000 - 4 000 $\mu\text{g/l}$).

L'azote organique particulaire (NOP) évolue globalement de la même façon que le COP. Les valeurs les plus faibles se trouvent au point 8 (30 - 50 $\mu\text{g/l}$). Dans l'Elorn, les valeurs tournent autour de 100 $\mu\text{g/l}$ avec une pointe en janvier (415 $\mu\text{g/l}$). Comme pour le COP, elles semblent liées au débit du fleuve. Dans l'estuaire les concentrations évoluent de 50 à 1 000 $\mu\text{g/l}$, c'est-à-dire nettement plus que la concentration des sources.

Les résultats rapportés ci-dessus font donc déjà apparaître la partie centrale, qui correspond à la zone de turbidité maximum, comme un lieu de stockage des matières organiques apportées par la rivière ou synthétisées dans le milieu.



Profils horizontaux de COP dans l'estuaire de l'Elorn.

- fig 14: toutes stations, toutes campagnes.
- fig 15: Elorn 2 (février 1983) coefficient .85
débit : 12 m³.

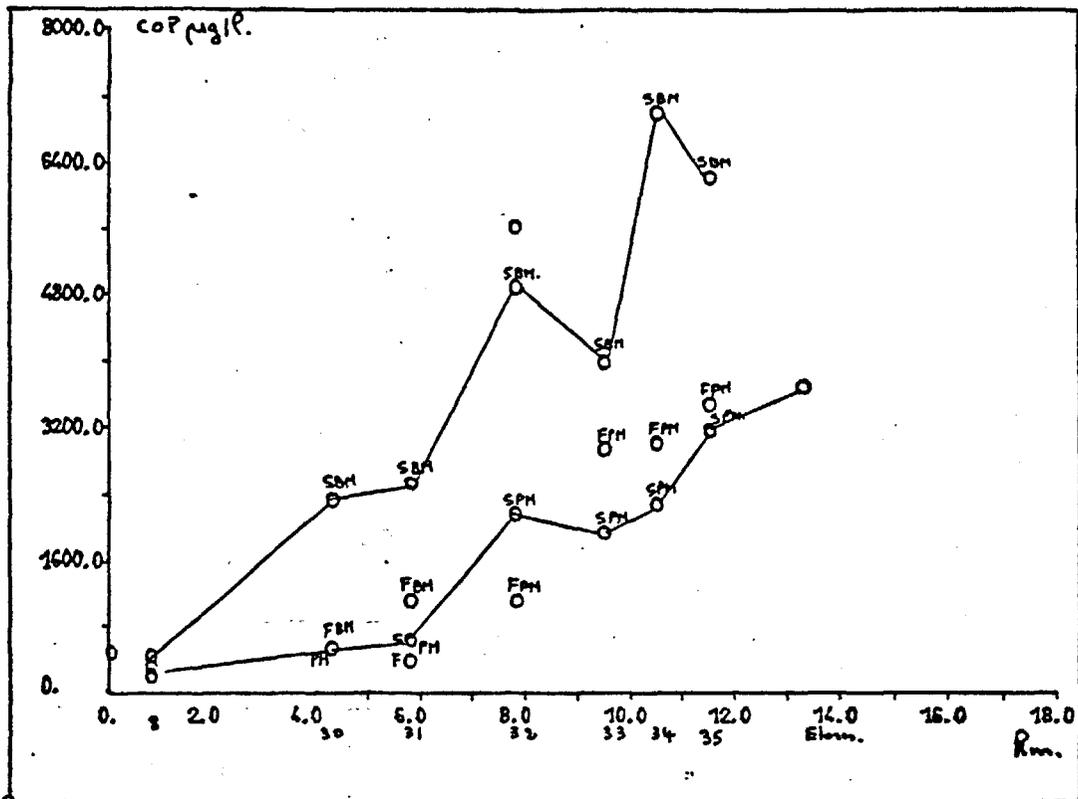


Fig. 16

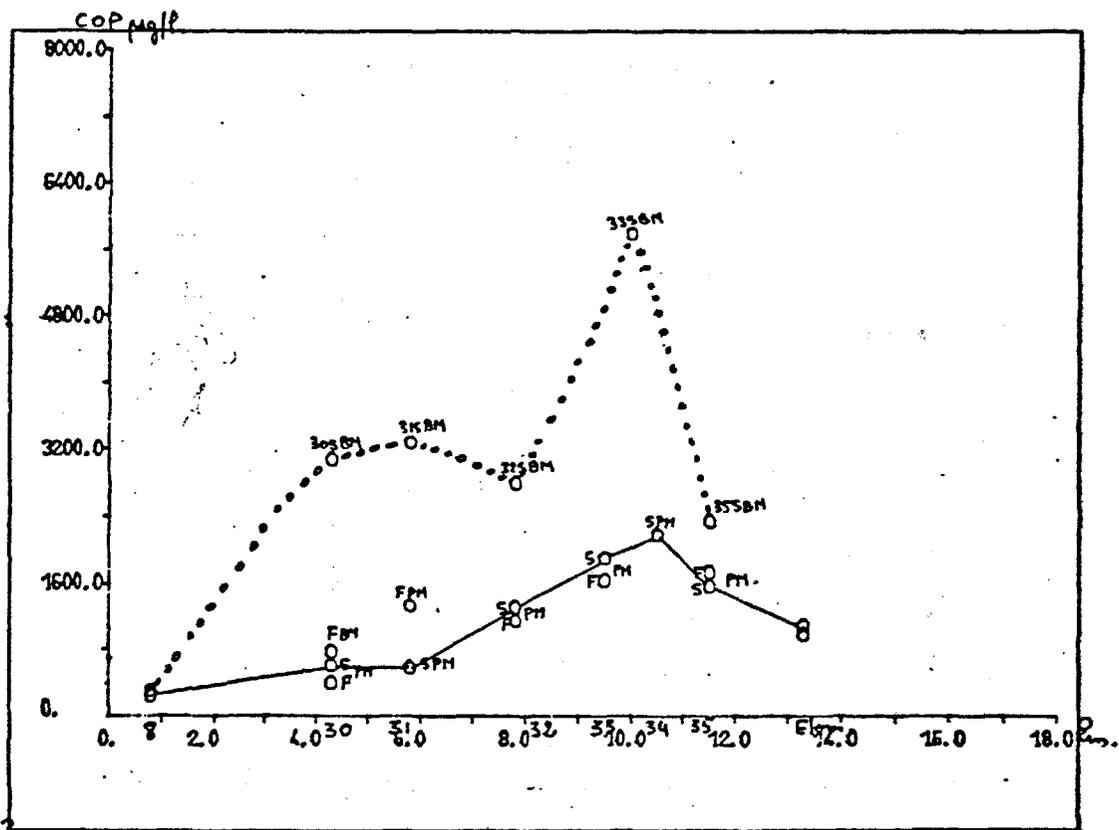


Fig. 17

Profils horizontaux de COP dans l'estuaire de l'Elorn

- Fig 16: Elorn 1 (janvier 83) coefficient 58 débit 9,5 m³/s.
- Fig 17: Elorn 4 (mars 83) coefficient 49 débit 7 m³/s.

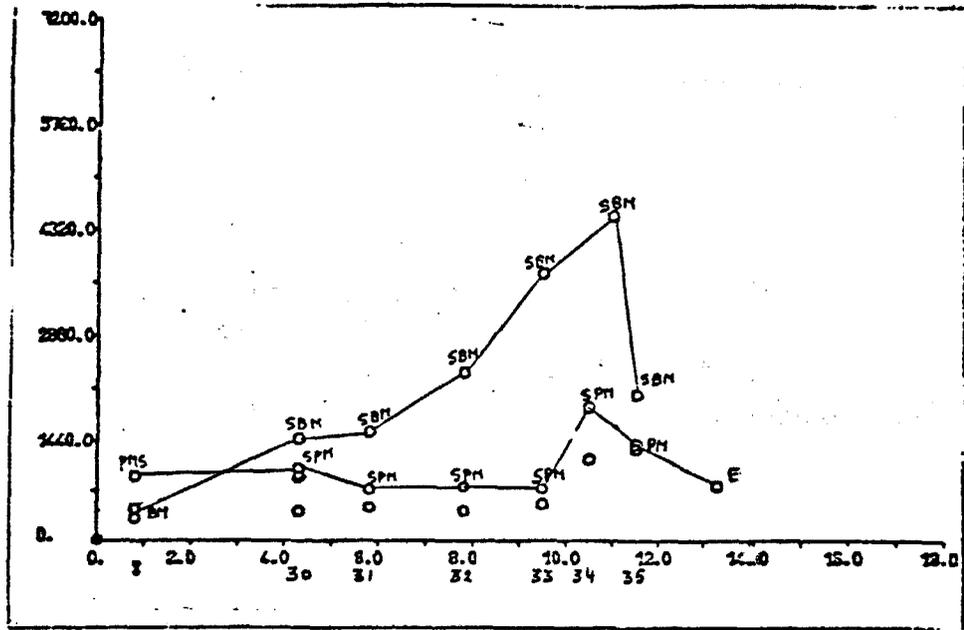


Fig. 18

Profil horizontal de COP dans l'estuaire de l'EPon,
Elon 7. (juin 1983) coefficient 65 débit 5 m³/s.

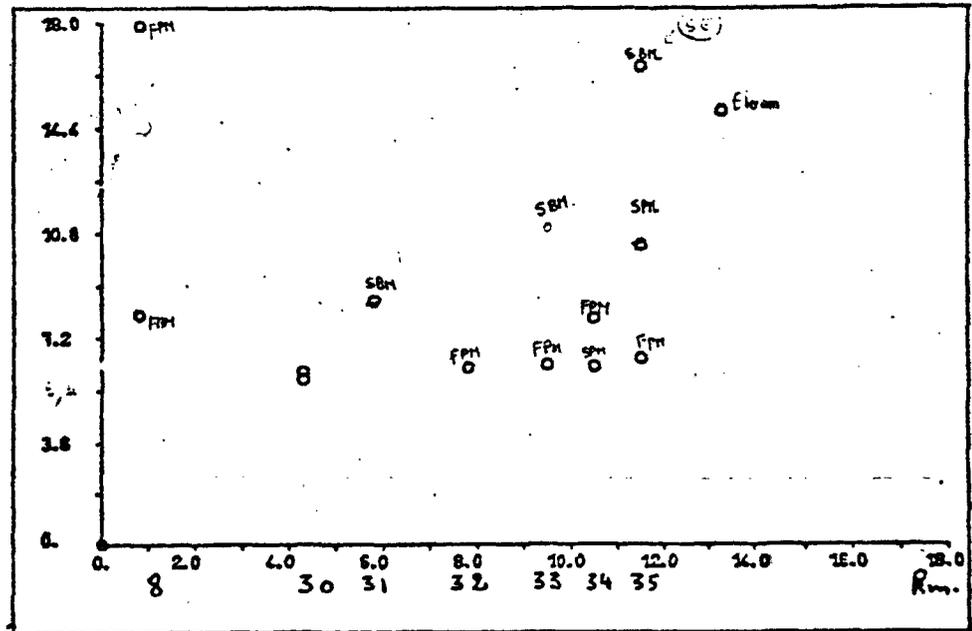


Fig. 19

Pourcentage de COP dans les MES
Elon 5 : (avril 83) coefficient 61 débit 8 m³/s.

b) Variations spatio-temporelles du COP dans l'estuaire

Si on examine les profils longitudinaux de COP dans l'estuaire, il apparaît une différence fondamentale entre les valeurs de basse mer et celles de pleine mer. Ceci est à rapprocher des variations enregistrées pour les MES (chap. II, 2). A basse mer les courants de marée remettent en suspension les particules déposées sur le fond ou les vasières. Les concentrations peuvent ainsi être multipliées par 3 ou 4 parfois 10 (fig. 15 - Elorn 2, point 33) dans la zone de faible profondeur ou sont situés les points 31, 32, 33, 34. Le flot disperse la masse turbide et la repousse vers l'amont. Les particules et la matière organique qui leur est associée se redéposent quand les courants faiblissent et participent ainsi à un cycle dépôt-remise en suspension auquel sont associés des mouvements aval-amont et amont-aval. La matière organique particulaire est ainsi ralentie dans son mouvement vers la mer et s'accumule dans cette partie de l'estuaire.

Une analyse plus fine des valeurs de pleine mer nous montre que les concentrations sont étroitement liées à l'hydrodynamisme de l'estuaire (stratification) et au cycle biologique.

Ainsi aux points 8 et 30 les valeurs de surface sont en général plus fortes que celles de fond. Ceci est lié à la stratification des eaux. Au fond on trouve l'eau de rade, plus pauvre en matière organique alors qu'en surface l'eau s'est enrichie par l'apport des eaux douces. Cette différence s'accroît en juin sous l'effet d'une croissance phytoplanctonique intense en surface.

Aux autres points, la situation varie d'une campagne à l'autre selon le coefficient de marée, le débit du fleuve ou la production in situ. Ainsi d'une manière générale, aux points 33 et 34, les valeurs de fond sont plus fortes (fig. 16, Elorn 1), mais fin mars (fig. 17), ce sont les valeurs de surface qui deviennent les plus importantes, cette zone de l'estuaire étant le siège d'une croissance phytoplanctonique (augmentation de la chlorophylle a).

Lors d'Elorn 2 (fig. 15), aux points 30 et 31, les courants de vives-eaux (coeff. 96) sont suffisamment importants pour agiter les sédiments d'où des valeurs de fond plus fortes malgré des salinités élevées. Par contre, pour les points 32, 33, 34, 35, du fait du fort débit de l'Elorn, on trouve en surface des eaux douces riches et au fond des eaux salées plus pauvres.

En juin (fig. 18), tous les points de surface sont affectés de valeurs de COP plus fortes, en raison des productions phytoplanctoniques importantes.

Il ressort de cette analyse que dans la partie aval de l'estuaire, où le volume d'eau reste important même à basse mer, la distribution du COP est régie par l'hydrologie et le cycle biologique. Les valeurs sont faibles et les variations atteignent quelques centaines de microgrammes par litre.

Dans la partie centrale de l'estuaire où les profondeurs sont faibles à basse mer (chenal étroit et larges vasières), l'alternance pleine mer-basse mer est prédominante. Les variations dues à l'hydrologie ou au cycle biologique sont plus discrètes (quelques centaines de microgrammes par litre) mais peuvent quand même être mises en évidence à pleine mer.

c) Relations entre COP et MES

Les variations des concentrations en COP ne peuvent suffire à expliquer le comportement de la matière organique particulaire dans l'estuaire. L'évolution du pourcentage de COP dans les MES peut nous fournir des renseignements complémentaires.

11

Dans l'eau douce, le pourcentage COP/MES est élevé, entre 12 et 18,5 %. Cette valeur maximale de 18 % est enregistrée alors que le débit est à son maximum, en février. Il n'apparaît pas de variations saisonnières très marquées.

Dans l'estuaire, on ne retrouve pas de différence nette entre les valeurs de basse mer et celles de pleine mer. Dès le point 35, le pourcentage de COP tombe à 7-9 %, alors que la quantité de MES augmente brusquement. Il y a une sorte de "dilution" de la matière organique particulaire dans les suspensions estuariennes. Puis le pourcentage de COP se stabilise autour de 5 à 7 %. On enregistre quelques variations dont l'origine n'est pas toujours évidente, mais qui peuvent être rattachées à :

- La présence de sources de pollution :

Fig. 19 - Elorn 5, point 35, basse mer : On trouve 16 % de COP dans les MES (plus que dans l'Elorn). Un prélèvement effectué dans l'effluent de la station d'épuration, proche du point 35, montre que celui-ci est très chargé en COP (200 fois plus).

Fig. 20 - Elorn 1, point 34, basse mer et pleine mer : Les MES sont très riches en COP et on note parallèlement une baisse du pH ainsi qu'une augmentation du COD caractéristique du rejet de l'usine d'algues.

- La remise en suspension de particules minérales. Lors de forts coefficients (fig. 21 et 22), les prélèvements de fond montrent un appauvrissement des suspensions en matière organique.
- La croissance phytoplanctonique : Elle se traduit par des valeurs de surface nettement plus fortes (10 à 30 %) associées à des pics de chlorophylle a (Elorn 7).

Le point 8 à la sortie de l'estuaire est caractérisé par une charge en MES toujours faible (# 5 mg/l en surface, plus faible encore au fond). Les suspensions sont pauvres en matière organique lors des trois premières campagnes alors qu'en avril et juin, la part de matière organique devient importante : 12-18 % de COP en avril, 37 % en juin.

L'Elorn apporte des suspensions relativement riches en matière organique. Le taux de COP décroît quand ces suspensions se mélangent avec celles de l'estuaire. Il ne varie pas de manière significative à basse mer quand les sédiments superficiels sont remis en suspension. On peut parler d'homogénéisation des suspensions sous l'effet des mouvements continus auxquels elles sont soumises.

d) Origine et nature de la matière organique particulaire

Quelque soit son origine (allochtone ou autochtone) on peut distinguer :

- la biomasse algale composée du phytoplancton vivant ou en voie de dégradation ainsi que de petits débris d'algues ou de végétaux terrestres en dérive,
- la biomasse non algale constituée par les substances humiques, le kérogène (matière organique complexe) et les micro-organismes hétérotrophes (Le zooplancton n'est jamais supérieur à 1 % et de toute façon les échantillons sont préfiltrés).

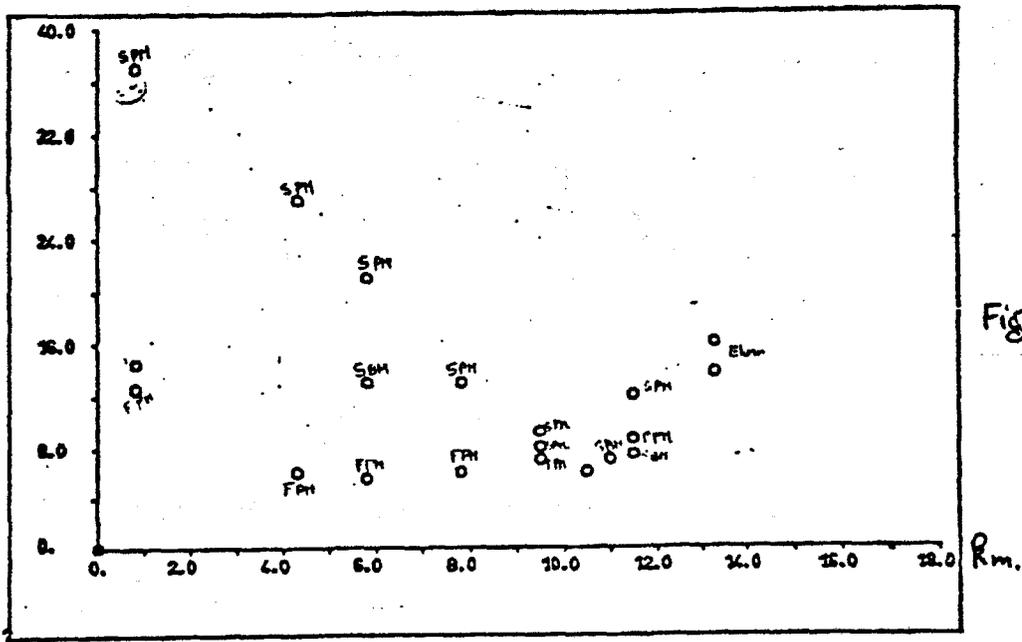


Fig. 23

Pourcentage de COP dans les MES
Elorn 7 (juin 1983)

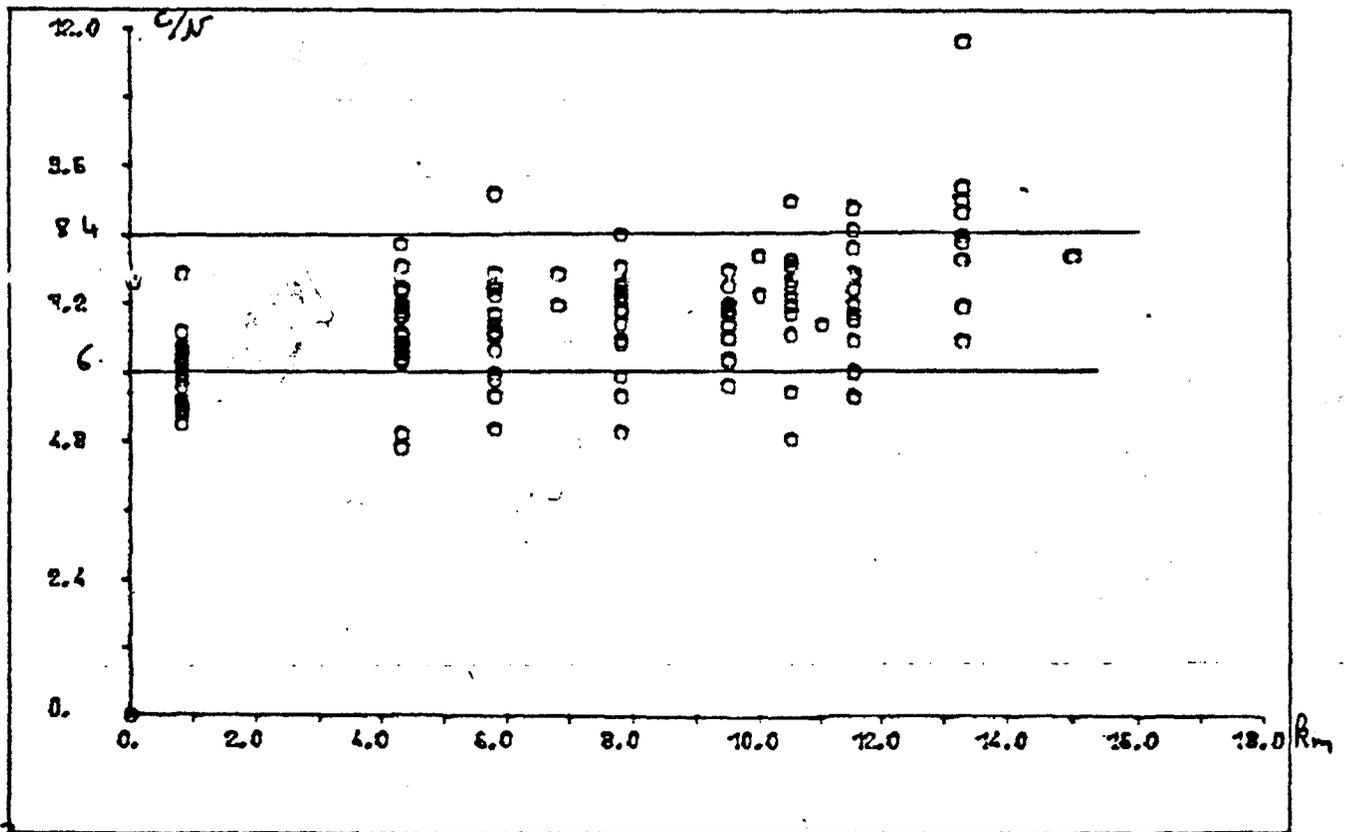


Fig. 24 } Evolutions du rapport C/N dans l'estuaire
de l'Elorn. (toutes campagnes, toutes stations)

Certains auteurs ont établi des relations entre le COP algal et les pigments totaux (DESSERY, ETCHEBERG, LAANE). Nous avons utilisé l'équation de DESSERY (MEYBECK, 1983), soit COP algal = pigments totaux x 40, pour évaluer la part de COP algal contenu dans les suspensions. Ces résultats n'ont qu'une valeur très relative, mais ils permettent cependant d'apprécier les variations de ce paramètre.

N° Station	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Juin	Sept.
8 BM PM	16		30 40	25 21	37 41	33
30 BM PM			32 30	25 1	45 40	34
31 BM PM		8	18 36	22 17	34	16 25
32 BM PM		8 9	16 12	15	23 86	20
33 BM PM	9	13	13 15	7 16	20 24	23 27
34 BM PM			11	18	20 24,5	20 28
35 BM PM	5		20 17	7 19	23 20	33
38		4	23	25	25	20

Pourcentage de COP algal

En hiver il y a peu de COP algal (5-10 %) et nous avons affaire à une biomasse en voie de dégradation (le taux de phéophytine est important). Si on tient compte des résultats de LENZ (1977) qui affirme qu'en milieu d'interface continent-océan, les micro-organismes hétérotrophes constituent au maximum 20 % du COP, on s'aperçoit que 70 % au moins du COP est constitué de matières organiques complexes.

Dès la fin du mois de mars (Elorn 4), la croissance phytoplanctonique provoque une nette poussée de la biomasse algale, 12-18 % dans la zone de forte turbidité, 30 à 40 % dans la zone la plus marine où la biomasse vivante domine (fortes valeurs de chlorophylle a). En quantité le COP non algal demeure cependant identique.

En juin, le COP algal atteint son maximum mais ne dépasse guère 50 % du COP total (sauf dans une nappe de dinoflagellés où il atteint 86 %). On admet donc que 30 % environ du COP provient de la matière organique complexe.

En septembre, 15 à 30 % du COP est d'origine algale, donc les 50 à 65 % restant sont des matières organiques complexes. Cependant, compte tenu du faible débit de l'Elorn, on peut avancer l'hypothèse qu'une partie de cette matière organique est d'origine autochtone.

Un examen global des valeurs montre que :

- Dans la partie aval, le pourcentage de COP algal est toujours plus important qu'en amont.
- Les minimums de pourcentage de COP algal correspondent aux maximums de COP liés aux maximums de MES. Cela peut traduire une limitation de la production primaire par la turbidité des eaux et/ou un développement des micro-organismes hétérotrophes consommateurs de matière organique ou encore un stockage ou une formation de matière organique complexe à ce niveau.

Des analyses globales de carbone et azote effectuées, il est difficile de déduire l'origine ou la nature de la matière organique présente dans le milieu. Cependant, le rapport C/N peut nous être utile quant à l'origine de la matière organique et son âge. Si la source d'apport est terrigène, le C/N est élevé (15-20), mais les premières étapes de transformation provoquent une diminution de ce rapport. Par contre, le phytoplancton marin est caractérisé par un C/N plus faible (5-7), mais après la mort des cellules, la fraction d'acides aminés décroît très vite, ce qui provoque un accroissement du rapport.

Dans l'estuaire, il se situe en moyenne entre 6 et 8,5 (fig. 24). Cependant les valeurs d'eau douce sont plus élevées (9,5 ; 12) et traduisent l'origine terrigène des matières organiques apportées par la rivière. Au point 8 par contre, les valeurs sont généralement plus basses du fait de la part plus importante de cellules phytoplanctoniques vivantes.

L'estuaire reçoit donc deux matières organiques d'origines différentes. L'évolution du rapport C/N vers une valeur moyenne peut être reliée à un stockage de la matière organique dans la zone de forte turbidité où elle acquiert une certaine maturité.

Il apparaît ainsi que dans l'estuaire, la biomasse algale, bien que pouvant atteindre des niveaux assez élevés, ne constitue jamais plus de 50 % du stock de matière organique particulaire. Ceci souligne la particularité des estuaires comme lieu d'accumulation et de maturation des matières organiques particulières et notamment au sein du bouchon vaseux.

IV. RELATIONS MATIERE ORGANIQUE PARTICULAIRE - NUMERATIONS BACTERIENNES

1) Introduction

Dans un écosystème marin, les bactéries hétérotrophes jouent un rôle important comme décomposeurs de la matière organique particulaire et dissoute. Leur présence dans le milieu est donc conditionnée par les apports en matière organique.

Les effluents urbains sont riches en bactéries telluriques, mais aussi en matière organique, ce qui peut être un facteur favorable à leur survie. Ces bactéries étant très souvent pathogènes, ceci est important vis-à-vis de la qualité sanitaire des eaux estuariennes, de la protection des zones aquacoles, ...

Des observations faites au microscope électronique à balayage montrent que les bactéries sont en général adsorbées sur les particules et par conséquent leur dynamique dans l'eau est vraisemblablement proche de celle du matériel particulaire.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant d'analyser simultanément les évolutions de COP et des numérations bactériennes (voir annexe) obtenues sur différents milieux :

- Le milieu Drigalski doux, incubé à 42°C, permet d'isoler les coliformes fécaux (D42L⁺).
- Le milieu Drigalski salé favorise la croissance des bactéries gram négatif plus spécifiquement marines et des halotolérantes. On distingue les Lactoses⁺, coliformes adaptés au milieu (DSL⁺), des Lactoses⁻ (DSL⁻).
- Le milieu Trypticase. Ce milieu peu spécifique permet de dénombrer la flore totale dans l'estuaire (TS).

2) Profils horizontaux de COP et des numérations bactériennes dans l'estuaire de l'Elorn

Des profils ont été tracés à basse mer, surface. On remarque une forte augmentation des numérations (TS, DSL⁺, D42L⁺) du fait de la station d'épuration. Puis entre les points 35 et 34, elles chutent brutalement alors que le COP augmente à l'entrée du bouchon vaseux dynamique. Deux facteurs sont vraisemblablement responsables de cette baisse brutale (fig. 25, 26, 27, 28) :

- la dilution des particules issues de la station d'épuration, très chargées en matière organique et en bactéries, dans les particules estuariennes,
- un stress mortel dû au changement brutal de milieu.

Le rejet de la station d'épuration crée une situation qui semble en contradiction avec ce qui est rapporté dans la littérature, c'est-à-dire un développement bactérien intense dans le maximum de turbidité avec des activités accrues (PALUMBO et al., 1978 ; FERGUSON et al., 1977-1979 ; OTTMANN F. et al., 1979 ; FRESNEL P., 1978). L'importance limitée du bouchon vaseux dans l'estuaire de l'Elorn et sa situation proche d'un rejet très pollué ne permet pas de mettre en évidence une recrudescence de l'activité bactérienne à ce niveau.

Il nous a donc semblé que pour essayer de cerner les relations entre la matière organique et les numérations bactériennes, il était préférable de ne pas tenir compte des points 34 et 35 trop fortement influencés par la station d'épuration et situés dans une zone de fortes variabilités (front salin, bouchon vaseux, dilution de l'effluent).

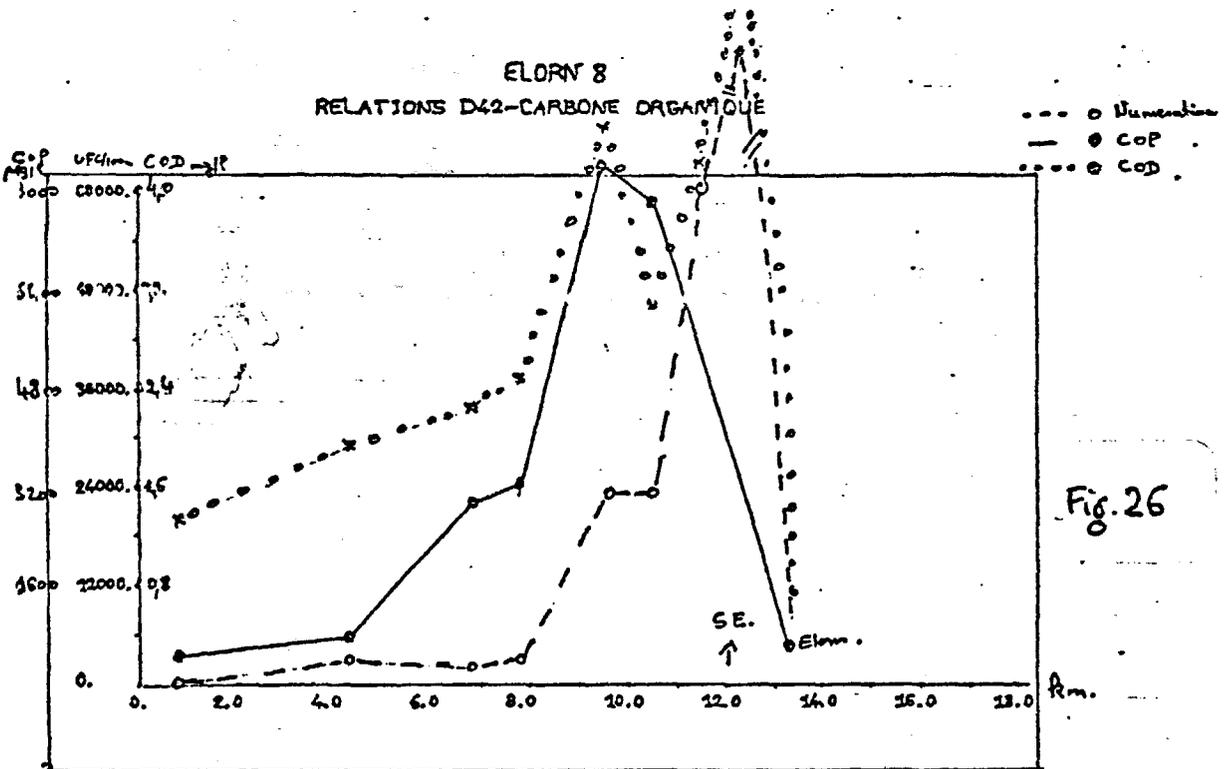
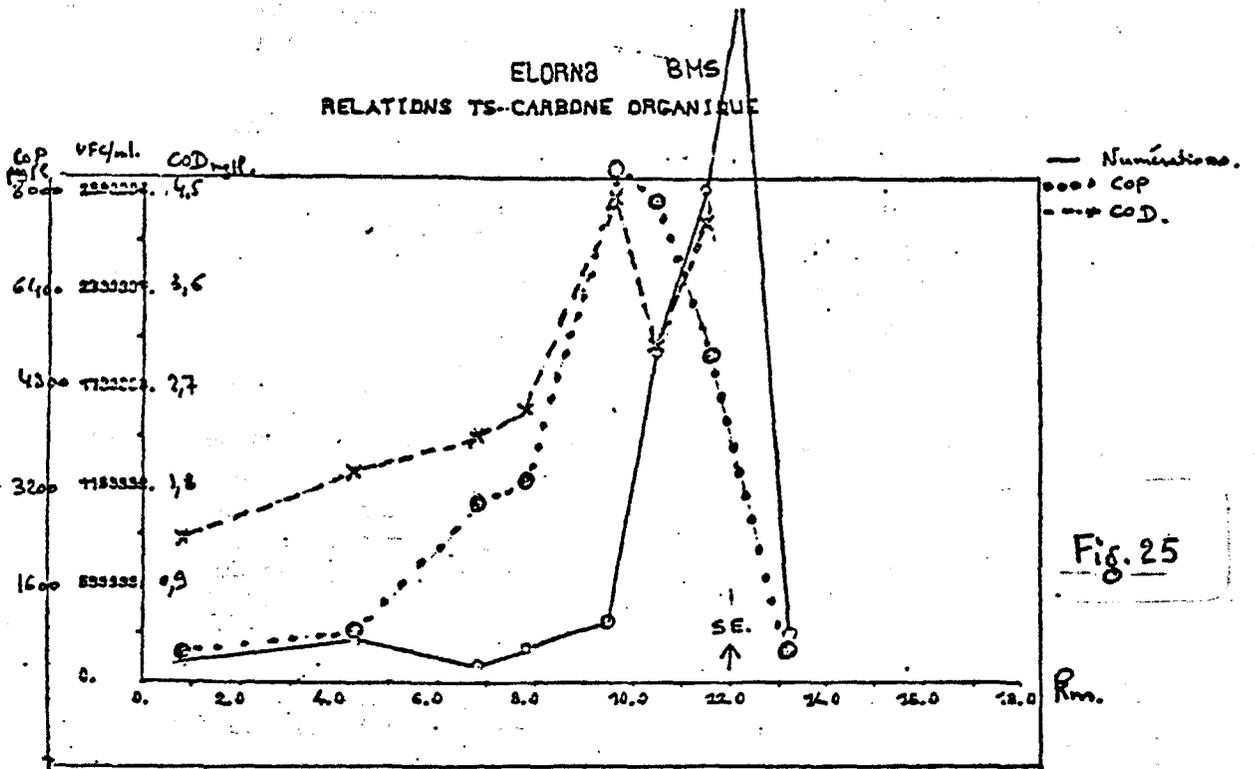
Tout ce qui va suivre ne concerne donc que les points 8, 30, 31, 32, 33 et 38 (points Eaux Douces).

3) Relations avec les MES

La relation (cf. figures n° 29 et 30) est bonne entre les MES et les bactéries L⁺ dénombrées sur le D42 et DS. Le coefficient de corrélation pour l'ensemble des valeurs est de 0,86 pour le premier milieu, 0,75 pour le second avec des points plus dispersés.

Les bactéries L⁻ poussant sur DS ne semblent pas corrélées avec la charge en particules.

Ces résultats globaux semblent indiquer que la tendance des bactéries marines ou halotolérantes (DSL⁻) à rester à l'état libre est plus grande que celle des bactéries telluriques (D42L⁺). Ceci est en accord avec les résultats de filtration différentielle (M. POMMEPUY, 1983) qui indiquent que, dans



Profils horizontaux.

Septembre 83:

coefficient 91
debit 3 m³.

l'estuaire de l'Elorn, les coliformes fécaux sont à plus de 90 % fixés sur les particules quelle que soit la teneur en MES. Les halotolérantes (DS) sont plus ou moins liées aux MES selon la concentration en particules et, parmi ces bactéries, les L⁻ le sont beaucoup moins.

4) Relation avec le COP (cf. figures n° 31, 32)

Le tableau suivant retrace l'ensemble des coefficients de corrélation calculés.

	Toutes campagnes	Fév.	Mars	Avr.	Juin	Sept.
D42L ⁺	0,82	0,99		0,82	0,86	
DSL ⁺	0,75	0,89	0,53	0,29	0,91	0,94
DSL ⁻	0,33	0,70	- 0,02	0,73	0,91	0,94
TS					0,88	0,74

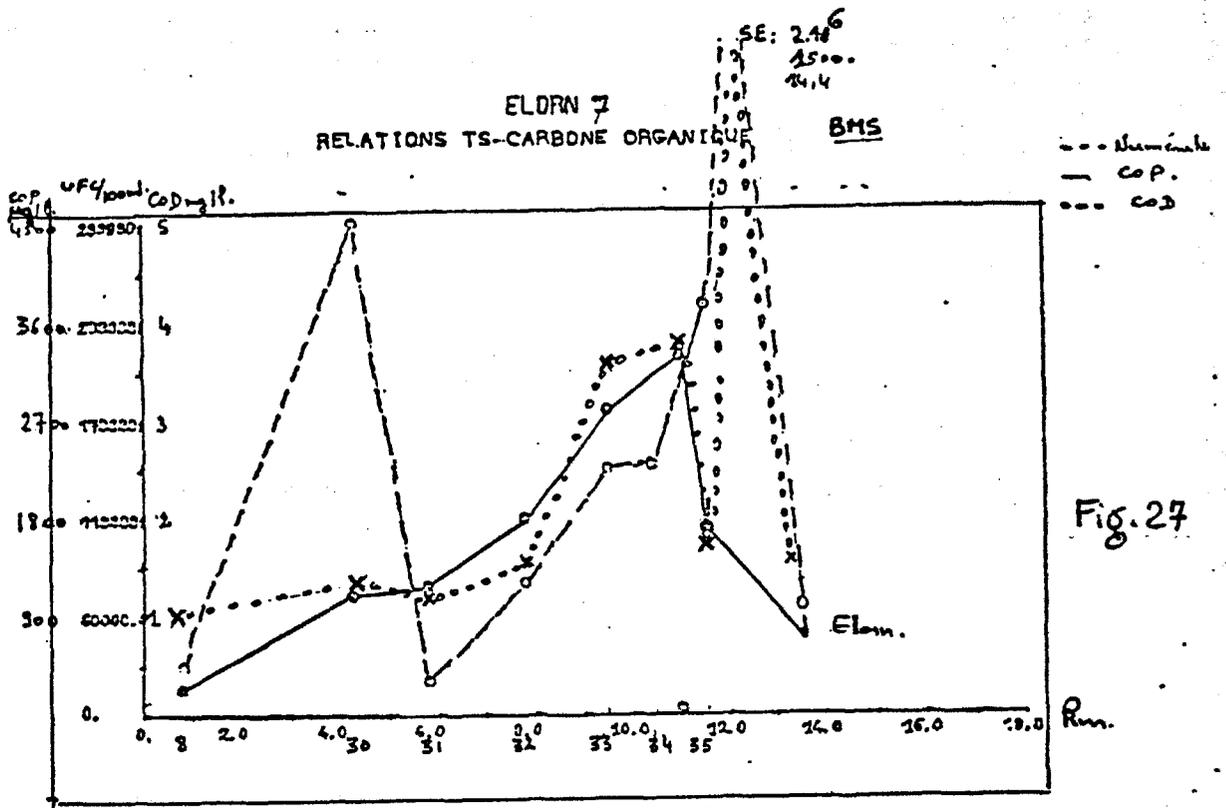
Sur l'ensemble des valeurs les corrélations entre numérations et COP sont du même ordre de grandeur qu'avec les MES.

Elles sont en général meilleures si on les calcule sur une seule campagne, sauf en mars et avril pour les numérations sur DS. On peut donc penser que la nature de la matière organique particulaire intervient et que les différentes populations bactériennes ne réagissent pas de la même façon aux variations de nature de la matière organique particulaire.

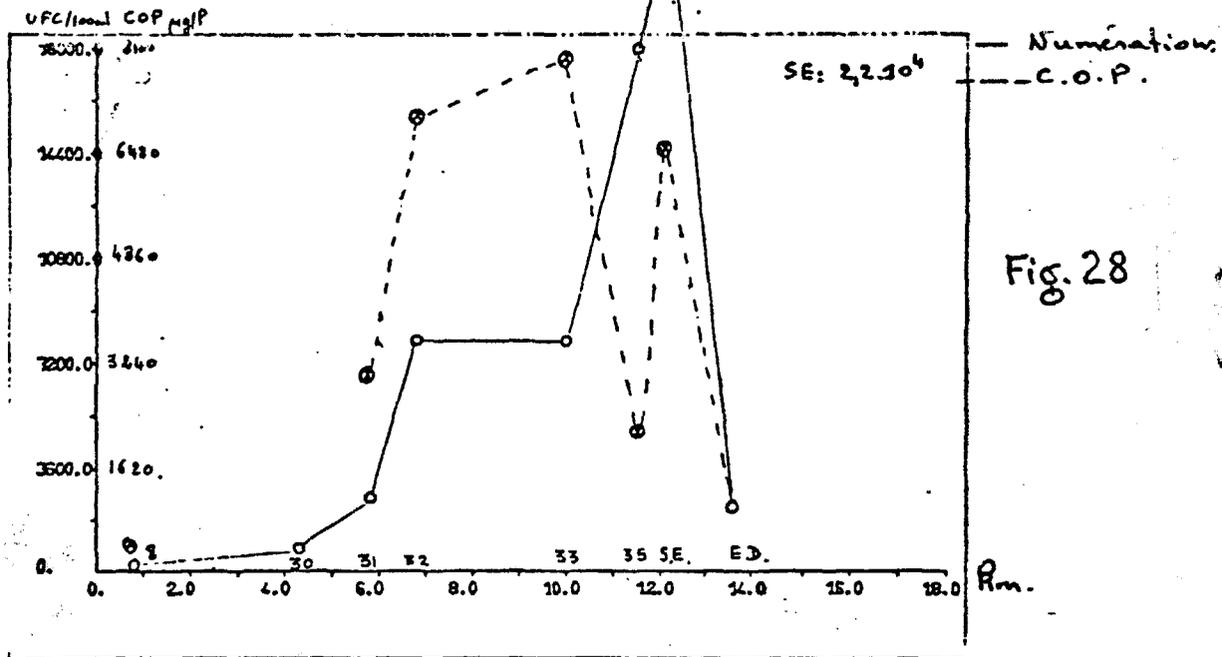
Ainsi en mars, le développement de phytoplancton qui introduit dans le milieu un autre type de matière organique particulaire fait baisser sensiblement la corrélation pour les D42 et DSL⁺, bactéries coliformes vraisemblablement étrangères au milieu et peu actives. Par contre on observe une nette croissance des DSL⁻, bactéries hétérotrophes halotolérantes qui se développent au détriment de cette matière organique nouvelle. On trouve alors des numérations constantes sur tout l'estuaire, alors que les teneurs en COP sont très variables de l'aval vers l'amont. Ceci se traduit par un coefficient de corrélation de - 0,02.

Si on regarde attentivement les valeurs trouvées pour les deux autres populations, on s'aperçoit qu'elles aussi semblent profiter de cet apport en COP.

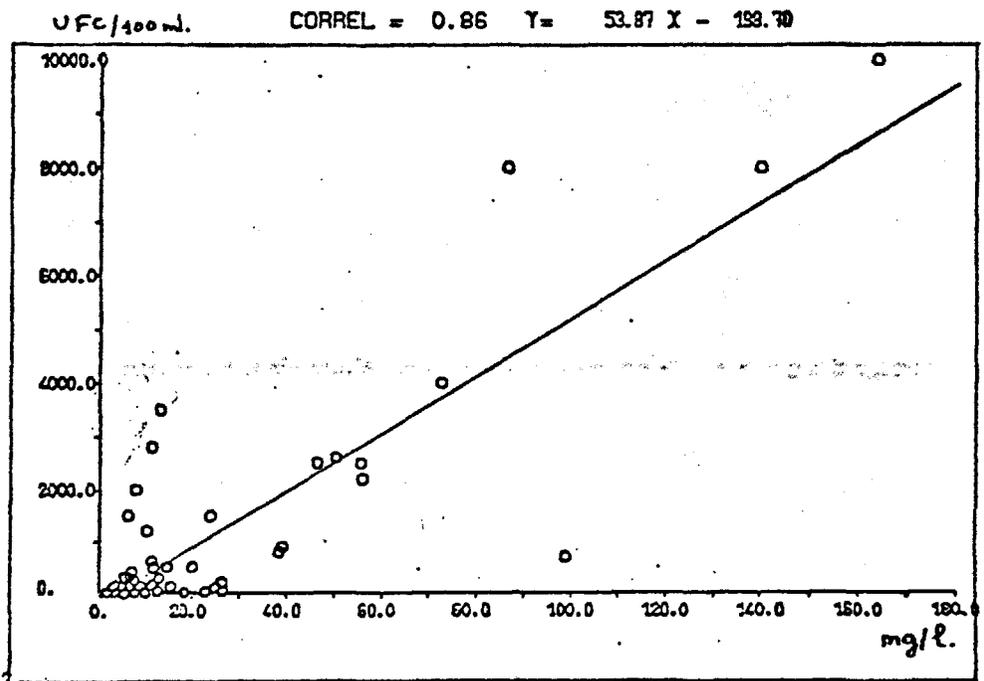
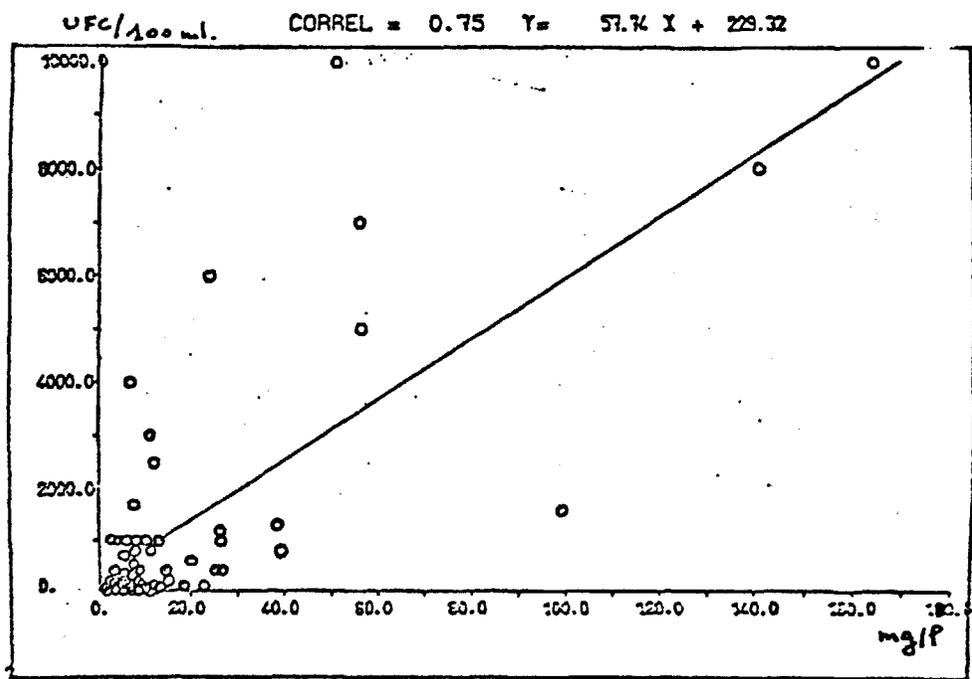
Ce résultat est intéressant car il confirme que les bactéries du milieu se multiplient à partir des apports en matière organique particulaire, accomplissant ainsi leur rôle de décomposeurs, et il semble indiquer que les coliformes et autres bactéries pathogènes rejetées par les égouts peuvent manifester une certaine activité quand les conditions du milieu deviennent favorables.



Elorn 2.
Relations D42 - carbone organique



Profils horizontaux



Relations MES - Numérations bactériennes.

Fig 29: D5 L⁺.

Fig 30: D42 L⁺.

CORREL = 0.74 Y = 2.13 X - 662.63

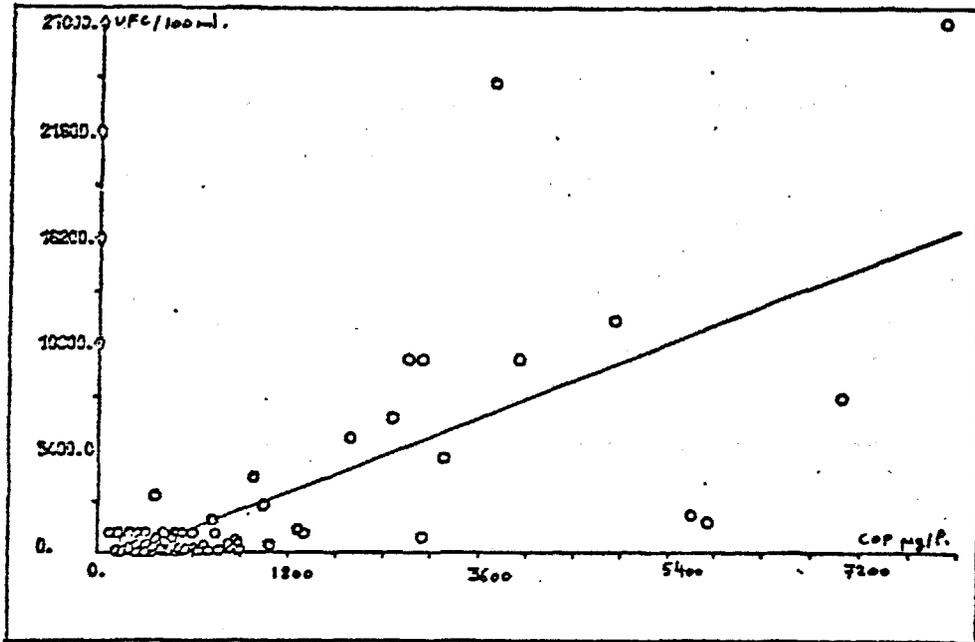


Fig. 31

Relations $D5L^+$ - carbone organique particulare

CORREL = 0.82 Y = 0.91 X - 292.27

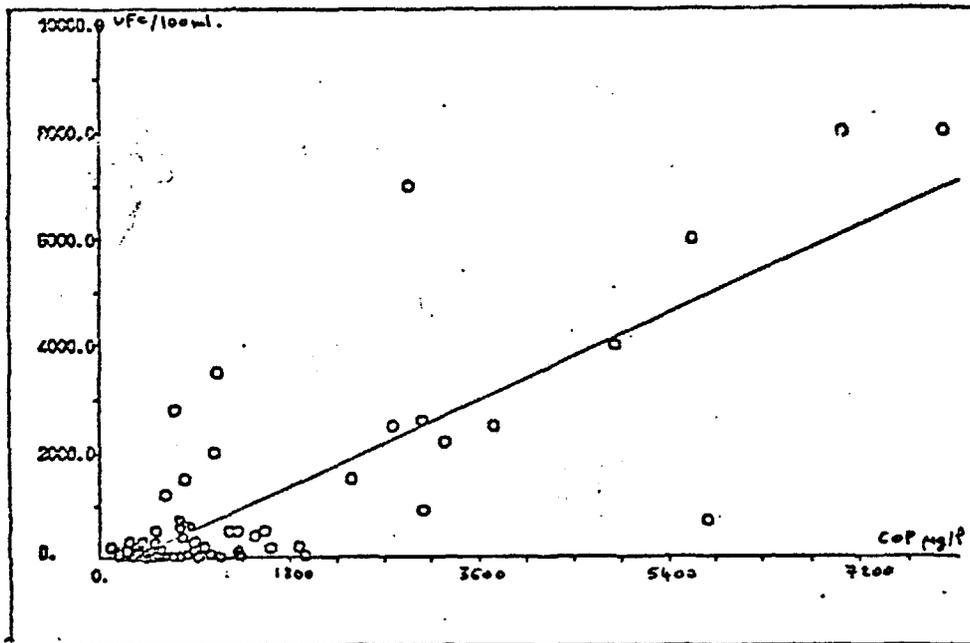


Fig. 32

Relation $D42L^+$ - carbone organique particulare.

		COP algal µg/l	COP non algal µg/l	D42 UFC/100 ml	DSL + UFC/100 ml	DSL - UFC/100 ml
8	BM	90	210	45	200	8 500
	PM	100	150	45	200	3 900
30	BM	990	2 100	900	800	2 800
	PM		410	120	100	4 600
31	BM	580	2 700	2 200	5 000	8 000
	PM	210	360	94	100	1 000
32	BM	460	2 300	2 500	7 000	30 000
	PM	150	1 150	500	600	5 800
33	BM	780	5 000	700	1 600	2 400
	PM	280	1 600	200	1 200	2 800

**Carbone organique particulaire et numérations bactériennes
lors de la sortie de mars 1983**

L'examen des courbes montre qu'un grand nombre de points sont regroupés au voisinage de l'origine. Ils correspondent aux valeurs de fond et de pleine mer, c'est-à-dire des eaux plus salées. Si on analyse plus en détail cette partie, on ne voit aucune relation entre le COP et les numérations. Les relations trouvées précédemment découlent, pour la plupart, des valeurs de basse mer surface, qui sont plus fortement influencées par les effluents de la station d'épuration. De ce fait, on ne met en évidence que la dilution des rejets polluants riches en bactéries et en matière organique particulaire. Pour les eaux plus salées, plus pauvres, l'absence de corrélation entre COP et numérations peut traduire une certaine activité bactérienne au détriment du substrat que constitue la matière organique. On devrait alors trouver une corrélation négative qui n'apparaît pas car la quantité de matière organique reste toujours largement excédentaire par rapport aux besoins des bactéries.

5) Relations avec le COP non algal

Le COP non algal ou détritique est apporté principalement par les eaux douces et s'accumule au niveau du bouchon vaseux. Puis dans l'estuaire aval sa concentration est liée au mélange des masses d'eaux douces et salées. En suivant l'évolution des numérations bactériennes par rapport à ce COP non algal, il est donc possible de voir si l'évolution des numérations dépend uniquement de la dilution des eaux douces.

En juin (fig. 33) : Les TS donnent un ensemble de points bien alignés sauf les points 30 BM, 8 BM, 32 BM qui correspondent à des nappes de dinoflagellés très denses, constituées d'un mélange de cellules jeunes et en voie de dégradation. Globalement donc la flore hétérotrophe profite de cet apport en matière organique.

Pour les DSL ⁺, les points 8 BM et 30 BM sont un peu au-dessus de la droite. Leur croissance est également stimulée, mais très légèrement.

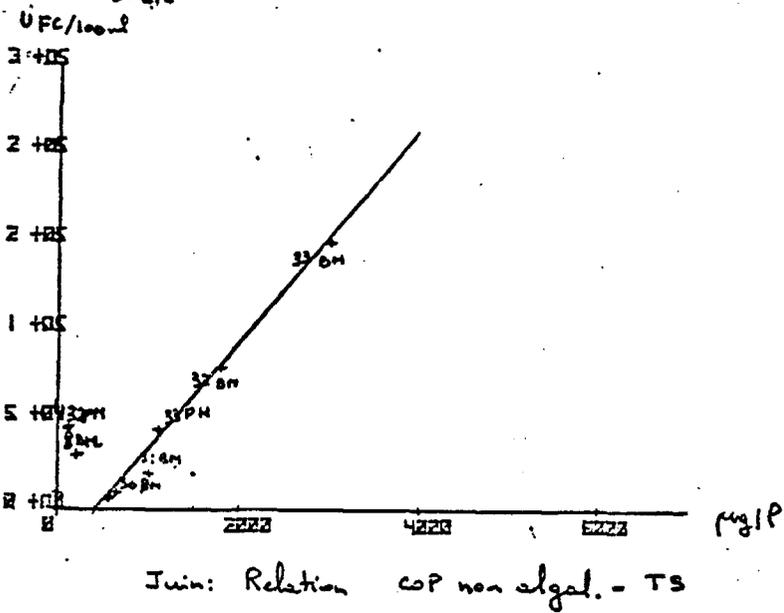
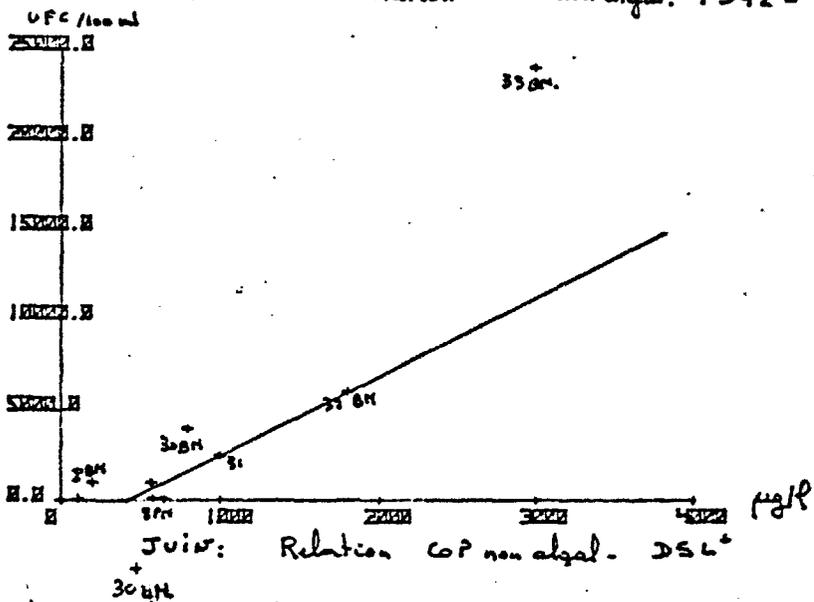
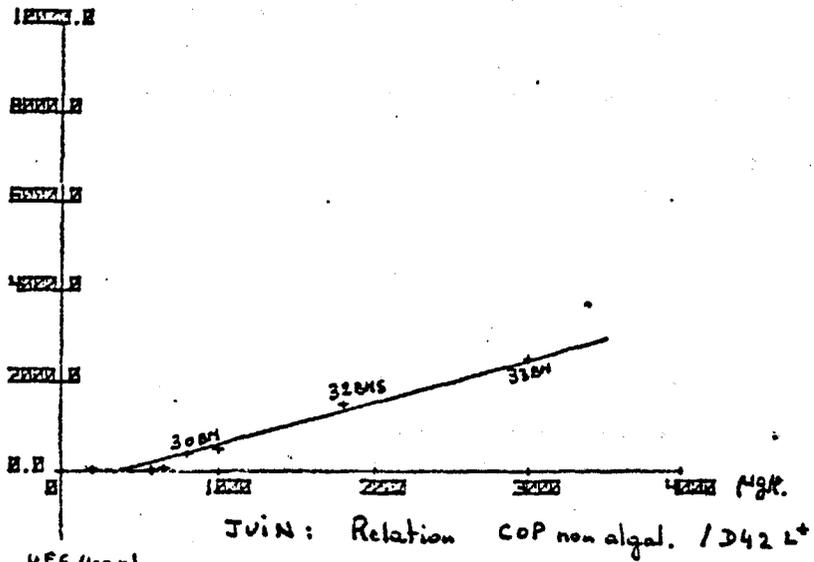
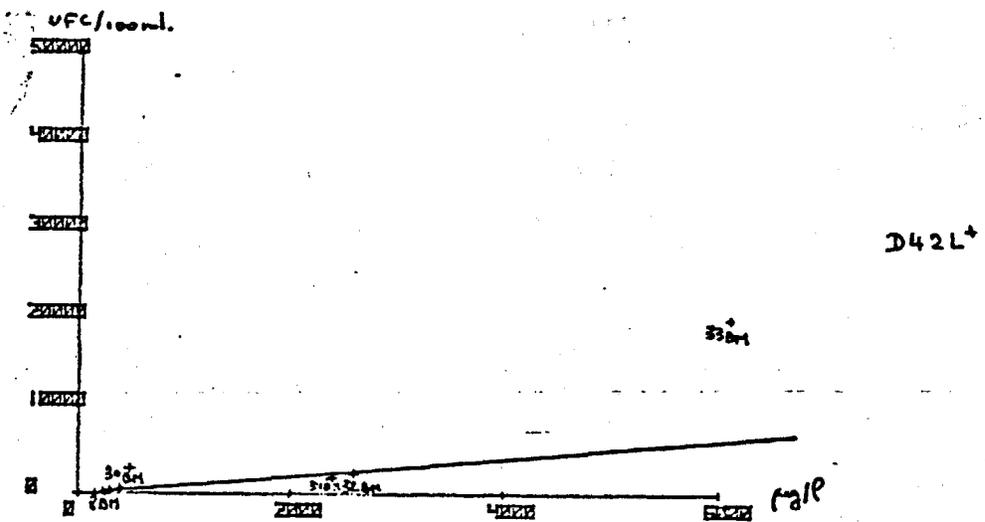
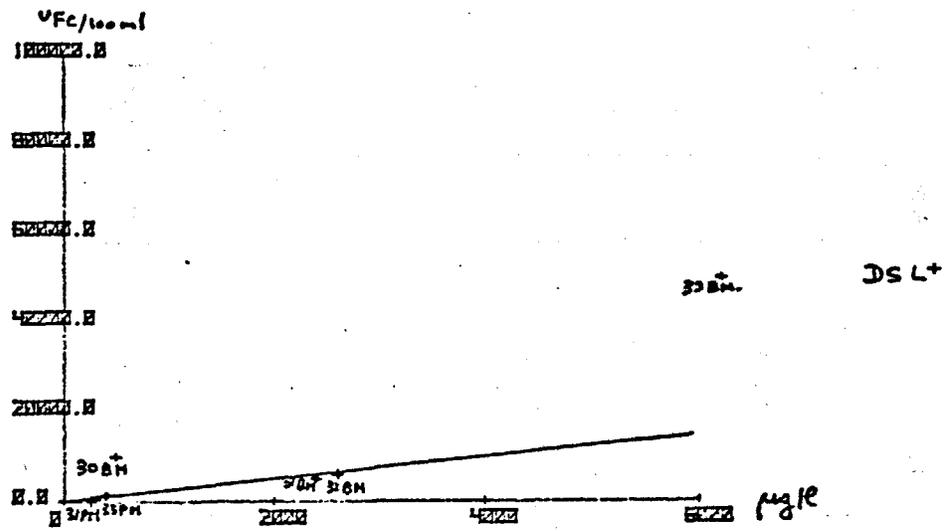
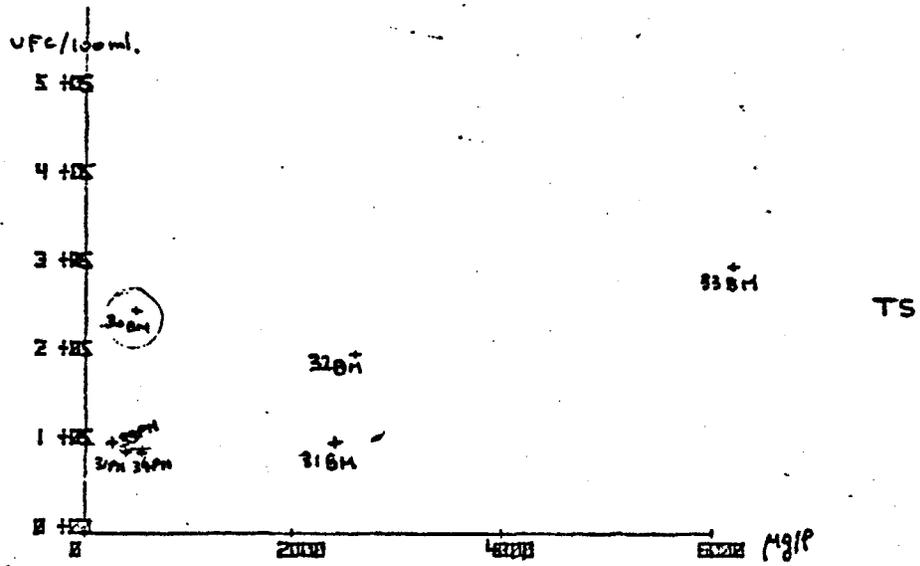


Fig. 33



Septembre: Numérations bactériennes - COP non algal.

Fig. 34

Les D42L⁺ se diluent quasi conservativement et paraissent même inhibées.

En septembre (fig. 34) : Les points 30 et 33 montrent des numérations nettement supérieures. Si le point 33 peut être influencé par la station d'épuration, il ne fait pas de doute que au point 30 on ait une recrudescence du développement bactérien aussi bien des hétérotrophes marines ou halotolérantes que des coliformes (On note simultanément des teneurs plus fortes en COD, en ammoniac, en nitrite, ce qui indique qu'une régénération bactérienne est en cours dans cette masse d'eau).

6) Conclusion

Si d'une manière globale la relation qui existe entre la matière organique particulaire et les numérations bactériennes semble surtout due à un effet de dilution (rejet simultané par les effluents urbains), il est possible de mettre en évidence le fait que les bactéries DS⁺ et D42⁺ quand elles survivent dans le milieu profitent des apports en matière organique.

V. CONCLUSION

L'estuaire de l'Elorn ne peut être considéré comme un estuaire type : sa topographie particulière, sa petite taille, l'influence très marquée de la marée, et la présence de sources importantes de pollution rendent son fonctionnement très complexe et l'interprétation des résultats délicate.

Le cycle du carbone organique dissous est particulièrement perturbé par les rejets qui masquent partiellement les évolutions saisonnières. Ces rejets sont constitués en grande partie de COD dégradable qui peut servir de substrat pour l'activité bactérienne. Cependant un apport important et simultané en bactéries par la station d'épuration ne permet pas de mettre en évidence l'effet des rejets de COD dégradable sur la flore bactérienne.

La matière organique particulaire est stockée dans l'estuaire. Elle y subit une certaine maturation avant d'être expulsée vers la rade. Elle suit ainsi un cycle comparable à celui qui est observé dans les grands estuaires comme la Loire ou la Gironde. De ce fait la matière organique détritique constitue toujours une part importante de la matière organique particulaire même en période d'étiage et de forte production phytoplanctonique. -

L'Elorn et la station d'épuration sont les sources principales de bactéries (halotolérantes ou coliformes). L'apparente corrélation entre le COP et les numérations bactériennes n'est due en fait qu'à la dilution simultanée des deux paramètres. En s'appuyant sur des observations ponctuelles, on peut montrer que les coliformes qui survivent dans le milieu sont susceptibles de se développer quand les conditions deviennent favorables : présence d'une matière organique de nature différente et peut-être d'autres facteurs bénéfiques à la croissance des bactéries.

Ce travail n'a fait qu'aborder très superficiellement le vaste problème que constitue les relations matière organique - bactéries. Il pourrait être approfondi par une étude plus systématique de la nature chimique des particules qui permettrait peut-être de déceler l'affinité des bactéries pour certains types de matière organique.

BIBLIOGRAPHIE

- CABANE, F. (1982). Bactériologie des eaux côtières. Revue bibliographique. CNEOX-COB, Dépt. ELGMM. 91 pp.
- CAUWET, G. (1978). Organic chemistry of sea water particulate matter. Concepts and developpements. Oceanol. acta, 1, 1.
- CNEOX-COB (1983). Capacité d'acceptation du milieu marin. Bactériologie. Rapport de synthèse. 280 pp.
- ETCHEBER, H. (1983). Biogéochimie de la matière organique en milieu estuarien : comportement, bilan, propriétés. Cas de la Gironde. Thèse doctorat d'état es-sciences, Bordeaux I. 263 pp.
- FRENEL, P. (1978). Relations entre l'hydrologie et les bactéries témoins de la contamination fécale dans l'estuaire de la Loire. Thèse 3e cycle. Univ. Nantes. 150 pp.
- FUKAMI K. and al. (1983). Distribution of heterotrophic bacteria in relation to the concentration of particulate organic matter in sea water. Can. J. Microbiol, 29, 570-575.
- LAANE, R.W.P.M. (1982). Chemical characteristics of the organic matter in the waterphase of the Ems Dollart Estuary : Doctoral Thesis BOEDE. Publicaties en Verslagen, n° 6, 134 pp.
- LENZ, J. (1977). On detritus as food source for pelagic filterer-feeder. Mar biol 41, 39-48.
- LISS, P.S. (1976). Estuarine chemistry. Ed. by Burton and Liss. Academic Press, London Ltd.
- L'YAVANC, J. (1983). Hydrologie de l'estuaire de l'Elorn. Rapport interne CNEOX-COB. 25 pp.
- MAZEAS, T. (1983). Qualité des eaux de l'Elorn et ses principales sources de pollution. CNEOX-COB, DDE. Rapport de stage d'IUT. 45 pp.
- MEYBECK (1982-1983). Quantification du déséquilibre en nutriment (C, N, P) dans l'estuaire de la Loire. CNRS GRECO-ICO (rapport d'activité).
- MORRIS, A.W. (1982). Particle dynamics, particulate carbone and the oxygene minimum in an estuary. Océanol. acta, 5, 3 : 349-353.
- OTTMAN, F., QUERE et al. (1979). Etude de la concentration bactérienne par le bouchon vaseux dans l'estuaire de la Loire. Contrat CNEOX 77/1741 avec complément de la DDE. 44-53 p. + annexe.
- PALUMBO A.V., FERGUSON R.L. (1978). Distribution of suspended bacteria in the Newport river estuary North Carolina. Est Coast Mar Sci, 7 : 521-529.
- POMMEPUY, M. (1983). Evolution de la flore microbienne de l'estuaire de l'Elorn. Rapport de DEA. Université de Paris Sud.
- RHEINHEIMER, G. (1979). Estuarine bacterial population and their role in the decomposition of organic material. River inputs to ocean systems. UNEP/IOC. SCOR. Workshop, Rome : 283-290.

20
SALIOT, A. (1983). Biogéochimie de la matière organique en milieu estuarien. *Oceanis*, 9, 7, 531-538.

SHOLKOVITZ, E.R. (1976). Flocculation of DOC and inorganic matter during the mixing river water and seawater. *Geochim. Cosmochim. acta*, Oxford, 46 (3), pp. 393-410.

Filtration à 0,22.

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

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

Les Filtrations pour la microscopie à balayage

Quelques filtres en polycarbonates (nucléopores $0,22\mu$ 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 des 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 ($0,22\mu$) 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) : hydrolysat tryptique 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 .

ANNEXE.

Analyse bactériologique : Méthodes utilisées

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 ensemercer, 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 pallier 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 Perfringens