

Convention de Recherches
Conseil Régional Poitou-Charentes

INCIDENCE DE LA DIMINUTION DES DEBITS DE
LA CHARENTE SUR LA PRODUCTION PRIMAIRE
DU BASSIN DE MARENNES-OLERON.

par

Brigitte RAVAIL*, Maurice HERAL**, Serge-Yves MAESTRINI*,
Jean-Michel ROBERT*, Daniel RAZET**, Jean PROU**.

* CREMA L'HOUMEAU

** Laboratoire National Ecosystèmes Conchyliques La Tremblade



IFREMER
Mus de Loup
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE
Tél. : 46.36.18.41

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES
DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES

AUTEUR(S) : Brigitte RAVAIL, Maurice HERAL, Serge-Yves MAESTRINI, Jean-Michel ROBERT, Daniel RAZET, Jean PROU	CODE : N°DRV 87008/RA/TREM
TITRE : X INCIDENCE DE LA DIMINUTION DES DEBITS DE LA CHARENTE SUR LA PRODUCTION PRIMAIRE DU BASSIN DE MARENNES-OLERON.	Date : 13.04.87 tirage nb : Nb pages : 63 Nb figures : 52 Nb photos
CONTRAT CONVENTION DE RECHERCHES CONSEIL REGIONAL POITOU-CHARENTES COMPTE RENDU ANNUEL N°3	DIFFUSION libre x restreinte confidentielle

RESUME :

Le suivi bi-mensuel annuel des paramètres physico-chimiques des eaux de l'estuaire confirme les forts apports de nitrates tandis que les phosphates sont adsorbés sur les particules. Le suivi hebdomadaire du bloom phytoplanctonique printanier montre que la zone de production primaire maximale se localise dans un triangle compris entre Port des Barques, l'Ile d'Aix et le Nord de Lamouroux. Les campagnes hydrobiologiques en étiage permettent de préciser la variabilité en point fixe des paramètres physico-chimiques et de la biomasse phytoplanctonique, le système fonctionnant comme un chémostat avec impulsion de nitrates et silices provenant de Charente à marée basse. L'estimation de la fertilité des eaux de la Charente, de l'eau du panache de l'estuaire et du secteur océanique est estimée parallèlement à une simulation des augmentations de débit de la Charente de 1 %, 3 %, 6 %, 12 % et 20 %. Il apparaît que les eaux pauvres océaniques peuvent après adjonction de 6-12 % ou 20 % d'eau de Charente produire des biomasses phytoplanctoniques 2 à 10 fois supérieures à celles produites dans l'eau d'origine. En revanche les eaux plus riches du panache estuarien ne produisent que des biomasses 2 fois plus importantes après un enrichissement de 20 %. Enfin une analyse des caractéristiques du captage du naissain de l'huître japonaise Crassostrea gigas montre que le recrutement est plus soumis à l'influence de la température pendant la période de survie larvaire qu'à la dessalure provoquée par l'apport d'eau douce de la Charente.

mots clés : Estuaire de la Charente, production primaire, suivi annuel, bloom printanier, étiage.

L'objectif de cette étude lancée à l'initiative de la région est de déterminer l'impact des eaux de l'estuaire de la Charente sur la productivité primaire du bassin de Marennes-Oléron. En 1986 cette action de recherche a été renforcée par une aide spéciale de fond de développement de la recherche et de la technologie permettant ainsi de donner plus d'ampleur à ce programme.

Pour répondre aux besoins croissants en eau en période estivale, les diverses activités développées le long du fleuve augmentent régulièrement leur consommation d'eau douce. Ainsi en période d'étiage du fleuve, la Charente doit fournir simultanément l'eau douce pour l'alimentation en eau potable des habitants du littoral (300 000 habitants), pour le maintien d'un niveau d'eau dans le marais et pour l'irrigation des terres agricoles mises en culture (3 à 5 m³/s). Or l'ostréiculture qui se développe à l'aval dans le bassin de Marennes-Oléron a aussi besoin d'eau douce. Besoins liés à la dessalure pour le captage des jeunes huîtres, besoins en sels nutritifs permettant au phytoplancton de se multiplier pour fournir la nourriture aux mollusques cultivés.

En 1986, cinq axes de travail ont été développés :

1°) Un suivi bi-mensuel annuel des paramètres physico-chimiques des eaux de l'estuaire permettant de confirmer les variations saisonnières des principales caractéristiques des apports dans l'estuaire de la Charente. Parallèlement, un suivi hebdomadaire en fin de printemps permet de caractériser plus finement l'importance de la poussée phytoplanctonique.

2°) Deux campagnes hydrobiologiques en période d'étiage du 4 au 10 août et du 25 au 31 août pour déterminer la zone de dilution du panache estuarien, et la production primaire qui y est associée. Les résultats concernant les radiales et une étude en point fixe sont présentés.

3°) En étiage, l'estimation de la fertilité des eaux de la Charente, de l'eau du panache de l'estuaire et du secteur océanique est estimée. Une simulation des augmentations de débit de la Charente de 1 %, 3 %, 6 % et 12 % et 20 % sur la fertilité des eaux est testée.

4°) Les caractéristiques du captage du naissain de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* sont analysées en fonction de l'évolution des

températures et salinités de 1980 à 1986.

L'ensemble de ces mesures permet de comprendre les différents mécanismes qui contrôlent le développement de l'ostréiculture dans le panache de l'estuaire de la Charente. En 1987-1988 un modèle hydrobiologique sera mis au point, outil qui devrait permettre d'être prédictif et de simuler différents types de gestion du fleuve Charente.

I. VARIATION DES PARAMETRES HYDROBIOLOGIQUES DE L'ESTUAIRE DE LA CHARENTE EN 1986

1.1. Suivi annuel

- Protocole :

Un suivi régulier des paramètres physico-chimiques et des facteurs biotiques des eaux de l'estuaire de la Charente est effectué deux fois par mois en 1986 en périodes de vives eaux et de mortes eaux à deux stations, l'une située dans l'estuaire à la bouée de la Mouclière (station 5), l'autre en secteur océanique à proximité du Fort Boyard (station 6). Les prélèvements sont réalisés en surface et au fond à marée haute (carte 1).

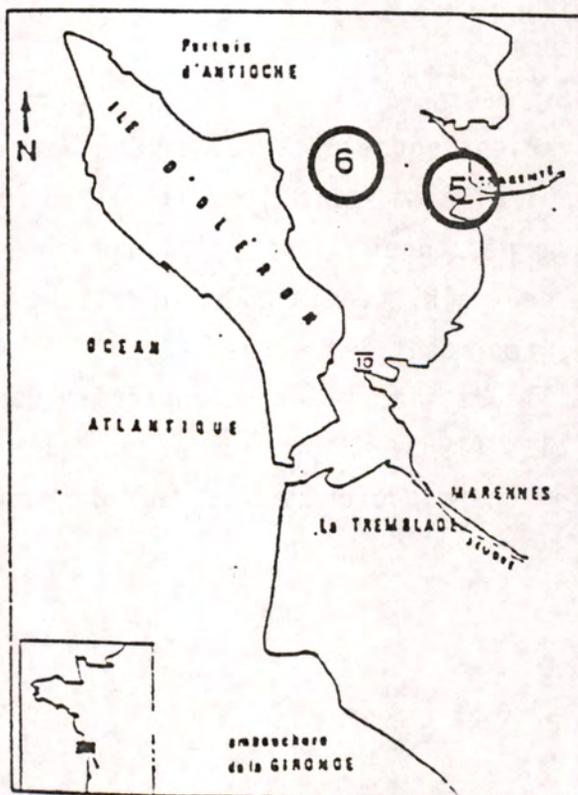


Figure 1 : Localisation des stations échantillonnées.

2

- Techniques d'analyse :

La température et la salinité sont relevées automatiquement sur un conductimètre salinomètre embarqué ou déterminées par la méthode chimique de Jacobsen et Knudsen (1940). La turbidité est estimée par néphélométrie. La charge de matière en suspension est déterminée par pesée de filtres préalablement calcinés. Le seston total des particules inférieures à 250 microns, à 10 microns et à 5 microns est recueilli, les sestons minéral et organique sont obtenus après crémation à 450°C.

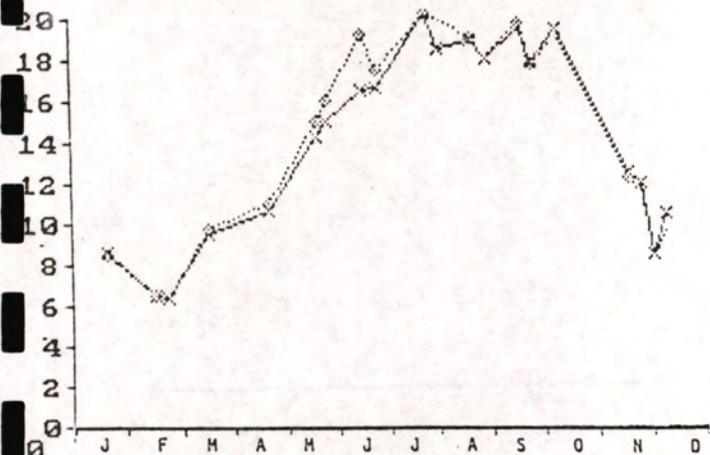
L'ammoniac est fixé directement sur le bateau et dosé par la méthode de Koroleff (1960). Les sels nutritifs : nitrites, nitrates, phosphates et silicates, après filtration sur membrane 0,45 u sont dosés à l'aide de l'autoanalyseur selon la méthode de Treguer et Le Corre (1976). La chlorophylle a et les phéopigments sont déterminés soit par spectrophotométrie, soit par fluorimétrie (Lorenzen, 1967). L'ultraplancton inférieur à 10 microns et 5 microns, est séparé du phytoplancton total par filtration différentielle.

RESULTATS

- Température :

Elles varient entre 6 et 20° en Charente (5) et entre 7 et 22° au Fort Boyard (6). Ainsi dans l'estuaire, il est confirmé que comme en 1985, les températures sont plus en relation étroite avec les températures de l'air, tandis que l'inertie thermique de la mer, par son effet tampon, amoindrit les extrêmes dans le secteur océanique (fig. 2). Il est par ailleurs, important de confirmer comme Héral et al. (1984) et Ravail et al. (1985) l'ont déjà signalé qu'il n'existe guère de stratification thermique entre les eaux de surface et de fond.

TEMPERATURES CHARENTE



TEMPERATURES OCEAN

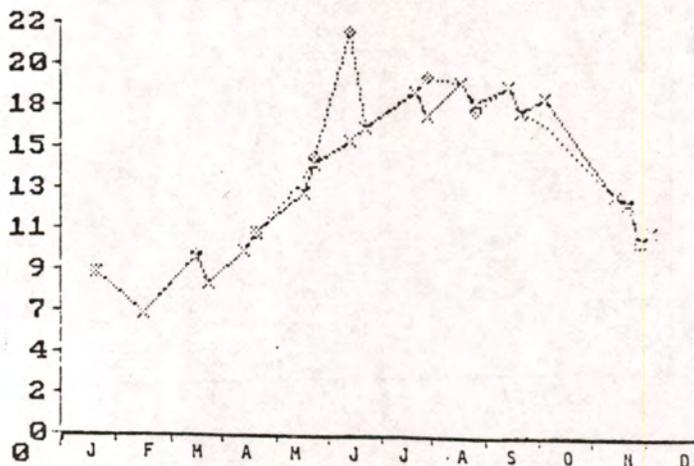


Figure 2 : Evolution annuelle des températures exprimées en degrés dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (+) et au fond (x).

- Salinité :

Les salinités à l'embouchure des eaux de la Charente fluctuent en 1986 entre 19 ‰ en janvier et décembre et 34 ‰ au mois d'août. On peut constater deux baisses brutales de salinité en septembre (25 et 19 ‰) liées à la pluviométrie de ce mois. Par ailleurs, à la station 6 (Fort Boyard) l'influence des crues de Charente se fait sentir provoquant une baisse de salinité des eaux de surface jusqu'à 27 ‰. Dans les deux stations, la stratification saline des eaux de fond et de surface est marquée, elle peut être supérieure à 8 ‰ à l'embouchure et n'est plus que de 3 ‰ au Fort Boyard. Par rapport à 1985, on peut noter que la dessalure des eaux est nettement moins élevée dans l'estuaire de la Charente, 19 ‰ pour les eaux de surface contre 11 ‰ en 1985, en liaison avec l'année 1986 sèche dans la région Poitou-Charentes. Par contre les eaux du Fort Boyard montrent une salinité comparable pour les deux années. Ceci confirmerait qu'en hiver la dessalure des eaux du large est plus influencée par les eaux de Gironde que par celles de la Charente (Jouanneau et al., 1985).

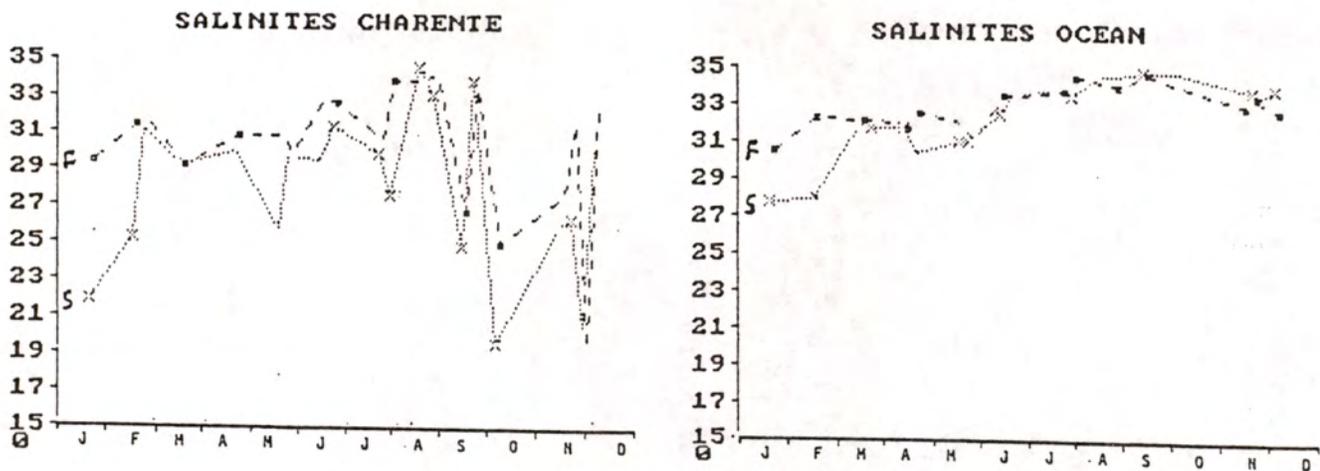


Figure 3 : Evolution annuelle des salinités exprimées en gr par litre d'eau dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (x) et au fond (■).

- Sels nutritifs :

. Ammoniac : Pour ce paramètre il faut rappeler que dans le bassin de Marennes-Oléron, les fluctuations journalières sont très importantes, selon les différentes masses d'eau échantillonnées. Les variations quotidiennes peuvent être supérieures aux variations saisonnières ou annuelles. Dans l'estuaire de la Charente, l'ammoniac ne dépasse pas $16 \mu\text{Ml}^{-1}$ en hiver. Comme en 1985 on retrouve au mois d'avril des teneurs en azote ammoniacal élevées dans le secteur océanique pouvant correspondre à une production liée à la minéralisation de la matière organique (Héral et al., 1983).

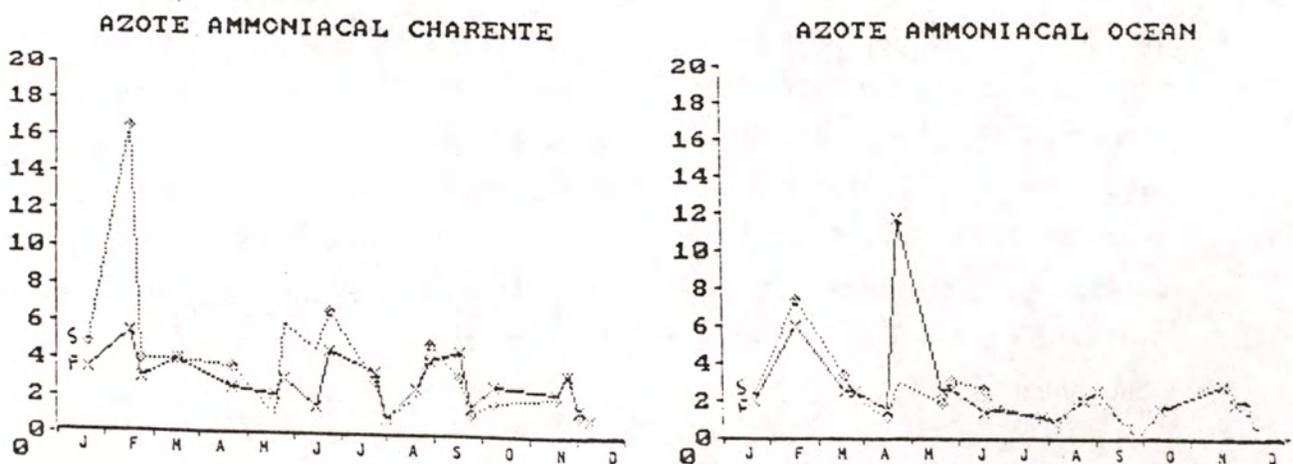


Figure 4 : Evolution annuelle des teneurs en ammoniac exprimées en μMl^{-1} dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (+) et au fond (x).

. Nitrites, nitrates : Les teneurs en nitrites restent à l'état de traces inférieures à $2 \mu\text{Ml}^{-1}$ dans les eaux océaniques du bassin. Dans l'estuaire de la Charente ils oscillent entre 1,2 et $2 \mu\text{Ml}^{-1}$ mettant ainsi en évidence que l'oxydation de la matière organique s'effectue (fig. 5). Les nitrates, éléments dominants des constituants azotés jouent un rôle important dans l'écosystème du bassin de Marennes-Oléron puisque, comme nous l'avons confirmé dans le rapport précédent, l'azote est le premier facteur limitant de la production primaire en période estivale. Les nitrates présentent une évolution saisonnière caractéristique avec en hiver des teneurs supérieures à $130 \mu\text{Ml}^{-1}$ dans l'embouchure de l'estuaire et $100 \mu\text{Ml}^{-1}$ dans le secteur océanique. La baisse des teneurs en nitrates est en relation directe avec les débits, ainsi en août-septembre avec un débit d'étiage, les concentrations dans l'estuaire ne sont que de $6 \mu\text{Ml}^{-1}$

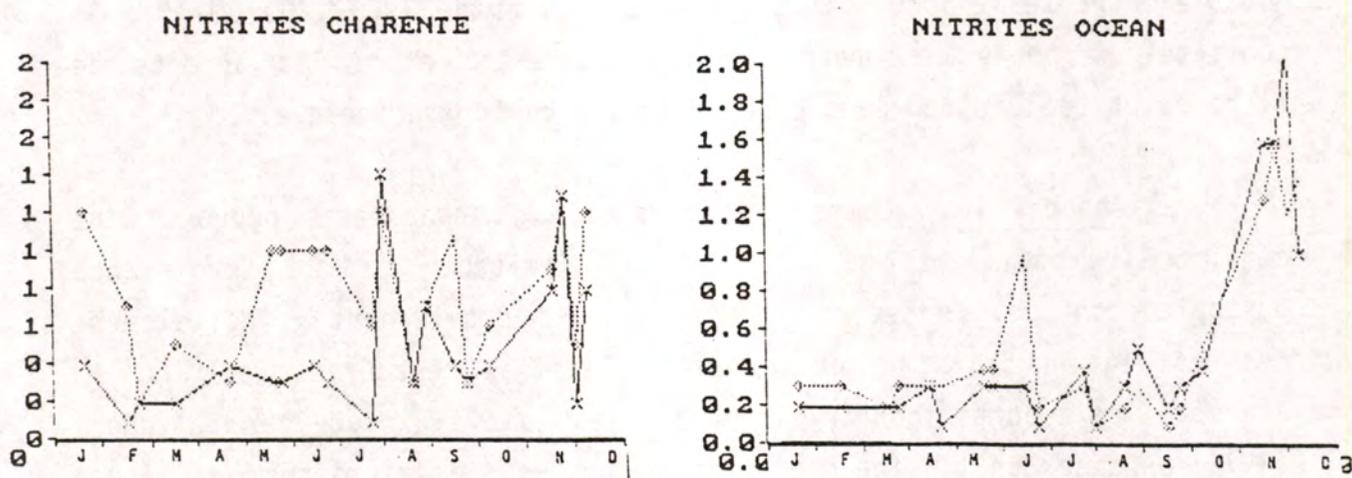


Figure 5 : Evolution annuelle des teneurs en nitrites exprimées en μMl^{-1} dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (+) et au fond (x).

et proches de $0 \mu\text{Ml}^{-1}$ au Fort Boyard (fig. 6). A cette baisse des apports s'ajoute la consommation des nitrates par le phytoplancton. Ainsi si on compare simultanément les graphes de salinité et ceux des nitrates on peut avancer les hypothèses que les baisses de nitrates en avril peuvent être induites par le phytoplancton. Le pic de nitrates du début juin est lié à une dessalure à 25 %.

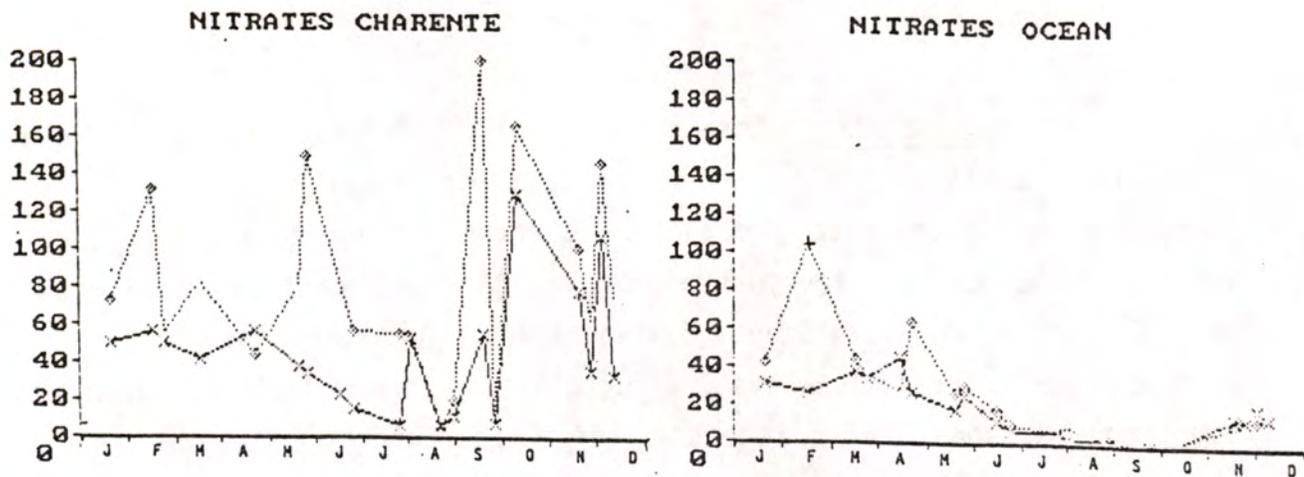


Figure 6 : Evolution annuelle des teneurs en nitrates exprimées en μMl^{-1} dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (+) et au fond (x).

Ces résultats confirment que comme en 1985 les apports de nitrates sont élevés. Provenant principalement du lessivage des terres agricoles, des distilleries et des rejets urbains, il n'apparaît de différence notable entre les apports de 1985 ($240 \mu\text{Ml}^{-1}$) et de 1986 ($200 \mu\text{Ml}^{-1}$). On constate une bonne concordance au printemps-été entre les apports de nitrates et le développement d'une biomasse phytoplanctonique.

. Phosphates : Comme les nitrates, les phosphates peuvent être considérés comme le second facteur limitant de la croissance phytoplanctonique. En secteur estuarien, ils proviennent principalement des effluents urbains enrichis par les lessives ménagères. De plus, en Charente les apports industriels ne seraient pas à exclure car Salvadori (1975) précise que l'usine d'engrais de la "Royale Asturienne des mines" contribue notablement à l'enrichissement en phosphore de la Charente.

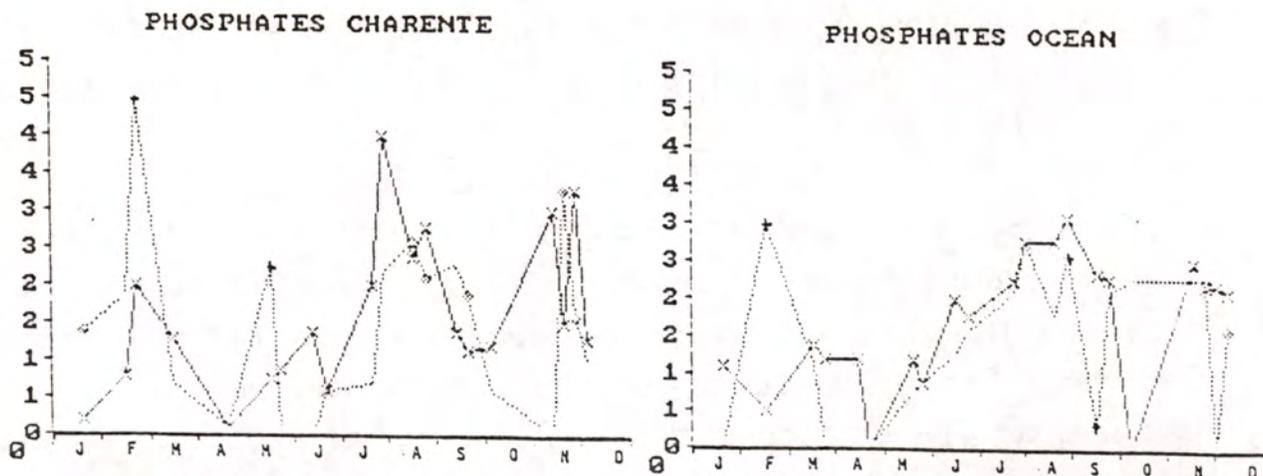


Figure 7 : Evolution annuelle des teneurs en phosphates exprimées en μMl^{-1} dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (+) et au fond (x).

Dans l'estuaire on constate un cycle marqué, avec apport lors des crues hivernales ($4 \text{ à } 5 \mu\text{Ml}^{-1}$) tandis qu'une adsorption sur les particules en suspension et sur le sédiment se produit jouant un rôle régulateur. On peut noter que des concentrations importantes se retrouvent en été ($2 \mu\text{Ml}^{-1}$ à $4 \mu\text{Ml}^{-1}$), alors qu'à cette période les débits sont les plus faibles, et que les apports de nitrates ont diminué. La forte baisse de phosphore de mai et fin juin est due aux poussées phytoplanctoniques printanières. Dans le secteur plus océanique le même cycle est mis en évidence avec des apports moins marqués ($3 \mu\text{Ml}^{-1}$) (fig. 7).

. Silicates : En milieu côtier, nous avons déjà démontré que les silicates sont rarement un facteur limitant de la production primaire, cependant ils peuvent contrôler le développement de certaines espèces en particulier les diatomées. Les apports dans l'estuaire sont variables mais ne descendent pas en dessous de $10 \mu\text{Ml}^{-1}$ pour les eaux de surface et $3 \mu\text{Ml}^{-1}$ pour les eaux de fond (fig. 8). Pour le secteur océanique, la consommation des silicates aux mois de mai-juin par les efflorescences phytoplanctoniques est très marquée.

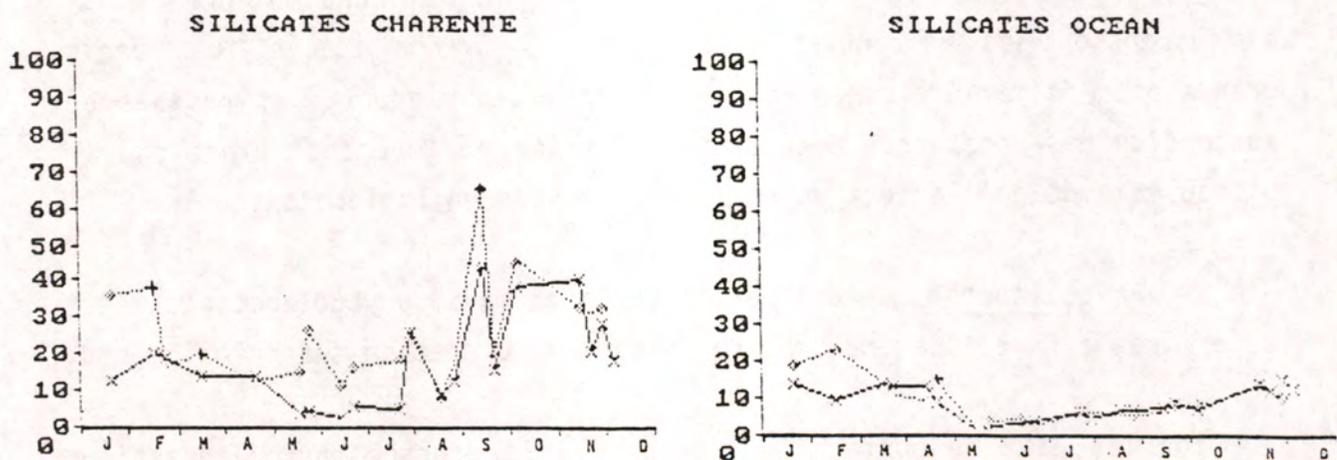


Figure 8 : Evolution des teneurs en silicates exprimées en μMl^{-1} dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (+) et au fond (x).

. Charges sestoniques : Elles restent très élevées dans l'embouchure de l'estuaire de la Charente, en particulier pour les eaux du fond souvent supérieures à 0,5 gr par litre alors que la charge des eaux du Fort Boyard (6) ne dépasse pas 0,2 gr par litre. Ces fortes

10

turbidités s'expliquent principalement par un remaniement des sédiments des berges et des slikkes environnantes (Héral et al., 1983). Comme en 1985 la répartition par classe de taille du matériel en suspension montre qu'en surface les particules inférieures à 5 microns sont la quasi totalité du matériel en suspension et seraient constituées d'argile. Par contre dans les prélèvements de fond, les particules supérieures à 5 microns et à 10 microns sont dominantes mettant en évidence que des particules minérales plus lourdes (sable...) sont charriées sur le fond.

La matière organique en suspension ne représente guère plus de 10 % de la charge sestonique minérale ne dépassant pas 45 mg par litre en 1986, contre 150 mg par litre en 1985. Des différences apparaissent aussi dans la constitution de cette matière organique en suspension 60 % à 80 % de matières organiques inférieures à 5 μ en 1986 contre 50 % de matières organiques comprises entre 10 et 250 μ en 1985..

Ceci est à mettre en relation avec les différences de régime hydraulique entre les deux années (débits, conditions de marée) entraînant pour 1985 des fortes remises en suspension 1 à 10 g.l^{-1} contre 0,5 g.l^{-1} au maximum pour 1986 induisant par la même une moindre remise en suspension des particules détritiques de grande taille. Les trois grands pics de matière organique correspondent aux apports et remises en suspension des substances détritiques (Février et Novembre) alors que le pic du mois de juillet est associé à la poussée phytoplanctonique.

. Phytoplancton : L'estimation de la biomasse phytoplanctonique est déterminée à partir des mesures de chlorophylle a et de ses phéopigments.

Dans les eaux de surface de l'estuaire, la poussée phytoplanctonique printanière est bien marquée, fin mai-début juin avec un pic de 8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle. Comme en 1985, la station estuarienne se caractérise par une deuxième croissance phytoplanctonique en juillet particulièrement forte en 1986 avec un bloom de 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Le bloom automnal est atteint en septembre avec 6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle a. Pour les eaux de fond, les efflorescences sont légèrement supérieures. Dans le secteur océanique la biomasse phytoplanctonique est moins élevée, 5 à 8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour les eaux de surface et 6 à 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$ dans les eaux de fond (fig. 11). Dans les deux cas il peut paraître surprenant que les eaux de fond soient aussi

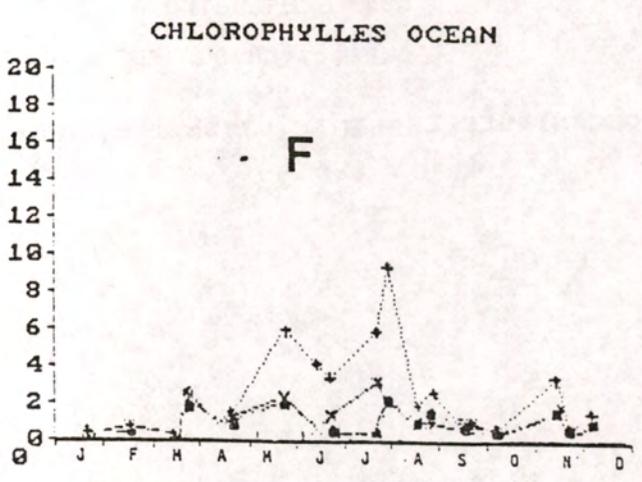
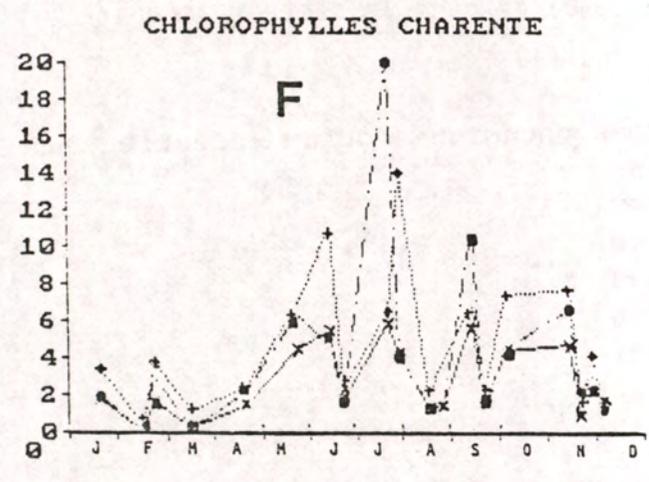
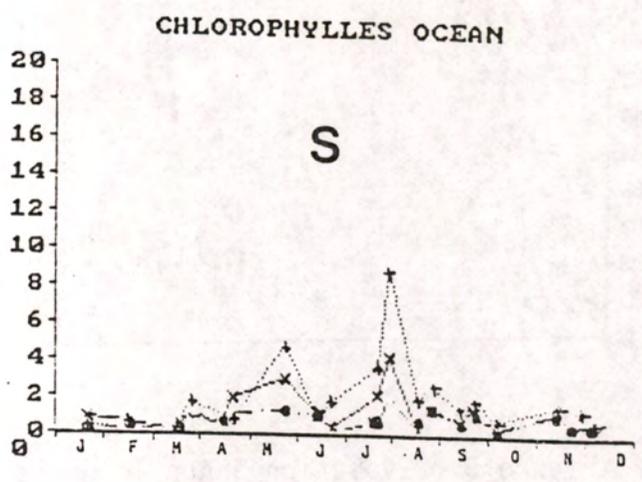
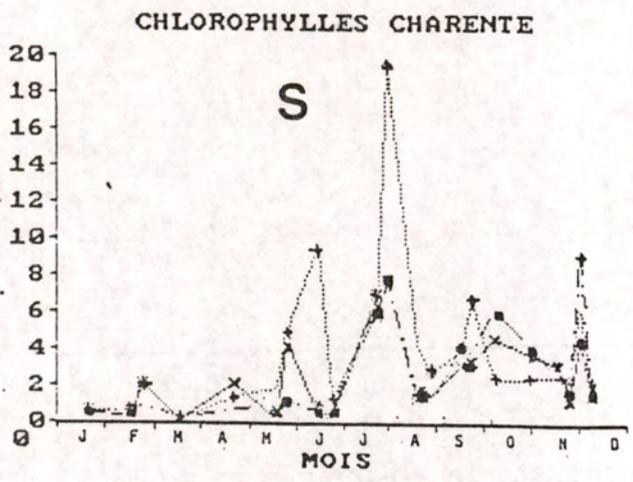


Figure 9 : Evolution annuelle de la biomasse phytoplanctonique exprimée en μg de chlorophylle a par litre dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6), en surface (S) et au fond (F), (+) $\leq 250 \mu$, (●) $\leq 10 \mu$, (x) $\leq 5 \mu$.

riches que les eaux de surface ceci peut être dû à l'homogénéité de la colonne d'eau et à la remise en suspension du phytobenthos par les forts courants. La taille des cellules phytoplanctoniques, critère essentiel de sélection pour les mollusques bivalves est très variable. L'ultra-plancton inférieur à 10 microns représente dans les eaux de surface généralement près de 30 % de la biomasse.

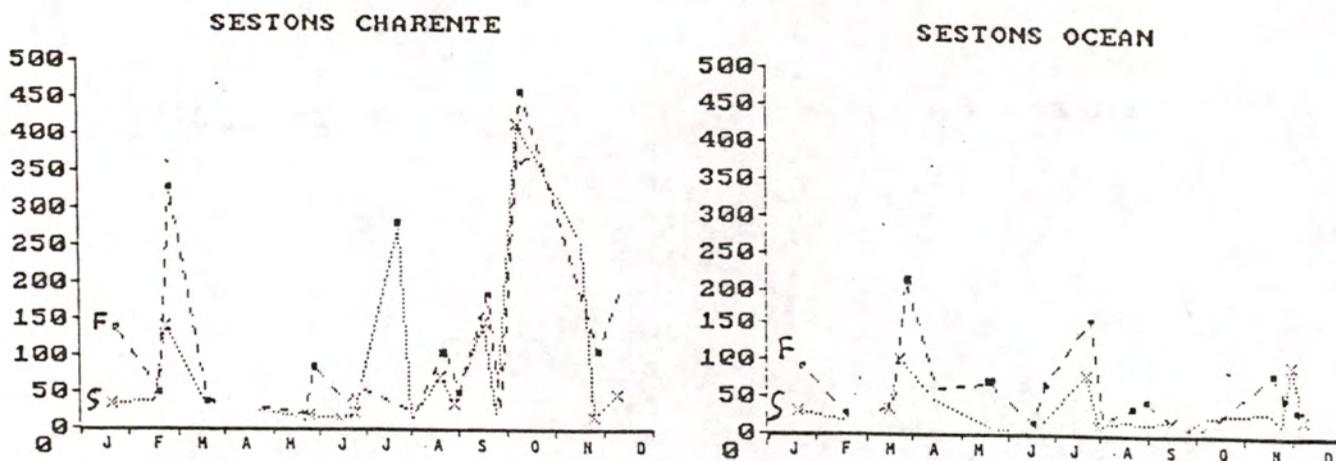


Figure 9 : Evolution annuelle de la charge sestonique exprimée en mg.l^{-1} dans l'estuaire de la Charente (5) et dans le secteur océanique (6) en surface (x) et au fond (■).

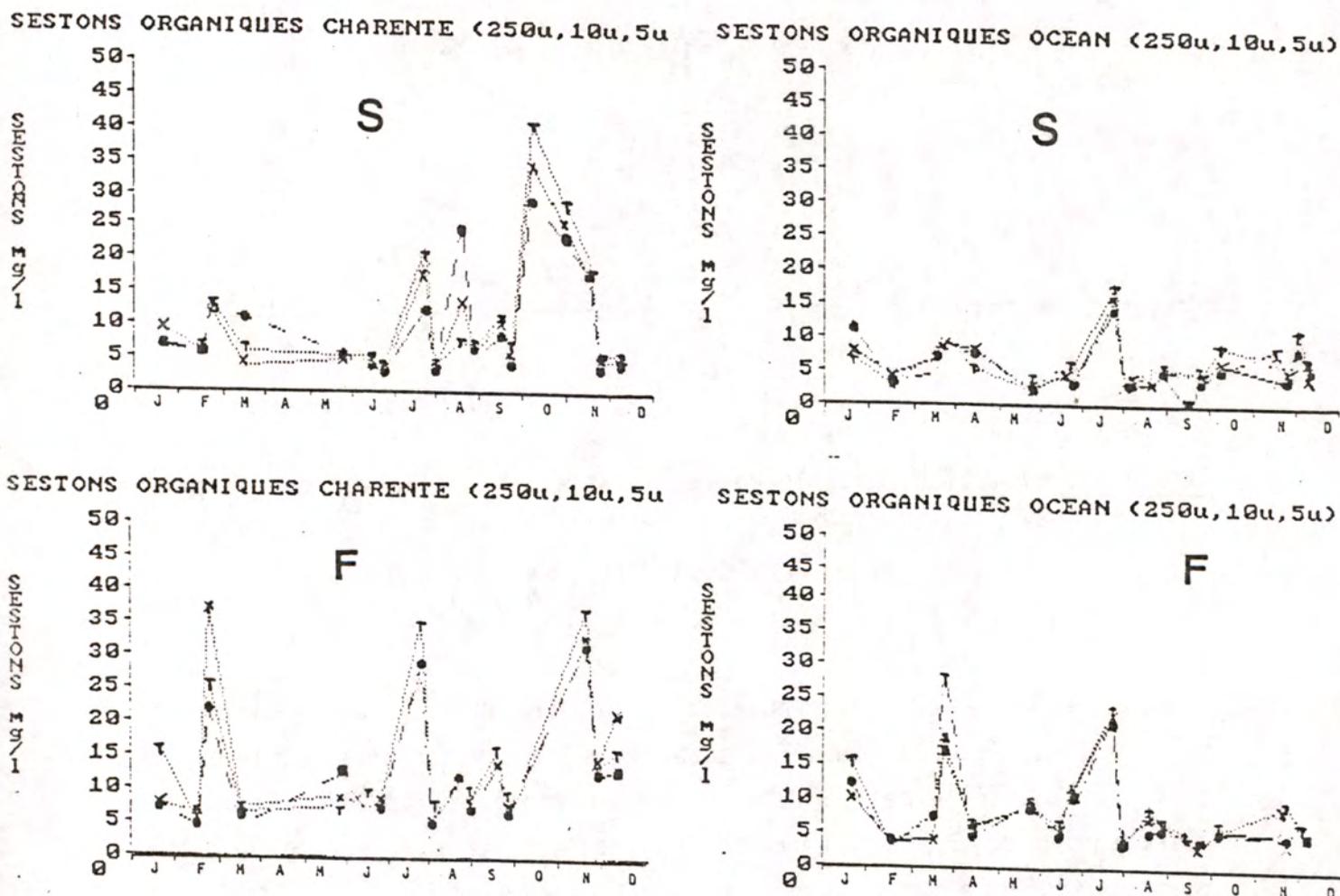


Figure 10 : Evolution annuelle de la charge sestonique organique exprimée en mg.l^{-1} dans l'estuaire et dans le secteur océanique pour les tailles $<$ à 250μ (τ), $< 10 \mu$ (x), $< 5 \mu$ (■).

DISCUSSION

Les résultats concernant les sels nutritifs en milieu estuarien sont difficiles à interpréter, en effet, il est difficile de préciser si la baisse des concentrations en sels nutritifs est due à une consommation par le phytoplancton ou tout simplement à une baisse des apports telluriques ou même à une modification de la nature de ces apports en fonction de la saison (agriculture, industries). Cependant, ce qui caractérise les sels nutritifs dans l'estuaire de la Charente, c'est le fort déséquilibre du rapport N/P au début du printemps au profit de l'azote minéral avec une valeur de 40, ce rapport varie entre 3 et 18 en période estivale. Ainsi si on se base sur une valeur de 15 comme rapport d'assimilation du phytoplancton, on constate que l'azote minéral est largement excédentaire en hiver et au printemps alors qu'il devient déficitaire en été. L'apport de phosphore se continue en Charente pendant la période estivale, de plus les éléments phosphates ont un comportement particulier en période de crue, ils sont adsorbés sur les particules et sur le sédiment ce qui leur permet de diffuser vers l'eau surnageante en période printanière et estivale de consommation par la phytoplancton. C'est pourquoi nous avons déterminé antérieurement que l'azote est le premier facteur limitant de la croissance du phytoplancton, et qu'un ajout de phosphore n'augmente pas les blooms phytoplanctoniques car le flux permanent de phosphore provenant du sédiment l'empêcherait d'être limitant.

On peut s'étonner qu'au vu des fortes quantités de sels nutritifs, on n'obtienne pas dans le bassin de Marennes-Oléron des biomasses phytoplanctoniques très élevées. Deux hypothèses peuvent être avancées :

1°) une turbidité trop élevée inhibe dans de nombreux secteurs la production primaire. Romana (1982) précise qu'en Gironde, il ne se produit pas de production primaire lorsque la charge sestonique est supérieure à 100 mg l^{-1} .

2°) La production est consommée par les importantes biomasses de mollusques filtreurs cultivés au fur et à mesure qu'elle est produite.

Il est probable que la combinaison des hypothèses 1 et 2 concourt à expliquer la réalité des processus en jeu. Ce sera l'objectif principal des études à réaliser en 1986 afin de pouvoir les modéliser.

11

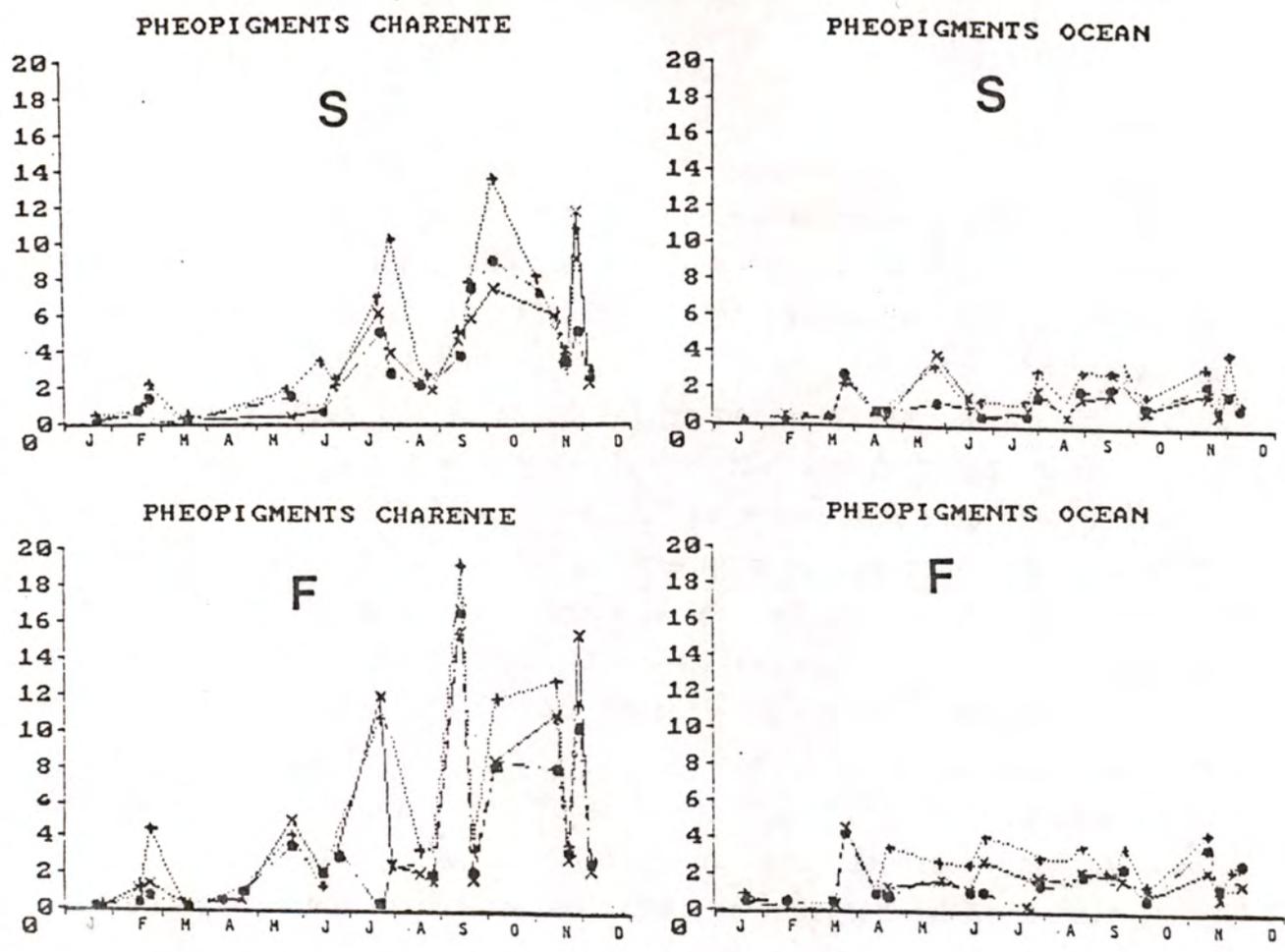


Figure 12 : Evolution annuelle du phytoplancton dégénèrescent exprimée en ug de phéopigments par litre dans l'estuaire de la Charente (5) et au Fort Boyard (6) en surface (S) et au fond (F). (+) $\lt; \text{à } 250 \mu$, (●) $\lt; \text{à } 10 \mu$, (x) $\lt; \text{à } 5 \mu$.

. Phéopigments : Ils proviennent de la dégradation des pigments chlorophylliens qui se produit lors de la dégénérescence des cellules phytoplanctoniques. Elle peut être due au vieillissement des cellules, au choc osmotique eau douce-eau de mer que subit le phytoplancton dans l'estuaire et au broutage par les organismes filtreurs que ce soient des mollusques ou du zooplancton par exemple. Contrairement à 1985, dans l'estuaire, les quantités de phéopigments sont du même ordre de grandeur que celles des chlorophylles avec les mêmes pics des mois de mai et juillet. Par contre à l'automne, les teneurs en phéopigments sont deux fois supérieures à celles des chlorophylles. Dans le secteur océanique, les teneurs en phéopigments sont du même ordre de grandeur que celles des chlorophylles avec un cycle peu marqué.

1.2. Suivi saisonnier

- D'avril à Juillet 1986, à bord d'une embarcation d'IFREMER La Tremblade, un suivi des paramètres physiques, physico-chimiques et biologiques est effectué à partir de trois stations (fig. 13) A - B - C. Les prélèvements sont effectués en surface et en fond lors d'un demi cycle de marée au moment du jusant, soit 5 à 6 heures toutes les semaines.

Dans ce rapport sont présentés :

- L'évolution moyenne de la biomasse phytoplanctonique exprimée par les teneurs en chlorophylle a et en phéopigments,
- Le détail de la campagne du 22 mai 1986 période maximale de la poussée phytoplanctonique.

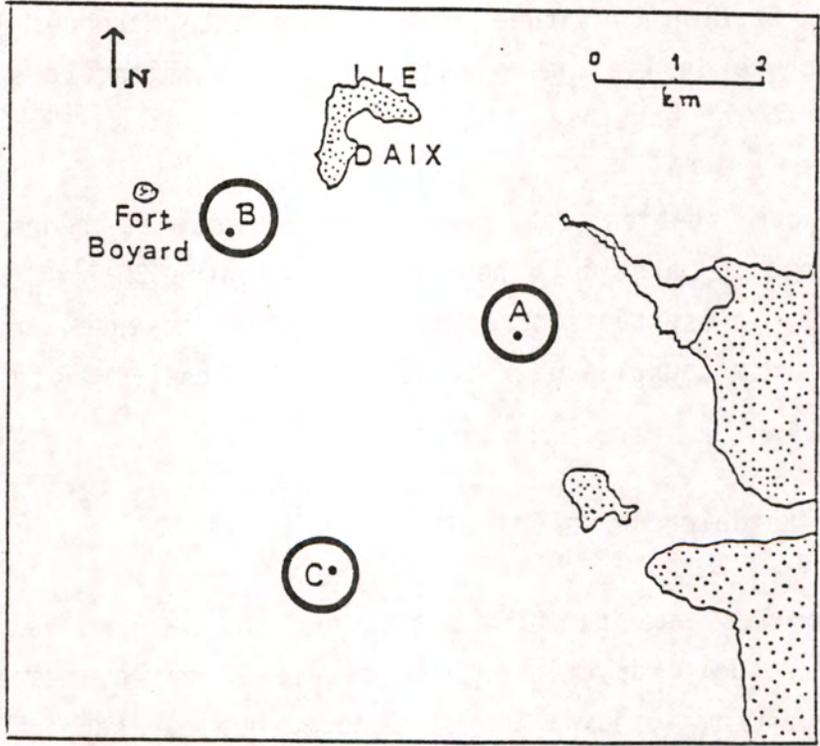


Figure 13 : Localisation des 3 stations prospectées au cours des campagnes d'avril à juillet dans le bassin de Marennes-Oléron.

16

1.2.1. Evolution moyenne de la biomasse phytoplanctonique

Dans ce travail la biomasse phytoplanctonique est exprimée par les teneurs en pigments chlorophylliens : chlorophylle a et phéopigments.

La stratégie d'échantillonnage a été identique lors des 8 campagnes. Les prélèvements se font en surface et au fond sur trois stations (fig. 13) :

- Station A, située à l'embouchure de la Charente, dans le chenal de sortie de l'estuaire. Cette station correspond à la station 5 du suivi annuel.

- Station B, située entre le pointe Sud-Ouest de l'île d'Aix et le Fort Boyard. Quoique en secteur océanique, cette station reste encore marquée par l'influence de la Charente par rapport à la station 6 du suivi annuel.

- Station C, située dans le bassin de Marennes-Oléron, au sud de l'embouchure de l'estuaire dans la zone de mélange des eaux fluviales et des eaux du bassin.

Chaque station est prospectée toutes les heures au cours d'un demi-cycle de marée de 6 heures compris entre BM-2 et BM+2 ou BM+3. Les résultats présentés correspondent à la moyenne arithmétique de 6 prélèvements pour les eaux de surface et 6 prélèvements pour les eaux de fond.

- Estuaire de la Charente :

Pour les eaux de surface et de fond, la poussée phytoplanctonique dépasse $20 \mu\text{g l}^{-1}$ de chlorophylle dès le 22 mai et reste supérieure à $15 \mu\text{g l}^{-1}$ jusqu'au 15 juin. Il est à noter que par rapport au suivi annuel, les biomasses moyennes sont sensiblement plus élevées de l'ordre d'un facteur 2. Ceci est dû au fait que le suivi annuel est effectué en mortes eaux à pleine mer et en vives eaux à marée descendante dans des eaux qui restent plus influencées par les caractéristiques océaniques que par les eaux estuariennes comme l'indique les résultats de salinité. Les teneurs

en phéopigments restent faibles (maximum $5 \mu\text{g l}^{-1}$) indiquant que dans l'estuaire externe, les populations phytoplanctoniques sont actives et ne sont pas issues de populations dégénèrescentes d'eau douce. Il apparait que les eaux du fond peuvent être plus riches en phéopigments que les eaux de surface en liaison avec la sédimentation des cellules vieillissantes.

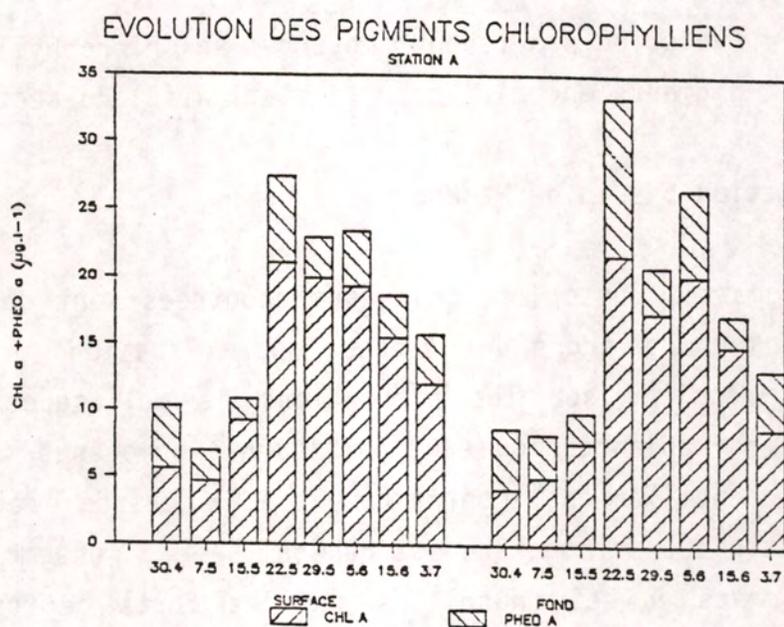


Figure 14 : Evolution des teneurs moyennes en chlorophylle a et en phéopigments exprimées en $\mu\text{g l}^{-1}$ pour la station (A) de l'estuaire de la Charente.

- Station océanique :

Dans cette station plus océanique, la poussée phytoplanctonique est moins marquée. Le maximum ($18 \mu\text{g l}^{-1}$) est atteint simultanément à la fin du mois de mai. Les biomasses des eaux de surface et de fond sont comparables indiquant que toute la colonne d'eau semble productive.

18

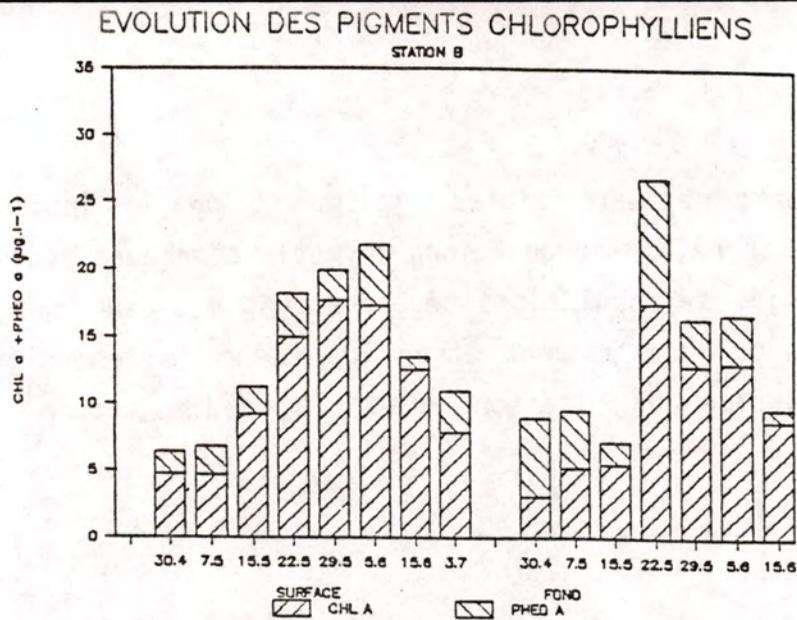


Figure 15 : Evolution des teneurs moyennes en chlorophylle a et en phéopigments en $\mu\text{g l}^{-1}$ pour la station (B) du secteur océanique.

- Station bassin de Marennes-Oléron :

Les biomasses phytoplanctoniques rencontrées sont dans cette station de mélange du même ordre de grandeur qu'aux stations précédentes. Ainsi avant de transiter sur les populations de mollusques cultivées, les biomasses phytoplanctoniques apparaissent homogènes dans les trois stations échantillonnées. Contrairement à la période estivale, la poussée phytoplanctonique printanière est généralisée à l'ensemble du bassin qui a été alimenté en sels nutritifs par les forts débits d'hiver et de printemps de la Gironde, Charente et Seudre.

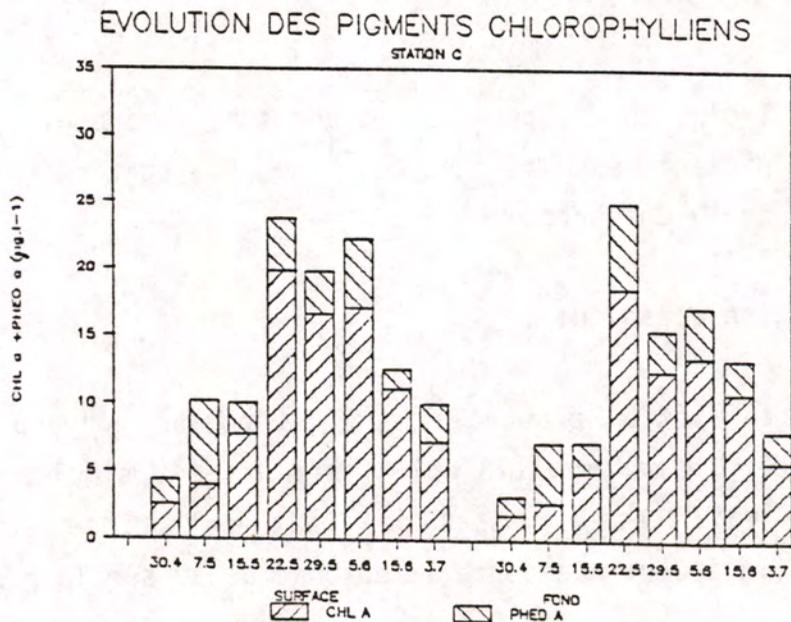


Figure 16 : Evolution des teneurs moyennes en chlorophylle a et en phéopigments en $\mu\text{g l}^{-1}$ pour la station (C) du bassin de Marennes-Oléron.

1.2.2. Campagne du 22 mai 1986

La campagne du 22 mai s'est effectuée lors d'une marée de vives eaux (coefficient 93), au cours de la période de floraison (bloom) phytoplanctonique.

- La Température (fig. 17)

Les températures sont comprises entre 14,1° et 17,4° en surface, 14,2° et 16° au fond. La hauteur d'eau de la station varie de 2,50 à 3,50 m, le réchauffement des eaux est à imputer aux masses d'eaux d'origine fluviales. Un réchauffement dû au rayonnement est à exclure, la sortie ayant eu lieu par temps très couvert, pluvieux. L'augmentation de T° est sensible en surface et en fond au moment du jusant surtout à la station A. Elle se répercute aussi à la station B.

TEMPERATURE 22.05.86

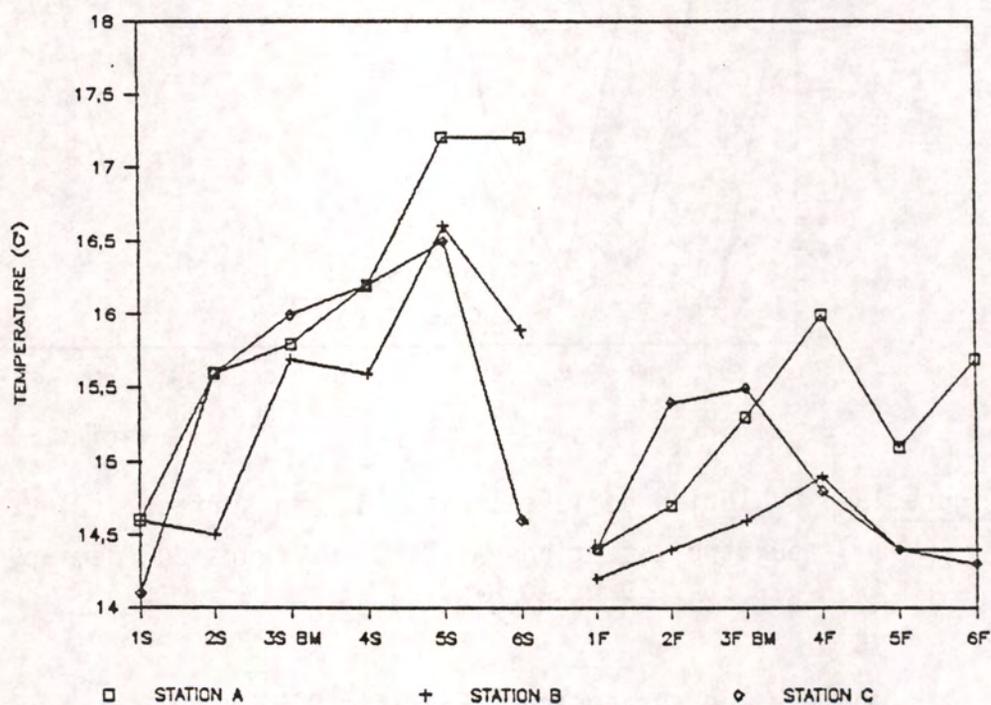


Figure 17 : Evolution de la température en surface (S) et en fond (F) entre les trois stations A, B, C au cours du demi-cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+2.

Une stratification thermique apparaît aux trois stations évidente à la station A et la station B. Pour la troisième station C, le mélange des eaux rend homogène la colonne d'eau échantillonnée et la stratification thermique est moins décelable.

La salinité (fig. 18)

Les fluctuations de salinité en surface et au fond au cours du demi-cycle de marée apparaissent à la station A très distinctement. La salinité y varie de 13 ‰ à 26,5 ‰ en surface, de 17 ‰ à 28 ‰ en fond.

Aux stations B et C, l'intrusion des eaux fluviales provoque une diminution de la salinité de 29 ‰ à 14,5 ‰ en surface. Ce phénomène ne se répercute peu sur les eaux de fond, la salinité varie de 30 ‰ à 28 ‰.

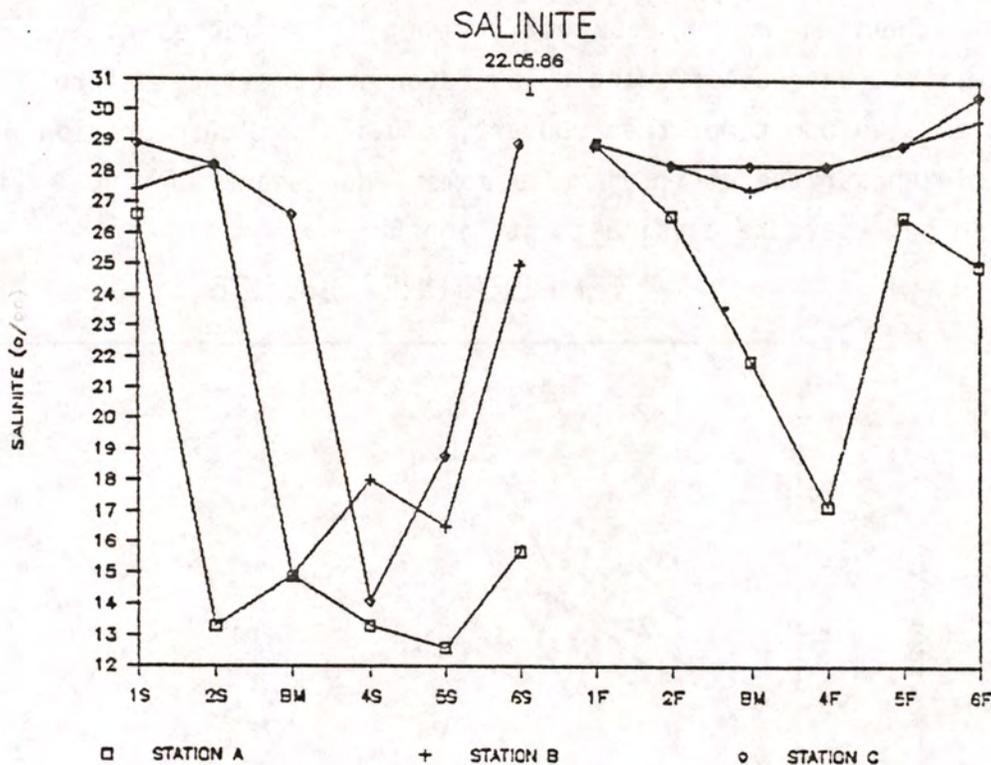


Figure 18 : Evolution de la salinité (‰) en surface (S) et en fond (F) aux trois stations A, B, C au cours du demi-cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+2.

Les matières en suspension (MES) (fig. 19)

En surface, elles demeurent comprises entre 31,6 et 113,5 $mg.l^{-1}$ à la station 1, 40,4 et 91,2 $mg.l^{-1}$ à la station B, 60 et 133 $mg.l^{-1}$ à la station C. En fond, elles varient de 80 à 410 $mg.l^{-1}$ à la station A, 150 à 390 $mg.l^{-1}$ à la station B, 120 à 150 $mg.l^{-1}$ à la station C.

Les apports fluviaux couplés à un courant dû à la marée de vives-eaux provoquent une remise en suspension des particules fines qui

forment la crème de vase du fond, provoquant une augmentation des MES aux stations A et B. Les eaux de la station C, située en dehors du chenal plus au sud, ne sont pas affectées par ce phénomène.

M.E.S. 22.05.86

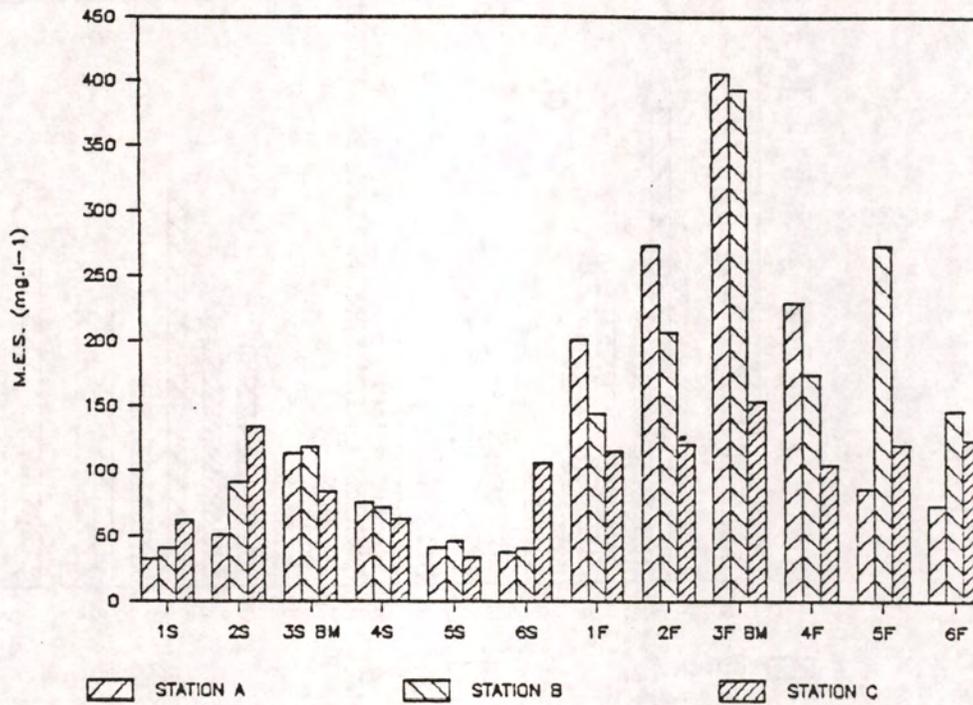


Figure 19 : Evolution des matières en suspension (MES) en surface (S) et en fond (F) aux trois stations A, B, C au cours du cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+2.

Eléments nutritifs

- L'azote minéral : L'ammoniaque (NH_4^+) (fig. 20) représente un des principaux éléments des composés azotés. Il fluctue très rapidement au cours du cycle de prélèvements. Les teneurs sont comprises entre 10 et $200 \mu Ml^{-1}$ à la station A, 9 à $200 \mu Ml^{-1}$ à la station B, 2 à $113 \mu Ml^{-1}$ à la station C. Les teneurs les plus élevées sont estimées sur les eaux de fond à partir de la basse mer (BM).

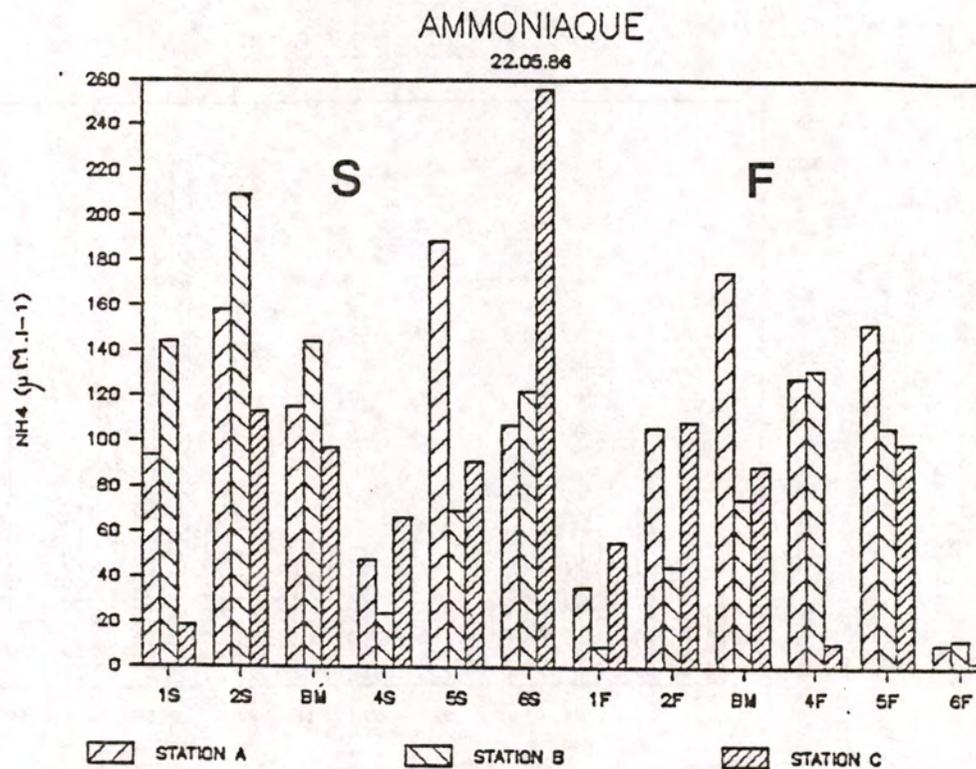


Figure 20 : Evolution des teneurs d'azote ammoniacal (NH_4^+) exprimées en $\mu\text{M.l}^{-1}$ aux trois stations A, B, C en surface et en fond au cours du cycle de prélèvements effectué de BM-2 à BM+3.

L'ion ammonium représente 27 à 68 % de l'azote minéral total à la station A et à la station B, contre 63 à 68 % à la station C.

Les nitrites (NO_2) restent toujours à l'état de trace. Les teneurs sont inférieures à $0,6 \mu\text{M.l}^{-1}$ aux stations les plus "océaniques" B et C, ils peuvent atteindre $1,5 \mu\text{M.l}^{-1}$ à la station A. Ils ne jouent qu'un rôle mineur dans la production phytoplanctonique et ne représentent qu'une forme transitoire de l'azote en voie de minéralisation.

23

NITRITES

22.05.86

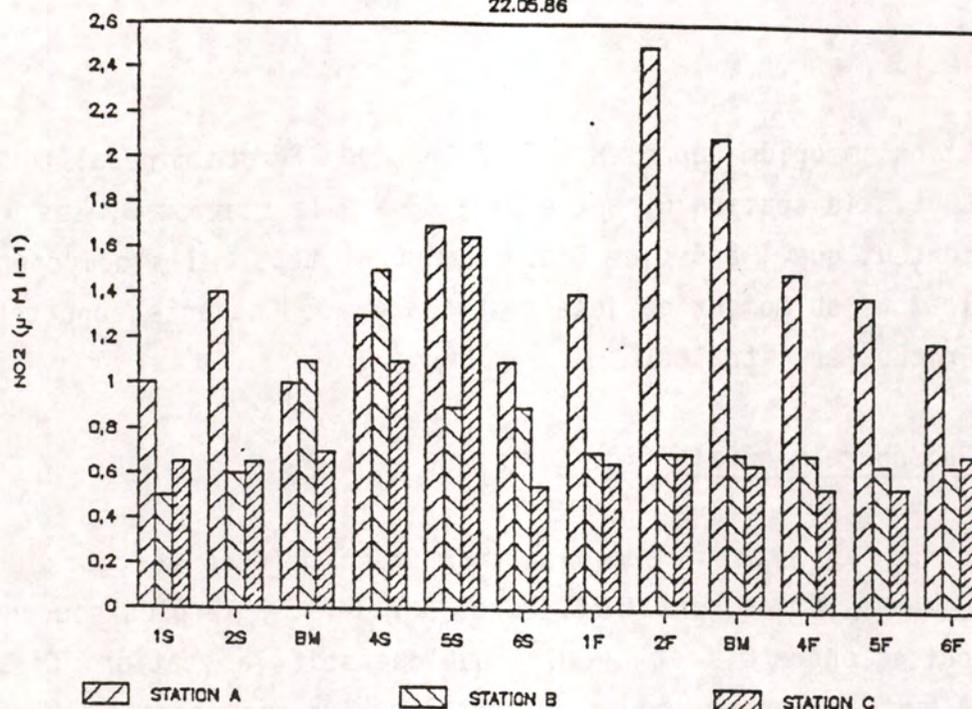


Figure 21 : Evolution des teneurs en nitrites (NO_2) exprimées en $\mu\text{M l}^{-1}$ aux trois stations A, B, C en surface et en fond au cours du cycle de prélèvements effectué de BM-2 à BM+3.

Les nitrates (NO_3), en période post-estivale, restent élevés bien que plus faibles qu'en avril où ils pourraient atteindre $360 \mu\text{M l}^{-1}$ aux stations A, B. Les concentrations en mai, sont comprises entre 50 et $300 \mu\text{M l}^{-1}$ pour les eaux de surface des trois stations. Elles demeurent inférieures à $150 \mu\text{M l}^{-1}$ pour les eaux de fond. Les eaux de la station A demeurent les plus riches en nitrates.

NITRATES

22.05.86

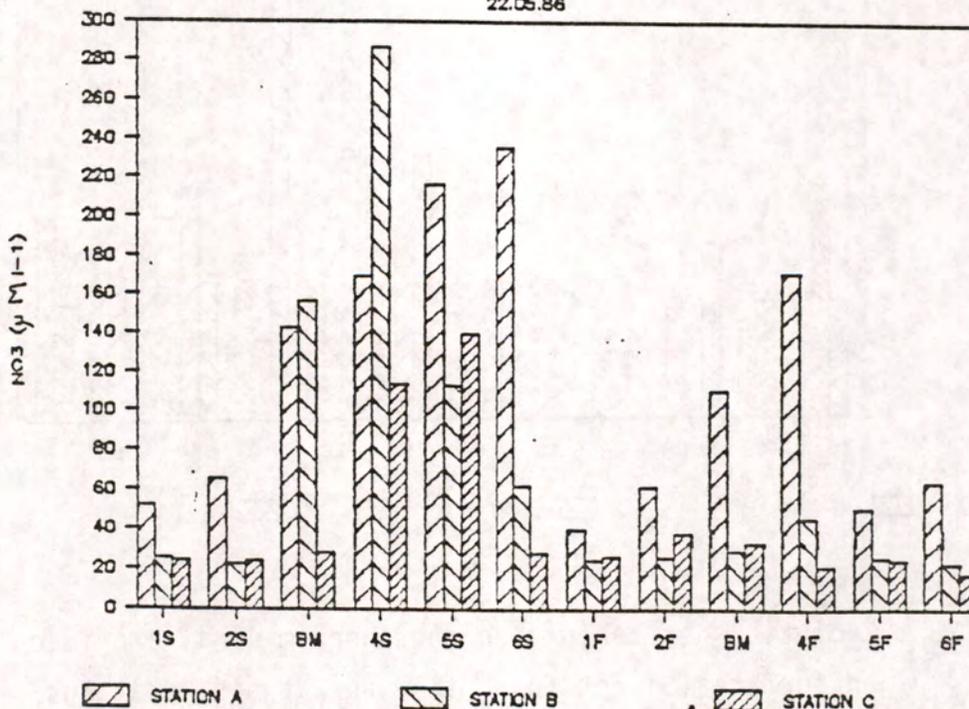


Figure 22 : Evolution des teneurs en nitrates (NO_3) exprimées en $\mu\text{M l}^{-1}$ aux trois stations A, B, C en surface et en fond au cours du cycle de prélèvements effectué de BM-2 à BM+3.

24

L'ion ammonium représente 27 à 68 % de l'azote minéral total à la station A et à la station B contre 63 à 68 % à la station C. Les nitrates ne représentent que 1 à 5 % de l'azote minéral total. Ils composent 40 à 80 % de l'azote au moment du jusant. Les eaux de Charente apportent donc des eaux riches en nitrates.

- Phosphore minéral (fig. 23)

Les teneurs en phosphore minéral demeurent faibles au cours du cycle de prélèvements. Elles sont inférieures à $7 \mu\text{Ml}^{-1}$; le plus souvent elles sont comprises entre 0,1 et $4 \mu\text{Ml}^{-1}$ quelque soit la station. C'est à la station A que les teneurs moyennes sont les plus importantes $2,5 \mu\text{Ml}^{-1}$ en surface, $4,4 \mu\text{Ml}^{-1}$ en fond. Aux stations B et C les teneurs sont en moyenne de $1,4 \mu\text{Ml}^{-1}$ en surface, $1 \mu\text{Ml}^{-1}$ au fond. L'absorption par les matières organiques en suspension ainsi qu'une adsorption par les sédiments peuvent être responsables de ces faibles concentrations estimées.

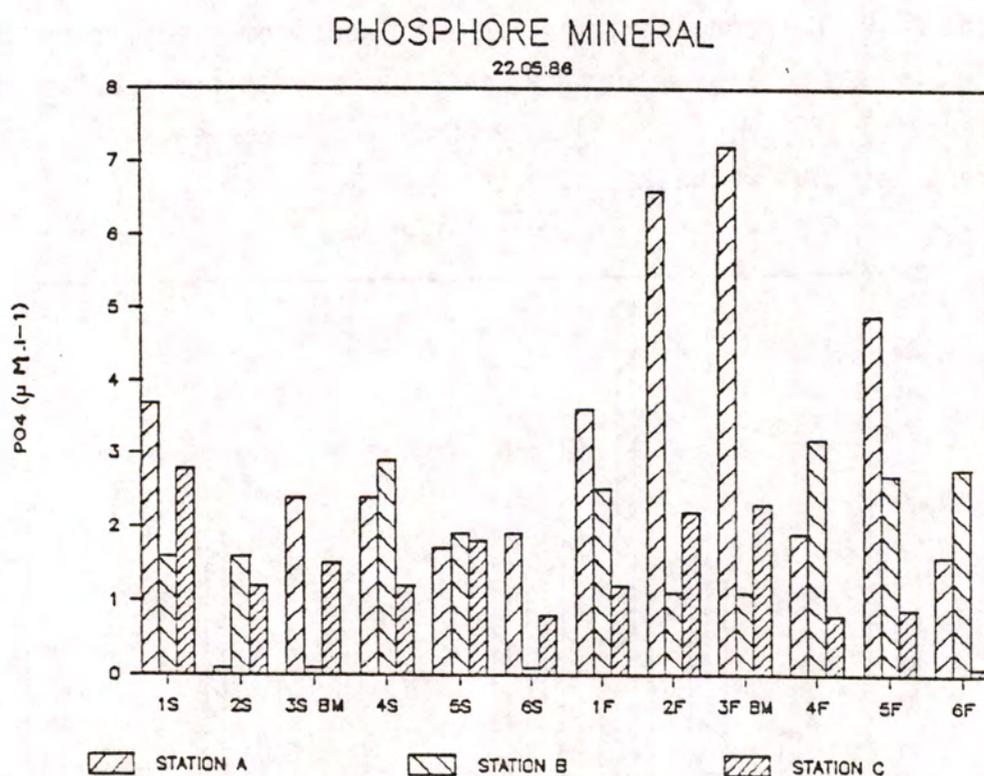


Figure 23 : Evolution des teneurs en phosphore minéral exprimées en μMl^{-1} en surface (S) et fond (F) aux trois stations A, B et C au cours du cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+3.

25

- Silice (fig. 24)

Les teneurs en silice demeurent inférieures à $50 \mu\text{Ml}^{-1}$ en raison du bloom phytoplanctonique. Les eaux les plus océaniques (C) sont relativement pauvres en silice par rapport aux eaux plus continentales (A). L'intrusion des eaux fluviales dans le bassin provoque une augmentation de 30 à $40 \mu\text{Ml}^{-1}$ des teneurs en silice des eaux de surface et en fond à partir du jusant (BM) en station A, puis seulement en surface à BM+1 et BM+2 aux stations B et C. Les teneurs atteignent alors 30 à $50 \mu\text{Ml}^{-1}$.

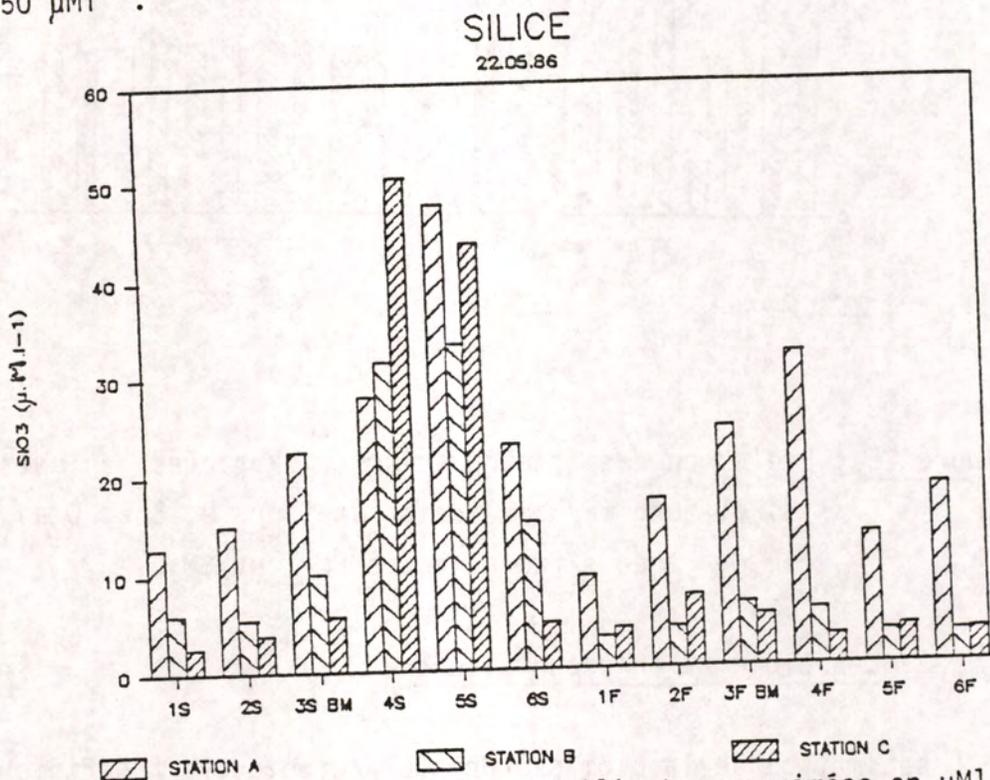


Figure 24 : Evolution des teneurs en silicates exprimées en μMl^{-1} en surface (S) et fond (F) aux trois stations A, B et C au cours du cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+3.

- Matière organique

Les fluctuations de l'urée sont très irrégulières au cours du demi cycle de marée. Elles sont comprises entre 0,1 et $6 \mu\text{Ml}^{-1}$ à la station A, 0,1 et $7 \mu\text{Ml}^{-1}$ à la station B, 0,7 et $5,7 \mu\text{Ml}^{-1}$ à la station C. Les concentrations estimées augmentent :

- à partir de la basse mer pour la station A ($6 \mu\text{Ml}^{-1}$)
- à partir de BM+1 pour les stations B et C ($7 \mu\text{Ml}^{-1}$; $5,7 \mu\text{Ml}^{-1}$).

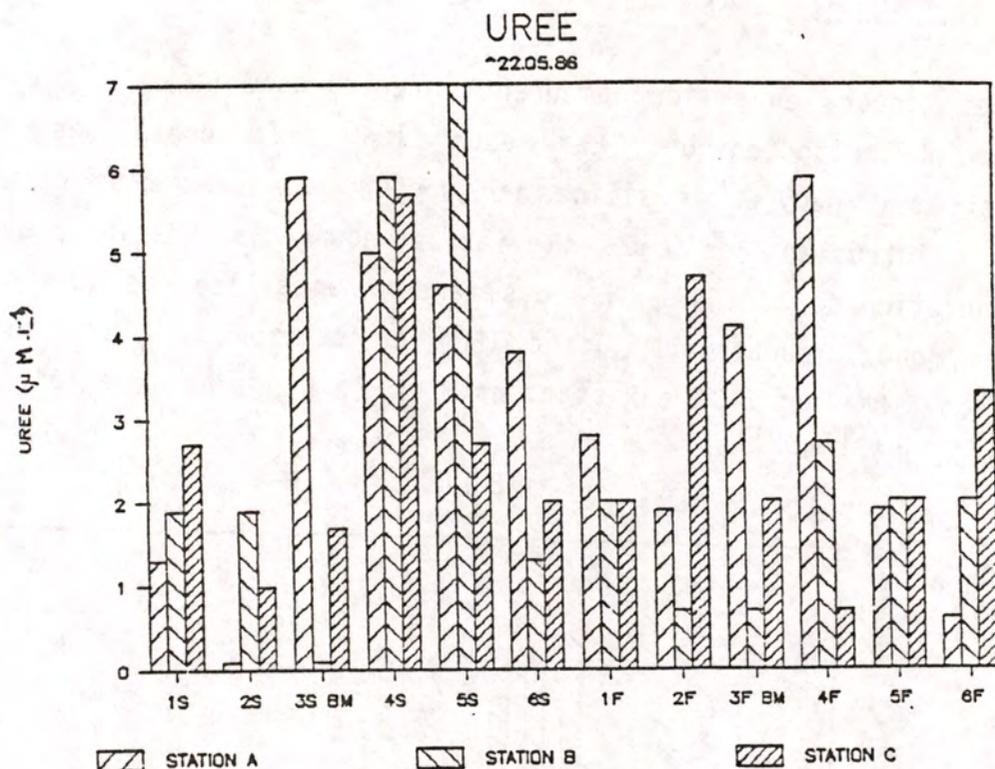


Figure 25 : Evolution des teneurs en urée exprimées en $\mu\text{M.l}^{-1}$ en surface (S) et fond (F) aux trois stations A, B et C au cours du cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+3.

- Les pigments chlorophylliens

L'estimation de la biomasse phytoplanctonique est définie à partir des mesures de chlorophylle a (chla) et de phéopigments (phéo a). Le "bloom" phytoplanctonique est estimé, dans les eaux de surface comme dans les eaux de fond, entre 15 et 45 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pigments chlorophylliens. Les maxima atteignent 45 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station A, 28 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station B, 33 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station C pour les eaux de surface.

Les teneurs en pigments sont plus importantes pour les eaux de fond avec des maxima 45 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station A, 37 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station B, 45 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à la station C. Il semblerait qu'il y ait une remise en suspension du microphytobenthos à l'interface eau-sédiment ou une sédimentation du phytoplancton.

29

Les pigments totaux se composent de 71 à 78 % de chl_a et 29 à 22 % de phéopigments. Le faible pourcentage en phéopigments, caractéristique du matériel phytoplanctonique en voie de dégradation, permet d'affirmer que le peuplement micro-algal est encore juvénile, l'écosystème est en pleine expansion.

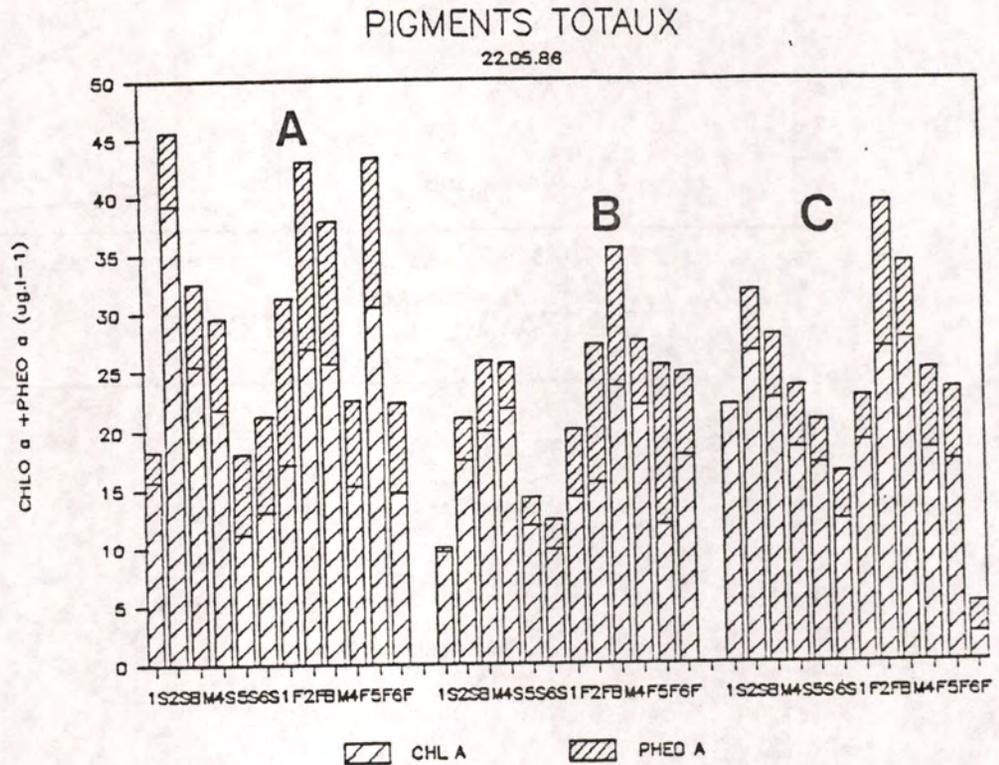


Figure 26 : Evolution des teneurs en chlorophylle a et en phéopigments exprimées en $\mu\text{g l}^{-1}$ en surface (S) et au fond (F) aux trois stations A, B et C au cours du cycle de marée effectué entre BM-2 et BM+3.

DISCUSSION-CONCLUSION

Les résultats relatifs à la température et à la salinité font apparaitre une stratification entre les eaux de surface et les eaux de fond en période de vives eaux printanières. La pénétration des eaux de la Charente dans le bassin de Marennes-Oléron au moment du jusant provoque d'une part une augmentation de la température en surface, d'autre part une diminution de la salinité. Ce phénomène est mis en évidence aux stations A et B et se traduit sur les diagrammes T/S par une dispersion très importante des points de prélèvements compris entre 14,4 et 17,2° pour la température, 12 et 29 ‰ de salinité pour la station A, 14,2° à 16,6° et 14 à 30 ‰ pour la station B.

98

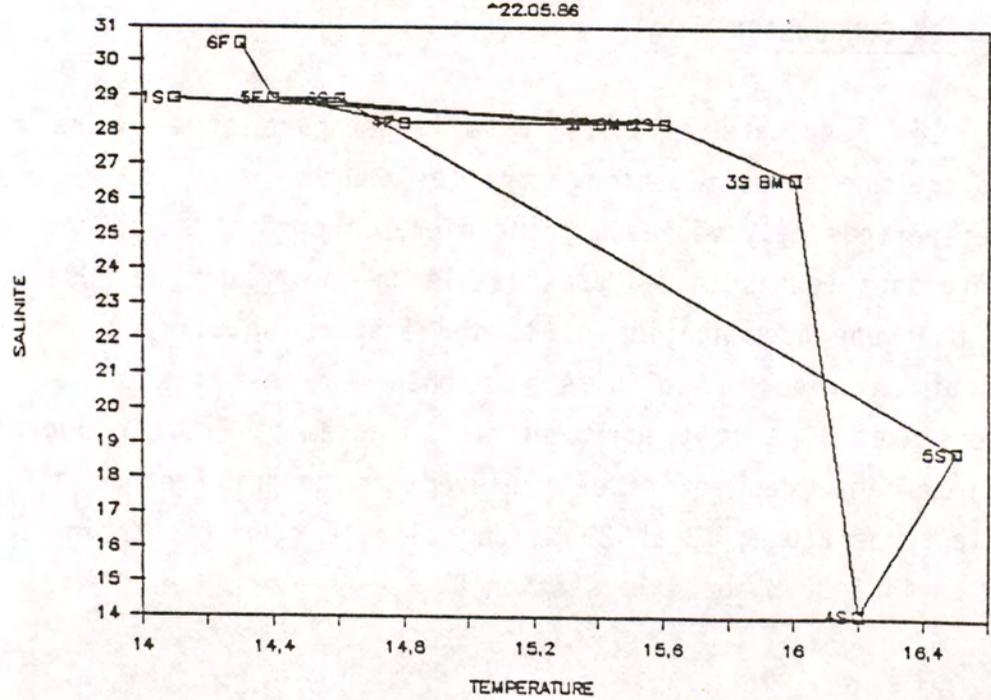
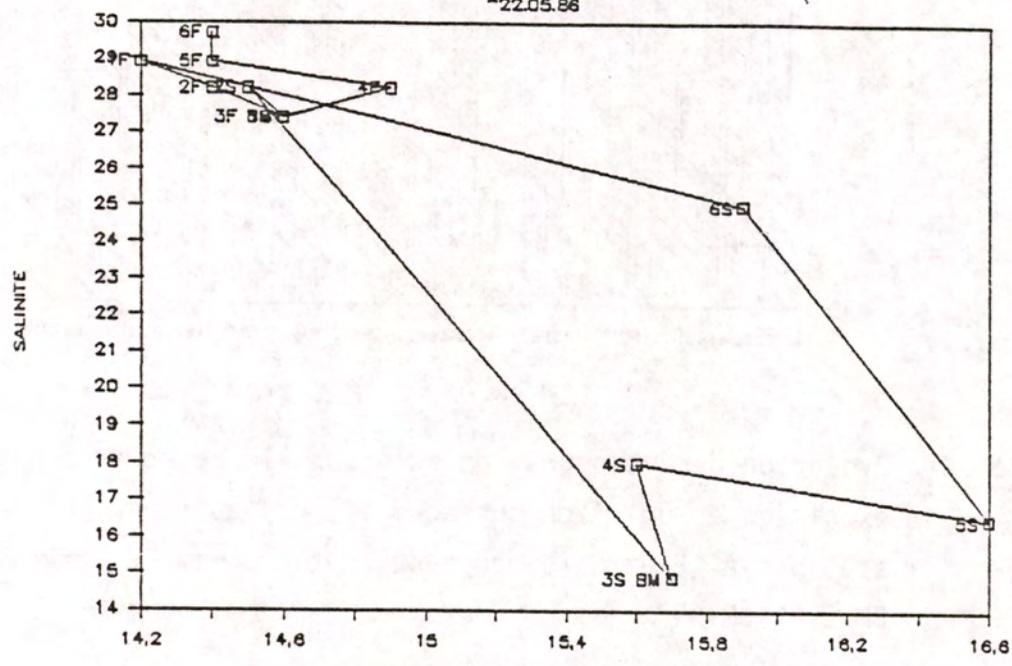
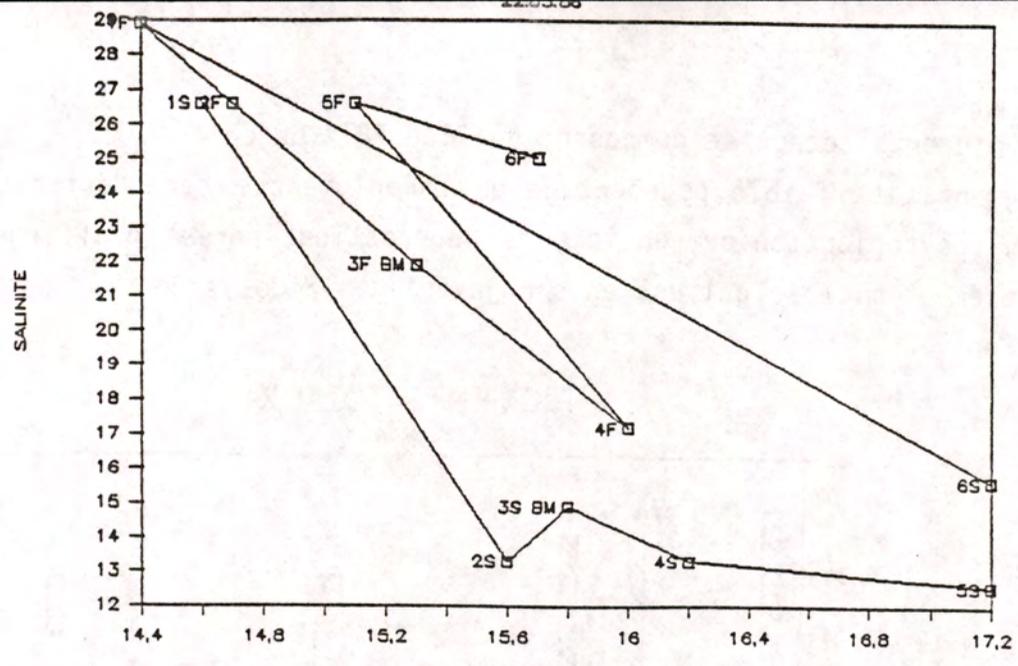


Figure 27 : Diagramme température, salinité pour les stations A, B et C.

L'absence de stratification haline à la station C traduit une certaine homogénéité de la colonne d'eau. L'influence des apports fluviatiles est moins perceptible immédiatement dans la zone sud-ouest du bassin du fait du déplacement des masses d'eaux.

Le courant établi au cours des marées de vives eaux joue un rôle important dans la remise en suspension des particules fines qui composent la crème de vase à l'interface eau-sédiment provoquant une augmentation des MES dans les eaux de fond des trois stations. Tout comme l'ont déjà observé Héral et al. (1983), il semblerait que lors des crues, des marées de vives eaux et suivant la gestion en amont du barrage, la Charente contribue à augmenter la turbidité des eaux provoquant une augmentation des MES dans les eaux de fond des stations A, B, C. Ces apports fluviatiles sont également très riches en éléments minéraux et organiques. Les teneurs en NH_4^+ et en NO_3 enregistrées à la station A en témoignent. L'ammoniaque représente de 30 à 65 % de l'azote minéral total dans les eaux de surface des trois stations considérées surtout à partir de la basse mer (BM). Certains auteurs avancent l'hypothèse d'une production en NH_4^+ endogène au bassin par minéralisation de matière organique et par excrétion azotée due aux huîtres (Robert et al., 1983). Les teneurs en azote minéral total restent très élevées entre les trois stations, bien qu'un gradient de dilution de l'ordre de 50 % apparaisse entre la station A et la station C. Effectivement à la première station citée, les teneurs en azote minéral total sont de 150 à 400 μMl^{-1} en surface contre 40 à 280 μMl^{-1} pour la deuxième station citée. Cet enrichissement en azote provenant de la Charente permet ainsi le développement et le maintien du bloom phytoplanctonique.

Le phosphore est également nécessaire au développement microalgal, sa présence peut être issue d'un recyclage de la matière organique en voie de minéralisation et des différents processus biologiques. Toutefois, il provient en grande partie du secteur continental, principalement des effluents enrichis par les rejets urbains. De même, l'enrichissement en silice du bassin provient des effluents. L'intrusion de ces éléments nutritifs dans le bassin est visible à la station A située dans le chenal, puis le phénomène s'estompe plus ou moins aux autres stations du fait du mélange des eaux de Charente avec celles du bassin.

Au 22 mai 1986, la poussée phytoplanctonique est importante dans le bassin. La zone de production primaire maximale semble se localiser dans la zone triangulaire formée par les trois stations étudiées. Le bloom des microalgues s'est manifesté vers le 15 mai et s'est prolongé jusqu'au début juin. Les biomasses maximales ont été enregistrées du 22 au 29 mai pendant la période de vives eaux. Effectivement à cette période le débit des eaux de Charente ainsi que le recyclage des eaux de Gironde dans le bassin permettent un apport régulier en nutriments nécessaires au développement phytoplanctonique, augmentant ainsi la capacité trophique des eaux de l'ensemble du bassin. Par contre en été la diminution du débit de la Charente entraîne que, seule la station la plus estuarienne (A) bénéficie de cet apport ainsi seules les espèces phytoplanctoniques dites "continentales" sont les premières à prélever les nutriments minéraux et organiques épuisant le stock nutritif disponible. Ceci se traduit par une baisse rapide des teneurs en pigments totaux aux autres stations.

Ces observations établies au cours des sorties printanières permettent de caractériser les masses d'eau d'origine estuarienne et d'identifier différentes zones hydrobiologiques du bassin. Les affinités phytoplanctoniques et hydrobiologiques peuvent être établies. Les campagnes d'août complètent cette étude. Les radiales et les points fixes permettent de cartographier le bassin en fonction des apports fluviaux et de la qualité du phytoplancton pendant la période d'étiage.

II. CAMPAGNES HYDROBIOLOGIQUES EN ETIAGE

Du 4 au 10 août puis du 25 au 31 août 1986, deux campagnes à bord du Côte d'Aquitaine sont réalisées dans le bassin de Marennes-Oléron du Pertuis d'Antioche au Pertuis de Maumusson, suivant des radiales effectuées au jusant et au flot sur 17 stations.

Au cours des campagnes effectuées à bord du Côte d'Aquitaine, des séries de prélèvements en point fixe ont été réalisées sur cinq stations "typiques" situées à l'embouchure de l'estuaire dans la panache de dilution des eaux de Charente (2-3) et sur des stations plus océaniques (6-4) et sur une station de mélange (15).

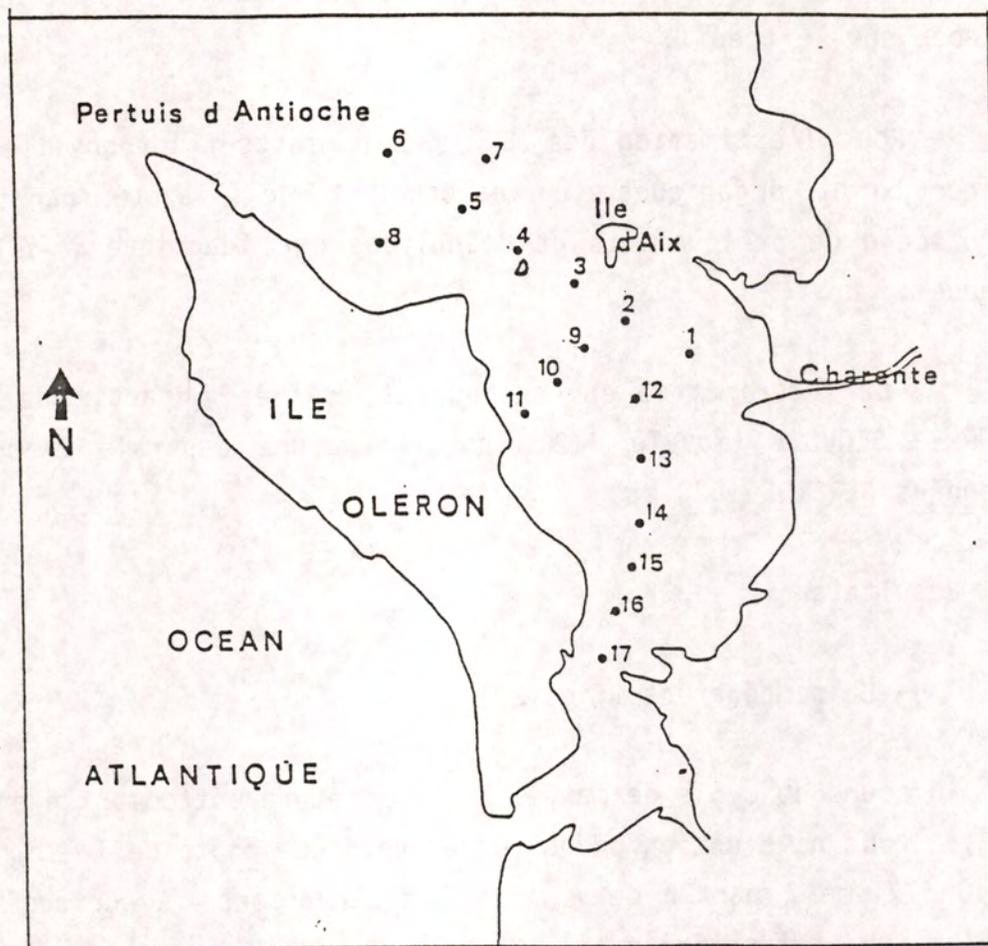


Figure 28 : Localisation des stations prospectées au cours des campagnes du mois d'août dans le bassin de Marennes-Oléron.

Pour chaque prélèvement, les analyses des paramètres physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques sont réalisées. Les prélèvements se font tous les 2 mètres pour des profondeurs inférieures à 10 m, tous les 4 mètres pour les profondeurs supérieures à 12 m.

Dans ce rapport les résultats présentés concernent le point fixe à la station II, il a lieu le 26.08.86 en marée de mortes eaux (ME coef. 51-54) sur une colonne d'eau de 4 à 6 m de profondeur.

Matériel et méthodes

La température (T°) et la salinité (‰) sont enregistrées, *in situ*, à partir d'un thermosalinomètre. Les sondes sont placées sur le treuil soutenant la bouteille à renversement.

32
L'oxygène dissous, exprimée en volume (ml.l^{-1}) ou en pourcentage de saturation (%) est enregistrée à partir d'un oxymètre. La sonde est placée sur le treuil.

Pour l'estimation des MES, des pigments chlorophylliens, des sels minéraux et organiques, du carbone et de l'azote particulaire, le protocole de prélèvements et d'analyses est identique à celui du suivi annuel.

La fluorimétrie en continu est estimée à partir de fluorimètres TURNER SEQUOIA (modèle 112), couplée à une centrale d'acquisition de données NEREIDES CACTUS.

Résultats

- La température (fig. 29)

Au cours du cycle de marée, la température est comprise entre $17,7^\circ$ et $18,9^\circ$ tous niveaux confondus. On observe une chute de la température de 2 à 6 dixième à partir de 4 m. Les observations de surface et 2 m sont relativement identiques.

L'arrivée des eaux de Charente avec la basse mer (BM) se traduit par une augmentation de la température sur toute la colonne d'eau. La température passe de $17,9^\circ$ en surface, $17,8^\circ$ au fond au flot à $18,9^\circ$ en surface, $18,7^\circ$ en fond au jusant.

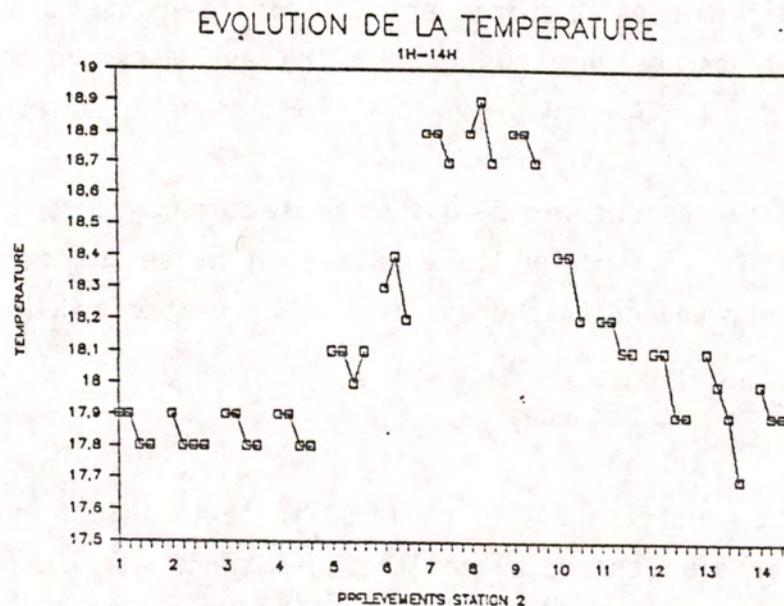


Figure 29 : Evolution de la température en point fixe à la station 2 aux différentes heures pour les profondeurs de 0, 2, 4 et 6 mètres.

34

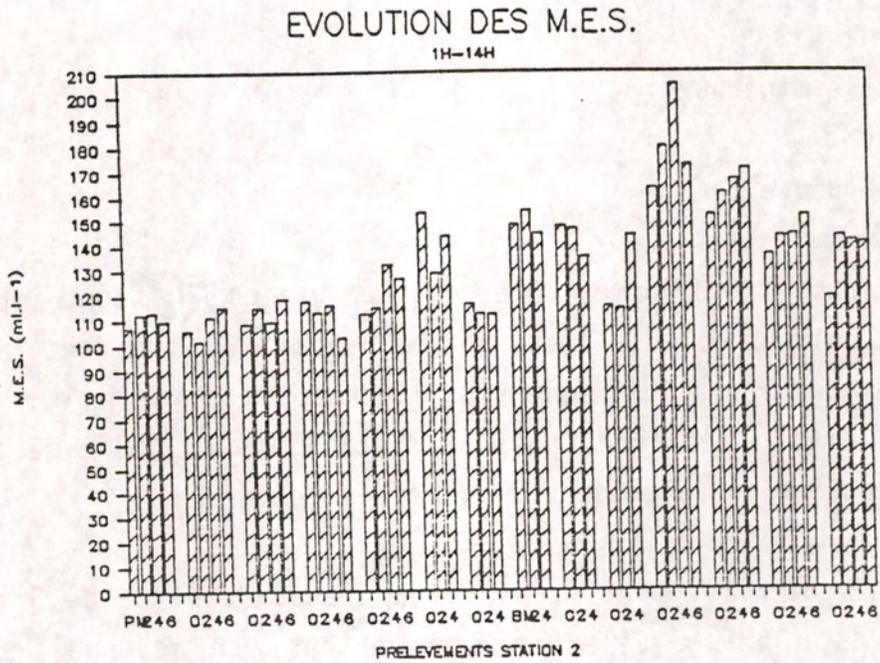


Figure 31 : Evolution des charges particulaires (MES) en mg l^{-1} pour les différentes profondeurs (0, 2, 4, 6 mètres).

L'oxygène dissous (O_2) (fig. 32)

L'oxygène dissous estimé dans les eaux de la station 2 oscille autour de $6,4 \text{ mg.l}^{-1}$ à basse mer à $7,6 \text{ mg.l}^{-1}$ à pleine mer. Tout comme la salinité, une diminution des teneurs en O_2 est observable à l'approche du jusant. Les variations au sein de la colonne d'eau peuvent aller de 0,2 à $0,6 \text{ ml.l}^{-1}$.

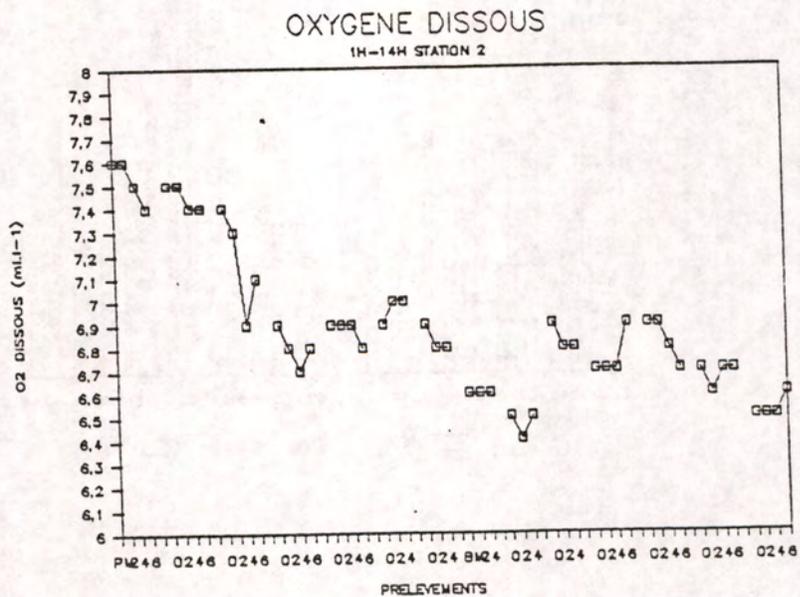


Figure 32 : Evolution de la teneur en oxygène dissous en point fixe à la station 2 aux différentes heures pour les profondeurs de 0, 2 4 et 6 mètres.

35

Les sels minéraux

- L'azote :

Les fluctuations journalières des teneurs en NH_4^+ sont importantes sur toute la colonne d'eau. Elles vont de 3 à $14 \mu\text{Ml}^{-1}$ suivant la position de la marée. Les variations sont plus importantes à pleine mer ($12 \mu\text{Ml}^{-1}$ en surface, $1 \mu\text{Ml}^{-1}$ en fond) puis se stabilisent au cours de la journée à partir de PM+4 aux alentours de $4 \mu\text{Ml}^{-1}$.

Les nitrites sont présentes à l'état de trace de l'ordre de $0,2 \mu\text{Ml}^{-1}$ à $0,35 \mu\text{Ml}^{-1}$. Elles ne représentent, en moyenne, que 1,5 % de l'azote minéral total.

La part des nitrates demeure élevée au moment de la basse mer, de 20 à $25 \mu\text{Ml}^{-1}$ puis diminue progressivement jusqu'à $4 \mu\text{Ml}^{-1}$. La forme nitrique de l'azote minéral passe de 12 % à pleine mer à 80 % à basse mer.

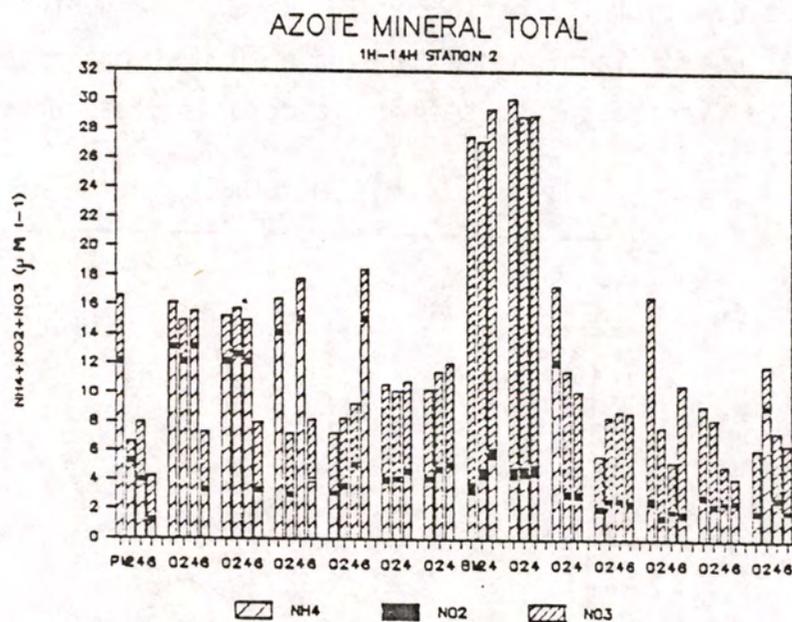


Figure 33 : Evolution des teneurs en ammoniacque (NH_4) en nitrites (NO_2) et en nitrates (NO_3) en point fixe à la station 2 aux différentes heures pour les profondeurs de 0, 2, 4 et 6 mètres.

- Les phosphates :

Au cours du cycle de marée, les fluctuations en PO_4 sont irrégulières, les teneurs oscillent autour de 0,3 à $2 \mu Ml^{-1}$. Les teneurs restent peu élevées. Au vu des résultats, aucune stratification entre surface et fond n'est décelée.

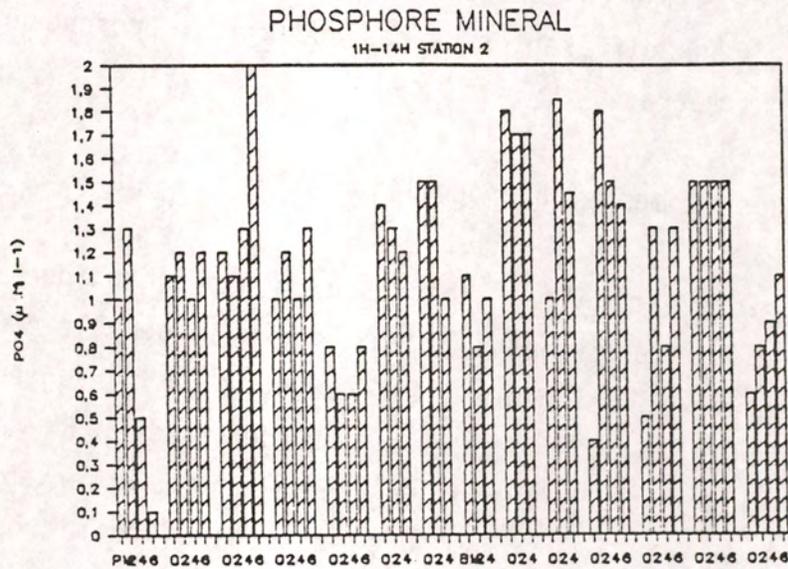


Figure 34 : Evolution des teneurs en phosphore minéral en point fixe à la station 2 aux différentes heures pour les profondeurs de 0, 2, 4 et 6 mètres.

- Le silice :

Les teneurs en silice vont de 6 à $19 \mu Ml^{-1}$. On note une augmentation très significative des concentrations en silice au jusant. Les teneurs sont alors de 18 à $19 \mu Ml^{-1}$. Toutefois, sur la colonne d'eau prospectée, les variations entre surface et fond restent négligeables témoignant de la répartition homogène de cet élément sur toute la colonne d'eau.

38

- Suivi en continu de la fluorescence des eaux de surface

Grâce à un système d'acquisition de donnée embarqué, saisissant une valeur de fluorescence de l'eau toutes les 3 secondes et stockant chaque minute la moyenne de ces données, il a été suivi la variabilité des biomasses phytoplanctoniques des eaux de surface (fig. 37, 38). Elles intègrent la variabilité liée à :

- la micro échelle temporelle : variations de l'ordre de $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$ de pigments pendant quelques minutes (5 à 10)
- la meso échelle temporelle : variations pouvant atteindre $3 \mu\text{g l}^{-1}$ de pigments en l'espace d'une heure.
- la macro échelle temporelle : variations de $3 \mu\text{g l}^{-1}$ pendant le cycle de marée.

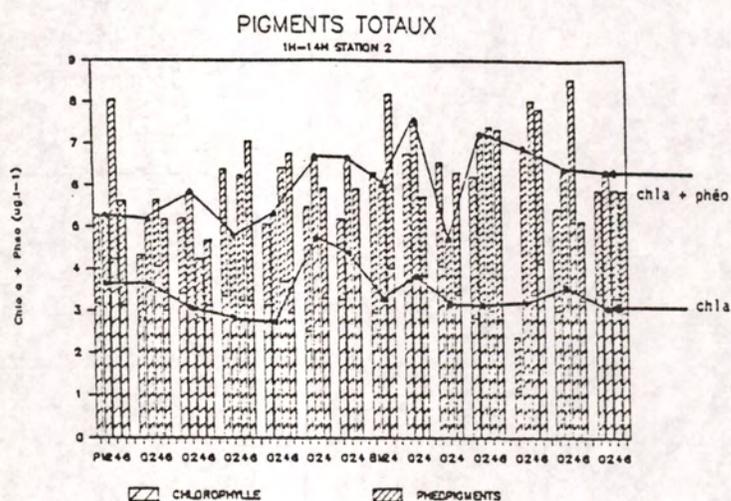


Figure 37 : Evolution des teneurs en chlorophylle a et en phéopigments à la station 2 pour la profondeur de 2 mètres.

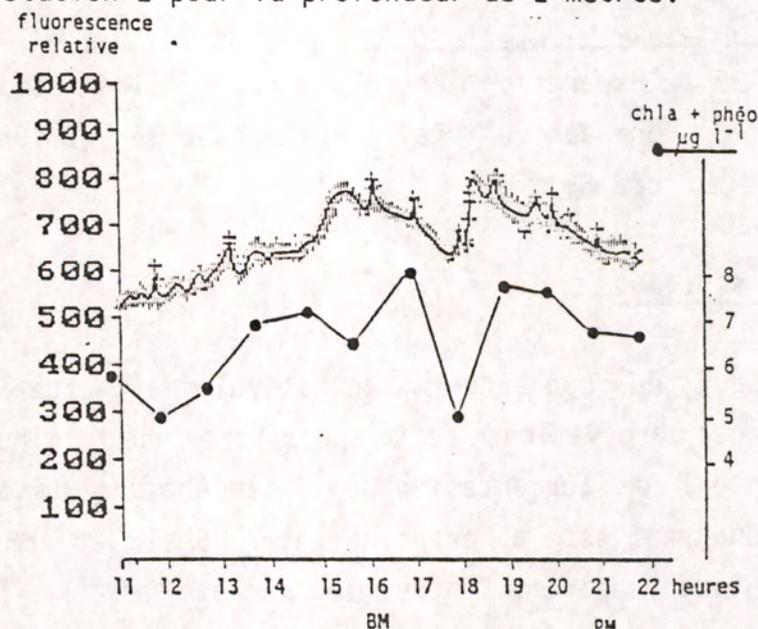


Figure 38 : Comparaison entre l'évolution en continu de la fluorescence des eaux et les teneurs en chlorophylle a et phéopigments à la station 2 pour une profondeur de 2 mètres.

397

Il apparaît que l'échantillonnage pratiqué (1 prélèvement toutes les heures) permet d'appréhender la variabilité eurélienne de la macro mais aussi de la meso échelle ce qui correspond à l'objectif fixé.

Cette variabilité est liée au développement et à l'origine des différentes masses d'eau qui défilent en cette station comme le montrent les trajectoires résiduelles lagrangiennes. Cette trajectoire est calculée à partir du modèle mathématique du LCHF, elle concorde pour l'estuaire de la Charente avec une mesure de dérive effectuée le 8 août 1986 (fig. 39)

TRAJECTOIRE EN 5 JOURS-VIVES EAUX départ en pleine mer

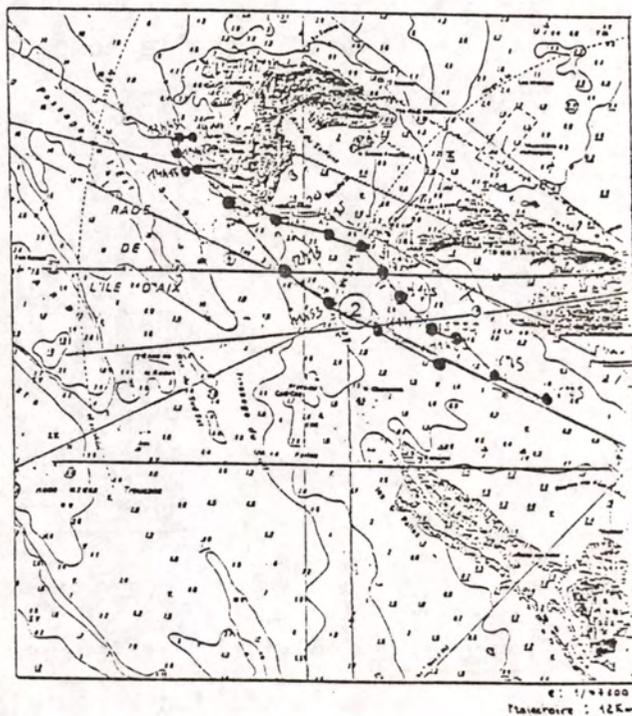


Figure 39 : Comparaison entre une trajectoire résiduelle lagrangienne et une dérive réelle effectuée le 8/8/1986 (coefficient de marée 88).

Discussion

Au cours du cycle de marée estivale effectué à la station II, les premières observations font apparaître une diminution de la salinité conjointe à une augmentation de la température suivant le cycle de marée. Ce phénomène est observable entre BM-1 et BM+1. Un gradient de température apparaît entre la surface et le fond dès le premier prélèvement (PM = 8h) et ne peut être dû à un réchauffement solaire. Ce gradient persiste tout au long du cycle. A l'inverse, aucun gradient vertical de salinité n'apparaît. Le mélange des eaux est homogène pour la

salinité. L'influence des apports d'eau de Charente se répercute sur toute la colonne d'eau du fait de la faible profondeur et de la position de la station prospectée, la station II étant dans le chenal de l'estuaire . A basse mer toute la colonne d'eau échantillonnée provient de la Charente puisqu'aucune stratification n'est enregistrée.

Les apports fluviaux en MES restent très faibles, aucune augmentation significative n'est enregistrée au jusant. La remise des particules fines, due au courant, est seulement enregistrée au moment du flot entre 4 et 6 mètres d'eau. L'influence de la Charente en période estivale, au cours d'une marée de mortes eaux est négligeable pour l'enrichissement en MES du bassin.

Cependant, pour les éléments azotés, l'enrichissement de l'ordre de 60 à 80 % (26 à 32 μMl^{-1}) en azote nitrique, matérialise un apport fluvial. Cet apport est d'autant plus perceptible que les eaux du bassin sont pauvres en été, en nitrates (4 à 16 μMl^{-1} , soit 10 % de l'azote minéral). Les eaux de Charente sont chargées en nitrates provenant des terres agricoles amendées et drainées par arrosage intensif en été. Ces apports sont, néanmoins, rapidement dilués avec les eaux du bassin, car les teneurs en azote minéral diminuent dès BM+2 pour n'être plus que de 10 μMl^{-1} .

Les teneurs en PO_4 restent relativement faibles, la Charente ne semble pas contribuer directement à un apport en PO_4 dans l'eau du bassin. La présence de matières en suspension assez dense, peut contribuer à ce manque. Effectivement, les particules fines du sédiment peuvent absorber 80 à 90 % du phosphore en solution.

La biomasse phytoplanctonique estivale reste relativement faible. Une grande partie du plancton sert de nourriture potentielle au zooplancton, et aux mollusques. De plus, les nutriments pauvres en concentration, ne permettent pas le maintien d'une population phytoplanctonique importante.

A partir des résultats enregistrés, nous pouvons essayer d'interpréter d'une part la dynamique des éléments de la station II au cours du cycle de marée, d'autre part de faire une synthèse des relations effectuées entre chaque paramètre.

21
D'après les courbes de dilution élaborées, il apparaît pour l'azote minéral et la silice, deux configurations :

- les eaux salées, supérieures à 34,5 % d'origine océanique, sont pauvres en azote ($4-5 \text{ ugat.l}^{-1}$) et en silice ($6-10 \text{ ugat.l}^{-1}$)

- les eaux dessalées (33 %) d'origine continentale sont plus riches en azote ($26-32 \text{ ugat.l}^{-1}$) et en silice ($14 \text{ à } 19 \text{ ugat.l}^{-1}$). Ces schémas témoignent de l'enrichissement dûs aux apports fluviaux qui restent, cependant très ponctuels.

L'analyse en composantes principales des paramètres enregistrés met en relation l'ensemble des observations. Elle permet de visualiser sur un plan la position des différentes variables. Deux paramètres sont d'autant plus corrélés que leurs projections respectives sont proches l'une de l'autre et éloignées de l'origine. Deux paramètres corrélés négativement correspondent à des points très éloignés.

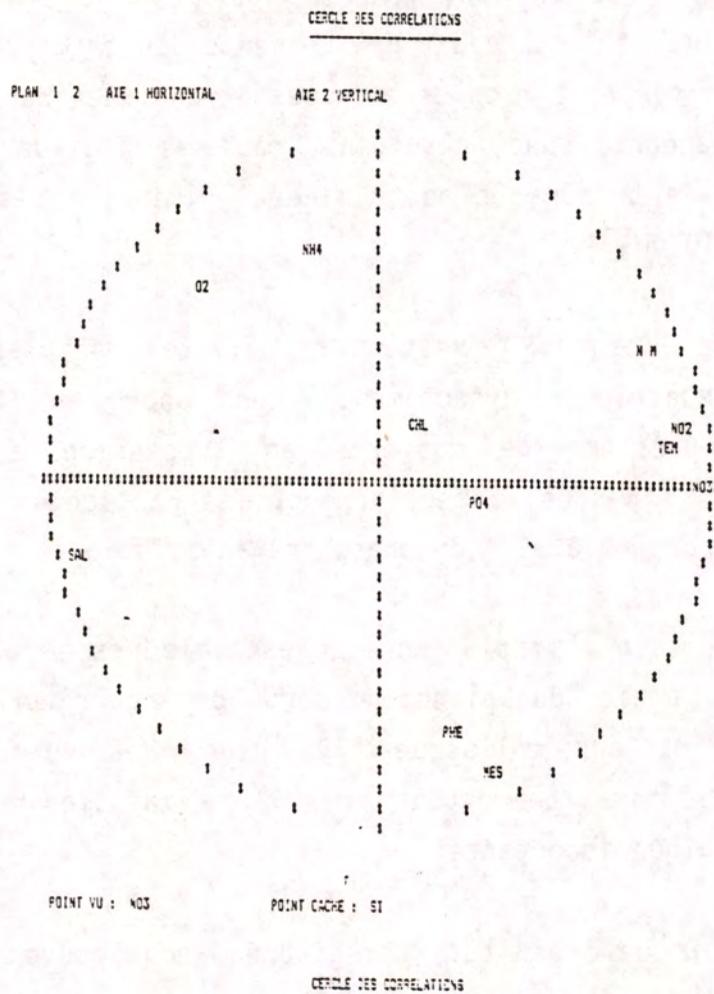
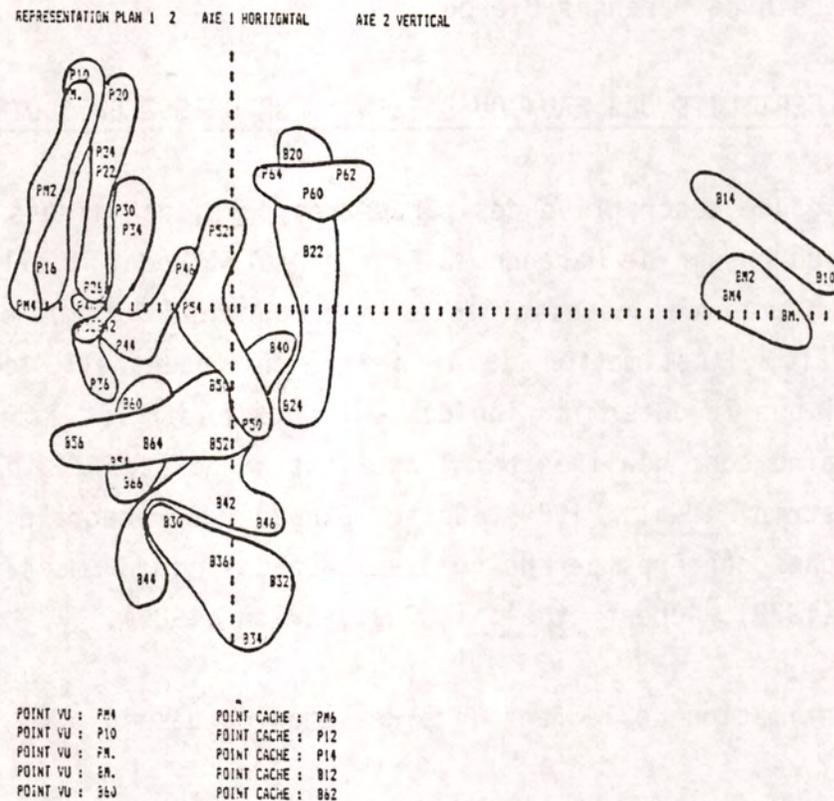


Figure 40 : Analyse en composantes principales (logiciel stat ITCF) - matrice des caractères axes 1 et 2.

22

D'après la figure 40, l'axe horizontal 1 oppose la salinité aux formes azotées (NO₂, NO₃, Ntotal) et à la température isolant ainsi les eaux de caractéristiques estuariennes des eaux océaniques. L'axe vertical 2 oppose les MES et les phéopigments à l'oxygène et à l'azote NH₄⁺ qui caractérise les eaux les plus océaniques.

Certains antagonismes ou regroupements apparaissent comme évidents et confirment les observations précédentes, c'est le cas de l'opposition (salinité-azote) MES-02).



213
La variabilité des eaux au cours du cycle de marée est assez marquée, même en période estivale. Toutefois elle se manifeste seulement une heure avant et après la basse mer. L'impact de l'intrusion des eaux de Charente dans le bassin est rapidement inhibé. La variabilité de la biomasse phytoplanctonique suivie en continu montre une dynamique indépendante liée à la courantologie et à l'historique des masses d'eau.

La baisse du débit estival du fleuve et le faible courant en période de mortes-eaux limitent l'enrichissement en éléments minéraux nécessaires au phytoplancton à l'embouchure de l'estuaire. Les apports en nutriments indispensables à cette période de l'année, demeurent trop localisés pour satisfaire aux besoins du phytoplancton et des mollusques séjournant dans le bassin de Marennes-Oléron.

III. FERTILITE DES EAUX DU BASSIN : ENRICHISSEMENTS DIFFERENTIELS

L'étude descriptive des paramètres physicochimiques et biologiques des eaux du bassin de Marennes-Oléron ne suffit pas, à elle seule, à estimer les microalgues nécessaires à la production des mollusques bivalves. De ce fait, l'estimation de la fertilité potentielle des eaux du bassin ainsi que la détermination des éléments nutritifs limitant la production primaire sont réalisés par l'application des tests biologiques appropriés (Maestrini et al., 1984). Cette méthode expérimentale a déjà été retenue en zones côtières par de nombreux auteurs comme Smayda (1971), Berland et al. (1978), Robert et al. (1979), Marion (1985).

Estimation de la fertilité des eaux du bassin

Les facteurs limitant la production algale dans le bassin peuvent différer suivant leur localisation vis-à-vis de l'estuaire de la Charente. De même l'étude du phytoplancton, en cours de dépouillement, tend à montrer que la composition spécifique des peuplements micro-algaux varie suivant les apports fluviaux. Il fallait s'interroger sur les effets possibles de la composition en éléments nutritifs sur les transformations des peuplements algaux au niveau des zones ostréicoles.

Nous avons tenté de répondre à cette question à partir d'une méthode expérimentale de tests de fertilité. Afin de se placer dans les condi-

Lik

tions les plus proches de celles du milieu, nous choisissons comme algues tests en sus de *Skeletonema costatum*, les peuplements algaux directement prélevés *in situ*.

Conditions expérimentales

Stations de prélèvements

Des prélèvements d'eau sont effectués le 31 août 1986 en six points caractéristiques ; deux stations en zone océanique nord (6-4), une à l'interface eau charente-eau du bassin (3), une en zone néritique dans le prolongement du chenal de la Charente (9), une en zone plus sud (13). La dernière station est située sur le fleuve Charente, au niveau de la Corderie Royale à Rochefort. L'eau prélevée en ce point servira pour l'enrichissement des eaux du bassin.

Méthodes de prélèvements

A chaque station, l'eau recueillie est filtrée pour permettre l'estimation des paramètres chimiques et physicochimiques. Parallèlement, le phytoplancton propre à la station est conservé pour être ensuite inoculé dans les eaux à tester. A la station 6 et à la station 1, le phytoplancton est concentré sur place en filtrant plusieurs litres d'eau sur une soie de zooplancton (250 μm) doublée d'une soie de phytoplancton (50 μm). Le concentrat récupéré sur cette dernière soie est dilué dans un peu d'eau de mer et conservé en erlen.

Préparation des cultures

Au laboratoire, les eaux de chaque station, préalablement filtrées sur une membrane de 0,45 μm , sont mélangées à de l'eau prélevée en Charente donc plus riches en azote minéral, selon 6 types de dilutions (A F) (tableau 1).

25
 Tableau 1 : Enrichissement des eaux des stations testées (6, 4, 3, 9, 13) avec l'eau de la Charente pour des dilutions de 0 à 20 %.

	A	B	C	D	E	F
volume en ml						
eau de Charente	0	1	3	6	12	20
eau des stations	100	99	97	94	86	80

Pour chacun des mélanges obtenus, un échantillon d'eau est conservé pour permettre l'estimation en éléments minéraux : azote, phosphore, silice disponibles. Dans chaque série, nous avons inoculé 4 types d'algues avec des :

I) *Skeletonema costatum* II) Phytoplancton de la station dite océanique III) phytoplancton de la station 1, dite continentale IV) Phytoplancton propre à chaque station.

Nous obtenons ainsi 8 cultures par dilution. Les peuplements algaux sont inoculés à raison d'une quantité de cellules correspondant à une fluorescence *in vivo* de 0,02 soit $0,5 \text{ ug.l}^{-1} \text{ chla}$. Les 240 cultures sont placées en chambre de culture, à une température de 16° , sous un éclairage de 2 000 lux suivant un rythme nyctéméral de 12h/12h.

La croissance est suivie par l'estimation journalière de la fluorescence *in vivo* des cellules (D.O.), les cultures sont arrêtées quand la fluorescence atteint son maximum et qu'aucune augmentation significative n'est plus observée (plateau de la courbe exponentielle).

Les teneurs pigmentaires des cultures sont déterminées en fin de croissance après filtration sur membrane GF/C et extraction à l'acétone.

26

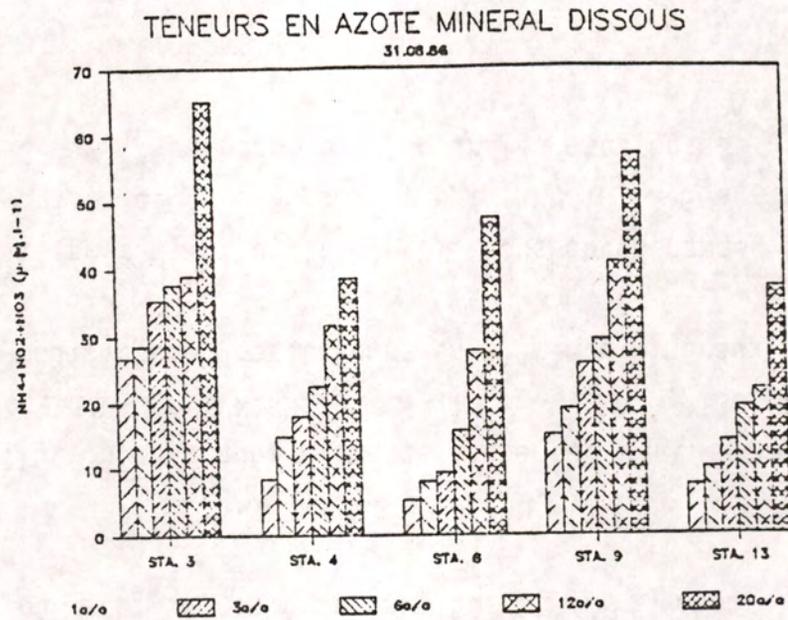


Figure 42 : Concentrations en azote total minéral dissous aux différentes stations pour les enrichissements de 1 %, 3 %, 6 %, 12 % et 20 % avec les eaux de Charente.

Le phosphore minéral dissous

Les teneurs en phosphore minéral dissous ne semblent pas enrichies aussi régulièrement en fonction des dilutions, elles oscillent de 0,1 à 2,8 μM^{-1} . Les teneurs les plus fortes se retrouvent à la station 3. Les plus faibles caractérisent la station 6 (fig. 43).

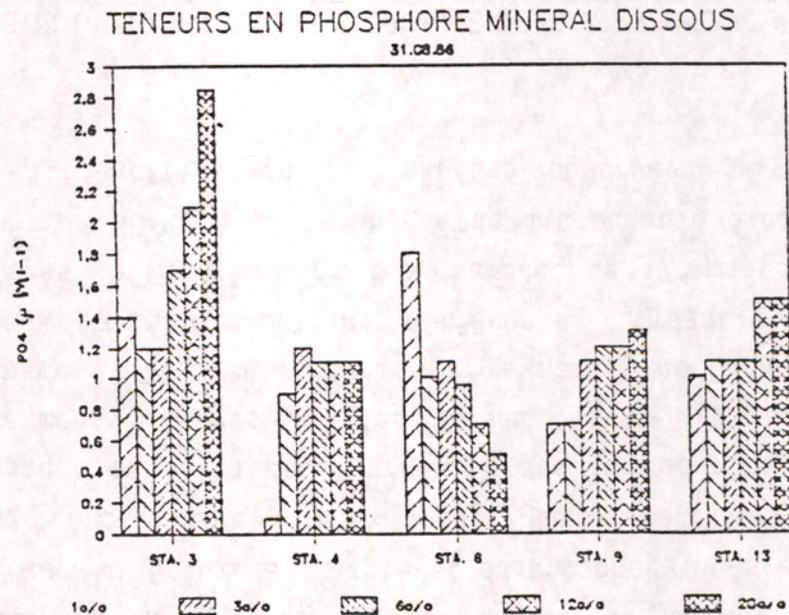


Figure 43 : Concentrations en phosphore minéral dissous aux différentes stations pour les enrichissements de 1 %, 3 %, 6 %, 12 % et 20 % avec les eaux de Charente.

La biomasse maximale obtenue est estimée à partir des mesures de D.O en fluorescence *in vivo*, des teneurs en chlorophylle a (chl a) et phéopigments (phéo a). Les filtrats de chaque culture sont recueillis et analysés directement au SKALAR autoanalyseur, pour évaluer la consommation en ions minéraux de l'azote et du phosphore. Ces estimations permettent l'identification de l'index spécifique de fertilité (specific yield index) rapport de la biomasse produite sur la quantité d'éléments nutritifs apparemment prélevés par les algues tests. Mis au point par Maestrini et Robert (1979), ce rapport leur a permis de caractériser et comparer les eaux marines d'origine différente. L'identification des cellules algales est effectuée dans les chambres de sédimentation selon la méthode d'Utermöhl (1958). La technique de microscopie électronique à balayage permet l'identification des espèces observées au microscope photonique.

CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DES EAUX TESTEES APRES MELANGE

L'azote minéral dissous

Les teneurs en azote minéral dissous ($N = N.NO_3 + N.NO_2 + N.NH_4^+$) sont comprises entre 5 et $23 \mu Ml^{-1}$ pour les eaux initiales prélevées à chacune des stations. Les eaux les plus pauvres proviennent des stations les plus océaniques (6, 4, 13) qui contiennent respectivement $5 \mu Ml^{-1}$, $8,6 \mu Ml^{-1}$ et $10 \mu Ml^{-1}$ N minéral. Pour les stations 3 et 9, proches de l'estuaire, les concentrations sont estimées en N minéral. Les concentrations en azote nitrique sont respectivement de $26,5 \mu Ml^{-1}$ et $15 \mu Ml^{-1}$. Elles représentent de 88 à 95 % de la réserve azotée, sauf pour la station 6 où elle ne compose que 50 %, 44 % étant dû à la forme ammoniacale.

La dilution effectuée à l'aide d'une eau de Charente contenant $220 \mu Ml^{-1}$ d'azote (85 % de $N.NO_3^-$), $36 \mu Ml^{-1}$ en PO_4^- , $130 \mu Ml^{-1}$ en silice, impose une modification des teneurs en éléments minéraux.

Ainsi, après dilution (fig. 42), nous obtenons des teneurs en azote minéral comprises de 28 à $65 \mu Ml^{-1}$, 8 à $40 \mu Ml^{-1}$, 5 à $45 \mu Ml^{-1}$, 15 à $55 \mu Ml^{-1}$, 5 à $38 \mu Ml^{-1}$ respectivement pour les stations 3, 4, 6, 9, 13.

Silice

De même que pour l'azote, les teneurs en silice augmentent en fonction de la proportion d'eau de Charente adjointe (fig. 44). Les teneurs en cet élément ne sont pas négligeables après addition de 20 % d'eau de Charente. Les concentrations varient de 25 à 40 μMl^{-1} à la station 3, 8 à 38 μMl^{-1} à la station 4, 5 à 31 μMl^{-1} à la station 6, 10 à 35 μMl^{-1} à la station 9, 8 à 25 μMl^{-1} à la station 13. Les teneurs finales sont équivalentes à celles mentionnées pour les eaux néritiques considérées comme riches (Amstrong, 1965 ; Antia et al., 1963).

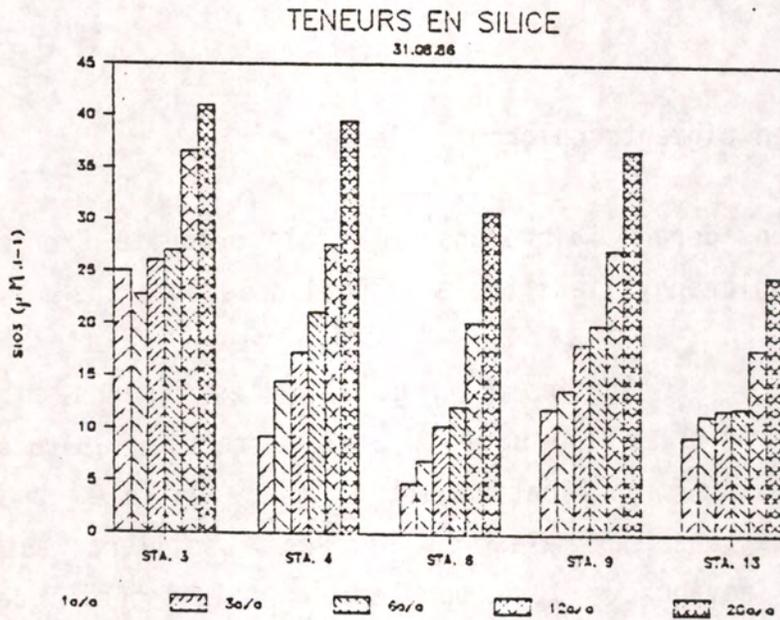


Figure 44 : Concentrations en silice dissoute aux différentes stations pour les enrichissements de 1 %, 3 %, 6 %, 12 % et 20 % avec les eaux de Charente.

ESTIMATION DE LA FERTILITE

fluorescence *in vivo*

Le suivi des populations testées est effectué à partir des lectures de fluorescence *in vivo* jusqu'à l'obtention de la fluorescence maximale. Les valeurs obtenues par lecture de la densité optique en fluorescence

49
permettent d'estimer rapidement l'évolution des cultures, mais ne représentent qu'un critère de biomasse relative. D'après la fluorescence *in vivo*, on observe pour *S. costatum* une augmentation de DO entre l'eau initiale (A) et les dilutions successives (B, C, D, E, F) pouvant aller de 2 à 11,6, la plus forte différence de DO étant survenue à la station 6 (fig. 45).

Pour le phytoplancton dit océanique, l'augmentation de DO entre l'eau A et les dilutions est comprise entre 1,1 et 5. Pour le phytoplancton océanique, la DO peut être 10 fois plus importante entre l'eau initiale et l'eau 20 % (station 6). Pour le phytoplancton propre à chaque station, l'enrichissement maximal produit la DO la plus importante.

Teneurs en pigments chlorophylliens

En considérant la biomasse maximale produite exprimée en teneurs en pigments chlorophylliens (chl_a + phéa) nous obtenons :

- Station 3 (fig. 46), les teneurs en pigments sont comprises entre 40 et 190 $\mu\text{g.l}^{-1}$. L'algue test *S. costatum* ne présente pas de différence significative entre l'eau initiale et les dilutions, les concentrations maximales en pigments oscillent autour de 40-60 $\mu\text{g.l}^{-1}$. En revanche, les populations plurispécifiques réagissent différemment en fonction des dilutions. La culture du phytoplancton continentale se développe dans l'eau initiale (120 $\mu\text{g.l}^{-1}$), les enrichissements produisent des biomasses chlorophylliennes inférieures (50 à 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Les cultures de phytoplancton océanique et du phytoplancton propre à la station 3 sont stimulées à partir de 6 % de dilution. Les teneurs chlorophylliennes augmentent de 80 à 190 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour le phytoplancton océanique et de 65 à 175 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour le second.

- Station 4 : Les cultures de *S. costatum* présentent des biomasses équivalentes pour les 5 eaux testées (35 à 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Les cultures de phytoplancton "océanique" sont très sensibles aux enrichissements, les biomasses estimées passent de 50 $\mu\text{g.l}^{-1}$ avec l'eau initiale à 200 $\mu\text{g.l}^{-1}$ avec l'eau enrichie à 20 %. Les deux autres types de cultures sont stimulés par une adjonction de 1 % d'eau Charente. La

50

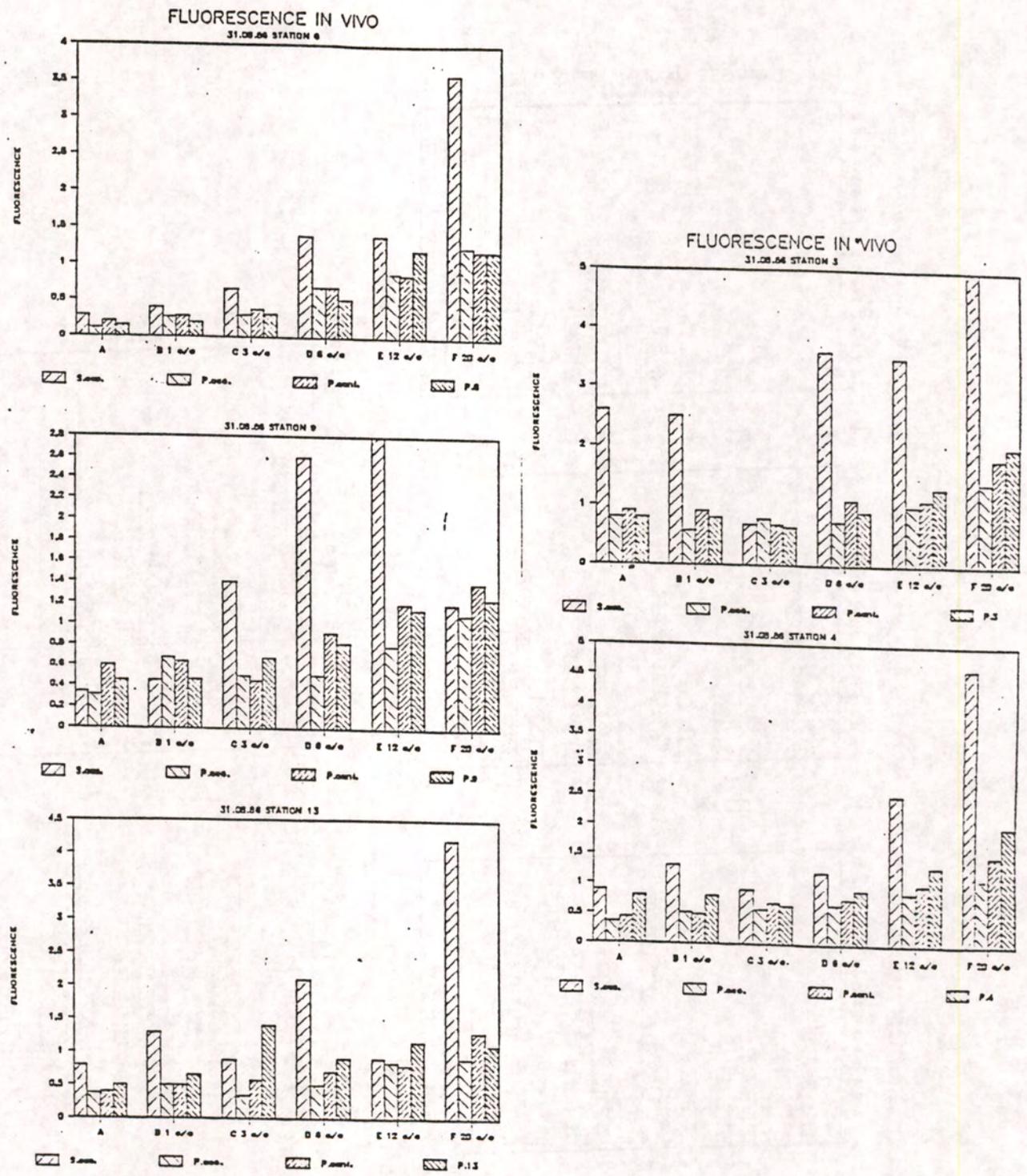


Figure 45 : Evolution des fluorescences in vivo des enrichissements des différentes stations avec le phytoplancton "océanique" (P. océ.), le phytoplancton "continental" (P. cont.), la souche Skeletonema costatum (S. cos.) et le phytoplancton propre de chaque station.

51

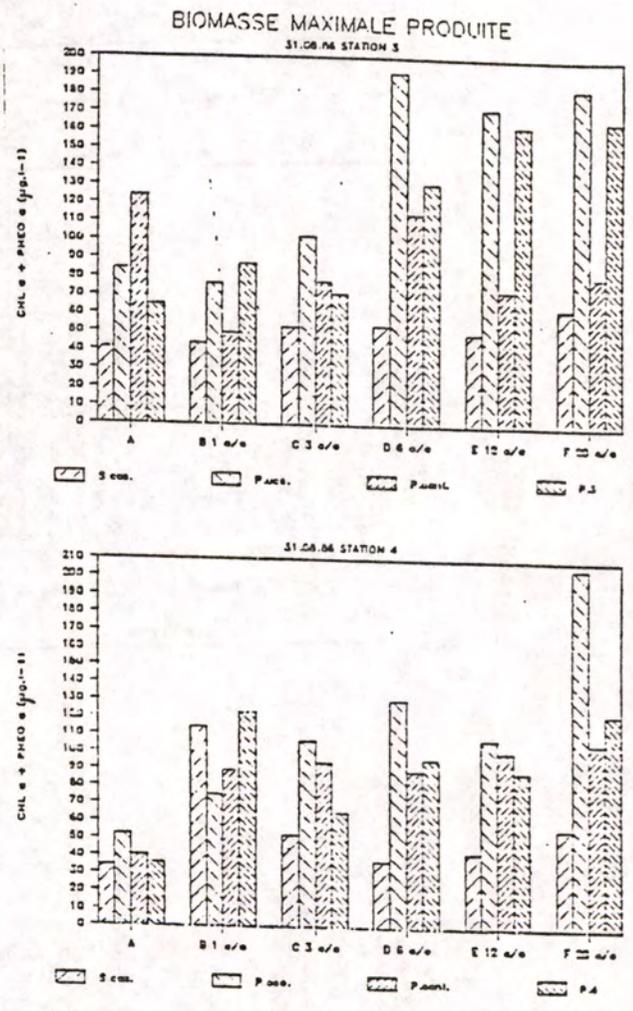
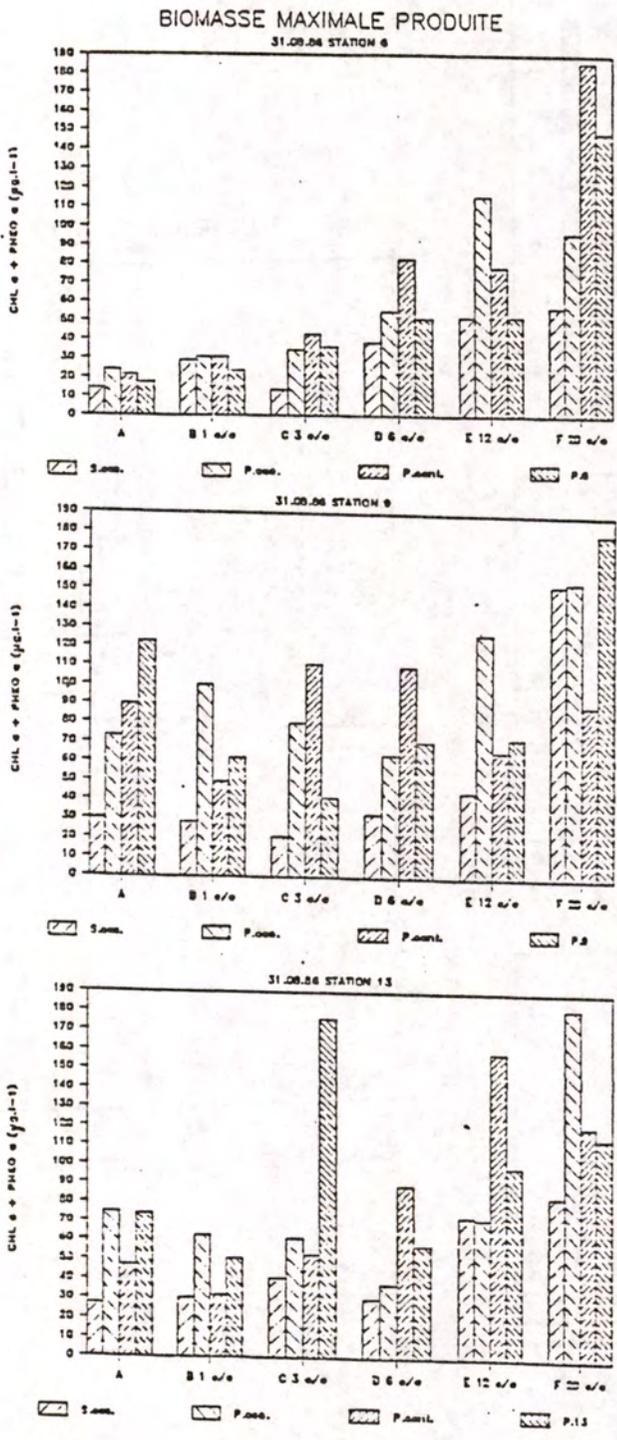


Figure 46 : Evolution des teneurs en pigments (chl a + pheo) des enrichissements des différentes stations avec le phytoplancton "océanique" (P. océ.), le phytoplancton "continental" (P. cont.), la souche *Skeletonema costatum* (S. cos.) et le phytoplancton propre de chaque station.

52

biomasse obtenue est deux fois plus importante que celle obtenue avec l'eau initiale (90 à $120 \mu\text{g.l}^{-1}$).

- Station 6 : Toutes les cultures sont stimulées par les différents apports, les biomasses maximales estimées en fin de culture, augmentent progressivement en fonction de la dilution de $15-20 \mu\text{g.l}^{-1}$ avec l'eau initiale à $60-185 \mu\text{g.l}^{-1}$ avec l'eau enrichie à 20% .

- Station 9 : Les cultures de phytoplancton "continental" présentent les biomasses les plus importantes avec les dilutions de 3 à 6% d'eau de Charente ($100-120 \mu\text{g.l}^{-1}$), dans les autres tests les biomasses restent inférieures à $60 \mu\text{g.l}^{-1}$. Les trois autres types de peuplements microalgales produisent une biomasse de 30 à $50 \mu\text{g.l}^{-1}$ dans les 5 premières eaux (A, B, C, D, E), seule l'eau enrichie à 20% permet l'obtention d'une biomasse supérieure à $140 \mu\text{g.l}^{-1}$.

- Station 13 : L'apport de 12% d'eau de Charente permet une augmentation significative des biomasses chlorophylliennes qui atteignent 80 à $180 \mu\text{g.l}^{-1}$ selon les espèces algales testées.

DISCUSSION

L'indice de fertilité spécifique représente la biomasse produite par microgramme atome d'azote d'après Maestrini et Robert (1979), "il est plus représentatif de l'aptitude des eaux à supporter la croissance d'une algue que la fertilité globale, celle-ci pouvant résulter simplement d'une richesse élevée en éléments biogènes". Les différentes eaux peuvent être comparées en elles.

L'utilisation de l'azote pour *S. costatum* est comprise entre $1,5-5 \mu\text{g.uM.N}^{-1}$, exceptionnellement il atteint 10 et $21 \mu\text{g.uM.N}^{-1}$ pour les eaux. Les rendements sont à peu près identiques au deçà de 6% d'enrichissement quelque soit la provenance de l'eau testée (fig. 47).

Pour le phytoplancton "océanique", le rendement d'utilisation de l'azote est plus important avec les eaux initiales qu'avec les eaux enrichies, la quantité de pigments chlorophylliens produits est, en effet, respectivement de $3-12 \mu\text{g.uM.N}^{-1}$ ($x = 8,5$) et $2-7 \mu\text{g.uM.N}^{-1}$ ($x = 4,7$) (fig. 47).

53

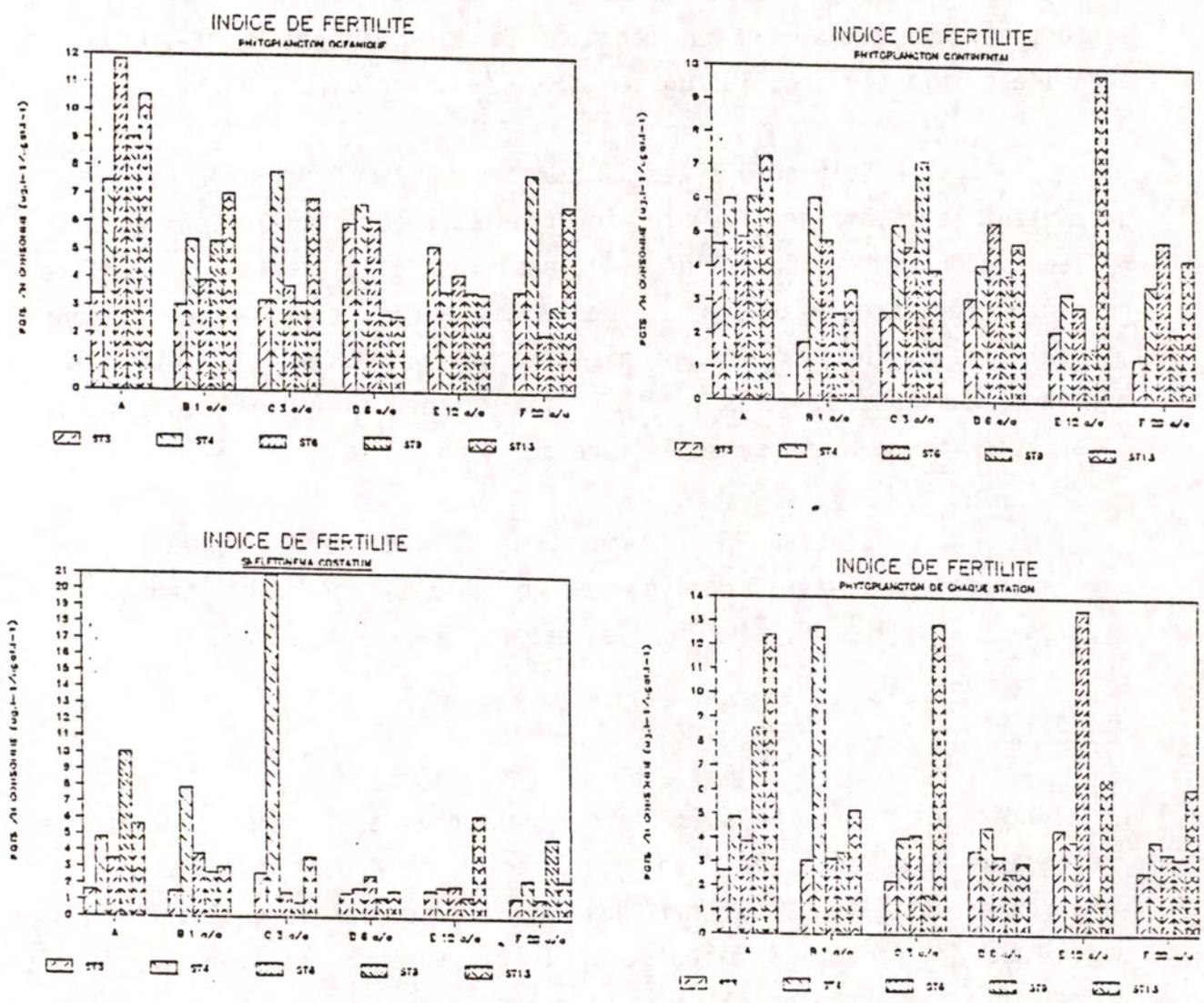


Figure 47 : Indice de fertilité des différentes stations et des différents enrichissements pour les 4 origines de phytoplancton.

Pour le phytoplancton "continental", le rendement est également le plus important dans les eaux initiales ($x = 55$) que dans les eaux enrichies à 20 % ($x = 2,8 \mu\text{g}.\mu\text{MN}^{-1}$) (fig. 47).

Avec le phytoplancton propre à chaque station (fig. 47), les indices de fertilité varient en fonction de l'origine et de la dilution des eaux. Les biomasses produites par microatome gramme d'azote sont plus importantes dans I) l'eau initiale pour les stations 9-13 ($8-12 \mu\text{g}.\mu\text{MN}^{-1}$) II) avec 1 % d'enrichissement pour la station 4 ($13 \mu\text{g}.\mu\text{MN}^{-1}$) III) avec 12 % d'enrichissement pour la station 6 ($13 \mu\text{g}.\mu\text{MN}^{-1}$) IV) la station 3 ne présente aucune variation significative en fonction de l'enrichissement ($x = 3 \mu\text{g}.\mu\text{MN}^{-1}$).

L'indice de fertilité obtenu avec l'azote varie en fonction des eaux et caractérise nettement les différents types d'eau. L'azote intervient comme élément limitant car l'enrichissement en eau de Charente se traduit par un apport azoté non négligeable permettant un développement du phytoplancton. Le phytoplancton plurispécifique tend vers l'établissement des espèces capables d'assimiler préférentiellement l'azote. Ainsi l'apport des eaux de Charente riches en azote tend à orienter la composition spécifique des peuplements.

La capacité potentielle des eaux testées à supporter la croissance des peuplements phytoplanctoniques a pu être estimée au moyen des bioessais d'enrichissements différentiels en eau de Charente. L'analyse des éléments nutritifs minéraux prélevés par les algues permet d'estimer la quantité prélevée pour chaque élément et chaque eau par les populations tests. Il apparaît que les eaux pauvres initialement des stations 6, 4, 13 peuvent être adjonction des 6, 12 ou 20 % d'eau de Charente produire des biomasses chorophylliennes 2 à 10 fois supérieures à celles produites dans l'eau d'origine. En revanche, les eaux "riches" in situ (stations 3, 9) ne produisent que des biomasses deux fois plus importantes après 20 % de dilution. Il est intéressant de noter également que le phytoplancton océanique se développe mieux dans les eaux les plus enrichies (20 %) alors que le phytoplancton "continental" est stimulé dès l'addition de 6 ou 12 % d'eau de Charente. L'analyse qualitative des peuplements phytoplanc-

55
toniques en début et en fin de culture est en cours. Elle nous permettra d'estimer s'il y a eu ou non changement de la composition spécifique des peuplements pour les eaux ayant produit les plus fortes biomasses.

Skeletonema costatum, algue test de référence, ne semble pas sensibilisée par les différents enrichissements. Elle se développe préférentiellement dans des eaux riches en $P.PO_4$, et les eaux estivales testées en étaient déficientes. Les rapports N/P obtenus après enrichissements sont encore très irréguliers et témoignent d'un déficit en phosphore notamment dans les eaux des stations 4-6-9.

L'étude de la fertilité potentielle des eaux au moyen d'enrichissements différentiels, permet la production de biomasse chlorophyllienne très supérieure à celles estimées *in situ*. L'enrichissement du bassin, en période estivale, en azote et silice apparait comme indispensable au déclenchement et au maintien de "blooms" phytoplanctoniques. La baisse estivale du débit de la Charente tend à appauvrir le bassin de Marennes-Oléron en éléments nutritifs et inhibe tout développement phytoplanctonique en deçà des aires proches de l'estuaire (limite extrême de l'influence des eaux fluviales étant définie par la station 3). Le rendement biomasse/sels nutritifs peut varier en fonction des peuplements plurispécifiques ou monospécifiques choisis et les eaux considérées. D'autres expérimentations d'enrichissements seront élaborées à des périodes de l'année différentes (printemps-automne) au cours des prochaines campagnes en mer permettant ainsi de mieux définir l'impact de la dilution des eaux de Charente dans le bassin et de rendre compte de l'importance des apports fluviales tout au long de l'année.

4. CARACTERISTIQUE DU CAPTAGE DE L'HUITRE JAPONAISE C. GIGAS DANS L'ESTUAIRE EXTERNE DE LA CHARENTE

- 1971 à 1978.

Une première étude sur l'influence des débits de la Charente sur les variations de salinité dans l'estuaire et sur ses influences sur la reproduction de l'huître japonaise *C. gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron a été réalisée en 1978 par le Laboratoire Central Hydraulique de France à partir des données de l'ISTPM. Elle analyse les données recueillies de 1971 à 1978 d'abondance du captage, du nombre de

larves d'huîtres présentes dans l'eau en période estivale en fonction des caractéristiques de température, de salinité et du débit de la Charente. Les principaux résultats sont résumés sur la figure 48 ne montrant pas de relation entre le régime hydrologique de la Charente et la production de naissain.

En effet l'influence du débit de la Charente sur les variations de salinité dans le bassin paraît très localisée. En étiage les apports d'eau douce sont très insuffisants pour induire de fortes baisses de salinité en dehors du secteur de l'embouchure directe de l'estuaire. Ainsi le LCHF a calculé "qu'il faudrait un apport d'eau douce d'environ 38 millions de mètres cubes au cours d'une journée, soit 3,4 % du volume total d'eau de mer du bassin pour provoquer dans celui-ci une baisse uniforme de la salinité de 1 ‰. Or, en considérant un débit de $100 \text{ m}^3/\text{s}$, pour les apports d'eau douce, on obtient par jour un volume d'eau douce de $9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ alors que le volume d'eau de mer théoriquement entrant dans le bassin en deux marées moyennes atteint, pour un marnage de 4 m, $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ".

Ce calcul simplifié a pour avantage de préciser les ordres de grandeur de l'influence de la Charente. Il ne correspond pas à la réalité des observations des salinités.

Ceci peut être principalement dû à :

- un apport important d'eau issue de Gironde en période de crues hivernales et printanières.
- un recyclage partiel des eaux du bassin
- un renouvellement des eaux du bassin incomplet favorisant des accumulations d'eau saumâtres
- un mélange des eaux douces et salées qui ne s'effectue pas complètement et uniformément avec une circulation résiduelle qui favorise sous l'effet des marées la non-dispersion d'eaux dessalées

Il ressort cependant de cette étude que les faibles apports d'eau douce de la Charente en période d'étiage, en dehors de la zone Port des Barques-Ile d'Aix, ne peuvent avoir une incidence appréciable sur les variations de salinité du bassin de Marennes-Oléron. De même dans ce

52

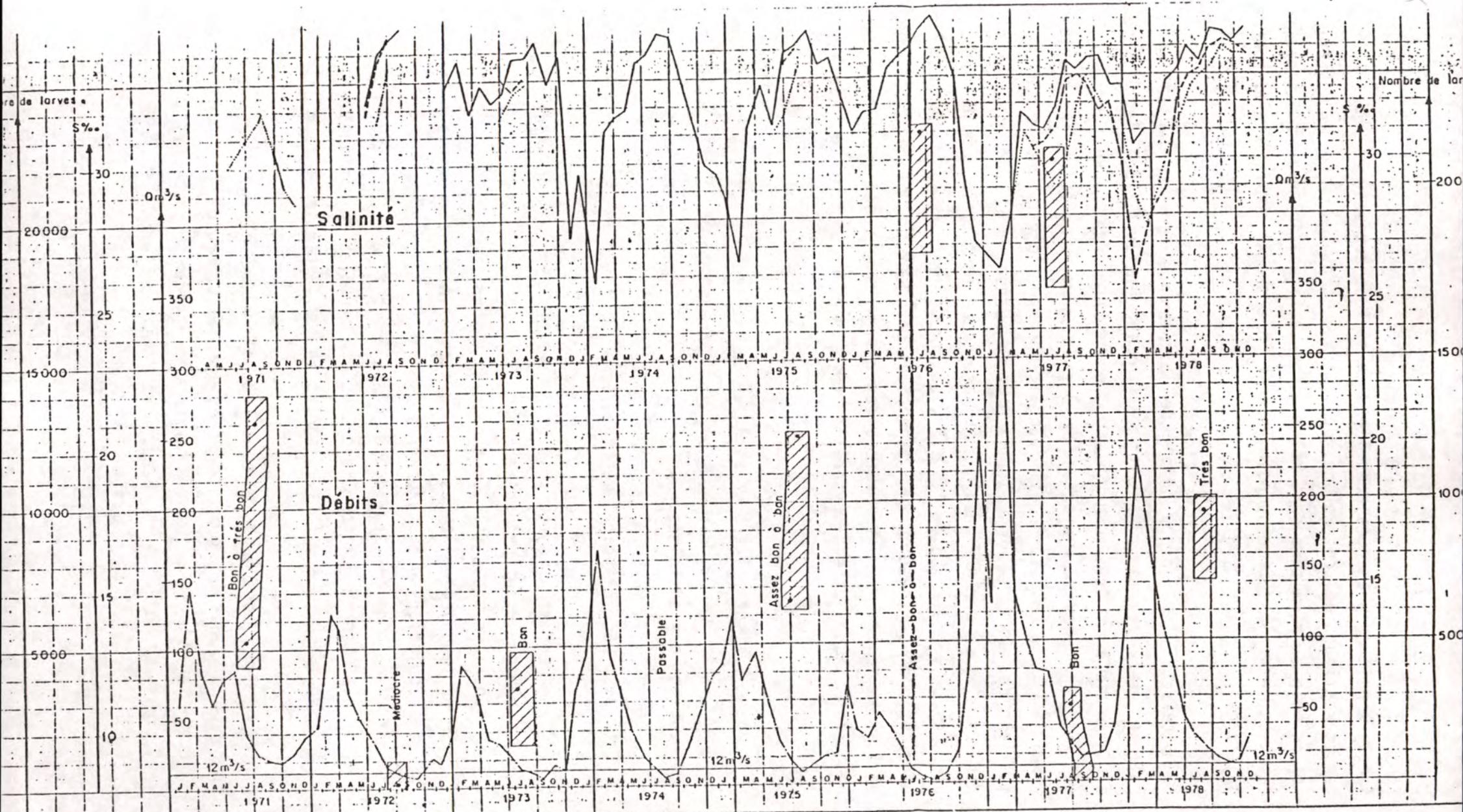


Figure 48 : Relation entre le débit de la Charente, la salinité de l'eau, l'abondance des larves et l'appréciation du captage.

58
travail il apparaît qu'il n'existe pas de relation notable entre les conditions hydrologiques dans l'estuaire et l'abondance du captage.

L'examen des résultats de 8 ans d'abondance de larves, et l'analyse conjointe des variations du débit de la Charente n'ont pas permis d'établir de relations. Ainsi les productions de larves ont été du même ordre de grandeur et le captage bon à très bon en 1971, 1973, 1976, 1977 et 1978 alors que les débits à l'estuaire pendant ces mêmes années étaient très différents tant en crue qu'en étiage. De même pour des années ayant la même hydraulité comme 1972, 1973, 1974 et 1975, les productions de naissains peuvent être très différentes, médiocres en 1972 et passables en 1974 mais bonnes en 1973 et 1975.

- 1980 à 1986 :

Un certain nombre d'auteurs ont déterminé l'influence des conditions de températures et de salinités sur la reproduction de l'huître japonaise. Il apparaît que la salinité ne semble pas agir sur la gamétogenèse dans une gamme de 15 à 35 ‰. La maturation s'effectue à la même vitesse en secteurs estuariens et en milieu océanique. Par contre on admet généralement que la température chez les mollusques joue un rôle à trois niveaux. Une action sur la vitesse de la gamétogenèse, une action sur le déclenchement de la ponte et une action indirecte qui, à travers le développement de la nourriture, peut aussi jouer sur l'importance de la gamétogenèse.

Pour l'huître japonaise, il n'apparaît pas de période de repos sexuel après la ponte estivale. Lubet (1980) précise l'importance des températures automnales dans le déclenchement du début de la gamétogenèse. Elle s'arrête pendant la période hivernale pour redémarrer dès le printemps et avoir ensuite une vitesse fonction de l'élévation des températures pendant les 6 premiers mois de l'année. Comme la gamétogenèse est dépendante à la fois de la température et du temps d'exposition à la température, la notion de degrés-jour a été développée. Ainsi la somme des degrés-jour de chaque mois, est mise en relation avec la date de ponte pour l'huître *Crassostrea gigas* depuis son importation en France (1971-1984) pour trouver quels sont les mois qui présentent le plus de poids sur la durée de la gamétogenèse. La date de ponte est dé-

59
terminée par la détection des premières émissions larvaires abondantes du bassin.

	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin
r	0,135	0,028	0,041	-0,011	-0,263	-0,485	0,202	0,192	-0,152	-0,472

Tableau 2 : Coefficients de corrélation entre la date de ponte et la somme des degrés-jour de chaque mois, pour l'huître *Crasostrea gigas* (1971-1984). r à 95 % = 0,532.

Lorsqu'un mois jouera de manière significative sur la durée de la gamétogenèse, il présentera une somme des degrés-jour élevée alors que la durée de la gamétogenèse sera plus courte ainsi les coefficients de corrélation seront négatifs.

Les coefficients des mois de septembre, octobre, novembre sont faibles et la gamétogenèse est donc peu dépendante des températures automnales. Il en est de même pour les mois de mars et avril. Par contre, la somme des degrés-jour des mois de février et de juin est assez fortement corrélée avec la date de ponte : ainsi les températures du mois de février joueraient un rôle de déclenchement de la gamétogenèse et celle du mois de juin, supérieure à 15°C, agirait sur la vitesse de la gamétogenèse. La variable expliquée dans la régression multilinéaire est la date de ponte et les variables explicatives sont les sommes des degrés-jour de chaque mois, sélectionnées par ordre de coefficient de corrélation décroissant selon la méthode de Blanc et Leveau (1973). Le test F est appliqué à chaque variable pour vérifier sa significativité et voir le gain de variance extrait par le paramètre supplémentaire, entraînant ainsi une diminution significative de l'erreur résiduelle.

$$y = 297,7 - 0,13 T \text{ fév.} - 0,11 T \text{ Juin } r = 0,71$$

La somme des degrés-jour des températures des mois de février à juin explique 51 % de la variance de la durée de la gamétogenèse et donc de la date de ponte.

L'adjonction de mois supplémentaires n'entraîne qu'un faible gain de variance. Il semble donc que d'autres facteurs que la somme des degrés-jour influent sur la gamétogenèse avec un poids non négligeable. Le cumul de la somme des degrés-jour de chaque mois de février à la date de ponte est calculé pour chaque année (tableau 3). La valeur moyenne (2390 ° jours) est du même ordre de grandeur que celle trouvée par Muranata et Lannan (1984) pour *Crassostrea gigas* conditionnée expérimentalement à des températures de 18 à 22°C pour des salinités de 20 à 30 ‰.

année	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	m	σ
jour de ponte	224	212	207	205	210	196	216	220	222	207	234	200	212	214	213	70
Σ ° jour	2510	2277	2179	2186	2362	2267	2459	2452	2541	2185	2898	2281	2472	2349	2387	184

Tableau 3 : Date de ponte et somme des degrés-jour de février à la date de ponte pour l'huître *Crassostrea gigas* (1971-1984).

La date de ponte est comprise à 95 % entre le 193^{ème} jour et le 233^{ème} jour soit un écart de 40 jours, trop grand pour pouvoir assurer une prédiction précise. Par ailleurs Mann (1979) définit le nombre de degrés-jour nécessaire à la ponte chez *Crassostrea gigas* par l'adéquation suivante :

$$D = d (t - t_0) \quad (1)$$

où D est le nombre de degrés-jour nécessaire à la ponte, d est le nombre de jours de maturation nécessaire pour atteindre le stade de ponte, t est la température moyenne à laquelle les huîtres sont exposées et t₀ est la température en dessous de laquelle il n'est pas constaté de développement des gonades. La résolution de (1) donne t₀ = 10,55 et D = 592 jours. De même Devergee (in Lubet, 1980), d'après les travaux menés dans l'écloserie commerciale de la Satmar sur la durée du conditionnement de l'huître *Crassostrea gigas* trouve qu'une huître du milieu naturel, prélevée au début du mois de février, a besoin de 748° jours avant de pouvoir pondre. Dans le bassin de Marennes-Oléron, les températures de février sont les plus corrélées avec la date de ponte, ainsi le nombre de

61

jours de maturation (d) peut être calculé à partir du 1er février, la température moyenne (t) est alors de 12,7°C. La résolution de l'équation (1) avec D de Devergee donne t₀ égal à 8,6°C et avec D de Mann t₀ est égal à 9,5°C, températures seuils de déclenchement de la gamétogenèse peu différentes de celles de Mann. Le premier développement des gonades observables débiterait à cette température ce qui n'exclut pas une influence des températures antérieures sur les mécanismes de déclenchement de la gamétogenèse.

Les données d'abondance larvaire et de captage récoltées depuis 1929 mettent en évidence, seulement au cours de deux années successives (1934 et 1935) un fort déficit de recrutement pour *Crassostrea angulata*. De même pour *Crassostrea gigas* les années 1972, 1981 et 1986 sont caractérisées par un captage irrégulier, faible ou nul dans certains secteurs. Il faut préciser que si l'huître *C. angulata* présentait deux à trois pontes successives, l'huître *C. gigas* n'en présente qu'une seule dans le bassin de Marennes-Oléron, induisant un risque potentiel plus important de non recrutement. Il apparaît ainsi que l'exigence thermique pour la gamétogenèse de *C. gigas* serait supérieure à celle de *C. angulata*.

En 1972, en 1981 et en 1986 les seuls déficits thermiques notables sont situés en début de la phase de la gamétogenèse active de février à avril, induisant un retard du début de la gamétogenèse. La somme des degrés-jour des mois suivants n'est pas suffisante pour rattraper le retard n'entraînant soit pas de ponte soit une ponte tardive (fin août, début septembre). Or la ponte et la survie larvaire nécessitent une température de l'eau supérieure à 18°C pour *C. gigas* (Mann, 1979). Les conditions optimales des températures pour assurer la meilleure croissance des larves étant de l'ordre de 23°C (Marteil, 1976). Ceci explique le non captage régulier au nord de l'île de Ré et les défauts de captage en 1981 et 1986 dus à une ponte tardive (août-septembre) intervenant lors de températures basses.

Ainsi on peut mettre en relation les températures et les salinités rencontrées pendant la période de l'évolution des larves pour caractériser les conditions favorables à un bon recrutement (fig. 49). Ces données sont acquises deux fois par semaine en 7 stations du bassin

de Marennes-Oléron par l'IFREMER, Laboratoire Aquaculture jusqu'en 1984 et Laboratoire CSRU depuis.

température

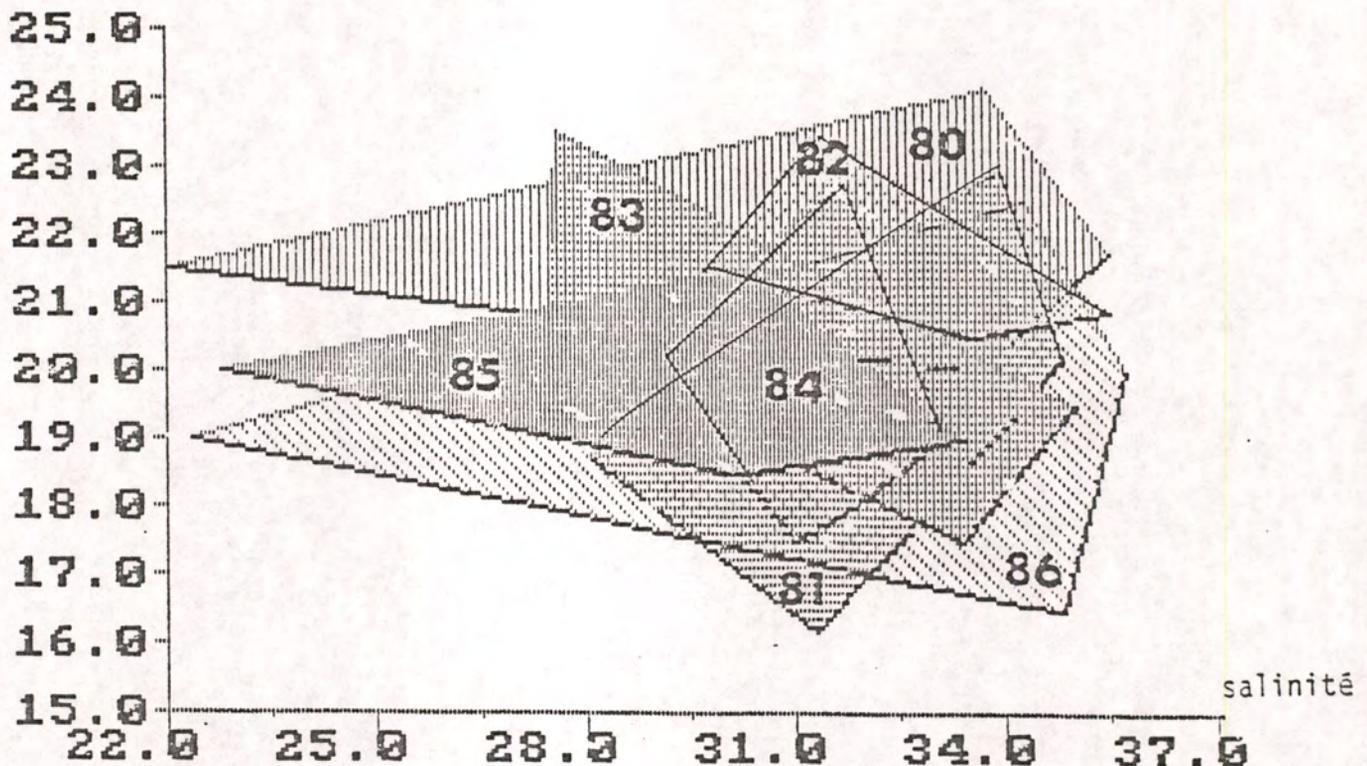


Figure 49 : Evolution des conditions de températures et de salinités pendant la période d'évolution des larves des huîtres japonaises *Crassostrea gigas* de 1980 à 1986.

Il apparait nettement que les deux années sans captage, 1981 et 1986, correspondent à des températures basses nettement inférieures à 18°C alors que la salinité présente des variations comparables avec celles des années antérieures.

CONCLUSION

Il est difficile d'imputer à la baisse de débit de la Charente, le non captage de 1981 et 1986 mais il faut plutôt rechercher son explication dans un déficit thermique cumulé au moment de la gamétogenèse, induisant une ponte tardive lorsque les températures de l'eau atteignent 16°C, provoquant de fortes mortalités larvaires.

CONCLUSION GENERALE

Le suivi bi-mensuel annuel des paramètres physico-chimiques des eaux de l'estuaire confirme les forts apports de nitrates tandis que les phosphates sont adsorbés sur les particules. Le suivi hebdomadaire du bloom phytoplanctonique printanier montre que la zone de production primaire maximale se localise dans un triangle compris entre Port des Barques, l'Ile d'Aix et le Nord de Lamouroux. Les campagnes hydrobiologiques en étiage permettent de préciser la variabilité en point fixe des paramètres physico-chimiques et de la biomasse phytoplanctonique, le système fonctionnant comme un chémostat avec impulsion de nitrates et silices provenant de Charente à marée basse. L'estimation de la fertilité des eaux de la Charente, de l'eau du panache de l'estuaire et du secteur océanique est estimée parallèlement à une simulation des augmentations de débit de la Charente de 1 %, 3 %, 6 %, 12 % et 20 %. Il apparait que les eaux pauvres océaniques peuvent après adjonction de 6-12 ou 20 % d'eau de Charente produire des biomasses phytoplanctoniques 2 à 10 fois supérieures à celles produites dans l'eau d'origine. En revanche, les eaux plus riches du panache estuarien ne produisent que des biomasses 2 fois plus importantes après un enrichissement de 20 %. Enfin une analyse des caractéristiques du captage du naissain de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* montre que le recrutement est plus soumis à l'influence de la température pendant la période de survie larvaire qu'à la dessalure provoquée par l'apport d'eau douce de la Charente.



IFREMER

Siège social 66, avenue d'Iéna 75116 Paris
Tél. 47 23 55 28 Télex 610775