

44748

Vu GB

Région Nord-Pas de Calais
CONSEIL REGIONAL

CCF NDC alain

SEMINAIRE

"ETUDE INTEGREE DU LITTORAL"

AMBLETEUSE

19 ET 20 SEPTEMBRE 1985



IFREMER-DERO/EL



0EL04404

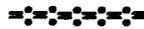
IFREMER

SEMINAIRE

"ETUDE INTEGREE DU LITTORAL"

AMBLETEUSE

19 ET 20 SEPTEMBRE 1985



- 15 H 00 - 15 H 30 Effets des polluants métalliques sur les espèces
(M. DELVAL, M. DEWARUMEZ, A. RICHARD -
Station Marine de Wimereux - U.S.T.L.)
- 15 H 30 - 16 H 00 Effets sur les moules et mécanismes de bio-accumulation
(M. MOREL, IFREMER ; R. DELESMONT, I.P.L.)
- 16 H 00 - 16 H 30 Aspects méthodologiques pour l'analyse des relations entre
la pollution des sédiments et la structure des peuplements
marins
(S. FRONTIER - Station Marine de Wimereux - U.S.T.L.)

16 H 30 Pause

Trait de côte et sédiments

- 16 H 45 Zones sensibles
(J.P. DHORME, Service Maritime des ports de Boulogne
et Calais ; B. TOISON, E.N.R. Conseil Régional Nord/
Pas-de-Calais)
- 17 H 00 Etude sédimentologique du site de Wissant
(P. CLABAUT - U.S.T.L.)
- 17 H 30 Gravier, gisements et ressources potentielles
(P. CLABAUT, U.S.T.L. ; A.P. CRESSARD, IFREMER)
- 18 H 00 Aspects économiques
(M. BLANPAIN, Direction Régionale de l'Equipement)

VENDREDI 20 SEPTEMBRE 1985

RESSOURCES VIVANTES

Président de séance : Monsieur Gérard LEFRANC, Directeur du Centre IFREMER
Boulogne

Rapporteur : Monsieur Alain RICHARD, Professeur à l'U.S.T.L.

- 8 H 30 - 8 H 45 Impact de l'exploitation des sables et graviers marins
sur la pêche artisanale
(M. DELPECH, IFREMER)
- 8 H 45 - 9 H 45 Mytiliculture
Développement de la mytiliculture
(M. LAMOLLET, IFREMER)
Captage de naissain
(M. BLOND, Crédit Maritime - Station Marine de Wimereux)
- 9 H 45 - 10 H 15 Aquaculture
(M. LECLERCQ, IFREMER)
- 10 H 15 - 10 H 45 Algoculture
(M. DESTOMBES, U.S.T.L.)
- 10 H 45 - 11 H 15 Pause

VALORISATION DES PRODUITS DE LA MER

- 11 H 15 - 12 H 15 Le Centre d'Expérimentation et de Valorisation des Produits
de la Mer
(M. BECEL, IFREMER)
Le surimi
(M. HAN CHING, IFREMER)
- 12 H 15 Repas

BILAN ET PERSPECTIVES

Présidence conjointe : M. Christian LEFEBVRE M. Jean-Paul TROADÈC
Conseiller Régional, Directeur Général Adjoint
Adjoint au Maire de Boulogne de l'IFREMER

- 14 H 00 - 14 H 30 Un exemple d'action menée dans le cadre de l'étude intégrée
du littoral : le site de Wissant
(H. CHAMLEY, Professeur à l'U.S.T.L. ; B. TOISON, E.N.R.)
- 14 H 30 - 15 H 00 Rapport environnement
(O. ARNAL, IFREMER)
- 15 H 00 - 15 H 30 Rapport ressources vivantes
(A. RICHARD, Station Marine de Wimereux - U.S.T.L.)
- 15 H 30 Discussion
- 16 H 30 Cocktail

SOMMAIRE

Page

IERE PARTIE : ENVIRONNEMENT

I - Inventaire des polluants, transfert et dispersion

Variations hydrologiques régionales (H. GROSSEL, IFREMER) 1

Dispersion des masses d'eaux littorales et des panaches
issus des rejets en mer (O. ARNAL, IFREMER) 7

La qualité des eaux portuaires et le rôle des particules en suspension
dans le transport des contaminants 13
(N.PROIX, J.C. FISCHER, M. WARTEL : U.S.T.L.)

Etude de la matière en suspension, et de son rôle dans
le transfert de polluants (J.F. HERNANDEZ, I.P.L.) 17

Devenir des bactéries entériques en mer du Nord 23
(C. OGER, I.P.L.)

Que sait-on des pollutions microbiennes des eaux littorales
de la région Nord ? (J.M. DELATTRE, I.P.L.) 29

Pollution chimique du littoral Nord/Pas-de-Calais 35
Etude spécifique de secteurs contaminés (J.C. L'HOPITAULT, I.P.L.)

Transfert des polluants dans la zone littorale 41
Impact des rejets de pollution bactérienne
(M. GRANDMOUGIN, Agence de l'Eau)

II - Effets des polluants sur les milieux marins

Etude comparative des différents peuplements benthiques 45
(J. PRYGIEL, Station Marine de Wimereux)

Effets des rejets de vases portuaires sur les sédiments 51
et les peuplements benthiques au large de Boulogne
(J.L. BOURGAIN, S. DEWEZ, C. BECK, A. RICHARD : S.M.W.-U.S.T.L.)

Contamination des espèces benthiques par les polluants métalliques 57
(C. DELVAL, J.M. DEWARUMEZ, M. WARTEL, A. RICHARD : S.M.W.)

Mécanismes de bioaccumulation des germes 61
par les mollusques (M.MOREL, IFREMER)

Mécanismes de bioaccumulation par les mollusques 71
(R. DELESMONT, I.P.L.)

Aspects méthodologiques de l'analyse des relations entre la pollution des sédiments et la structure des peuplements marins (F.DESSAINT, S. FRONTIER : S.M.W.-U.S.T.L.)	75
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

III - Trait de côte et sédiments

Evolution du trait de côte et zones sensibles (J.P. DHORME, Service maritime des ports de Boulogne et Calais)	91
Etude sédimentologique du littoral de Wissant P. CLABAUT, H. CHAMLEY, C.BECK : U.S.T.L.)	97
Répartition des formations superficielles au large de Boulogne sur Mer (C. AUGRIS, P. CLABAUT : IFREMER-U.S.T.L.)	101
Approche économique du marché des matériaux marins (M. BLANPAIN, D.R.E.)	107

2EME PARTIE : RESSOURCES VIVANTES

Impact de l'exploitation des sables et graviers marins sur la pêche artisanale (M. DELPECH, IFREMER)	115
Le développement de la mytiliculture dans la région Nord/Pas-de-Calais (J. LAMOLET, IFREMER)	127
Captage de naissain local de moules (J. BLOND, crédit maritime ; A. RICHARD, S.M.W.)	130
Présentation des travaux de la station d'essai et de formation aquacole de Gravelines (SEFA) (M. LECLERCQ, IFREMER)	143
Algoculture (C. DESTOMBE , USTL)	151

3EME PARTIE : VALORISATION DES PRODUITS DE LA MER

Création du centre d'études et de valorisation des produits de la mer à Boulogne sur Mer (P. BECEL, IFREMER)	159
Technologie du surimi et du kamaboko (L. HAN CHING, IFREMER)	161

4EME PARTIE : BILAN ET PERSPECTIVES

Rapport environnement (O. ARNAL, IFREMER)	165
Rapport ressources vivantes (A. RICHARD, S.M.W.)	175

IERE PARTIE

ENVIRONNEMENT

INVENTAIRE DES POLLUANTS, TRANSFERT ET DISPERSION

VARIATIONS HYDROLOGIQUES REGIONALES

par

Hubert GROSSEL
"Environnement Littoral"

— L'influence des apports telluriques sur le milieu marin est unanimement reconnue aujourd'hui : dessalure de l'eau de mer côtière, enrichissement en sels nutritifs, en matières en suspension et en polluants bactériens ou chimiques résultent de ces vecteurs que sont les cours d'eau ou les concentrations portuaires. —

Cependant, la variété et la complexité des processus mis en jeu, tant sur le continent qu'en mer, gênent voire même empêchent les relations quantitatives directes entre une cause parfois délicate à bien cerner à terre et un effet presque toujours diffus en mer. Dans un détroit comme celui du Pas-de-Calais, la force des courants de marée (courants alternés de jusant et de flot) alliée à la dérive globale de la masse d'eau vers la Mer du Nord est la principale raison de cette difficulté. Vu sous l'aspect du pouvoir dispersif des polluants par la mer, c'est un atout qui ne doit cependant pas justifier une quelconque attitude de pollueur. Mais les courants, outre leur effet dispersif, ont par leur dominante parallèle à la côte un effet de canalisation de la masse d'eau côtière dont la limite vers le large (en fait, il s'agit souvent d'un gradient) sera d'autant plus lointaine que la pente des fonds est faible.

La circulation générale en Manche explique donc qu'une masse d'eau passant devant un estuaire intègre les apports de ce fleuve puis chemine vers le nord, modifiée au fur et à mesure par les apports et les dilutions des estuaires successifs qu'elle rencontre ainsi que par ceux de la masse d'eau marine environnante.

.../...

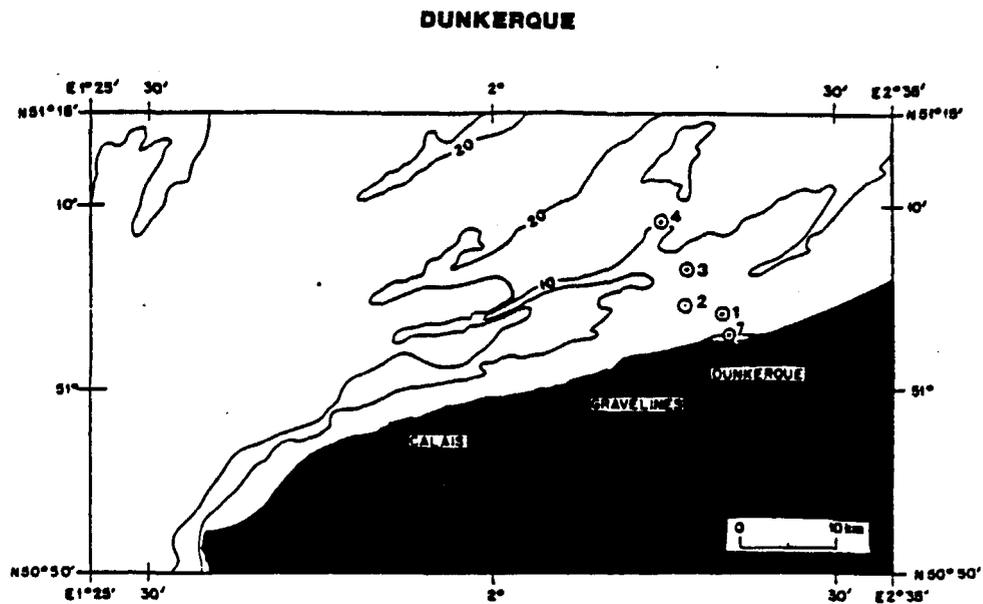


Figure 1 : Seules les données des stations 1 et 3 de la radiale de Dunkerque ont été utilisées dans ce travail.

Partant de ce principe, une masse d'eau échantillonnée devant Dunkerque (par exemple) doit intégrer dans ses paramètres descripteurs l'historique de son évolution, lié à ses déplacements le long du littoral régional.

La complexité des processus mis en jeu rend l'analyse fine illusoire, mais une analyse globale reste possible. Elle conditionne une sélection des paramètres étudiés, limités à ceux généralisables à tous les rejets estuariens dont on ne retiendra ici que la salinité (la dessalure étant indicatrice du rejet) et les teneurs en nitrates et en phosphates.

La radiale R.N.O. (Réseau National d'Observation du Milieu Marin) de Dunkerque (figure 1) permet, par la trame temporelle de son échantillonnage, de suivre l'évolution saisonnière de ces paramètres et d'analyser une éventuelle dérive de leur niveau moyen au cours des années.

Illustrées en figure 2, ces oscillations saisonnières laissent voir une dérive pluriannuelle (mise en évidence en figure 4) nettement perceptible pour la densité de l'eau de mer qui dépend directement de la salinité.

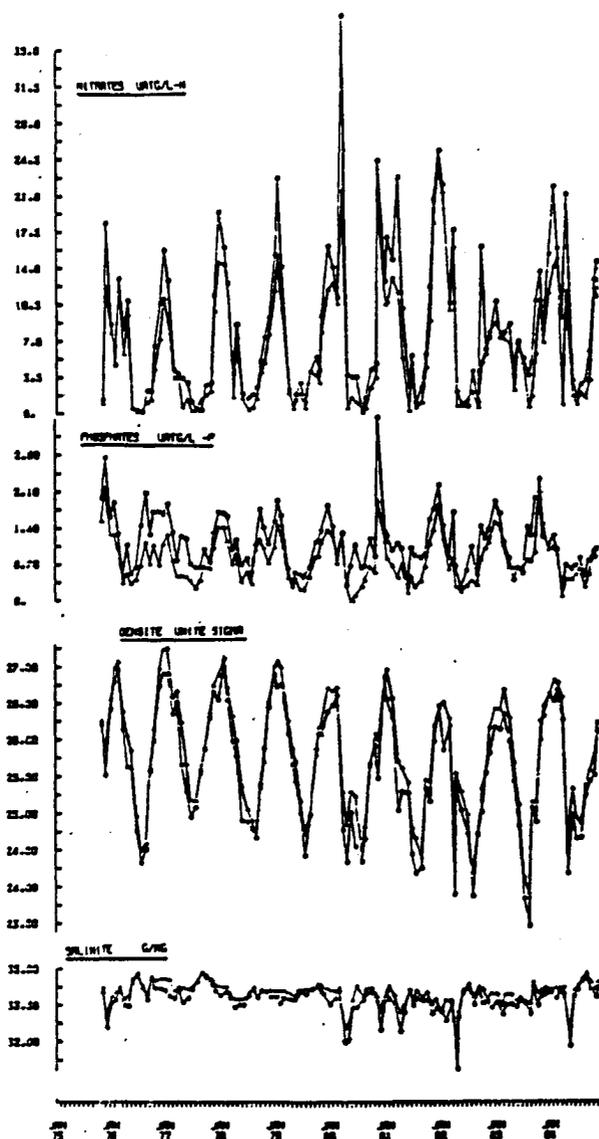


Figure 2 :

Site R.N.O. de Dunkerque (stations 1 et 3, niveaux confondus).

10 années de suivi montrent ce qu'a pu être l'évolution du milieu marin : les variations saisonnières présentent une dérive pluriannuelle, allant dans le sens d'une diminution des salinités à laquelle correspondent une baisse nette de la densité de l'eau et une augmentation des teneurs en nitrates entre 1976 et 1981. Les teneurs en phosphates ne présentent pas de dérive particulière.

On constate que les stations 1 et 3 de la radiale sont concernées par ce phénomène, témoignant ainsi de l'importance de la masse d'eau affectée puisqu'il s'agit d'une frange littorale d'au moins 10 km de large en face de Dunkerque.

Seules des conditions climatiques peuvent être à l'origine de telles variations. Elles nous amènent à rechercher dans le débit des fleuves régionaux une explication à la dérive observée dans le temps en mer. Les données fournies par le S.H.C. du Bassin Artois-Picardie permettent d'en tracer les évolutions (figure 3).

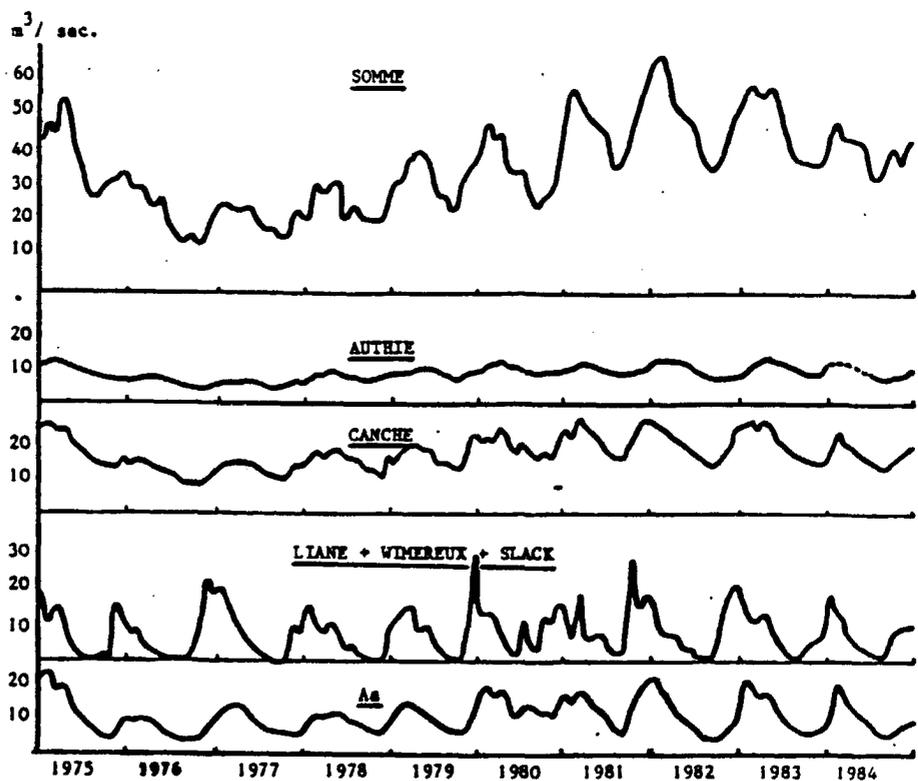


figure 3. . DEBITS DES FLEUVES REGIONAUX

Pour ce qui nous concerne ici, on constate d'emblée une augmentation sensible des débits de tous les fleuves régionaux, phénomène particulièrement visible pour la Somme. Les apports régionaux passent ainsi (figure 4) de 50 à 100 m³/sec de 1976 à 1981. Inversement, les salinités moyennes diminuent tandis que l'eau de mer s'enrichit en nitrates et ne présente pas d'évolution particulière des teneurs en phosphates.

Cette distinction entre le comportement des nitrates et celui des phosphates en mer est à relier à la consommation régionale en engrais agricoles. On sait en effet que les éléments fertilisants ne se comportent pas tous de la même façon dans les sols : les phosphates sont retenus par la capacité d'échange ionique des sols alors que les nitrates ne le sont pas et, à défaut d'être prélevés par les plantes, migrent avec l'eau du sol. Les fournitures régionales en engrais (moyennes lissées) apparaissent en figure 4.

Alors que les engrais azotés continuent à être de plus en plus consommés, la gestion des engrais phosphatés, facilitée par leur comportement dans les sols, s'est améliorée, induisant un fléchissement et même une diminution de leur consommation.

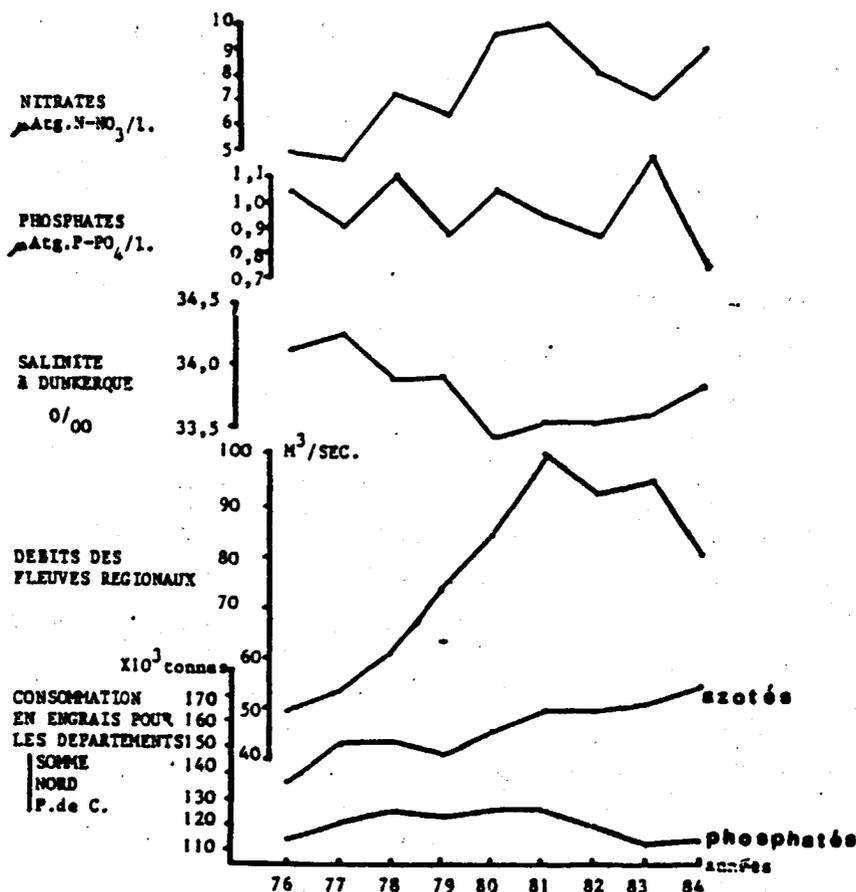


Figure 4 : Moyennes annuelles.

L'évolution du débit des fleuves régionaux est à relier à celles de la salinité de la radiale de Dunkerque, ainsi qu'à celle des teneurs en nitrates. L'évolution de l'utilisation des engrais azotés et phosphatés permet de discerner une composante essentielle de l'enrichissement du milieu marin en sels nutritifs : à un palier de consommation d'engrais phosphatés correspond des teneurs en phosphates en mer sans tendance significative ; alors que l'augmentation constante de la consommation en engrais azotés, fonctionnant en synergie avec le débit des fleuves entre 1976 et 1981, quant à leur effet sur les teneurs en mer, semble pallier la baisse des débits en 1984 par un renforcement du stock de nitrates en mer.

CONCLUSION :

Les suivis pluriannuels de la qualité du milieu marin montrent dans le cas présenté tout leur intérêt : par la connaissance du milieu observé et l'analyse des évolutions, ils permettent de porter un diagnostic sur la qualité des eaux. Ce diagnostic fait apparaître des phénomènes de dérives de certains paramètres dont l'interprétation n'est rendue possible que par la confrontation des données marines et de données terrestres : pluviométrie des bassins versants, débits des fleuves, épandages agricoles et autres activités humaines... Un travail imposant reste à faire, de collecte de données diverses et dispersées, qui permettrait par des collaborations entre organismes de mieux connaître le pourquoi de la qualité des eaux marines. Entre 1976 et 1981, la salinité des eaux littorales de la région dunkerquoise a diminué, alors que leur teneur moyenne en nitrates a doublé. La synergie entre le doublement du débit des fleuves durant cette période, lié à la climatologie, et l'accroissement des épandages agricoles azotés, entre certainement dans l'explication de ce phénomène sans que l'on puisse aujourd'hui attribuer à chacun sa part respective. En outre, le comportement des engrais phosphatés dans le sol a permis une amélioration dans la gestion de ces produits. Entre 1976 et 1981, malgré le doublement des débits telluriques à la mer, les teneurs des phosphates en mer n'ont pas présenté de phénomène de dérive. Deux raisons liées entre elles concourent à ce résultat :

- 1) les phosphates restent dans le sol récepteur et polluent peu (moins que les nitrates) les nappes phréatiques ou les rivières par lessivage ;
- 2) grâce à cette propriété, les agriculteurs ont pu limiter (et même restreindre) leur consommation en engrais phosphatés.

**DISPERSION DES MASSES D'EAUX LITTORALES ET DES PANACHES
ISSUS DES REJETS EN MER :**

**ANALYSE PAR THERMOGRAPHIE AERIENNE I.R. SUR LE LITTORAL
NORD - PAS DE CALAIS**

par

O. ARNAL (IFREMER) et R. BURKHALTER (L.N.E.)

Dans le cadre du programme intégré de l'Environnement marin Nord/Pas-de-Calais, l'IFREMER (Centre de Boulogne) a proposé de réaliser une approche globale du devenir des masses d'eaux côtières et de la dispersion des apports continentaux. Cette démarche prospective utilise la photographie aérienne en infra-rouge thermique (thermographie).

Cette étude, financée par l'IFREMER dans le cadre de la convention signée avec la Région Nord/Pas-de-Calais, a été réalisée grâce à la collaboration du Laboratoire National d'Essais pour la mise en oeuvre technique et l'acquisition des documents thermographiques.

I - LES OBJECTIFS

L'objectif de l'étude consiste à visualiser, sur une bande côtière allant de la baie de Somme à la frontière belge, la présence de panaches issus de rejets débouchant en mer, leur extension et leur dispersion.

Il s'agira de préciser quels sont les principaux transferts des eaux marines et d'identifier l'étendue des zones côtières influencées par ces rejets.

./...

II - LE PROGRAMME PREVU

Le programme comporte deux missions aériennes comportant chacune deux survols.

Pour visualiser les extensions limites des panaches, la première mission aura lieu en condition de courant fort (coefficient de marée ≥ 100) et la seconde en condition de courant faible (coefficient < 50).

Pour chaque mission, un survol sera effectué pendant le flot (courant portant vers le nord-est, de PM -3h à PM +3h), l'autre en jusant (courant portant vers le sud-ouest, de PM -3h à PM +3h).

En outre, les survols doivent avoir lieu en période de marée descendante (PM à PM +6h) au moment de la "vidange" des zones semi-fermées tels que les ports et les estuaires.

Toutes ces contraintes liées à la marée nous ont amené à prévoir des survols à des heures précises : PM +1h (survol de flot) et PM +5h (survol de jusant).

D'autre part, il fallait, pour le choix des dates des survols :

- une période de l'année où les débits des apports sont suffisamment élevés et de température différente de celle des eaux marines littorales ;
- un ciel clair, avec absence de nuages, permettant la couverture d'une bande littorale d'au moins 3 km de large.

L'ensemble de ces conditions nous ont conduit à définir deux périodes favorables :

- avril à juin,
- octobre-novembre

III - MATERIEL UTILISE

Le système de thermographie infra-rouge embarqué est constitué :

- d'une tête d'analyse SOSIE de la SAT (8-12 μm)
- d'un système de visualisation à bord
- d'un enregistrement vidéo des images

Les caractéristiques du scanner sont les suivantes :

- . vitesse de balayage : 200 lignes/seconde
- . angle de balayage : 90°
- . angle d'analyse : 1,5 mrad
- . sensibilité : 0,2°

- d'un radiothermomètre linéaire infra-rouge BARNES PRT5.

Le vecteur aérien est un Pilatus Porter spécialement équipé pour la thermographie aérienne.

IV - PRINCIPAUX RESULTATS

Les contraintes que nous nous étions imposées ont été difficiles à réunir. Néanmoins, deux missions ont pu être réalisées :

- le 27 octobre 1984 (vols 1 et 2)
coefficient de marée 101
- le 10 juillet 1985 (vols 3 et 4)
coefficient 45

La zone littorale a été couverte sur environ 4000 m de large dont la moitié au moins concerne le domaine marin.

L'ensemble des thermographies mettent en évidence des structures thermiques qui présentent les caractéristiques suivantes :

- les principaux panaches observés correspondent aux estuaires, aux ports et à la Centrale EDF de Gravelines. Ce dernier est particulièrement "visible" compte tenu du débit rejeté et de son échauffement (+10°C en moyenne).
- Les panaches sont plaqués à la côte sur une largeur moyenne d'environ 500 m.
- Ils se développent alternativement vers le Nord en flot et vers le Sud en jusant, autour du point de rejet.
- Certains de ces panaches semblent persister sur plusieurs cycles de marées successifs.

- L'extension des panaches, faible vers le large, est importante le long du trait de côte. Elle peut atteindre près de 30 km sur un seul cycle de marée et pour un coefficient de marée élevé.
- L'allure générale des structures révèle la présence d'un gradient côte-large, marqué par une ou plusieurs discontinuités thermiques parallèles à la côte, délimitant :
 - . une zone côtière influencée par les apports continentaux d'environ 1-2 km de largeur
 - . une zone du large plus océanique.
- L'existence de mouvements tourbillonnaires indique des déplacements de type turbulent susceptibles d'être renforcés par l'action du vent et de la houle.
- Des mouvements particuliers se développent à "l'abri" des digues (Boulogne, Malo...) et des caps (Gris-Nez). Les structures semblent indiquer la présence de vortex avec de possibles contre-courants côtiers.

V - CONCLUSION

L'examen des documents et les interprétations d'ensemble qui ont été faites, montrent une bonne adaptation de la technique à l'objectif poursuivi : la principale difficulté rencontrée dans cette expérimentation a été le respect des paramètres fixés lors de la définition des survols. Les reports ont été nombreux pendant une période couvrant plus d'une année.

Résultats d'ensemble :-

Les documents obtenus montrent bien l'influence directe des courants inverses au cours des périodes de flot et de jusant.

Les rejets, à quelques exceptions près (dues à des situations topographiques particulières), sont entraînés par le courant principal.

La caractéristique courantologique qui en découle est la dérive parallèle à la côte de l'ensemble des eaux telluriques : sur la quasi totalité des images thermiques, ce phénomène est constant.

La dispersion au large reste très limitée. Ce résultat semble confirmé par les structures engendrées par les cycles précédents visualisés au moment du survol.

Cette expérimentation a fourni des données générales sur la courantologie côtière de l'ensemble de la zone et le mode de déplacement des eaux terrigènes; elle pourrait être prolongée par des compléments sur des sites particuliers avec une succession de mesures plus rapprochées dans le temps.

L'utilisation d'images satellitaires pourrait apporter des données importantes sur la courantologie générale et la présence éventuelle de fronts thermiques au large. L'analyse locale effectuée sur la côte pourrait être ainsi replacée dans un cadre plus général.

Cette expérience peut à l'heure actuelle être réalisée grâce à l'existence (1984) du satellite Landsat 5 sur lequel est embarqué un scanner multispectral T.M. possédant une bande spectrale 8-12 μ avec une résolution au sol de 100 m.

**LA QUALITE DES EAUX PORTUAIRES ET LE ROLE DES PARTICULES EN SUSPENSION
DANS LE TRANSPORT DES CONTAMINANTS : EXEMPLE DU PORT DE BOULOGNE-SUR-MER.**

N. PROIX, J.C. FISCHER et M. WARTEL

UNIVERSITE DE LILLE I, LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE ET MARINE.

Un des propos de ce travail est de contribuer à établir une base de données permettant d'évaluer l'impact du site du port de Boulogne-sur-Mer, sur le milieu littoral proche. L'étude du rôle des particules en suspension dans le transport de contaminants, limités dans un premier temps aux métaux lourds, en constitue une première approche.

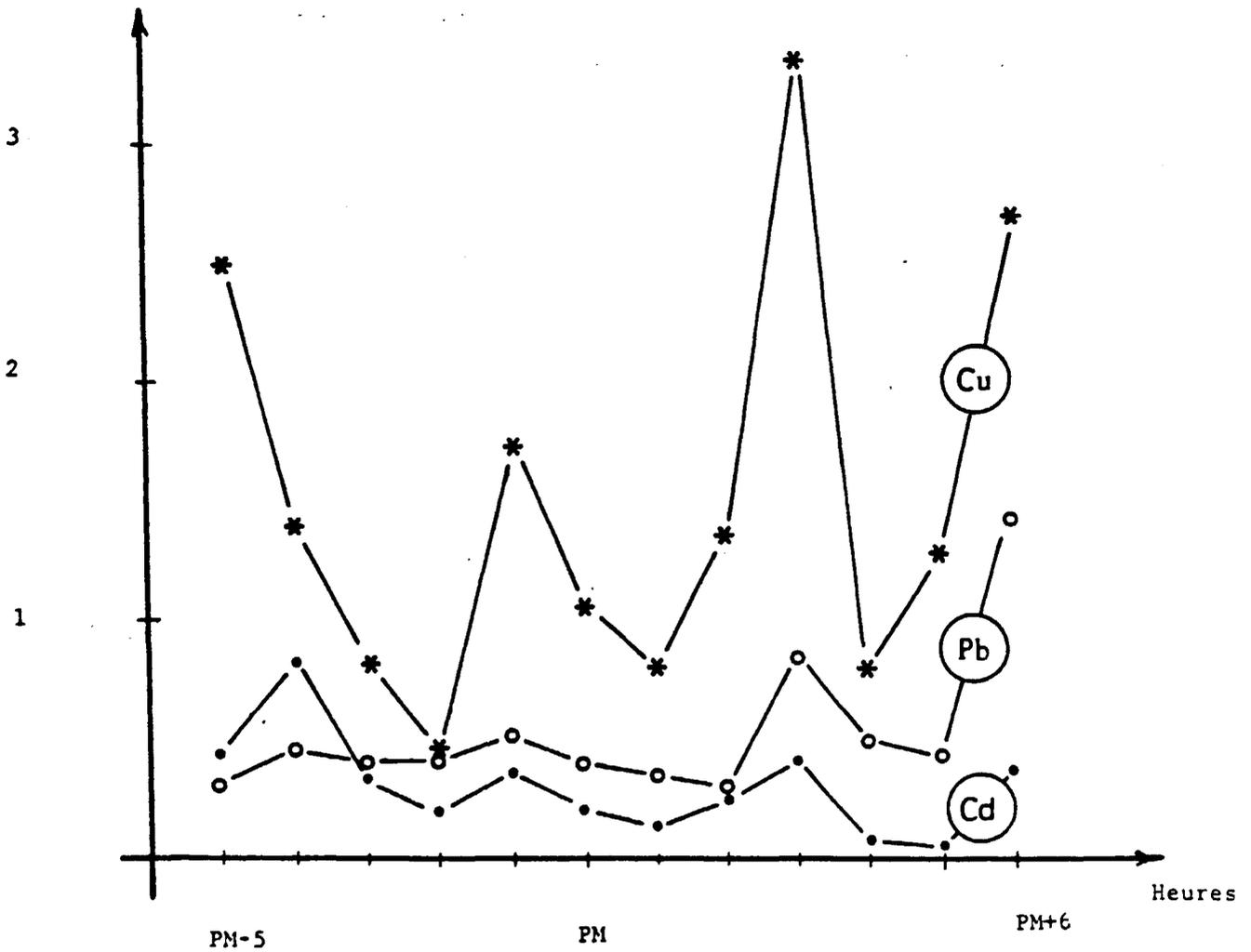
Un tel objectif a nécessité l'élaboration d'une stratégie d'échantillonnage et l'obligation de connaître un grand nombre de paramètres physico-chimiques. L'étude a essentiellement été réalisée dans l'axe du chenal portuaire trois heures avant et trois heures après la pleine mer pendant plusieurs mois, afin de tenter de mettre en évidence des différences de comportement des particules en suspension lors du remplissage et de la vidange du port. La figure ci-dessous où sont représentées les teneurs totales (particulaires et dissous) en cadmium, cuivre et plomb lors d'un cycle de marée justifie les heures de prélèvements.

Le nombre important de paramètres mesurés lors des divers prélèvements a nécessité l'emploi de techniques d'analyses multidimensionnelles des données: analyse en composantes principales et analyse factorielle discriminante.

Ces deux techniques font clairement apparaître un comportement saisonnier des polluants métalliques. Les concentrations en cuivre, cadmium, plomb et mercure sont globalement plus grandes l'été que l'hiver (eau + particules).

De plus, l'étude des concentrations métalliques particulières et la normalisation au fer (tableau ci-joint) montrent que les teneurs en cuivre, cadmium et zinc sont plus importantes l'été que l'hiver alors que le plomb reste sensiblement constant. Ce résultat est essentiellement dû à un facteur biotique pour les trois premiers métaux

UR.1-1



(matière organique vivante ou détritique) et à un facteur abiotique pour le plomb. Ce métal est facilement adsorbé par les hydroxydes ou oxydes de fer et de manganèse. Ces deux derniers métaux ont un caractère conservatif.

Une analyse factorielle discriminante, menée sur les concentrations métalliques particulières, a permis de mettre en évidence que les particules sortant du port lors de la vidange sont plus chargées en cuivre et en plomb que celles qui entrent lors du remplissage.

Le flux de particules entrant étant supérieur au flux de particules sortant, l'influence globale du port de Boulogne-sur-Mer (métal particulaire + métal dissous) sur la qualité du milieu littoral proche

	ETE PM -3	ETE PM +3	HIVER PM -3	HIVER PM +3
Fe	1	1	1	1
Ca	7.3 ± 1.1	7.1 ± 1.2	12.3 ± 2.9	11.2 ± 3.5
Mg	3.2 ± 1.6	5.0 ± 3.9	4.0 ± 4.6	3.3 ± 2.1
Mn	$2.9 \cdot 10^{-2} \pm 1.5 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-2} \pm 3.4 \cdot 10^{-2}$	$3.8 \cdot 10^{-2} \pm 3.3 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-2} \pm 1.6 \cdot 10^{-2}$
Zn	$2.7 \cdot 10^{-2} \pm 2.1 \cdot 10^{-2}$	$3.05 \cdot 10^{-2} \pm 1.0 \cdot 10^{-2}$	$2.5 \cdot 10^{-2} \pm 1.8 \cdot 10^{-2}$	$2.1 \cdot 10^{-2} \pm 1.5 \cdot 10^{-2}$
K	1.8 ± 0.6	3.0 ± 2.2	2.2 ± 2.3	1.7 ± 1.1
Al	1.3 ± 0.1	1.1 ± 0.2	3.0 ± 2.7	2.8 ± 1.5
Cu	$3.4 \cdot 10^{-3} \pm 2.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3} \pm 4.7 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3} \pm 0.3 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{-3} \pm 0.8 \cdot 10^{-3}$
Cd	$1.1 \cdot 10^{-3} \pm 0.9 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-3} \pm 1.3 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-4} \pm 5.1 \cdot 10^{-4}$	$4.0 \cdot 10^{-4} \pm 2.5 \cdot 10^{-4}$
Pb	$2.3 \cdot 10^{-3} \pm 1.0 \cdot 10^{-3}$	$3.1 \cdot 10^{-3} \pm 2.4 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{-3} \pm 1.2 \cdot 10^{-3}$	$2.8 \cdot 10^{-3} \pm 1.4 \cdot 10^{-3}$
Hg	$3,7 \cdot 10^{-4} \pm 2,2 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4} \pm 3,5 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4} \pm 8,2 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4} \pm 4,6 \cdot 10^{-4}$

n'est pas fortement marquée. Cependant les fortes teneurs métalliques -dont l'origine reste à découvrir- observées dans certains sédiments prélevés dans le port entraînent une pollution différée lors de tempêtes ou de rejets de dragage.

- 17 -

Institut Pasteur de Lille

SERVICE DES EAUX

1, rue du Professeur Calmette
BP 245
59019 LILLE Cédex

QUALITE DES EAUX PORTUAIRES DE BOULOGNE :
ETUDE DE LA MATIERE EN SUSPENSION, ET DE SON
ROLE DANS LE TRANSFERT DE POLLUANTS

Microbiologie
par J. Fr. HERNANDEZ

I / POINTS DE PRELEVEMENT ET STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE /

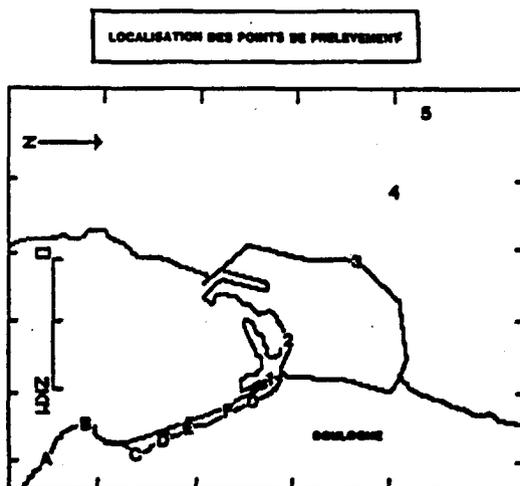


Figure n° 1

Nous avons effectué à la demande d'IFREMER trois types de suivi :

- 1) Un suivi mensuel comportant :
 - . 2 prélèvements à l'entrée de la rade à l'étalement des courants (point 3),
 - . 1 prélèvement sur la Liane en amont de l'ensemble portuaire à PM (point F),
- 2) Un suivi à l'entrée de la rade sur un cycle de marée, avec un prélèvement toutes les heures (point 3),
enfin,
- 3) Une campagne synoptique comportant 2 séries d'échantillons prélevés en 5 points situés sur une radiale dans l'axe du chenal

... / ...

portuaire avec 2 points à l'intérieur du chenal et 2 points à l'extérieur (point 1 à 5).

Pour les paramètres bactériologiques la radiale comporte 12 points répartis entre l'amont de la Liane et l'extérieur du port (point A à 5).

II / PARAMETRES ANALYSES /

TEMPERATURE

pH

O₂ DISSOUS

SALINITE

MEST

COP

CHLOROPHYLLE

NO₃ NO₂ NH₄

PO₄

SiO₂

E. COLI

STREPTOCOQUES FECAUX

III / SUIVI MENSUEL /

PORT : SUIVI MENSUEL

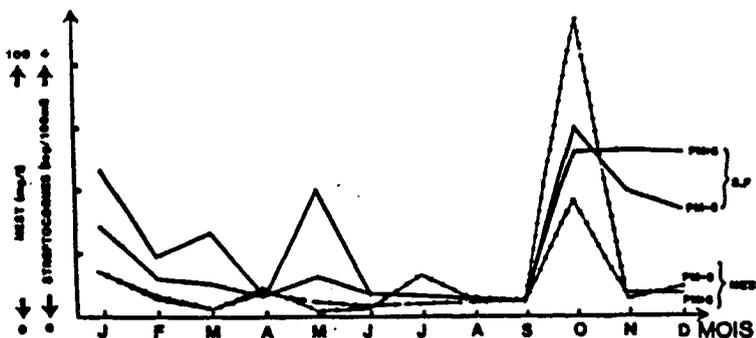


Figure n° 2

Comme le montre la figure n° 2, nous avons observé lors du suivi mensuel au point 3, des valeurs exceptionnelles au mois d'Octobre, en ce qui concerne les MEST et les germes indicateurs de contamination fécale. Ces valeurs très élevées correspondent à des prélèvements effectués par mer agitée. En ce qui concerne les sels nutritifs les maxima s'observent en hiver.

... / ...

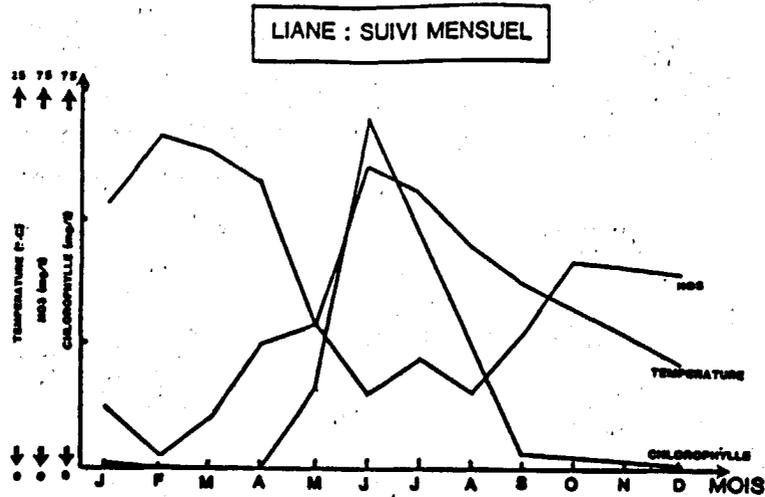


Figure n° 3

La figure n° 3 montre qu'au niveau de la Liane, la température constitue le paramètre prépondérant. Avec une élévation de la température nous constatons une diminution des nitrates et une augmentation de la chlorophylle. La teneur en E. coli et streptocoques fécaux est toujours élevée et varie de façon aléatoire au cours de l'année.

REGRESSION MULTIPLE SUR LES VALEURS MENSUELLES

PARAMETRE	ECART EN %	CONTRIBUTIONS RESPECTIVES EN %			R ²
		PM-3	LIANE	AUTRES	
NO3	+ 9	81	0	19	0,99
NO2	+ 22	86	0	14	0,97
NO	+ 3	79	0	21	0,95
NOx	+ 144	63	0	37	0,70
PM1	+ 7	77	0	23	0,70
MEST	- 32	47	29	24	0,66
CP	+ 262	25	170	-95	0,70
STREP	+ 289	16	54	30	0,61
COP	+ 4	39	18	43	0,60

Tableau n° 1

Par régression linéaire multiple (tableau n° 1), nous avons essayé de dégager, pour l'ensemble des paramètres, une relation entre les valeurs enregistrées à PM+3, PM-3 à la sortie de la rade et à PM sur la Liane.

Il en ressort que :

- pour tous les paramètres, excepté les MEST, les teneurs observées à PM+3 sont supérieures à celles de PM-3,
- pour les MEST, le COP, E. coli et les streptocoques fécaux l'influence de la Liane se fait sentir au point 3 à PM+3,

... / ...

- pour les E. coli et le COP d'autres origines que la Liane doivent être recherchées étant donné que les prélèvements à PM-3 et PM expliquent moins de 50 % de la variabilité à PM+3.

IV / CYCLE DE MAREE /

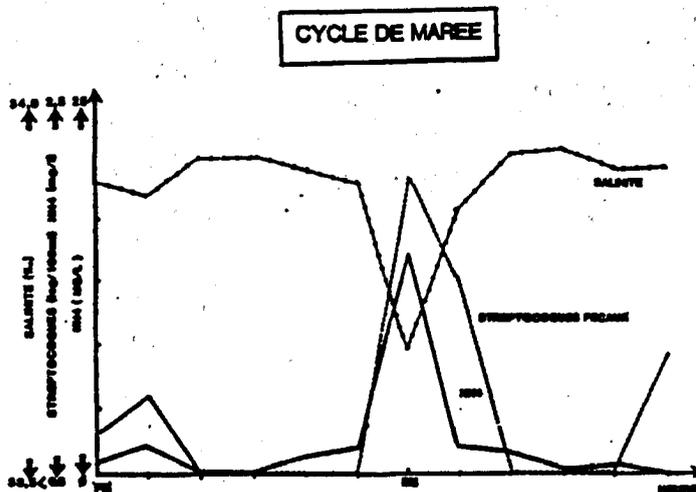


Figure n° 4

La figure n° 4 représente le suivi sur une marée de la salinité, l'ammonium et les streptocoques fécaux.

L'on constate d'après ces courbes que :

- le gros de la vidange du port s'effectue à basse mer,
- les prélèvements effectués à PM-3 et PM+3 sont nullement représentatifs du cycle de marée et qu'il est donc impossible d'évaluer un flux global au point 3 pour les différents paramètres.

V / RADIALES /

Pour les paramètres autres que bactériologiques rien d'exceptionnel n'est à signaler.

Par contre en ce qui concerne les germes indicateurs de contamination fécale plusieurs remarques méritent d'être apportées.

... / ...

1) Pour les deux types de germes un gradient très marqué s'établit entre l'intérieur du port et l'extérieur (figure n° 5)

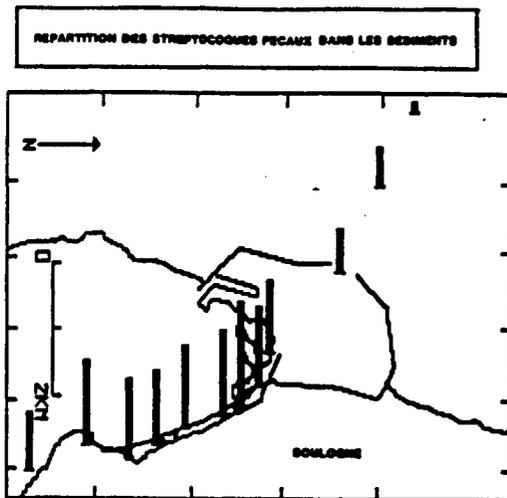


Figure n° 5

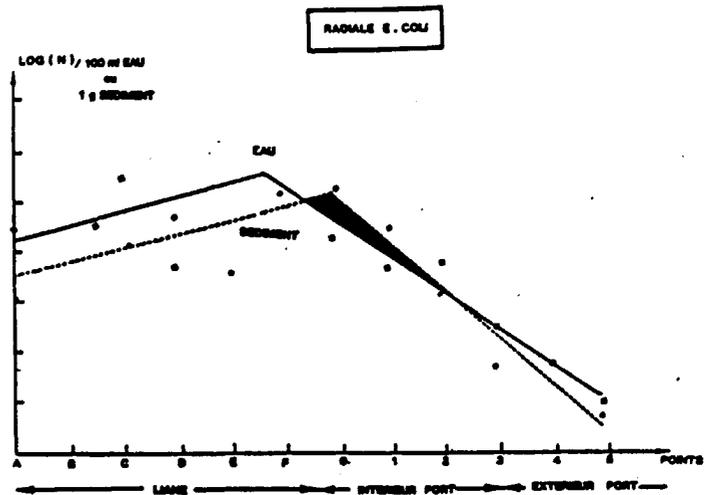


Figure n° 6

2) Pour E. coli il existe un équilibre entre les teneurs observées dans l'eau et celles observées dans le sédiment (figure n° 6).

3) Pour les streptocoques fécaux nous constatons une accumulation au niveau des sédiments vaseux (figure n° 7).

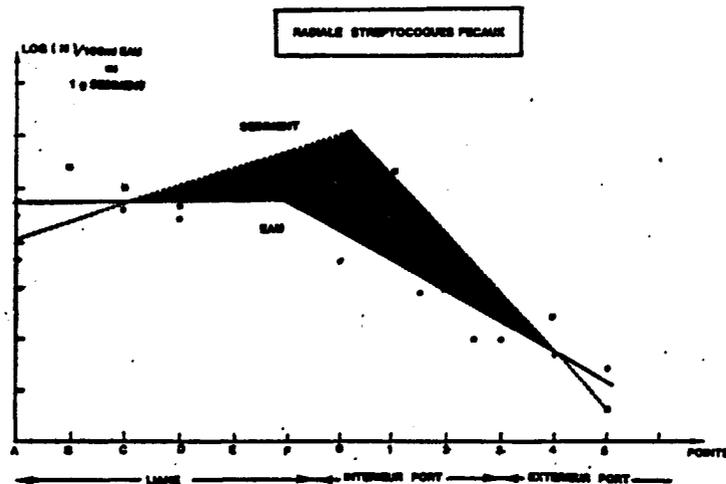


Figure n° 7

VI / CONCLUSION /

De la présente étude, il ressort que :

- l'étude des variabilités au cours du cycle de marée doit constituer un préalable avant toute réflexion sur la stratégie d'échantillonnage.
- Il y a accumulation de MEST à l'intérieur du port,

... / ...

- le plus gros de la vidange du port de Boulogne s'effectue à basse mer,
- les streptocoques fécaux sont piégés et survivent au niveau des sédiments vaseux. Ces derniers pouvant constituer une source de contamination lors de leur remise en suspension à l'occasion d'une tempête ou de dragages.

o 0 o

1, rue du Professeur Calmette
BP 245
59019 LILLE Cédex

DEVENIR DES BACTERIES ENTERIQUES
EN MER DU NORD

par C. OGER

La connaissance du devenir des germes entériques en mer est nécessaire à deux titres :

- . d'une part pour tenter de comprendre certains phénomènes comme les gradients côte-large très abrupts observés lors de la Campagne Hydrobios 80 ou les variations temporelles importantes notées à Bray-Dunes,
- . et d'autre part pour d'éventuelles interventions sur les sources de pollution (ex. : calcul d'émissaires ou études de traitabilité).

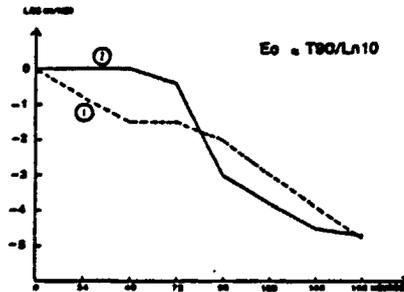
Certaines études antérieures ont concerné les cinétiques de mortalité bactérienne en mer. Des T90, ou temps nécessaire à une mortalité de 90 % ont été rapportés par divers auteurs, mais ces mesures n'ont jamais été faites dans les conditions locales de température, de turbidité, d'ensoleillement, de faible profondeur, de nature de sédiment et d'hydrodynamisme, ni avec les méthodes normalisées qui sont employées dans la région pour le contrôle sanitaire des plages. Il s'agissait aussi d'apprécier les principales variations cinétiques qu'induisent les changements saisonniers de conditions climatiques et la nature même des rejets notamment la quantité et le type de matières en suspension, à dominante argileuse comme dans les rivières ou au contraire organique comme dans les égouts.

Cette étude a donc comporté des observations au laboratoire et d'autres en mer.

Il en ressort les points principaux suivants :

- 1) Dans les 3/4 des cas, la cinétique de mortalité des coliformes, E. coli et streptocoques D est du type exponentiel ① (ce qui permet le calcul d'un T90).
 - 2) Cependant, il existe parfois une phase stationnaire avant la phase de décroissance. Un modèle gaussien ② peut être alors appliqué, qui permet le calcul d'une espérance de vie E_0 .
- ... / ...

On peut considérer que le modèle exponentiel est un cas particulier du modèle gaussien, sans phase stationnaire, et qui correspond sans doute à un état physiologique plus "avancé" de l'inoculum (épuisement des réserves métaboliques, ou saturation de sites sensibles, ...). Cette formulation pourrait permettre des prédictions de survie plus rigoureuses en fonction du temps et de la dilution, qu'avec le T90.



- 3) Les espérances de vie observées sont assez variées, mais toujours longues : $E_0 = 48$ h en moyenne (de 13 h à > 168 h), ce qui correspondrait - en modèle exponentiel - à des T90 de 100 h (30 h à > 386 h).

ESPERANCES DE VIE

43 HEURES POUR LES COLIFORMES

46 HEURES POUR E. COLI

63^{**} HEURES POUR LES STREPTOCOQUES D

MEDIANE DE SES RESULTATS

^{**} significativement différent de $\mu = 48,916$

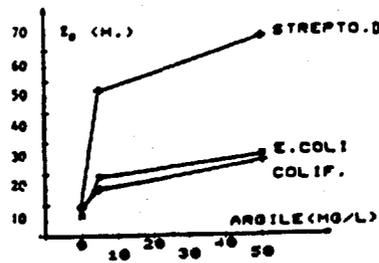
- 4) L'espérance de vie des streptocoques D est significativement plus longue (de 50 % en moyenne) que celle des entérobactéries étudiées (coliformes, E. coli, Salmonella).

STREPTOCOQUES D	ESCHERICHIA COLI	SALMONELLA
Espérances de vie	Espérances de vie	Espérances de vie
38,3 h sans particules	35,7 h sans particules	24,4 h sans particules
86,2 h avec argile	47,4 h avec argile	38 h avec argile
84,9 h avec matières organiques	45,4 h avec matières organiques	28,3 h avec matières organiques

- 5) La survie de toutes ces bactéries est prolongée si l'eau est enrichie en particules, qu'elles soient nutritives (flocs de boues activées) ou non (argile). C'est pour les streptocoques que cet effet est le plus net.

... / ...

Pour l'argile, il y a même influence de la dose.



6) L'influence la plus manifeste est celle de la température. L'effet "saison" semble d'ailleurs dominé par l'effet "température", dans les essais réalisés. L'espérance de vie double pour une baisse de 10° C.

Esperances de vie

Saison	E.coli	Streptocoques
Hiver	88,4 h	70,4 h
Ete	25 h	48,1 h

EQUATIONS DE REGRESSION LINEAIRE Eo = f(B)

COLIFORMES	$E_{co} = 2,866 \cdot 74,3 (r 0,96)$
E.COLI	$E_{co} = 2,146 \cdot 77,8 (r 0,98)$
STREPTOCOQUES D	$E_{co} = 1,788 \cdot 66,3 (r 0,88)$

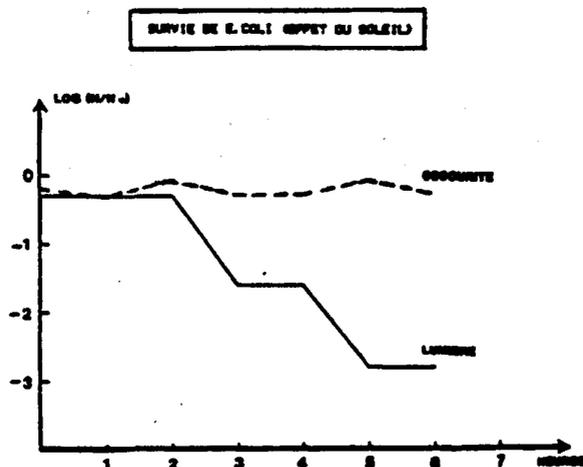
Eo en heures, B en °C n=12

Ces résultats sont conformes dans l'ensemble à la plupart des études antérieures. Les espérances de vie observées ici sont cependant parmi les plus longues qui aient été rapportées. On peut à ce sujet faire les remarques suivantes :

- 1) Les essais ont tous été effectués en lumière atténuée (en intérieur et non sous le rayonnement solaire direct). Or divers auteurs ont observé une influence significative de la lumière sur la mortalité. Cependant les observations les plus nettes ont été obtenues en zones tropicale ou subtropicale, à des illuminations jamais ou rarement atteintes dans les eaux littorales turbides de la Mer du Nord. Ce facteur lumière est par ailleurs difficile à distinguer du facteur température, in vitro en particulier.

... / ...

Une expérience réalisée dans des bacs thermostatés placés à l'extérieur du laboratoire, à Gravelines, nous a permis de constater l'influence de la lumière sur la survie des E. coli et des streptocoques D. Dans ces conditions, lumière intense (maximum 80 000 lux) faible profondeur, absence de matières en suspension, nous avons obtenu un T90 de 2 heures.

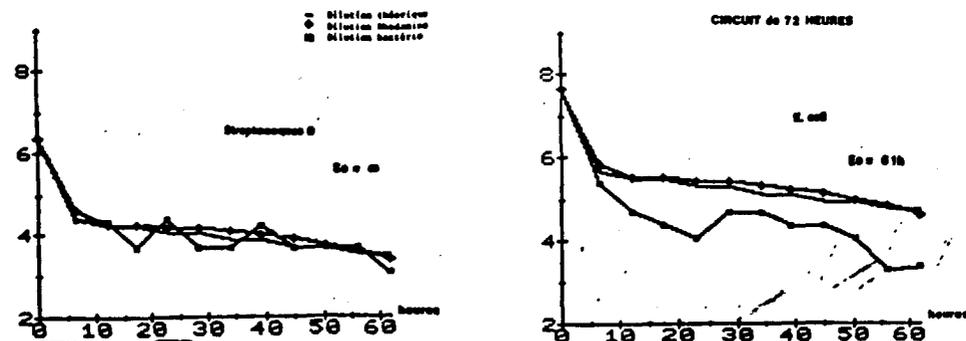


- 2) En revanche la filtration préalable à 2,7 µm des eaux usées utilisées comme inoculum permet de considérer les espérances de vie observées comme celles de cellules isolées. Celles de groupes de n germes auraient été plus longues encore :

$$N = N_0 \left[1 - (1 - e^{-t/T90})^n \right] \quad (\text{en cas de modèle exponentiel}).$$

- 3) Une autre explication à la longueur des espérances de vie observées ici tient sans doute aux méthodes utilisées. En particulier les milieux de culture retenus (solides et liquides) étaient les moins inhibiteurs possibles. L'utilisation de milieux plus sélectifs (gélose d'Endo ou EMB) surtout combinée à des températures d'incubation élevées (44,5° C) conduit en effet à négliger une fraction parfois importante, voire majoritaire, de cellules choquées par irradiation solaire, chloration, etc...

En tout état de cause, les espérances de vie très longues observées ici en bacs d'eau de mer non renouvelée ont été confirmées en milieux semi-ouverts, représentés par des chambres à membranes. Quelques expériences ont également été réalisées sur pilote en circuit ouvert, avec dilution progressive : bien que limitées à une seule saison - froide - celles-ci n'ont pas démenti les précédentes.



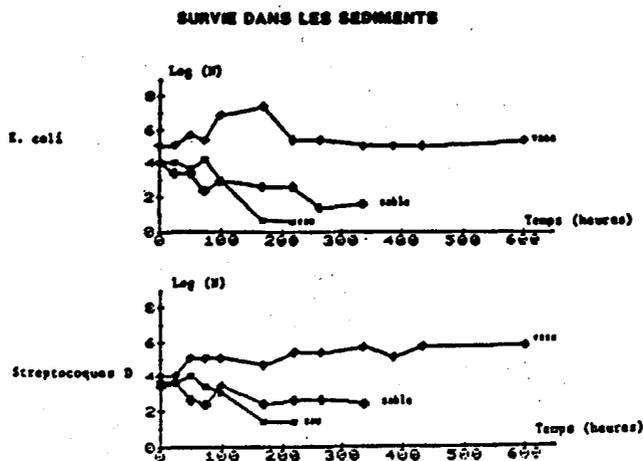
Dans l'expérience représentée ci-dessus, il y avait de l'argile dans l'inoculum et dans l'eau de dilution et on note un effet protecteur des matières en suspension : en particulier les nombres de streptocoques D suivent la dilution sans mortalité ($E_0 = \text{infini}$); les E. coli ont une espérance de vie de 61 heures.

Ainsi les résultats obtenus in vitro par des systèmes expérimentaux diversifiés sont concordants, et les espérances de vie observées en région Nord apparaissent beaucoup plus longues que celles préconisées par le Ministère de l'Equipement pour le calcul d'émissaires.

Un autre point est important pour le devenir des germes entériques en mer : la survie dans les sédiments.

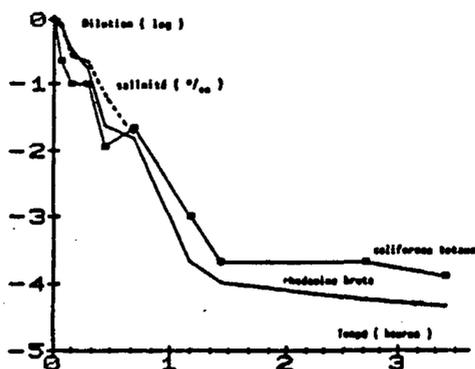
Nous avons donc étudié la survie d'E. coli et streptocoques D dans de l'eau de mer et deux types de sédiments (vase portuaire et sable local) au cours d'une expérience d'un mois.

Il apparait que dans le sable et l'eau l'évolution des germes est décroissante. La mortalité est cependant plus lente dans le sable. Dans la vase préalablement stérilisée une multiplication intense se produit durant les 7 premiers jours. Ensuite intervient une décroissance lente pour les E. coli et quasi nulle en 600 heures pour les streptocoques D.



La vérification en mer de toutes ces observations effectuées in vitro est souhaitable mais rendue difficile par le fait même que la mortalité est très lente : il faudrait en effet suivre la même masse d'eau durant 50 ou 60 heures pour faire des observations significatives ce qui est illusoire. Nous avons quand même réalisé plusieurs opérations, notamment le suivi d'une tache de pollution créée au large par le clapage d'une barge de vase draguée dans un port ; ou encore le suivi de la dispersion par le flot d'une bêche contaminée sur la plage de Leffrinckoucke le 15 Mai 1984.

Cette dernière opération, d'une durée de 4h30, n'a révélé aucune mortalité appréciable. La bêche dispersée par la marée montante s'est étirée vers le Nord-Est puis s'est arrêtée à marée descendante dans une autre bêche.



DISPERSION D'UNE BÊCHE EN MER

Ainsi contrairement à l'idée répandue selon laquelle les polluants rejetés oscillent plusieurs marées devant le point de rejet, il est des cas où les polluants progressent par petits bonds, de bêche en bêche, vers le Nord ou le Nord-Est.

En conclusion, cette étude confirme :

- 1) le peu d'influence du sable local sur le devenir de la pollution microbienne dans l'eau,
- 2) l'effet de l'ensoleillement et de la température sur l'espérance de vie des bactéries,
- 3) le rôle des particules même non nutritives sur la survie des bactéries qui y sont adsorbées.

On notera que les espérances de vie observées en Région Nord sont parmi les plus longues qui aient été rapportées.

1, rue du Professeur Calmette
BP 245
59019 LILLE Cédex

QUE SAIT-ON DES POLLUTIONS MICROBIENNES
DES EAUX LITTORALES DE LA REGION NORD

par J.M. DELATRE

En matière de pollutions microbiennes, les préoccupations proviennent pour l'essentiel des mauvais résultats du contrôle sanitaire des plages et des eaux conchylicoles. Ainsi en 1980 la proportion de plages mal notées (catégories C ou D) atteignait 93 % en région Nord, contre 32 % en moyenne en France. Des interdictions de baignades ont également été décidées, temporaires (Dunkerque - Malo) ou permanentes (Baie de Somme).

Une autre préoccupation a été la mise en service de la centrale électronucléaire de Gravelines, susceptible en échauffant de grands débits d'eau, de modifier la microflore bactérienne du secteur. Enfin une étiologie microbienne avait été évoquée à propos des nécroses de poissons, hypothèse d'ailleurs restée inexplorée.

ETUDES ET CONTROLES, PASSÉS ET PRESENTS

En premier lieu il faut mentionner le contrôle sanitaire estival des plages, organisé par le Ministère de la Santé (Directions Départementales de l'Action Sanitaire et Sociale). Le Tableau 1 présente l'évolution du contrôle ces dernières années. Le nombre de points de contrôle est stabilisé à 41, avec 21 prélèvements hebdomadaires entre Mai et Octobre, chaque été.

		1976	1981	1982	1983	1984	1985
59	N. COMMUNES	7	8	8	8	9	9
	N. POINTS	8	12	12	12	13	13
62	N. COMMUNES	21	21	21	21	22	22
	N. POINTS	34	35	31	30	28	28
ECH/POINT/AN		19	16	21	17	21	21

Tableau 1 - Evolution du contrôle sanitaire des plages (Eté).

Le contrôle hivernal est sans intérêt pour la baignade mais important pour la conchyliculture et plus généralement pour la compréhension des pollutions. Il a été supprimé cette année dans le Nord (tableau 2), et très réduit dans le Pas de Calais, où 7 points particulièrement significatifs des zones conchylicoles ont cependant été maintenus.

INTERSAISON		1983/84	1984/85	1985/86 (PREVU)
59	F - 1/MOIS	3	3	0
	F - 2/MOIS	3	3	0
62	F - 1/MOIS	30	30-7	7

Tableau 2 - Contrôle des plages hors saison.

Diverses études complémentaires, limitées dans le temps, se sont greffées les années passées sur ce programme permanent. Ainsi ont eu lieu :

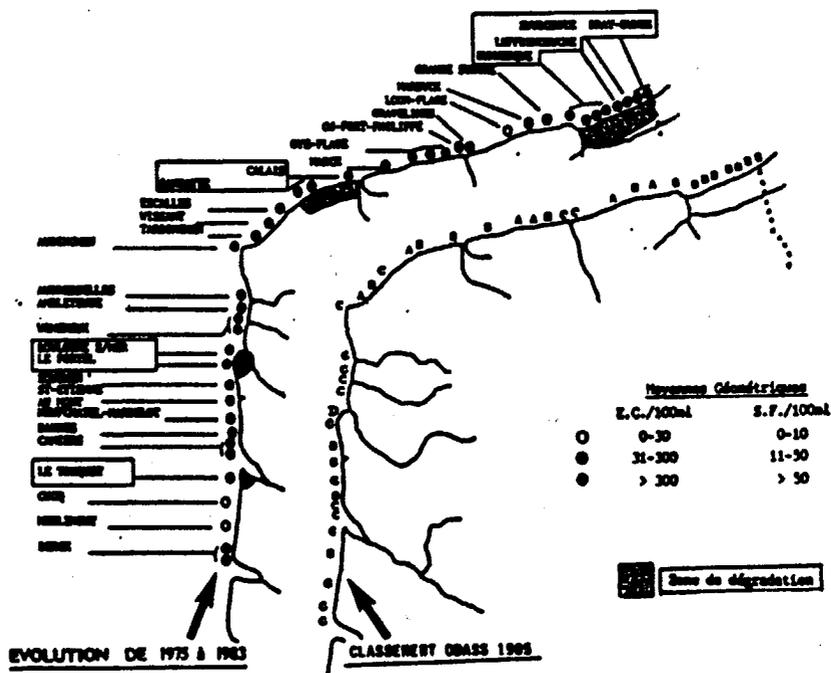
- en Juin 1982 : une étude de la variabilité à court terme de la pollution fécale en un point (1 prélèvement toutes les 2 heures pendant 48 heures, à Bray-Dunes)(renouvelée en Juin 1984),
- l'été 1983 : une comparaison des résultats observés à marée basse et marée haute, sur 16 plages du Nord - Pas de Calais, (18 prélèvements hebdomadaires),
- en Juillet-Août 1980, lors de la campagne "Hydrobios" à bord du Noroît, (des mesures de pollution fécale (etc...) au large (dans la bande 2 à 10 km) en 100 points entre la Somme et la frontière belge.

... / ...

Un autre programme de surveillance microbiologique concerne la pollution thermique (et non fécale) dans l'environnement de la centrale EDF à Gravelines. Depuis 1975 (donc avant construction), un point situé à 1500 m du rejet, est échantillonné 1 fois par semaine, à pleine mer. Les mesures portent sur les nombres de bactéries totales et viables, de vibrions, sur une activité enzymatique, ainsi que sur le chlore et les organohalogénés volatils résultant de la chloration.

RESULTATS

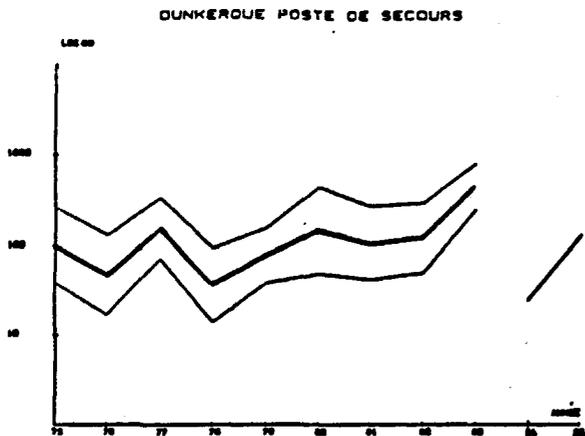
La contamination fécale des eaux littorales est très fluctuante. C'est pourquoi le classement en catégories (A, B, C, D) du Ministère de la Santé fait appel à une interprétation statistique (figure 4). Les secteurs les plus préoccupants (Boulogne - Le Portel - Wimereux, Calais ...) correspondent à des zones d'urbanisation intense.



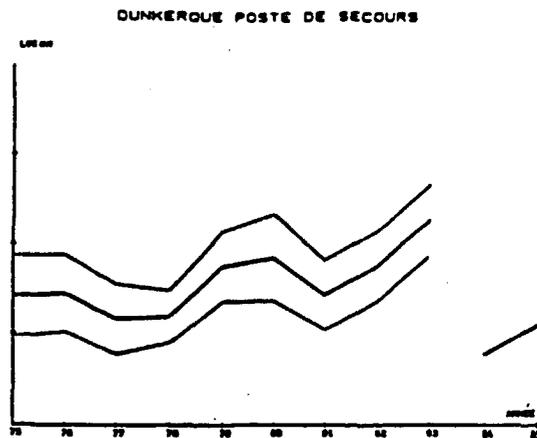
Carte 4

Des tendances statistiques ont pu être calculées pour la période 1975-1983. Elles ne sont significatives que pour 13 des 40 plages, mais ces treize témoignent toutes d'une dégradation (entre 1975 et 1983), et de plus elles concernent les zones justement les plus urbanisées et contaminées (carte). Un changement étant intervenu en 1984 dans la méthodologie d'échantillonnage, il n'est pas encore possible de parler de la tendance récente (1984 → 1985).

MEDIANES ET INTERVALLE DE CONFIANCE (E. COLI)



MEDIANES ET INTERVALLE DE CONFIANCE (ST. FECAUX)



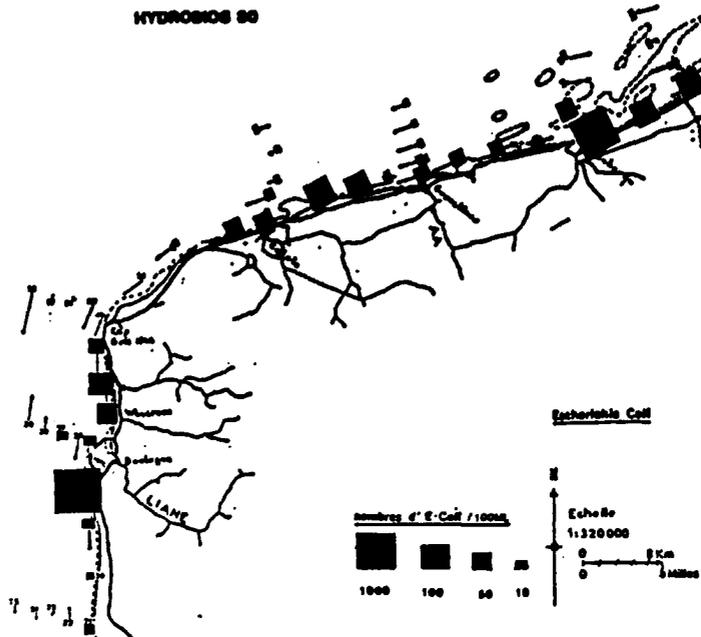
Deux autres questions se posent encore à propos de la pollution fécale des eaux littorales :

- 1) Les données ci-dessus concernent l'été. Qu'en est-il en hiver ?
Le tab. 5 le montre, une majorité de plages sont plus contaminées en hiver qu'en été, surtout en streptocoques fécaux. Les contrôles des zones conchylicoles effectués par l'IFREMER le confirment également.

ANNEE	N° DE PLAGES	PLUS CONTAMINEES EN HIVER	
		EN E. COLI	EN STR. F.
1980	37	24	33
1982	40	20	23
TOTAL	77	44 SOIT 57 %	56 SOIT 73 %

Tableau 5

- 2) Les données ci-dessus concernent la zone de baignade. Qu'en est-il plus au large ? Une campagne réalisée en 1980 (carte ci-dessous) a révélé que même devant les secteurs les plus contaminés, la pollution fécale est indétectable dès le 1er ou 2ème mille.

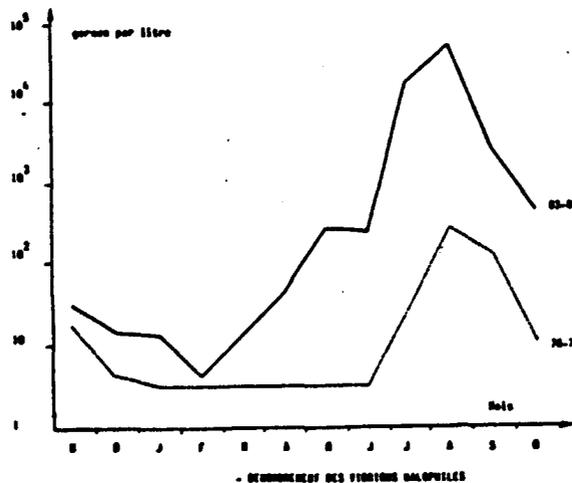


SURVEILLANCE DU SITE DE GRAVELINES

Pour le refroidissement des 4 condenseurs en opération en 1984, la Centrale électronucléaire de Gravelines utilisait 160 m³ d'eau de mer par seconde. Echauffé de 10° C environ, ce flux est de plus chloré à raison d'1 mg par litre pour lutter contre les salissures et notamment la prolifération des moules, entre Avril et Novembre.

Deux types d'effets microbiologiques contradictoires peuvent donc s'opposer : mortalité due à la chloration ; proliférations dues à l'échauffement.

La mortalité concerne certaines bactéries marines, et affecte la production bactérienne évaluée grâce à une activité enzymatique. Cependant les perturbations les plus nettes sont des effets d'addition. En effet un groupe bactérien peu important sur le plan quantitatif mais important sur le plan sanitaire, celui de vibrions, montre une abondance 100 à 1000 fois supérieure à la période d'avant la construction de la Centrale.



De même les rejets sont caractérisés par la présence de produits organo-bromés (bromoforme, bromo-chlorométhane, ...) qui résultent de la réaction du chlore sur les matières organiques marines et dont le devenir n'est pas bien connu à l'heure actuelle.

1, rue du Professeur Calmette
BP 245
59019 LILLE Cédex

HYDROBIOS III

Pollution chimique du littoral Nord - Pas de Calais

Etude spécifique de secteurs contaminés

par J. C. L'HOPITAULT

Les recherches antérieures sur la pollution du littoral Nord - Pas de Calais ont montré l'existence de deux zones plus fortement contaminées:

- entre Calais et Dunkerque, les teneurs des sédiments du large sont anormalement élevées en métaux lourds ;
- dans la région de Boulogne, les pollutions apparaissent plus diversifiées, avec accumulation dans les sédiments et les mollusques de métaux lourds et de micropolluants organiques.

La présente étude a pour objectif de confirmer les résultats antérieurs en réalisant, dans les zones contaminées, des prélèvements de sédiments selon un maillage plus serré mais en limitant les analyses aux polluants déjà mis en évidence. Des prélèvements complémentaires d'eaux, de sédiments et de mollusques ont aussi été effectués dans la région boulonnaise, afin de mieux cerner les sources de pollution.

I / SECTEUR CALAIS - DUNKERQUE /

Les métaux lourds Zn, Cd, Pb, Ni, Cr, précédemment mis en évidence, ont été recherchés. La carte (Annexe 1) donne la répartition des sédiments les plus pollués en métaux (indice logarithmique de pollution prenant en compte Zn, Cd et Pb).

... / ...

Les analyses réalisées en 1984 confirment, dans l'ensemble, les résultats déjà obtenus et les hypothèses qui avaient été émises, lors de précédentes études, sur l'origine de la pollution métallique marine de la région dunkerquoise. L'influence des déversements de déblais portuaires semble être prédominante : les déversements occasionnent d'une part, des contaminations importantes en zinc, cadmium, plomb et parfois en nickel et en chrome, localisées sur les quatre sites de rejet, et d'autre part, une contamination ambiante de tout le secteur étudié à cause de la dispersion des vases par les courants.

A cette pollution concernant plutôt le large (1 à 10 km des côtes), il faut ajouter une pollution côtière, qui s'étend vers l'Ouest à partir du port Est de Dunkerque, et qui semble sortir directement des ports.

II / SECTEUR DE BOULOGNE (Carte : Annexe 2) /

Au large, le déversement en mer des déblais de dragage cause de pollution en Zn, Cd, Pb des sédiments situés entre 2 et 8 km de la côte, entre Audresselles au nord et Equihen au sud. On constate une dispersion de ces sédiments et des polluants associés, à la fois sous forme particulaire et dissoute. La dissolution des métaux est sélective et plus faible pour le plomb que pour les autres métaux, ce qui expliquerait l'accumulation du plomb dans les sédiments marins.

La côte au Sud de Boulogne est très nettement influencée par les rejets du Portel et d'Equihen.

La pollution des eaux de Boulogne, en métaux (Zn, Cd, Hg, Pb) et produits organiques (pesticides, polychlorobiphényles, phtalates), entraîne une pollution des sédiments portuaires et de l'environnement marin proche du port.

Au Nord de Boulogne, la pollution des sédiments et des moules est également notable. Les eaux des rivières côtières apparaissent peu contaminées, mais les sédiments gardent les traces de pollution par des pesticides (Wimereux) et des métaux lourds (mercure dans le Slack). En fait deux phénomènes semblent s'additionner :

- l'écoulement, à marée basse, des eaux estuariennes, provoque une contamination dirigée vers le Sud, par des polluants plutôt "agricoles" (pesticides).

... / ...

- à marée montante, le refoulement des eaux de la rade de Boulogne, à travers la brèche de la digue Nord, entraîne une contamination dirigée vers le Nord par des polluants plutôt "industriels" (métaux lourds, plastifiants). Il est difficile de fixer une limite précise à cette remontée des eaux mais on peut penser que la pointe aux Oies, entre Wimereux et Ambleteuse, est touchée, la contamination des moules par les métaux lourds ne pouvant s'expliquer par les apports de la Slack.

A Audresselles, on observe un gradient croissant vers le Nord des concentrations des sédiments en Zn, Cd, Pb, Hg et HCH. La répartition de cette pollution est difficilement explicable avec les données actuelles, en particulier courantologiques.

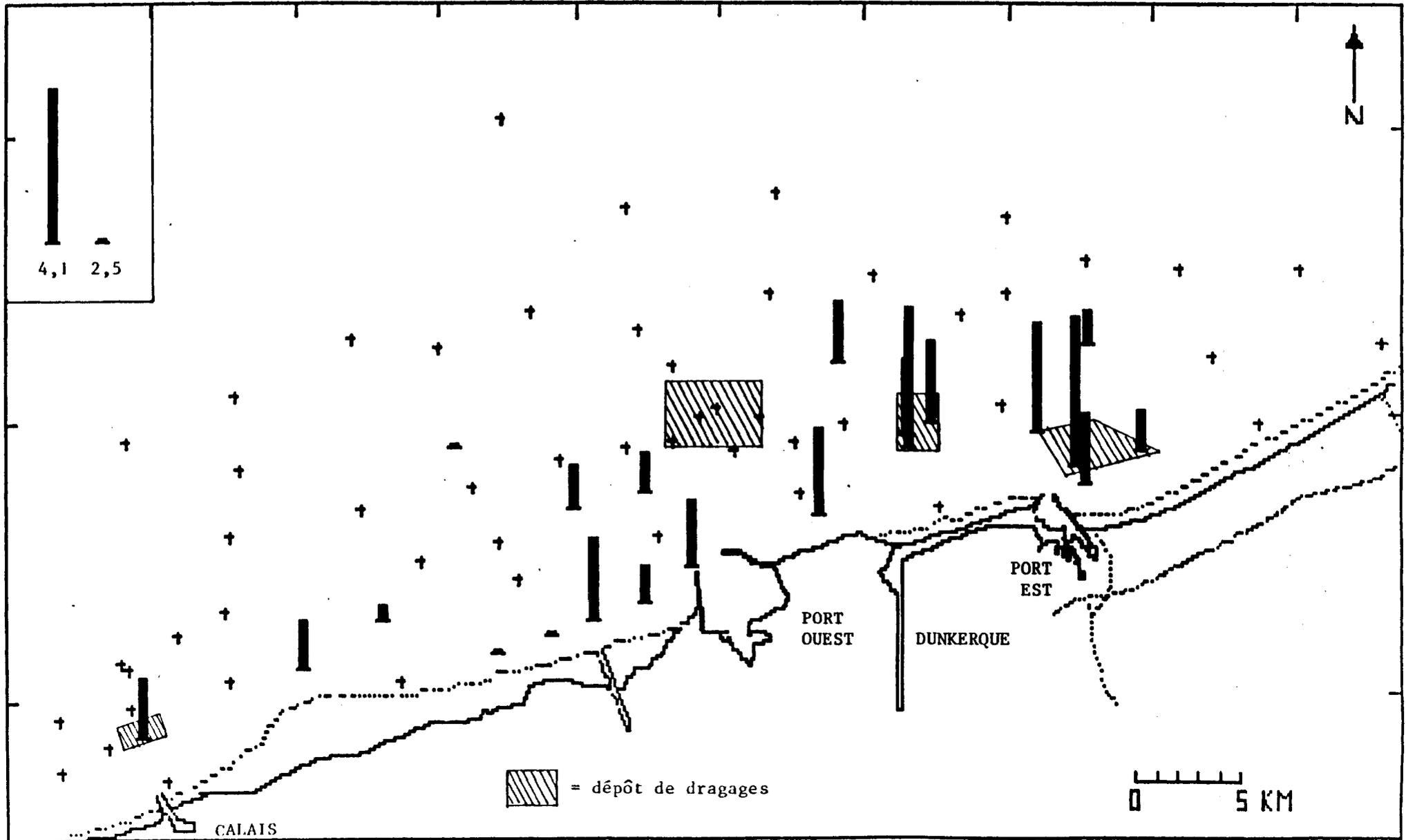
III / CONCLUSION /

Aussi bien à Dunkerque qu'à Boulogne, la pollution des sédiments, mise en évidence en 1980, a été confirmée dans l'ensemble, sinon dans le détail. Les micropolluants retrouvés sont des métaux lourds (Zinc, Plomb, Mercure ...) et des composés organiques (polychlorobiphényles, phtalates ...).

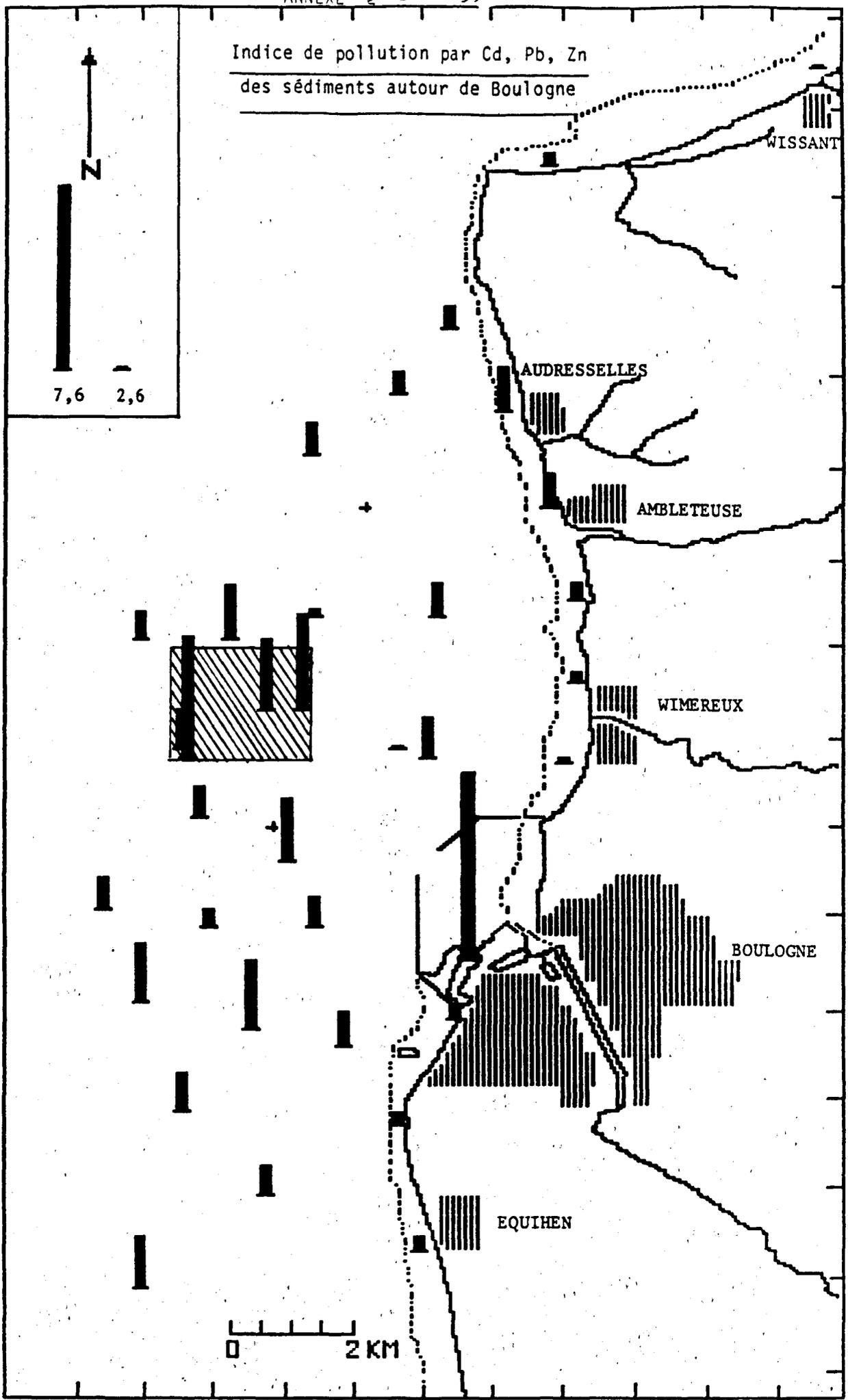
La nature, le niveau, la localisation et la dispersion de cette pollution permettent d'en attribuer l'origine aux rejets en mer des déblais de dragage des ports, dont les études ont montré qu'ils constituent le flux de polluants le plus important dans l'environnement marin régional. Il se confirme également que cette pollution est fortement dispersée par les courants de marée, intenses aux abords du détroit du Pas de Calais.

Une seconde pollution provient de la côte et reste à la côte. Ce sont les apports des estuaires et surtout des émissaires (Le Portel et Equihen près de Boulogne) et des eaux provenant des ports de Dunkerque, Calais et Boulogne.

Indice de pollution par Cd, Pb et Zn des sédiments entre Calais et Dunkerque



Indice de pollution par Cd, Pb, Zn
des sédiments autour de Boulogne



TRANSFERT DES POLLUANTS DANS LA ZONE LITTORALE IMPACT DES REJETS DE POLLUTION BACTERIENNE

Les usages du milieu marin, et spécialement de la zone littorale peuvent être sévèrement limités par les teneurs en bactéries.

Pour la baignade, la Directive Européenne du 8 décembre 1975 impose des conditions très strictes :

* coliformes totaux : 95 % des résultats inférieurs à 10.000/100 ml
et 80 % des résultats inférieurs à 500/100 ml

* coliformes fécaux : 95 % des résultats inférieurs à 2.000/100 ml
et 80 % des résultats inférieurs à 100/100 ml

* streptocoques
fécaux : 90 % des résultats inférieurs à 100/100 ml

pour les analyses pratiquées en un point avec une fréquence suffisante pendant la saison.

La traduction de ces normes dans la réglementation française correspond à une interprétation assez souple, puisque seule la classe A, la meilleure correspond au respect intégral de la Directive. Les autres classes ne font référence qu'aux coliformes et aux limites les plus larges, 10.000/100 ml pour les coliformes totaux et 2.000/100 ml pour les coliformes fécaux.

Pour les coquillages, la Directive européenne du 30 octobre 1979 prévoit en particulier que les coquillages ne doivent pas contenir plus de 300 coliformes fécaux pour 100 ml de chair.

Si l'on estime que les coquillages concentrent les germes 10 à 30 fois, on voit que les normes de salubrité pour les coquillages sont beaucoup plus sévères que les normes relatives à la baignade, au moins pour les paramètres bactériologiques.

L'Agence procède actuellement, avec le concours du Conseil Régional à l'inventaire des rejets sur le littoral.

Ce travail consiste à connaître de la manière la plus exhaustive possible les rejets sur le domaine public maritime, les rivières et ruisseaux côtiers étant d'ailleurs considérés comme des rejets. Mais il vise aussi à affiner les connaissances, sur la description géométrique des ouvrages, leur bassin versant, et les flux en bactéries qu'ils apportent au milieu marin.

Actuellement, plusieurs centaines de rejets ont été recensés, les documents établis par le Service Maritime des ports de BOULOGNE et de CALAIS constituant une base de travail très précieuse.

Chaque rejet fait l'objet d'une description précise, et d'un report sur carte au 1/25.000 et sur plan au 1/5.000.

Au stade de l'étude, alors que les travaux de terrain sont très avancés, on ne peut qu'être frappé par le nombre de rejets, bien sûr, mais aussi par leur situation très défavorable, au dessus de l'estran, et parfois dans des zones fréquentées.

A marée basse, les rejets s'étalent donc sur la plage et forment des bâches, où les concentrations en germes sont très proches de celles des rejets.

Il arrive même que des coquillages soient ramassés à proximité immédiate d'un rejet.

En ce qui concerne les concentrations en germes, elles sont inférieures à ce qui était attendu d'après les données de la littérature. Cependant, des concentrations élevées ont parfois été détectées dans les ruisseaux littoraux.

L'effort à consentir sur le littoral pour améliorer sa qualité bactériologique devra donc trouver des prolongements à l'intérieur.

En fait, sur toutes les mesures exploitées, les concentrations en coliformes fécaux sont exceptionnellement supérieures à $10^7/100$ ml, les teneurs les plus fréquentes étant de 10^4 à 10^6 par 100 ml.

La classe de résultats entre 10^3 et 10^4 par 100 ml est peu représentée de telle sorte qu'il est possible de faire la distinction entre rejet "chargés", dont la concentration est supérieure à $10^4/100$ ml et rejets "peu chargés", dont la concentration est inférieure à $10^3/100$ ml.

Une importante objection a été soulevée au cours de la préparation de ce travail, elle concerne la variabilité des résultats, qui rendrait aléatoire l'exploitation de mesures peu nombreuses.

Quelques rejets ont bénéficié de séries de mesures plus nombreuses. Si l'on exprime les résultats en puissance de 10, ils se regroupent par rejet en deux classes, parfois trois, sauf la station d'épuration d'EQUIHEN, mais cela correspond à son mode de gestion pendant la mesure, et le ruisseau d'Honvault à WISSANT qui présente deux mesures "lointaines" sur 24.

On pouvait craindre une plus grande variabilité.

Le calcul des flux, là où ce calcul a déjà été fait montre également des résultats étalés sur deux à trois puissances de 10, par exemple :

WISSANT	de $7 \cdot 10^{11}$ à $5 \cdot 10^{14}$	pour 7 résultats, médiane $3 \cdot 5 \cdot 10^{12}$
Ruisseau La Becque à HARDELLOT	de $1 \cdot 10^{12}$ à $4 \cdot 10^{12}$	sur 5 résultats
EQUIHEN n° 290	de $3 \cdot 10^{10}$ à 10^{13}	sur 7 résultats, médiane 10^{11}
EQUIHEN n° 286	de 10^{12} à 10^{14}	sur 6 résultats
LE PORTEL n° 280	de 10^{12} à $2 \cdot 10^{14}$	sur 7 résultats, médiane $8 \cdot 10^{12}$
LE PORTEL n° 279	de $4 \cdot 10^{11}$ à $5 \cdot 10^{14}$	sur 7 résultats, médiane $2 \cdot 10^{13}$
La Manchue à AUDRESSELLES	de $7 \cdot 10^{10}$ à $2 \cdot 10^{13}$	sur 7 résultats, médiane $6 \cdot 10^{11}$

Ces flux étant exprimés en nombre de coliformes fécaux par jour, soit des distributions sur 2 à 3 puissances de 10, beaucoup plus resserrées que les distributions sur le milieu naturel.

Ceci montre à mon sens, contrairement à ce que l'on pouvait craindre au début de l'étude, que les "flux de rejet en bactérie" permettent de définir des catégories de rejet et d'en faire une hiérarchie, dans un but opérationnel évident.

Grande est la tentation de comparer les flux de germes tests de contamination fécale à la qualité "moyenne", des plages à proximité.

Il est bien sûr, prématuré de tirer actuellement des conclusions mais il faut remarquer que les plages où les teneurs les plus fortes sont habituellement mesurées sont proches ou très proches de rejets importants.

Il conviendra de tester l'hypothèse selon laquelle chaque plage est influencée par les rejets les plus proches ; en d'autre terme, il faut d'abord rechercher des causes locales à la mauvaise qualité bactériologique de certaines plages.

GRANDMOUGIN Martial
AGENCE DE L'EAU
ARTOIS-PICARDIE

DOUAI
le 29 octobre 1985

EFFETS DES POLLUANTS SUR LES MILIEUX MARINS

ETUDE COMPARATIVE DES DIFFERENTS PEUPELEMENTS BENTHIQUES
DE LA COMMUNAUTE A OPHELIA BOREALIS

J. PRYGIEL
STATION MARINE DE WIMEREUX

INTRODUCTION

Parmi les différentes communautés benthiques mises en évidence en Manche Orientale et en Mer du Nord Occidentale, une attention plus particulière a été prêtée à la communauté des sables fins à moyens propres à Ophelia borealis. Cette communauté occupe une série de bancs sableux orientés S.SW-N.NE et parallèles à la côte.

Dans le cadre d'exploitations de sables et de graviers marins, ces bancs pourraient être soumis à d'importantes perturbations anthropiques. Une étude comparative de différents peuplements à Ophelia borealis a donc été entreprise sur 4 bancs : Vergoyer et Bassure de Baas en Manche, Dyck occidental et Haut Fond de Gravelines en Mer du Nord (Fig. 1).

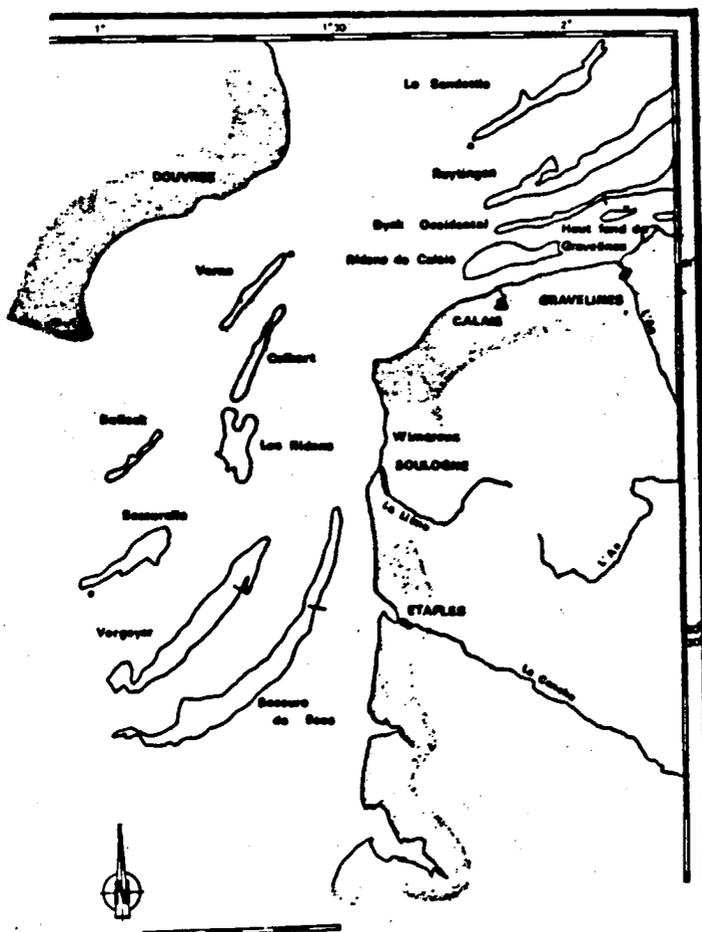


Figure 1 :
Hauts Fonds de la
région du Nord -
Pas-de-Calais

I - MATERIEL ET METHODES

Un échantillonnage est réalisé à chaque saison à raison de 3 niveaux bathymétriques correspondant au creux, à la pente et au sommet du banc, exception faite du site de Gravelines où seul un niveau bathymétrique correspondant au sommet du banc est échantillonné (Fig. 1). Cet échantillonnage correspond à une série de 10 prélèvements quantitatifs successifs à la benne Smith Mac Intyre, ainsi qu'en une prise de sédiment à fins d'analyses granulométriques. L'étude du matériel biologique et sédimentaire permet de définir les principales caractéristiques de chacun de ces peuplements et d'en suivre l'évolution au cours de l'année.

II - RESULTATS

1 - Analyses granulométriques

L'analyse du matériel sédimentaire montre qu'en règle générale, les sédiments sont très bien classés selon l'indice de Trask, et constitués presque exclusivement de sables fins. La médiane de ces sédiments varie très peu et est très voisine de 200 μm . Toutefois, on peut observer sur certains creux des bancs un enrichissement en particules plus grossières qui ne modifie cependant pas la valeur de la médiane. Ces sédiments diffèrent notablement des sédiments anglais originaires de la Tamise dont le déchargement s'effectue en partie sur les quais de Calais et qui présentent une médiane nettement supérieure (400 μm et 560 μm pour 2 échantillons analysés).

2 - Analyses écologiques

2.a. Caractères généraux

149 espèces ont été recensées sur l'ensemble des 4 bancs et appartiennent essentiellement aux groupes des crustacés (61 espèces) et des annélides (57 espèces). Cependant, seule la moitié de ce total est constituée d'espèces couramment prélevées.

Cette communauté est pauvre : le prélèvement typique comprend de 15 à 40 espèces pour un nombre d'individus pouvant atteindre un millier après les recrutements pour une biomasse totale de 1 g/m^2 maximum généralement faussée par de rares mais gros individus. Ces valeurs sont faibles comparées à celles de la communauté des sables fins envasés à Abra alba où on peut observer quelques milliers d'individus au m^2 et une

biomasse totale de 20 à 30 g/m².

On observe que les nombres d'espèces et d'individus et la biomasse augmentent avec la profondeur et que les principales espèces par ordre de dominance décroissante sont l'annélide Nephtys cirrosa (22,1 %), l'amphipode Bathyporeia elegans (17,2 %) et l'annélide Scoloplos armiger (5,8 %).

2.b. Stabilité des peuplements

L'état des peuplements est évalué en fonction de l'allure de la courbe rang-fréquence mise au point par S. FRONTIER, 1977.

L'analyse des diagrammes rang-fréquence des prélèvements montre qu' hormis les périodes de recrutement, les peuplements sont stables quels que soient le banc et le niveau bathymétrique considérés (Fig. 2).

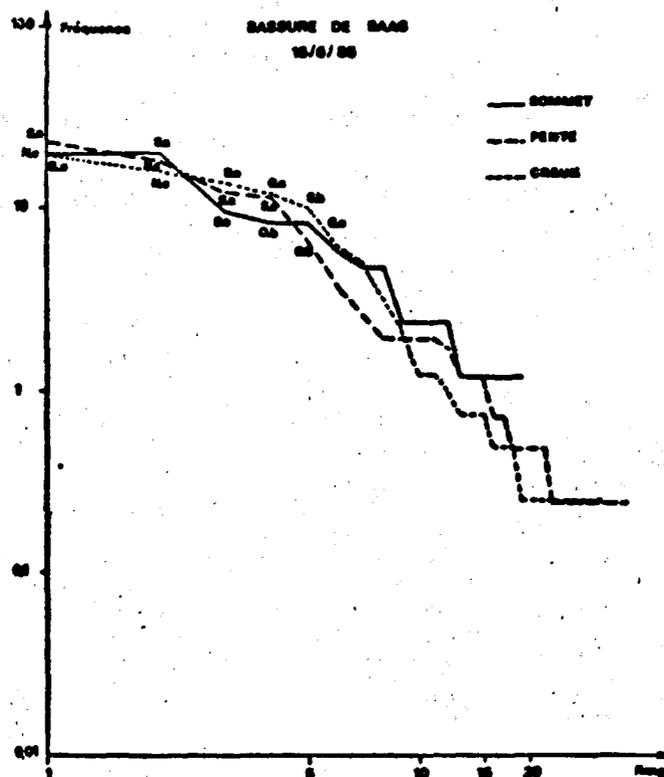


Figure 2 :
Diagrammes
rang-fréquence

Le site de Gravelines fait exception dans la mesure où l'alternance des diagrammes montrant des peuplements matures et perturbés semble témoigner de l'influence de l'environnement industriel (Fig. 3) (Avant port Ouest de Dunkerque ; rejets de dragages et centrale nucléaire de Gravelines).

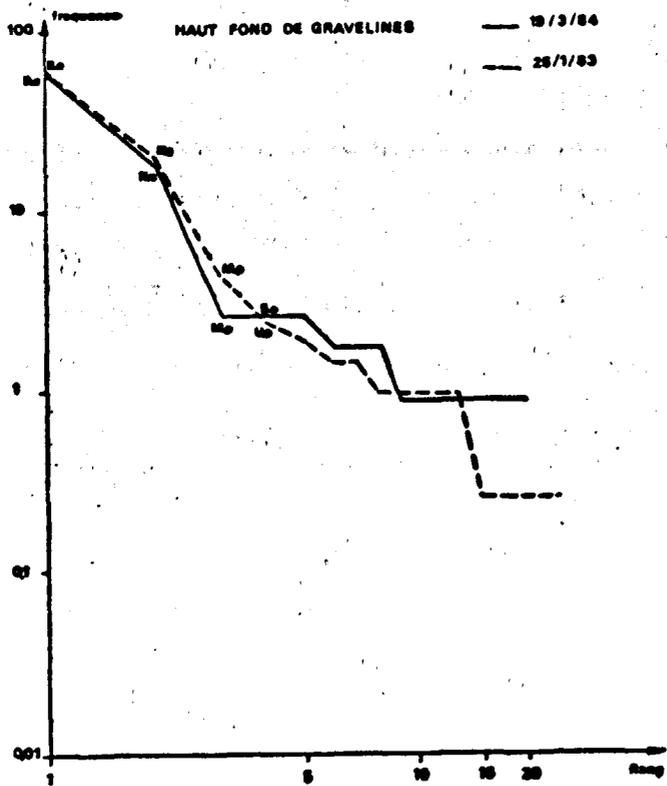


Figure 3 :
Diagrammes
rang-fréquence

2.c. Etude des principales espèces dominantes par banc et par niveau bathymétrique

Deux espèces dominent nettement les peuplements : Nephtys cirrosa et Bathyporeia elegans (Tableau 1).

ESPECES PRINCIPALES DES CINQUE BANCS SONDÉS PAR ORDRE DE DOMINANTE DESCROISSANTE

BANQUE DE BACS	DOM. N°1 EN %	VERDURES	DOM. N°1 EN %	DUCK	DOM. N°1 EN %	HAUT FOND DE GRAVELINES	DOM. N°1 EN %
1	Nephtys cirrosa 27.2	Nephtys cirrosa	25.0	Bathyporeia elegans	17.1	Bathyporeia elegans	36.0
2	Gastreaecoccus spinifer 11.7	Scalopis armiger	12.6	Nephtys cirrosa	10.1	Nephtys cirrosa	21.9
3	Bathyporeia elegans 9.1	Echinocardium cordatum	12	Spiothanes banyu	7.5	Bathyporeia guilliamsoniana	14.1
4	Scalopis armiger 6.0	Spiothanes banyu	6.0	Spio filicornis	7.2	Spiothanes banyu	3.1
5	Ophele borealis 6.3	Magelona papillicornis	5.2	Ophele borealis	7.5	Scalopis armiger	2.2
6	Spio filicornis 5	Chaetoceros setosus	4.2	Bathyporeia guilliamsoniana	6.4	Magelona papillicornis	2.1
7	Magelona papillicornis 3.1	Bathyporeia elegans	4.6	Gastreaecoccus spinifer	5.9	Spio filicornis	1.8
8	Spiothanes banyu 3.1	Gastreaecoccus spinifer	3.0	Atylus unimaculatus	4.0	Echinocardium cordatum	1.7
9	Echinocardium cordatum 2.9	Eurydina spinigera	2.7	Crothoe brevicornis	4.4	Nereis bonnierii	1.6
10	Ampheroete grubei 2.7	Ophele borealis	2.5	Magelona papillicornis	2.5	Spicula ovalis	1.3
11	Nereis bonnierii 1.9	Spio filicornis	2.4	Nereis bonnierii	2.1	Ophele borealis	1.4

Les groupes tels que Mollusques, Echinodermes... sont peu représentés au moins en nombre d'espèces. Les bancs de la Manche sont dominés à tous points de vue par le groupe des annélides tandis que les bancs de la Mer du Nord montrent une égale représentation des groupes des annélides et des amphipodes.

L'observation par niveau bathymétrique (Tableau 2), permet de distinguer plusieurs groupes d'espèces.

PRINCIPALES ESPÈCES DES QUATRE BANCS ÉTUDIÉS, CITÉES PAR NIVEAU BATHYMETRIQUE ET PAR ORDRE DE DOMINANCE DÉCROISSANTE

SOMMET		PENTE		CREUX		
	DOM. NOV. EX %		DOM. NOV. EX %		DOM. NOV. EX %	
1	<i>Nephtys cirrosa</i>	21.0	<i>Nephtys cirrosa</i>	20.2	<i>Nephtys cirrosa</i>	21.5
2	<i>Bathyporeia elegans</i>	12.5	<i>Bathyporeia elegans</i>	8.7	<i>Scoloplos armiger</i>	12.7
3	<i>Ophelia borealis</i>	11.0	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	8.4	<i>Spiophanes bombyx</i>	9.9
4	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	9.4	<i>Scoloplos armiger</i>	7.9	<i>Bathyporeia elegans</i>	9.6
5	<i>Spio filicornis</i>	8.7	<i>Spiophanes bombyx</i>	6.9	<i>Ophelia borealis</i>	4.4
6	<i>Echinocardium cordatum</i>	8.6	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	5.4	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	3.7
7	<i>Magelona papillicornis</i>	4.3	<i>Echinocardium cordatum</i>	4.7	<i>Aspharète grubei</i>	2.5
8	<i>Scoloplos armiger</i>	3.3	<i>Spio filicornis</i>	3.9	<i>Bathyporeia pelagica</i>	2.5
9	<i>Spiophanes bombyx</i>	2.5	<i>Ophelia borealis</i>	3.7	<i>Spio filicornis</i>	2.2
10	<i>Merina beaniei</i>	2	<i>Magelona papillicornis</i>	3.3	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	2.2

Un premier groupe comprenant des espèces dont la répartition est indépendante de la bathymétrie (*Nephtys cirrosa*, *Ophelia borealis*, *Bathyporeia* spp.), un deuxième groupe réunissant des espèces dont la dominance décroît avec la profondeur (*Spio filicornis*, *Magelona papillicornis*) et enfin un 3ème groupe constitué d'espèces dont la dominance croît avec la bathymétrie (*Spiophanes bombyx*, *Scoloplos armiger*). Notons enfin que les recrutements sont beaucoup plus marqués sur le creux des bancs que sur les pentes ou même sur les sommets où ils peuvent être indécélables.

CONCLUSION

Les bancs étudiés possèdent un sédiment très bien classé constitué de sables fins de médiane voisine de 200 µm nettement inférieure à celle des sables importés comprise entre 400 et 560 µm. Les peuplements de ces bancs sont stables excepté celui de Gravelines qui subit l'influence de l'environnement industriel.

Un classement provisoire donnerait par ordre de richesse décroissante : DYCK, VERGOYER, BASSURE DE BAAS et HAUT FOND DE GRAVELINES. Des études physicochimiques et des études des teneurs en métaux lourds de représentants des différents groupes zoologiques devraient permettre d'affiner ce classement sans en modifier l'ordre.

**EFFETS DES REJETS DE VASES PORTUAIRES SUR LES SEDIMENTS
ET LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES AU LARGE DE BOULOGNE**

J.L. BOURGAIN^{*}, S. DEWEZ^{**}, C. BECK^{**} et A. RICHARD^{*}

^{*} STATION MARINE DE WIMEREUX

^{**} LABORATOIRE DE SEDIMENTOLOGIE ET GEOCHIMIE DE L'UNIVERSITE DE LILLE I

Les Services Maritimes des Ports de Boulogne et Calais effectuent chaque année d'importants travaux d'entretien dans les chenaux d'accès et les bassins du port de Boulogne-sur-mer. Le rejet des matériaux dragués se fait au large de Boulogne (Fig. 1).

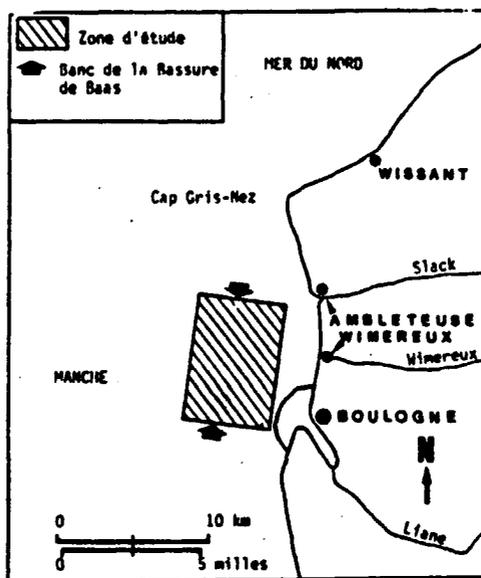


Fig. 1 - Situation géographique

1 - CARACTERISATION DES SEDIMENTS PORTUAIRES

Les volumes moyens rejetés depuis 1971 sont de 450 000 m³/an, soit 270 000 t/an. La minéralogie des argiles ainsi que le dosage du calcaire et du carbone organique révèlent une grande homogénéité des sédiments du port. Globalement ceux-ci contiennent environ 70 % de particules < à 63 µ. Dans le détail, on constate des variations allant de 35 à 95 %.

2 - REPARTITION DES SEDIMENTS DU LARGE

La répartition des teneurs en calcaire et des paramètres granulométriques permet de distinguer 8 faciès sédimentaires répartis en 3 domaines parallèles à la côte (Fig. 2) :

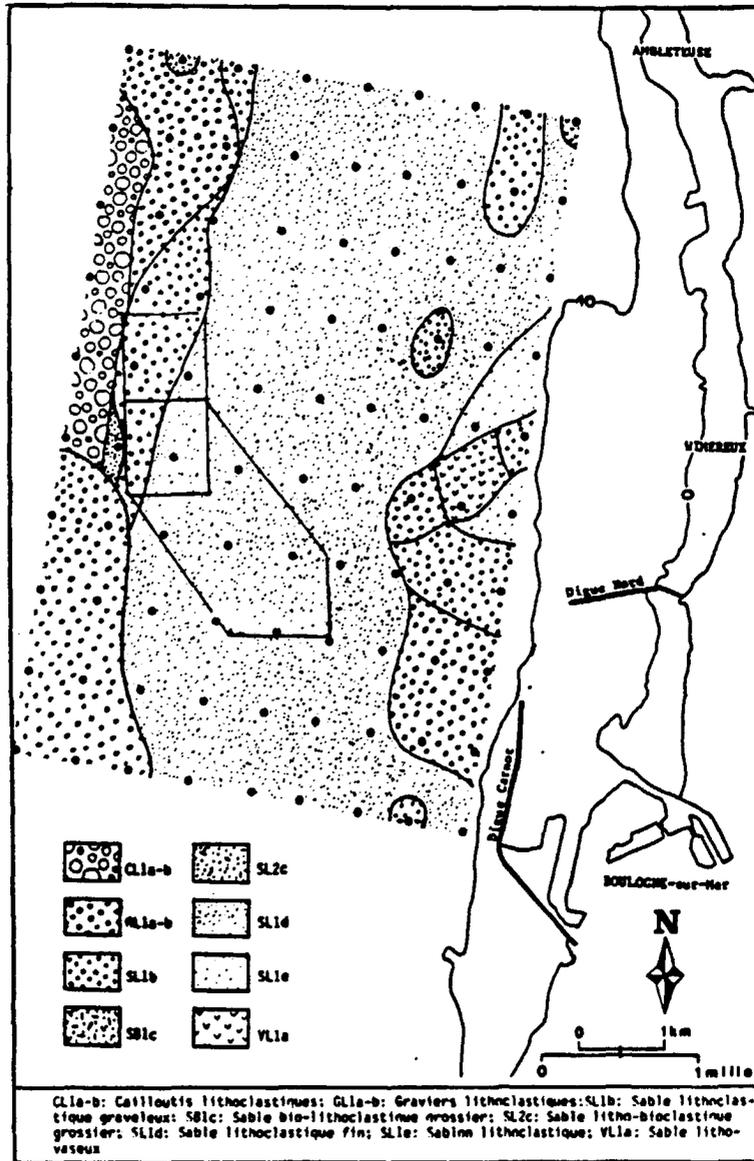


Figure 2 .- Répartition des sédiments superficiels, utilisant la nomenclature de VASLET, LARSONNEUR, AUFFRET, 1978).

- Le domaine côtier assez complexe, où alternent les sédiments grossiers lithoclastiques et les sables envasés plus ou moins calcaires. Les apports y sont probablement variés.

- Le domaine du banc de la Bassure de Baas, extrêmement homogène. Il est composé de sables fins très bien classés présentant une teneur moyenne en CO_2Ca de 8 %.

- Le domaine du large, caillouteux, très grossier et très mal classé, dont la fraction sableuse est riche en éléments biogènes.

3 - REPARTITION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES

Les analyses biologiques permettent de distinguer trois communautés benthiques : (Fig. 3).

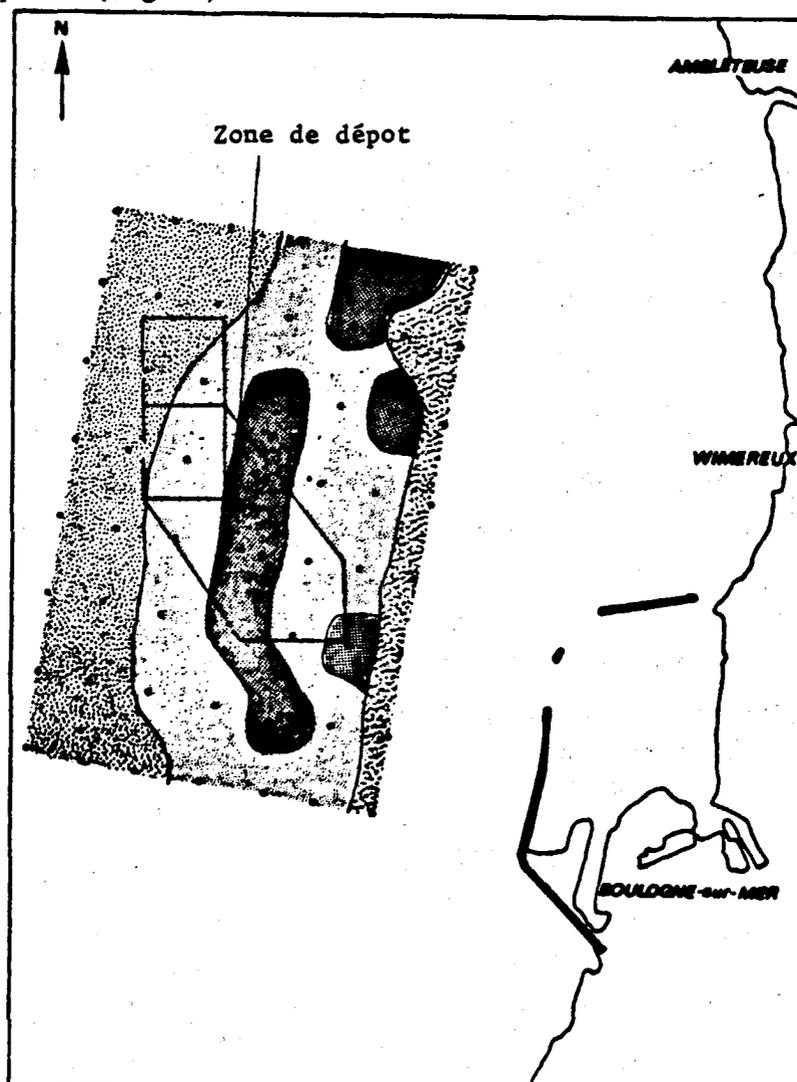


FIGURE 3 . CARTOGRAPHIE DES PEUPEMENTS DE LA ZONE DE REJETS DE DRAGAGE.

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Communauté des Cailloutis à <i>Ophiotrix fragilis</i> . |  Communauté de l'hétérogène envasé. |
|  Communauté à <i>Ophélia borealis</i> .
Faciès des sables légèrement envasés. |  Communauté à <i>Ophélia borealis</i> .
Faciès des sables propres. |

- Une communauté de l'hétérogène envasé dont le cortège faunistique est constitué d'espèces caractéristiques de sédiments grossiers, sableux et envasés. La richesse spécifique est forte (112 espèces). Cette communauté occupe le domaine côtier de la zone d'étude.

- Une communauté à Ophelia borealis qui occupe le banc sableux de la Bassure de Baas. Cette communauté présente deux faciès :

- Un faciès de sables fins, moyennement riche (62 espèces)

- Un faciès de sables légèrement envasés, plus pauvre (44 espèces).

L'envasement est maximum sur la mi-pente côte large du banc de la Bassure de Baas.

- Une communauté de cailloutis à Ophiotrix fragilis qui occupe le domaine du large. La richesse spécifique est forte (137 espèces).

4 - IMPACT DES REJETS PORTUAIRES

La plupart des clapages sont pratiqués au-delà du banc de la Bassure de Baas. Or les prélèvements localisés dans ce secteur présentent peu de traces de matériaux portuaires. L'envasement n'apparaît pas de façon significative. Les seuls véritables témoins des rejets se présentent sous la forme de galets mous de vase dont les caractéristiques granulométriques et minéralogiques sont identiques à celles des sédiments du port.

La communauté à Ophelia borealis du Banc de la Bassure de Baas est perturbée par les rejets. On y observe d'une part le faciès de sables légèrement envasés sur la mi-pente côté large, d'autre part un déséquilibre faunistique du peuplement du faciès de sables fins des stations du sommet de banc.

Après un dépôt expérimental de 5430 m³, réalisé en dehors de la zone de rejet, le suivi des peuplements de la communauté à Ophelia borealis montre (Tableau 1) :

SECTEUR TEMOIN			SECTEUR IMPACTE			
TEMOIN	DOMINANCE MOYENNE EN %		3,5 MOIS APRES DEPOT	DOMINANCE MOYENNE EN %	5 MOIS APRES DEPOT	DOMINANCE MOYENNE EN %
	3,5 mois	5 mois				
Echinocardium cordatum	23,3	22,5	Nephtys cirrosa	24,6	Nephtys cirrosa	24,9
Nephtys cirrosa	19,4	21,8	Magelona papillicornis	16,2	Bathyporeia elegans	18,3
Urothoe brevicornis	16,2	12,0	Bathyporeia elegans	10,3	Echinocardium cordatum	11,7
Bathyporeia elegans	10,0	8,2	Urothoe brevicornis	10,1	Spio filicornis	10,5
Ophelia borealis	4,7	8,2	Spio filicornis	9,2	Magelona papillicornis	7,9
Spio filicornis	3,9	6,5	Echinocardium cordatum	8,4	Gastrosaccus spinifer	5,9
			Ophelia borealis	4,8	Urothoe brevicornis	5,3

Tableau 1 : Evolution du cortège faunistique à la suite du dépôt expérimental

- une perturbation dans le cortège faunistique se traduisant principalement par la baisse de la dominance moyenne de Echinocardium cordatum, typique de sable propre, et l'augmentation de la dominance moyenne de Magelona papillicornis, annélide polychète sédentaire.

- une relative épuration constatée cinq mois après le dépôt. Elle se traduit par une recolonisation par Echinocardium cordatum et une baisse de la dominance moyenne de Magelona papillicornis. Cependant, cinq mois après le dépôt expérimental, il était encore trouvé des galets mous de vase dans les sédiments sableux.

Les vases du port de Boulogne contiennent de fortes teneurs en métaux. Le suivi des teneurs en métaux des galets mous de vase récoltés au niveau du dépôt expérimental montre que au bout de 3 mois, l'essentiel du cuivre a été relargué ; 2/3 et 3/4 du plomb et du cadmium ont quitté la vase en 5 mois. Le zinc comme le fer, s'échangent plus lentement.

La redistribution des métaux dans le sédiment sableux de la zone de dépôt expérimental et de ses environs est faible. La majeure partie des métaux relargués partirait sous forme dissoute dans la masse d'eau.

L'impact sur les populations benthiques est variable. Les fortes teneurs en fer observées chez Magelona papillicornis confirment que cette annélide est indicatrice de l'apport de fer. L'épuration constatée au niveau du dépôt expérimental est vérifiée par la diminution des teneurs en fer chez Echinocardium cordatum entre le troisième et le cinquième mois après le dépôt.

5 - CONCLUSION

L'ensemble des résultats acquis tend à mettre en évidence un faible impact des rejets de dragage sur les sédiments et la faune benthique, dans la zone de clapage.

La majeure partie des sédiments rejetés est dispersée par les courants de marée dont la résultante est de direction Nord. Le principal problème posé est celui du devenir des fines entraînées vers la mer du Nord et de la pollution métallique qui s'en suit, pollution ayant sans doute un effet néfaste sur le littoral lors de rejets effectués trop près de la côte.

CONTAMINATION DES ESPECES BENTHIQUES PAR LES POLLUANTS METALLIQUES

C. DELVAL, J.M. DEWARUMEZ, M. WARTEL et A. RICHARD
STATION MARINE DE WIMEREUX

Les laboratoires régionaux (I.P.L., I.R.C.H.A., U.S.T.L.) ont effectué, au cours de ces dernières années, de nombreuses analyses qui permettent d'estimer les apports au milieu marin, de polluants métalliques. Les tonnages annuels de métaux amenés par aérosols, déversés par les estuaires et les émissaires industriels ou déposés à la suite des dragages portuaires, sur le littoral Nord - Pas-de-Calais, sont considérables :

96 t de Cu, 1012 t de Zn, 389 t de Pb, 3,9 t de Cd, 122 t de Ni, 645 t de Ti, 40286 t de Fe, 751 t de Mn.

Il a été montré d'autre part (Tableau 1), que dans les zones littorales industrialisées dont celle de Calais-Dunkerque pour notre littoral, des poissons sont atteints d'ulcérations (nécroses). Ils présentent des nodules hépatiques et spléniques où l'on décèle par microsonde de nombreux éléments métalliques.

NECROSES

- Richard et Coll. 79*
- Nouou et Coll. 80*
- Delval, Desmarohelier, 82*
- Richard N/O Cryos 82*
- Desmarohelier, 84*
- Delval, 84*

Poissons côtiers

Necto-benthiques

- Gadidés*
- Poissons plats*

Littoraux industrialisés

- Baie de Seine*
- Calais-Dunkerque*
- Nord Belgique*

1 à 2 % Pêche

Suivi histologique

Orosi, 80

Stade préulcéreux

- Ulcération congestive*
- Ulcération hémorragique*
- Ulcération avec granulome*
- Phase fibreuse*
- Cicatrisation*

Analyses à microsonde :

- Vandorpe, Smigielski, 78*
- Smigielski, Lemaguer, 78*

Métaux

Cd, Pb, Cr, Ni, Mn

NODULES HEPATIQUES :

Smigielski, 78, Colas, 80

LITHIASIS RENALES :

Martoja et coll, 84

Ti, Cr, Zn, Ni, Cu

+

Ca

DEGENERESCENCE DES CORPUSCULES

DE STANNIUS

Lopez, 84

Hypercalcémie
non contrôlée

Tableau 1 :

Bilan succinct des travaux entrepris pour expliciter les maladies des poissons (Nécroses, Nodules). (Synthèse IFREMER en instance de parution).

Nous avons donc entrepris un suivi des teneurs des métaux chez quelques espèces d'invertébrés benthiques du littoral et abordé l'étude des mécanismes de contamination et de complexation de ces éléments chez les poissons.

On constate (Fig. 1) en s'appuyant sur les résultats partiels dont on dispose (novembre 84 à juillet 85), des variations des teneurs en éléments métalliques chez des espèces récoltées par dragages au large de Calais-Dunkerque.

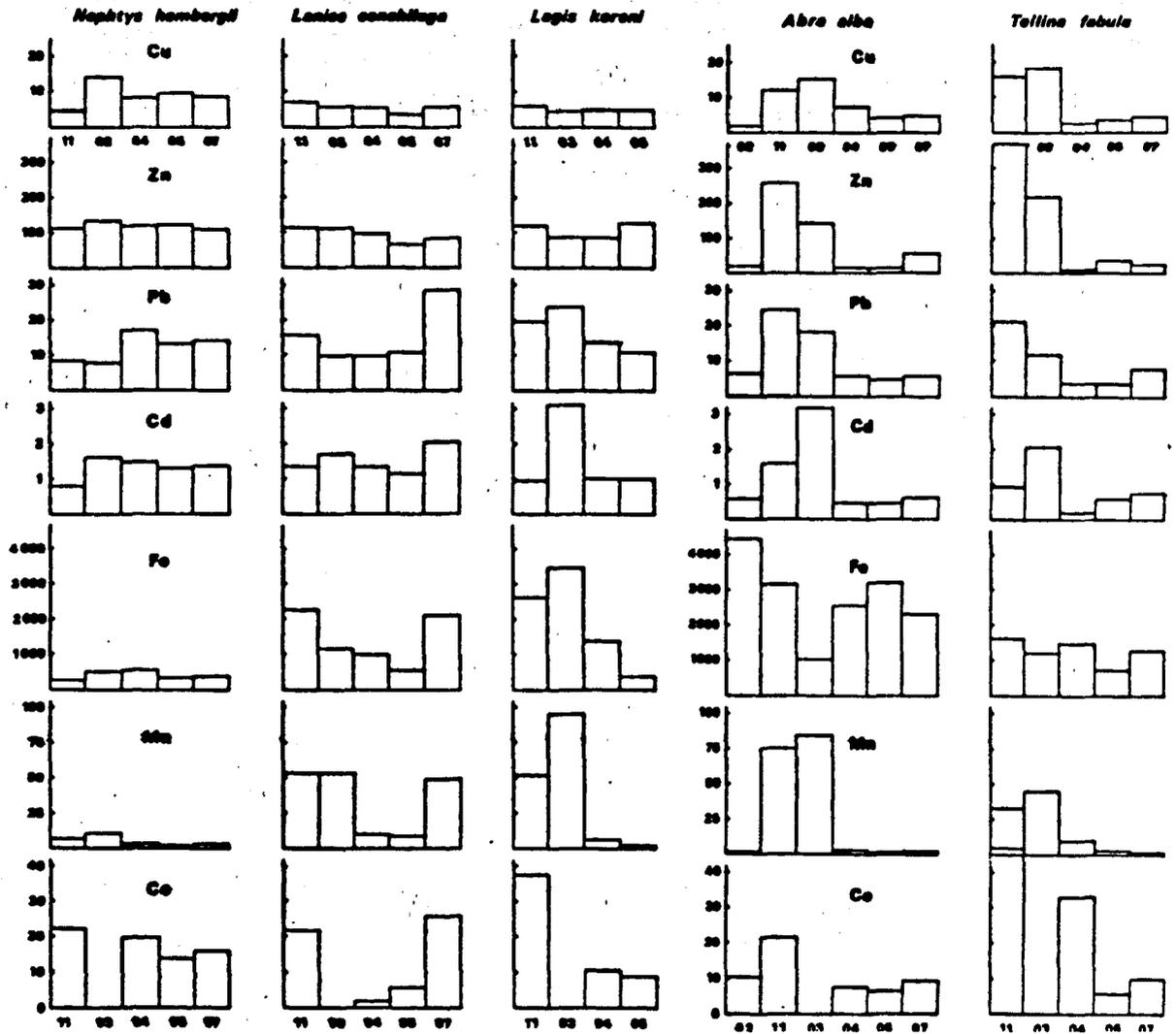
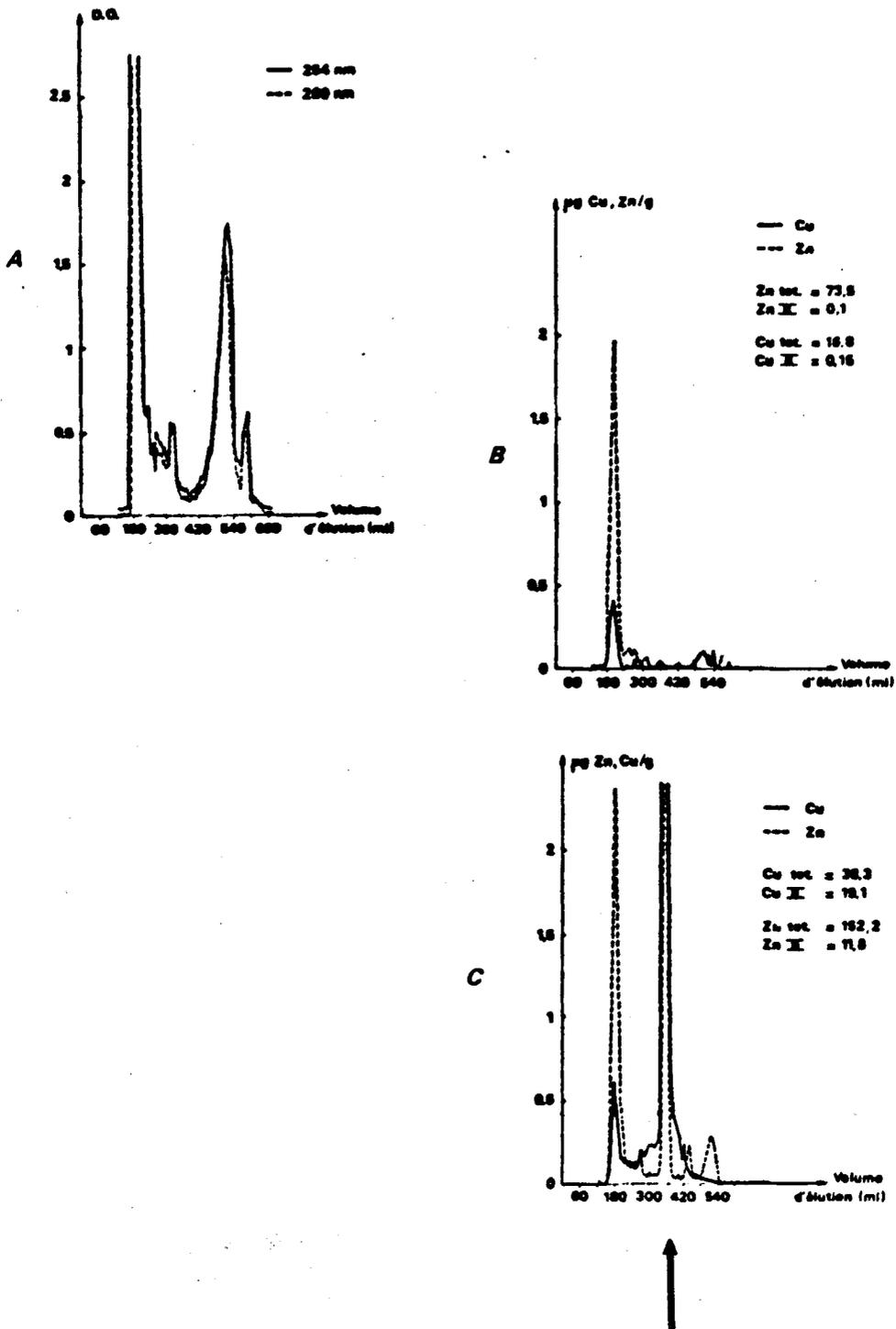


Fig. 1 : Variation des teneurs en éléments métalliques (ppm/poids sec) de quelques invertébrés benthiques de la zone Calais-Dunkerque (Novembre 84 - Juillet 85).

Fig. 2 : Profils chromatographiques de la fraction soluble de foies de flets, obtenus sur gel de séphadex G 75

- A) : Passage au spectrophotomètre : identification des protéines
- B) : Après analyse en absorption atomique des métaux (Cu, Zn) chez des poissons sains d'Hardelot : les métallothionéines ne sont pas présentes :
- C) : Caractérisation des métallothionéines chez des poissons nécrosés : les métaux (Cu, Zn) en quantité importante sont associés à des protéines de poids moléculaire voisin de 12 000 d (flèche).



- Le cadmium est plus abondant en mars mais contamine toutes les espèces.
- Fer, manganèse, plomb ont des valeurs plus fortes pendant l'hiver chez des espèces qui se nourrissent de matériel particulaire.

La différence apparaît nettement en comparant Nephtys cirrosa qui consomme des proies dans le sédiment, aux autres annélides, Lanice conchilega et Lagis koreni qui sont des suspensivores assimilant des particules auxquelles ces métaux sont associés. Les mollusques lamelibranches Abra alba et Tellina fabula sont également contaminés : ils prélèvent les particules déposées en surface du sédiment.

D'autres résultats acquis sur l'ensemble du littoral permettent de préciser que :

- Le cuivre est de valeur constante, plus abondant chez les crustacés, très faible chez les échinodermes.
- Le zinc atteint des valeurs importantes chez les lamelibranches. Il s'accumule dans le foie, le rein des poissons (flet).

On peut confirmer l'existence de pollution de zone.

Les teneurs en éléments métalliques (Pb, Zn, Cd, Mn) des poissons (flets) chalutés au large de Calais - Dunkerque sont plus élevées que celles des poissons pêchés au large d'Hardelot.

Nous avons entrepris (DELVAL, 1984) des études biochimiques (chromatographie, électrophorèse) couplées à des analyses des polluants métalliques par absorption atomique. Cela a permis de montrer (Fig. 2) que les poissons plats chalutés dans la zone de Calais - Dunkerque (le flet a été retenu en raison de son abondance et de sa présence constante sur le littoral) élaborent des métalloprotéines complexant le zinc et le cuivre. Ces métalloprotéines sont probablement des métallothionéines de 12000 d qui peuvent retenir également le cadmium (contamination expérimentale). Le plomb est également complexé mais il est associé à des protéines de poids moléculaire plus élevé.

Les teneurs en métaux diffèrent peu entre les poissons nécrosés et les poissons sains de la zone Calais - Dunkerque, par contre, les mêmes analyses effectuées chez des flets chalutés au large d'Hardelot indiquent des valeurs plus faibles en éléments métalliques.

Ces mécanismes font partie des systèmes de détoxification dont disposent les organismes. En complexant les éléments métalliques, ces systèmes protègent les individus mais augmentent les risques de contamination des prédateurs.

MECANISMES DE BIOACCUMULATION DES GERMES

PAR LES MOLLUSQUES

Etude in situ

INTRODUCTION

La présente étude a été réalisée par le laboratoire "Contrôle et suivi des ressources et de leurs utilisations" (CSRU) du Centre de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) de Boulogne-sur-Mer.

Elle entre dans le cadre du programme quinquennal de recherche sur l'environnement littoral Nord/Pas-de-Calais et fait suite aux premières études sur l'état et l'origine de la pollution bactérienne des moules et autres coquillages qui ont donné lieu à l'établissement de deux rapports en avril 1983 et juin 1984.

Son financement a été assuré par l'IFREMER dans le cadre de la convention Région/IFREMER.

Le programme de cette étude consiste à analyser les effets de la pollution bactérienne et plus particulièrement les mécanismes de bioaccumulation des germes par les mollusques. Nous avons abordé le problème par une approche de terrain (in situ), la station de Gravelines de l'Institut Pasteur de Lille (IPL) se chargeant de l'étude sur pilote (in vitro).

Trois zones particulièrement polluées situées à proximité des sources de contamination ont été retenues et nous avons analysé les coquillages et l'eau pendant des séries suffisamment longues pour que l'on puisse comprendre les mécanismes d'accumulation et de décontamination des mollusques en relation avec les paramètres météorologiques et physicochimiques du milieu.

PRELEVEMENTS

Du 1er juillet 1984 au 30 juin 1985, une série de prélèvements de coquillages et d'eau de mer a été effectuée chaque trimestre (été, automne, hiver, printemps) pendant dix jours consécutifs pour les deux stations de Wimereux (les petits Cailloux) et Le Portel (le rieu de Cat), pendant deux trimestres (été, automne) et seulement cinq jours consécutifs pour la station de la Baie de Somme (Le Voie de Rue).

Deux types de coquillages ont été retenus : les moules à Wimereux et Le Portel, les coques en Baie de Somme.

L'eau a été prélevée de préférence pendant le jusant, juste avant que les coquillages ne découvrent et soient à leur tour prélevés.

La position des stations de prélèvements est précisée sur une carte jointe en annexe.

ANALYSES

Les prélèvements et les analyses ont été effectués par le laboratoire CSRU de Boulogne en ce qui concerne les stations de Wimereux et Le Portel, par le laboratoire CSRU de Le Crotoy pour la station de la Baie de Somme.

Les échantillons ont été analysés au maximum dans les quatre heures qui suivent leur prélèvement.

Pour la plupart des prélèvements nous avons analysé les paramètres suivants :

- Bactériologiques :

- . coliformes totaux
- . coliformes fécaux
- . streptocoques fécaux
- . salmonelles

- Physicochimiques :

- . température
- . salinité
- . oxygène dissous
- . matières en suspension (MES)

- Météorologiques :

- . pluie
- . vent
- . état de la mer
- . sens du courant
- . coefficient et heure de la marée.

Les méthodes utilisées pour le dénombrement ou la recherche des germes sont les mêmes que celles décrites dans les précédents rapports (juin 84 et avril 83).

...

Les MES ont été déterminées selon le mode opératoire décrit par A. AMINOT dans le manuel des analyses chimiques du milieu marin et en utilisant des filtres SARTORIUS SM 134 en fibre de verre.

L'oxygène dissous a été mesuré en utilisant des coffrets AQUAMERCK selon la méthode de WINKLER.

Les renseignements météorologiques ont été recueillis directement sur le terrain ou auprès des stations météo de Boulogne-sur-Mer et Abbeville.

En ce qui concerne les eaux et pour essayer de voir l'influence des matières en suspension sur le piégeage des germes, nous avons effectué les analyses bactériologiques sur l'eau brute agitée puis décantée 30 minutes et 2 heures 30.

RESULTATS ET COMMENTAIRES

Tous les résultats concernant les paramètres bactériologiques, physico-chimiques et météorologiques analysés lors de cette étude sont regroupés dans les tableaux joints en annexe.

L'évolution des teneurs en germes dans les coquillages et les eaux a été représentée par dix graphiques joints également en annexe..

A la lecture de ces résultats on peut faire les constatations suivantes:

1 - Capacité d'accumulation en germes par les coquillages: que ce soit pour la moule ou la coque, la capacité d'accumulation en coliformes et en streptocoques est très grande. Elle dépasse souvent les 72 000 germes pour 100 ml de chair et peut atteindre jusque 10^6 ou 10^7 .

Cette bioaccumulation ne semble pas trop sélective et on retrouve les mêmes germes présents à la fois dans l'eau et les coquillages.

Lors de la recherche des salmonelles, qui s'est avérée la plupart du temps négative, nous avons remarqué que des germes identifiés (citrobacter freundii ou klebsiella pneumoniae) se retrouvaient dans les coquillages et l'eau prélevés au même endroit.

2 - Vitesses d'accumulation et de décontamination des germes dans les coquillages

. bioaccumulation

Soumises à l'influence d'une brusque pollution bactérienne, les moules accumulent en quelques heures (moins de 24 heures) à la fois coliformes et streptocoques fécaux mais avec une vitesse d'absorption plus grande pour les streptocoques que pour les coliformes :
par exemple un apport de 4 500 coliformes fécaux dans l'eau de mer entraîne une augmentation d'environ 30 000 coliformes fécaux dans les moules en 24 heures alors qu'un apport de 2 400 streptocoques fécaux entraîne une augmentation d'environ 70 000 germes (WIMEREUX les 6 et 7 août 84).

...

Pour les coques il semble que la vitesse d'accumulation des germes soit un peu plus lente. Il n'est pas rare de retrouver une pollution bactérienne dans l'eau avec un décalage d'au moins 24 heures dans les coques (BAIE DE SOMME les 24 et 25 août 84).

• décontamination

Lorsque des moules fortement contaminées sont baignées par une eau "propre" on note en 24 heures une chute importante de la teneur en germes puis une diminution plus lente du reliquat dans les 24 ou 48 heures suivantes.

Dans les moules de Wimereux, entre les 9 et 10 août 84, la teneur en coliformes fécaux est passée de + 72 000 à 2 790 puis de 2 790 à 840 dans les 24 heures suivantes alors que la teneur dans l'eau de mer est passée de 930 à 430 puis 36 coliformes fécaux pour 100 ml.

Ces résultats ont été confirmés lors de plusieurs expériences de purification de moules dans une eau stérilisée aux U.V. En quelques heures (8 environ) la contamination en coliformes fécaux des coquillages a chuté très fortement puis plus lentement dans les 24 heures qui suivirent.

En ce qui concerne les streptocoques la décontamination est encore plus lente. Des moules renfermant 72 000 germes peuvent demander jusqu'à 5 jours pour descendre à 450 (voir figure p 30).

On obtient sensiblement le même type de résultats avec des coques.

Pour expliquer les mécanismes de décontamination on peut penser que la plus grande partie des germes accumulés en peu de temps par les coquillages reste au niveau du tractus digestif et peut ainsi être facilement éliminée alors que seulement une faible partie est fixée ou "digérée" et sera plus difficile à éliminer.

3 - Rapports entre teneurs en germes dans la chair et l'eau de mer

Pour essayer de déterminer le facteur de concentration des germes

entre l'eau et les coquillages, il est nécessaire de tenir compte uniquement des analyses présentant des résultats constants ou en augmentation après une période stable et d'éliminer ceux qui pourraient être influencés par des mécanismes d'absorption ou de désorption des germes déjà en cours.

Au vu des graphiques présentés en annexe, on peut retenir les rapports suivants :

MOULES	COLIFORMES	$\frac{2\ 250}{150} = 15$	$\frac{33\ 000}{4\ 600} = 7$	$\frac{690}{91} = 7,5$	$\frac{630}{91} = 7$	$\frac{690}{230} = 3$	$\frac{7\ 200}{430} = 16,7$	$\frac{1\ 290}{150} = 8,6$	$\frac{1\ 170}{36} = 32$
	FÉCAUX								
MOULES	STREPTOCOQUES	$\frac{2\ 790}{91} = 30$	$\frac{72\ 000}{2\ 400} = 30$	$\frac{13\ 800}{91} = 151$	$\frac{33\ 000}{430} = 76$	$\frac{7\ 200}{230} = 31$			
	FÉCAUX								
COQUES	COLIFORMES	$\frac{2\ 250}{430} = 5,2$	$\frac{6\ 300}{2\ 400} = 2,6$	$\frac{6\ 300}{1\ 500} = 4,2$					
	FÉCAUX								
COQUES	STREPTOCOQUES	$\frac{13\ 800}{930} = 14,8$							
	FÉCAUX								

Ces rapports sont indiqués par une flèche sur les graphiques.

On constate que pour les moules ils vont de 3 à 32 en coliformes fécaux et de 30 à 150 en streptocoques fécaux. Pour les coques le nombre de résultats retenus est moins important mais permet néanmoins d'indiquer que les facteurs de concentration sont dans l'ensemble plus faibles que pour les moules. Il y a là une différence probablement due à la biologie de l'animal : branchies pour la moule et siphon pour les coques.

Les rapports plus élevés pour les streptocoques fécaux s'expliquent par des vitesses d'absorption plus rapides et une plus grande stabilité des germes par rapport aux coliformes fécaux.

4 - Influence des conditions météorologiques

La pluie, le soleil, le vent et la température peuvent avoir une influence sur les teneurs en germes dans l'eau et les coquillages.

...

- La pluie : après une période sèche assez longue, on constate toujours qu'une forte pluie (orage en été) entraîne une augmentation des teneurs en germes à la fois dans l'eau de mer et les coquillages. Les sols sont alors lessivés et tous les germes qui s'y sont accumulés se retrouvent dans le premier flux arrivant en mer. Cette influence se répercute parfois pendant deux à trois jours.

Lorsque la pluie tombe régulièrement pendant plusieurs jours, les apports terrestres de germes sont plus constants et moins importants.

- Le soleil : les périodes d'ensoleillement n'ayant pas dépassé 48 heures lors de nos séries de prélèvements, nous n'avons pu mettre en évidence l'influence du soleil sur les germes et leur accumulation dans les coquillages. Cependant compte tenu de la turbidité assez grande des eaux sur le littoral Nord/Pas-de-Calais, on peut penser qu'elles ne laissent guère passer les rayonnements lumineux.

- Le vent : il a été constaté sur le terrain qu'un vent violent pouvait aller jusqu'à inverser le sens du courant de jusant ou modifier le coefficient de la marée et par conséquent diriger les flux de pollution dus à un rejet.

- La température : les vitesses de filtration de l'eau par les mollusques ne sont guère influencés que par des températures extrêmes, inférieures à 5° C et supérieures à 20° C. Durant notre étude les températures se sont maintenues dans une plage située entre 10 et 20° C sauf pendant la période du 11 au 20 mars 1985 à Wimereux où la température de l'eau est descendue jusqu'à 2° C entraînant une diminution des vitesses d'absorption et de désorption des germes par les moules.

5 - Influence des paramètres physicochimiques

- salinité

Sous l'influence d'un apport d'eau douce (fortes pluies, rivières), la salinité de l'eau de mer côtière peut baisser de 32-34 g/l à 24 g/l. Les coquillages supportent mal de brusques variations de salinité, cependant jusqu'à 20 g/l leur activité physiologique n'est pas profondément modifiée.

La salinité de l'eau baignant les moules s'est toujours maintenue à des valeurs supérieures à 20 g/l, par contre pour les coques elle est descendue jusqu'à 15,6 et 18,5 g/l les 3 et 4 décembre modifiant ainsi les mécanismes d'accumulation des germes présents dans l'eau.

- oxygène dissous

On considère que 70 à 80 % de saturation en oxygène sont nécessaires à la vie des coquillages. Mis à part des teneurs ponctuelles assez basses en été dues à l'augmentation de la température de l'eau, les résultats obtenus sont dans l'ensemble suffisants pour ne pas modifier l'activité de filtration.

- matières en suspension (MES)

Pour essayer de déterminer l'influence des MES sur les mécanismes de bioaccumulation nous avons d'une part mesuré les MES dans quatre séries de dix prélèvements et d'autre part dénombré les germes tests de la contamination fécale dans l'eau brute agitée puis décantée trente minutes et deux heures trente en supposant que si les germes sont piégés par les MES il y aura un début de décantation.

Nous avons constaté que l'apparition de fortes teneurs en MES était souvent la conséquence d'une période de mauvais temps mais ne correspondait pas forcément à la présence de germes en quantité importante dans l'eau. Par exemple le 7 juin 1985 au Portel, des teneurs en MES de 144,75 mg/l correspondaient à pratiquement aucun coliforme et streptocoque alors que le 13 mars 1985 l'eau contenait 2 400 coliformes et 930 streptocoques pour une teneur en MES de 16,2 mg/l.

En comparant les teneurs en germes de l'eau brute agitée et après décantation on n'observe pas de nette diminution des numérotations sauf peut-être lorsque la contamination est très forte.

Au vu de ces résultats il semblerait que les matières en suspension ne jouent pas un rôle primordial dans le piégeage des germes dans l'eau et leur transfert dans les coquillages. Les coquillages filtreraient l'eau sans faire de distinction entre MES, germes ou MES + germes.

CONCLUSION

L'approche de terrain réalisée par l'IFREMER aura permis de mieux comprendre certaines parties des mécanismes de bioaccumulation des germes par les mollusques :

. Les moules et les coques accumulent les germes en quelques heures (moins de 24 heures).

. La décontamination des coquillages est plus lente que la contamination.

. Les vitesses d'absorption et de désorption ne sont pas les mêmes pour les coliformes et les streptocoques.

. Par rapport à l'eau de mer, la concentration des germes chez la moule se situe entre 3 et 32 fois pour les coliformes fécaux, entre 30 et 150 fois pour les streptocoques.

. La pluie est le facteur météorologique qui influe le plus sur les teneurs en germes dans l'eau et les coquillages.

. Les matières en suspension ne semblent pas jouer un rôle important dans le transfert des germes de l'eau vers les moules et les coques.

Le fait que les coquillages intègrent très rapidement une pollution bactérienne est primordial. D'un jour à l'autre ils peuvent devenir inconsommables et présenter des risques pour le consommateur d'où la nécessité de maintenir constamment l'eau à des niveaux de contamination suffisamment bas.

Cette première étude "in situ" est couplée à une seconde "in vitro" réalisée par l'Institut Pasteur de Lille. Ses résultats devraient permettre de compléter et d'affiner les conclusions présentées ici.

Les annexes peuvent être consultées au centre IFREMER DE BOULOGNE

INSTITUT PASTEUR DE LILLE
Laboratoire Littoral
BP 101
59820 GRAVELINES

MECANISMES DE BIOACCUMULATION PAR LES MOLLUSQUES.

étude "in vitro"

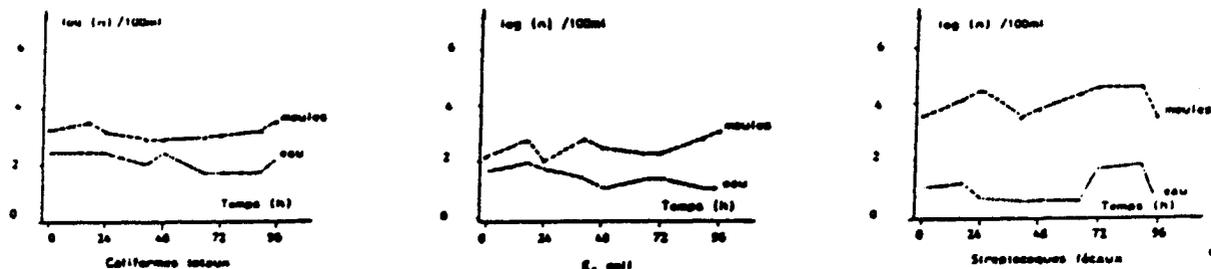
par R.DELESMONT

Ce travail in vitro, réalisé en eau de mer pompée en continu, a permis d'étudier l'accumulation des bactéries fécales par les moules (quelques expériences ont également porté sur des coques) en maîtrisant les différents paramètres de la qualité de l'eau.

Pour les moules, les principaux résultats obtenus sont les suivants:

Facteurs de concentration

Les germes fécaux, présents dans l'eau sont retrouvés dans les moules à des concentrations plus élevées.



En eau peu polluée ($E. coli = 17/100$ ml en moyenne), les facteurs de concentration, bien qu'obtenus avec des écart-types importants s'établissent pour l'ensemble des mesures à:

X 19 pour les coliformes totaux et *E. coli*

X 700 pour les streptocoques fécaux

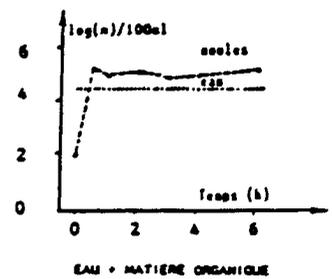
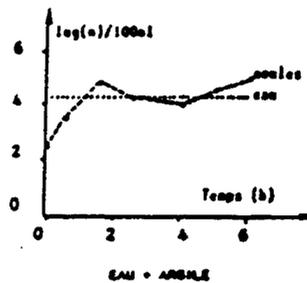
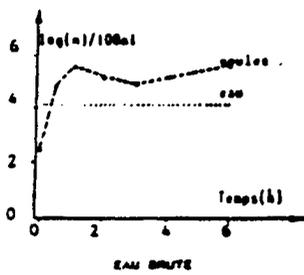
Avec de l'eau contaminée à des valeurs plus élevées ($E. coli = 27\ 000/100$ ml en moyenne), on note également une variabilité élevée des résultats, mais la bioaccumulation est peu modifiée pour les coliformes totaux (X 16) et les *E. coli* (X 11). Elle est nettement moins forte par contre pour les streptocoques fécaux (X 47).

Matières en suspension

La présence de matières en suspension n'apparaît pas nécessaire à la fixation des bactéries. Si on ajoute des matières en suspension non chargées en bactéries, les facteurs de concentration obtenus sont moins élevés. Cela est particulièrement net en présence d'argile: à la dose de 50mg/l on n'observe plus de bioaccumulation.

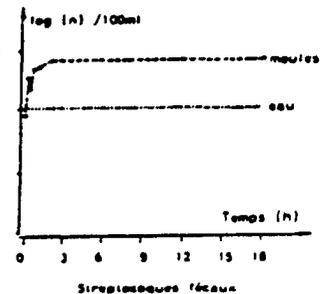
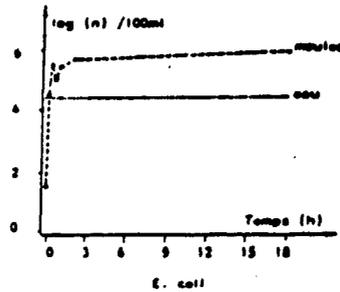
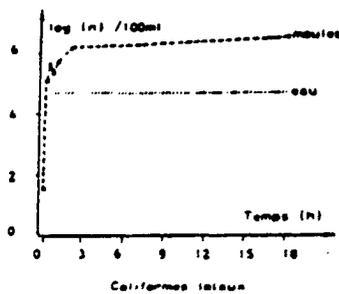
	coliformes totaux /100ml	E. coli /100ml	streptocoques fécaux /100ml
EAU BRUTE n = 18	F = 16 (9 à 28)	F = 11 (6 à 19)	F = 47 (23 à 96)
+ ARGILE (50 mg/l) n = 18	F = 0,7 (0,3 à 1,3)	F = 1 (0,5 à 2,1)	F = 2,5 (1,5 à 4,6)
+ MATIERE ORGANIQUE (50 mg/l) n = 5	F = 8 (2,2 à 30)	F = 8 (1,8 à 32)	F = 15 (2,5 à 78)

Facteur F de bioaccumulation par les moules



CONTAMINATION (E. COLI)

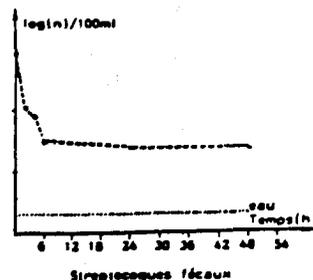
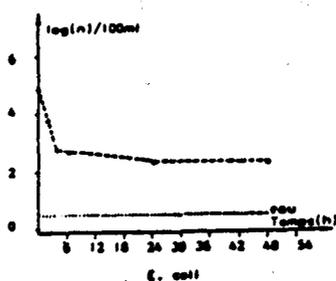
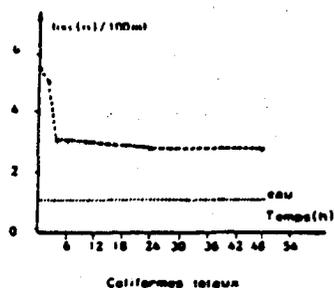
Cinétique de contamination



CONTAMINATION

L'accumulation des bactéries en présence d'une pollution de l'eau est très rapide: un nouvel équilibre est atteint en 2 ou 4 heures environ. Une pollution de la masse d'eau qui ne dure que quelques minutes a déjà une grande influence sur la qualité du mollusque.

Cinétique de décontamination



Décontamination

Les processus de décontamination sont moins rapide que ceux d'accumulation. Si une grande part de la pollution ingérée est éliminée en quelques heures, un niveau normal n'est retrouvé qu'en 48 heures environ. Si on recherche l'élimination d'un germe de contamination présent en quantité importante (Salmonella par ex.), la décontamination nécessite un séjour minimum d'une semaine en eau propre.

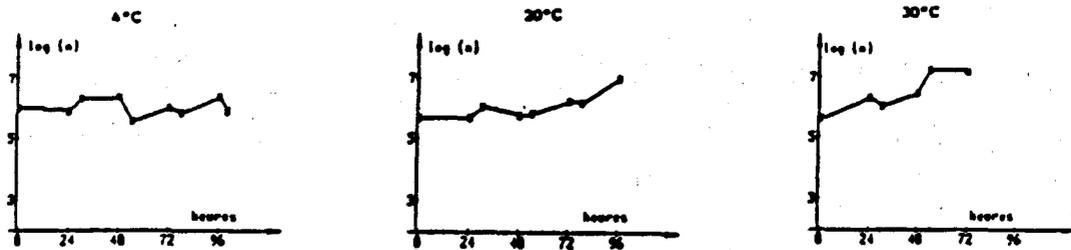
Devenir des bactéries

Les bactéries bioaccumulées ne sont pas toutes définitivement soustraites à l'environnement marin, car une grande partie de ces germes est rejetée sous formes particulière dans les feces et pseudo-feces.

/100ml	coliformes	E. coli	streptocoques fécaux
EAU	240	93	93
MOULES	2400	2400	2600
FECES ET PSEUDO-FECES	240 000	110 000	240 000

Répartition des germes après une expérience de bioconcentration

Lors de l'émergence, les bactéries survivent très longtemps dans le coquillage et peuvent même se multiplier à température élevée; cela est particulièrement vrai pour les streptocoques fécaux:



Evolution des streptocoques fécaux lors d'une conservation

Conclusion

La bioaccumulation des bactéries fécales par les moules est un phénomène rapide, plus rapide que la décontamination. Au vu des facteurs de concentration observés, la qualité de l'eau des gisements conchylicoles doit être d'excellente qualité ($E. coli < 15 / 100ml$) pour respecter les normes de salubrité des coquillages ($< 300 / 100ml$) cette condition s'avère très limitative pour les eaux de la région dans l'état actuel de l'assainissement.

ASPECTS METHODOLOGIQUES DE L'ANALYSE
DES RELATIONS ENTRE LA POLLUTION DES SEDIMENTS
ET LA STRUCTURE DES PEUPELEMENTS MARINS

par Fabrice DESSAINT
Serge FRONTIER

Laboratoire d'Ecologie Numérique
et Station Marine de Wimereux
(Université des Sciences et Techniques de Lille)

Nous présentons ici un travail en cours.

La pollution marine, et particulièrement l'accumulation de polluants métalliques dans les sédiments, influe non seulement sur la biologie des espèces considérées individuellement, mais aussi (en conséquence) sur la composition qualitative et quantitative des peuplements : les rapports d'équilibre entre les différentes espèces sont en effet modifiées.

Ces modifications de peuplement sont plus faciles à décrire, sur la base de la présence ou de l'absence des différentes espèces et de leurs proportions mutuelles, que les modifications biologiques au niveau des espèces individuelles, lesquelles sont souvent ténues et difficiles à mettre en évidence au laboratoire. En d'autres termes, les variations de composition du peuplement global apparaissent comme un outil sensible de la mise en évidence de l'agression d'un écosystème. En outre cette analyse biocoenotique donne une vision globale, et non inféodée à telle ou telle espèce particulière, des réactions de l'écosystème, considéré comme un tout. Citons, comme exemple récent de ce type d'analyse dans notre pays, la Thèse de Doctorat d'Etat de C. HILY (1984) sur la Rade de Brest.

La méthode, cependant, nécessite la mise en place de plans d'échantillonnage élaborés et souvent lourds, et des méthodes mathématiques de traitement des données. Le présent travail tente de l'appliquer à l'analyse des effets éventuels de la pollution métallique des sédiments le long du littoral Nord-Pas-de-Calais, sur les peuplements benthiques.

POINT DE DEPART : LES CAMPAGNES "HYDROBIOS".

Un des points de départ de ce travail se trouve dans les résultats des campagnes HYDROBIOS I et II réalisées par le CNEXO en 1980 et 1981, qui avaient observé les fonds marins sur une bande côtière d'environ 10 km de large depuis la frontière belge jusqu'à l'estuaire de la Somme.

Comment rechercher l'impact d'une pollution sur un peuplement naturel

On pourrait penser à comparer deux zones ne différant entre elles que par la pollution : de la différence constatée entre les deux peuplements on déduirait, en théorie, l'action de cette pollution.

Malheureusement une telle approche est un rêve cartésien car, à notre époque et dans nos régions, aucune zone n'est exempte des effets de la pollution. En l'occurrence, les campagnes de mesures ont montré l'importance de la pollution métallique dans la totalité de la zone côtière. Aucune étude exhaustive de peuplement n'avait été réalisée avant que s'établisse cette pollution, et qui aurait pu fournir un "point zéro". Enfin, rechercher un point de comparaison dans une région non polluée très éloignée est une méthode douteuse, car elle mêle aux effets de la pollution ceux de la différence géographique ou écologique générale. On est obligé de chercher une méthodologie radicalement différente.

Cette méthodologie différente va être fondée non plus sur la comparaison d'une zone polluée avec une zone non polluée, mais sur la recherche des variations du peuplement benthique lorsque la pollution varie qualitativement et quantitativement.

En effet cette pollution est variable, bien qu'ubiquiste - comme l'attestent les cartes de répartition des polluants (Rapports HYDROBIOS) - et, le peuplement benthique montrant également des variations, on peut se demander si certaines variations caractéristiques de peuplement peuvent être mises en évidence le long de certains "axes" de pollution (nous préciserons ce terme dans ce qui suit), de même qu'il l'est le long d'axes concernant d'autres facteurs (naturels) de l'environnement.

Une première tâche a donc été de rechercher l'existence de ces "axes" de pollution. L'observation a montré que les métaux de la pollution sont nombreux en chaque point. D'autre part ils ne sont pas indépendants, à un double titre : d'une part ils montrent entre eux certaines corrélations, étant abondants ensemble ou au contraire s'excluant dans une certaine mesure ; d'autre part ils interagissent au niveau de leur action biologique sur les organismes et les peuplements. Il en résulte qu'il serait inextricable de rechercher l'action des divers métaux pris individuellement.

Nous adopterons donc une méthode consistant à analyser par un moyen mathématique l'ensemble des corrélations montrées par les différents métaux - du moins au vu d'un échantillonnage tel que celui réalisé par HYDROBIOS. Nous ferons de même pour les peuplements, qui sont des ensembles d'espèces diversement corrélées. La méthode est appelée Analyse Factorielle et nous avons précisément, appliqué à l'ensemble des données de HYDROBIOS I (11 métaux retenus dosés en 84 stations) une Analyse en Composantes Principales (ACP), qui est l'une des techniques de base de l'Analyse Factorielle. Nous avons réalisé ce calcul au Centre IFREMER de Brest (C.O.B.), avec les moyens informatiques du B.N.D.O.

11 variables est généralement considéré comme un nombre un peu insuffisant pour réaliser une ACP correcte. Nous avons cependant dû éliminer des calculs un certain nombre d'éléments trop sporadiques car la présence d'un trop grand nombre de "0" dans la matrice de départ biaise les résultats de l'analyse.

Nous avons pu néanmoins mettre en évidence un certain nombre de corrélations (positives et négatives) et à en faire une ordination selon deux axes (Fig. 1) :

- le premier axe (expliquant 40% de la variance totale) est en grande partie expliqué par les variations concomitantes du fer, du cobalt et du nickel (trois métaux à fortes ressemblances chimiques) ;
- le deuxième axe (30% de la variance totale) est surtout caractérisé par les variations concomitantes de plomb, du cadmium et du cuivre.

Les autres métaux (chrome, mercure, zinc, manganèse, titane) se projettent trop près de l'origine des axes I et II pour y être significatifs et, comme les contributions des autres axes à la variance totale est faible, nous

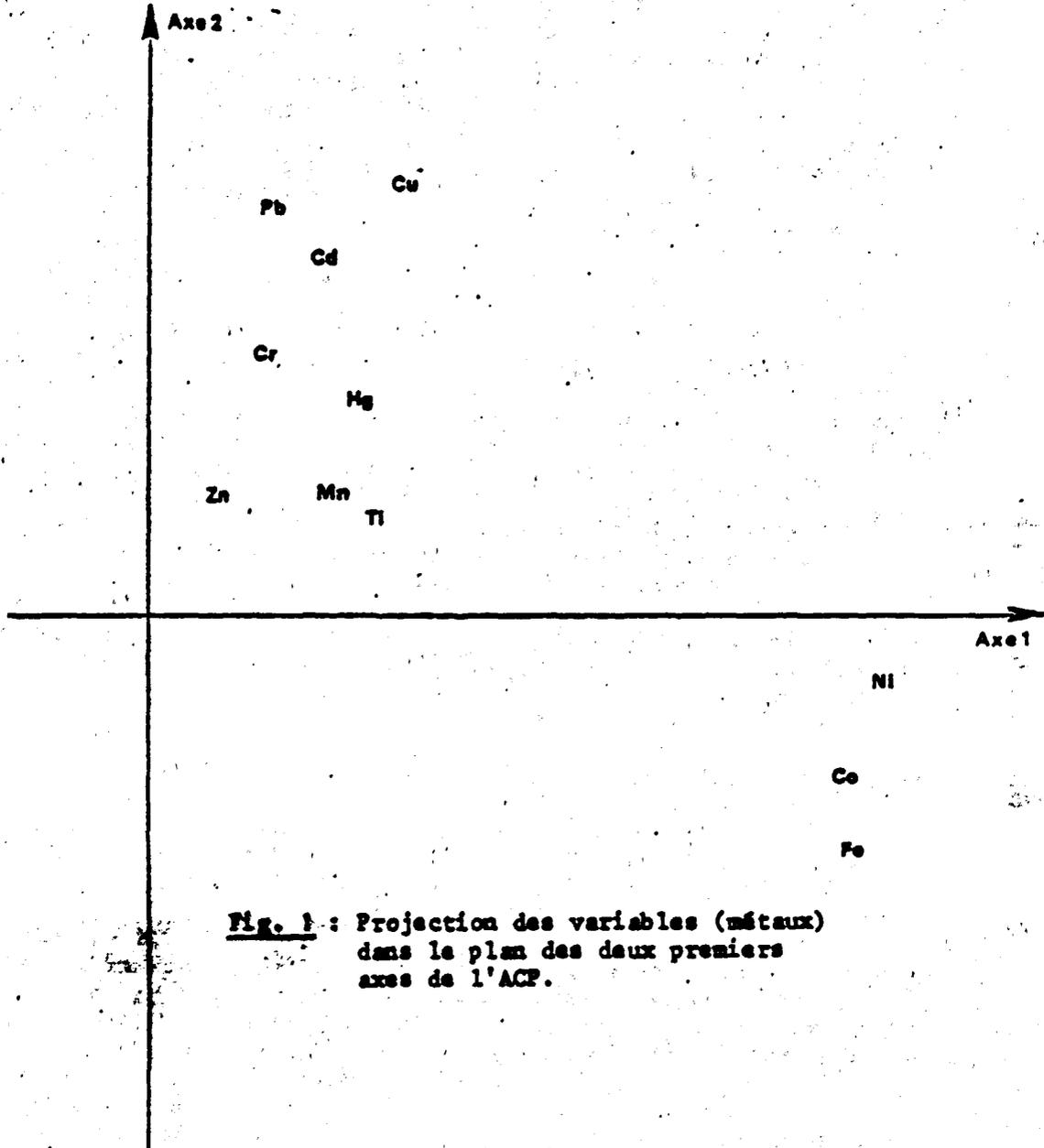


Fig. 1 : Projection des variables (métaux) dans le plan des deux premiers axes de l'ACP.

n'avons finalement considéré que les six premiers métaux.

A noter que l'ACP a été exécutée d'abord sur les teneurs en métaux rapportées à un poids unité de sédiment total, puis rapportées au poids des seuls éléments fins (<63 μ). La première option a donné des résultats incohérents à l'opposé de la deuxième, montrant que les régularités existantes concernent pratiquement cette fraction "fine".

C'est donc en rapportant la pollution métallique au poids de fraction fine des sédiments que nous concluons, au vu des résultats de HYDROBIOS I, à l'existence de deux types principaux de pollution, l'une dominée par Fe-Co-Ni, l'autre par Pb-Cd-Cu. Rien, à ce stade, n'a fait entrer en ligne de compte la position des stations, de sorte qu'a priori il n'y a aucune raison de penser que ces deux pollutions se partagent de façon cohérente l'espace - pour autant que nous puissions juger d'une cohérence spatiale à partir de stations de mesures éloignées entre elles.

C'est pourtant ce que l'on va constater a posteriori en notant sur la carte les stations où le groupe I de métaux est bien représenté à l'exclusion du groupe II, et les stations où c'est l'inverse. Près de la moitié des stations peuvent être ainsi caractérisées (les autres montrant soit les deux groupes de métaux aussi bien représentés, soit un groupe peu représenté et l'autre quasi-absent). Nous renvoyons à la carte Fig.2 où les stations à dominance Pb-Cd-Cu sont représentées par un cercle noir et celles à Fe-Co-Ni par un cercle blanc. Les stations non caractérisées sont représentées par un simple point. A l'examen une majorité de stations à Fe-Co-Ni apparaît au sud de la zone prospectée, entre l'estuaire de la Somme et celui de la Canche, et une majorité de stations à Pb-Cd-Cu entre Calais et Dunkerque. De part et d'autre de Boulogne on observe un mélange des deux types de stations.

Nous avons ainsi délimité deux régions où l'une ou l'autre des deux pollutions majeures est prédominante à l'exclusion de l'autre. Nous ferons l'hypothèse de travail que l'effet de l'une ou l'autre sur les peuplements benthiques a le plus de chances d'être mise en évidence en prospectant ces deux régions.

PLAN D'ECHANTILLONNAGE.

Nous avons choisi, dans une première approche, d'explorer surtout la zone sud (à Fe-Co-Ni) et de rechercher l'éventuel impact de la pollution le long d'un gradient côte-large. On présume en effet que la pollution métallique est plus intense près de côte qu'au large.

Par ailleurs il fallait choisir un type de peuplement homogène, afin de ne pas mêler les effets du gradient côte-large avec ceux des autres facteurs de variation du peuplement tels que granulométrie, profondeur du fond etc. Nous avons choisi la Communauté à *Ophelia borealis* ou Communauté des "sables fins propres", relativement pauvres en éléments fins. Ce n'était peut-être pas le meilleur choix du point de vue de la teneur totale en métaux du sédiment puisque les métaux sont associés, nous l'avons vu, à la fraction fine. Toutefois nous avons vu également que les régularités discernées dans la répartition des métaux concernait la fraction fine et non le sédiment total ; d'autre part :

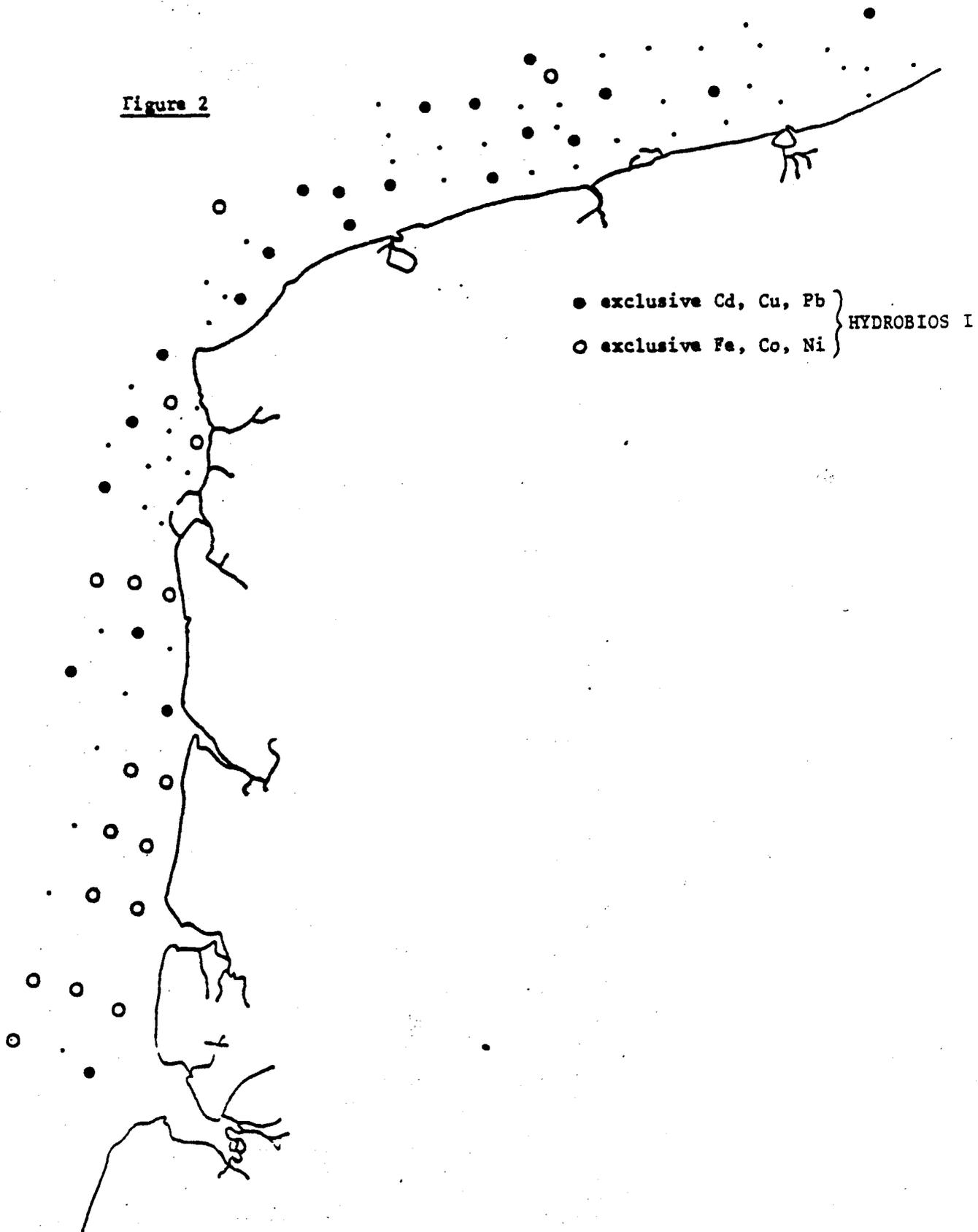
(a) la Communauté à *Ophelia borealis* est bien connue dans le Boulonnais grâce aux travaux antérieurs réalisés par la Station Marine de Wimereux, et en particulier grâce aux travaux en cours, entrant dans le cadre de la Coopération Région-IFREMER (PRYGIEL, ce Document);

(b) elle comporte relativement peu d'espèces endobenthiques ;

(les circonstances (a) et (b) permettant d'accélérer le temps de dépouillement des échantillons)

(c) elle est présente, dans la partie sud étudiée, sur des bancs allongés parallèlement à la côte et plus ou moins éloignés d'elle, réalisant

Figure 2



un transect côte-large : banc de la Battur à la côte (LITT), Bassure de Baas (BAAS), banc du Vergoyer (VERG) (carte Fig. 3);

(d) elle existe tant au nord qu'au sud de la zone prospectée par HYDROBIOS, de sorte que nous avons pu adjoindre à notre gradient côte-large un site situé au nord (DYKE), dans la zone "à Pb-Cd-Cu", près de côte, pour comparaison.

Un problème d'importance vient ensuite, que nous n'avons pas encore considéré. C'est celui de la variabilité des résultats observés dans une campagne de mesures. Cette variabilité se constate sur les cartes de répartition des métaux des campagnes HYDROBIOS, et à un plus fort degré encore sur la composition de la faune benthique, où deux échantillons même proches ne donnent jamais la même image du peuplement (raison pour laquelle les résultats faunistiques doivent être traités par des méthodes statistiques-multivariées : cf. contribution de PRYGIEL).

La cohérence des résultats d'une campagne est souvent jugée par la cohérence de la cartographie que l'on peut faire des résultats. Or ce critère est parfois dangereux, en raison de la variabilité. En effet on peut montrer que, si les stations d'observation ne sont pas très nombreuses, on peut toujours réunir ces stations en fonction des ordres de grandeur trouvés pour la variable mesurée, au moyen de lignes contournées fournissant une allure de carte de répartition. Les écologistes ne se sont pas privés, dans le passé, de publier des cartes totalement fantaisistes et fallacieuses, comprenant 10 isolignes autour de 5 stations - l'allure obtenue étant entièrement due aux hasards de l'échantillonnage (que l'on songe à une carte des Alpes qui serait obtenue à partir d'une mesure d'altitude tous les 10 km !). L'étude fondamentale de la variabilité en écologie a mis un terme à cette technique de recherche, en démontrant la finesse de la "mosaïque" des conditions écologiques et des peuplements vivants.

Le problème de la fiabilité d'une cartographie est posé, et devient d'une grande importance dès lors qu'on se propose de juger d'un impact à partir de la comparaison de plusieurs cartographies.

De façon précise, il s'agit de savoir quelle valeur attribuer à la ressemblance ou à la dissemblance entre deux stations séparées par une certaine distance. Pour pouvoir tirer une conclusion à propos de deux stations (ou de deux époques etc.) que l'on désire comparer, encore faut-il comparer la différence observée entre les deux stations (ou époques) à ce que l'on obtient en ne faisant pas varier le lieu ou l'époque, c'est-à-dire en réitérant les mesures dans les mêmes conditions (ou, tout au moins, à une distance spatiale ou temporelle faible par rapport à celle qui sépare les deux stations comparées). Et cela doit être fait aux diverses échelles d'observation, car la diversité s'observe à toutes les échelles.

La démarche est rarement mise en oeuvre, pour la simple raison que les échantillonnages et les mesures coûtent cher, et qu'il semble toujours plus important de voir des différences entre situations éloignées, que de constater les ressemblances quand on ne change pas de situation ! Quand on déclare qu'il faut doubler toutes les mesures en un même point, on s'entend souvent répondre qu'une mesure coûte déjà assez cher, et qu'on doit étudier la variation géographique avant la variabilité locale. C'est ignorer l'arbitraire d'une description à l'échelle géographique si l'on n'a aucune idée de la variabilité locale.

Il ne faut pas être inconscient des contingences financières... Toute fois nous affirmons, suite à des travaux fondamentaux sur la variabilité statistique en écologie, qu'à nombre de stations constant (c'est-à-dire à coût constant) on obtient des résultats beaucoup plus fiables scientifiquement, surtout dans l'analyse approfondie d'un impact, en diversifiant les échelles d'observation qu'en réalisant un balayage régulier d'une région selon une seule maille de stations. Ce dernier est cependant, en général, nécessaire comme premier abord descriptif.

Des plans d'échantillonnage adaptés à la variabilité des écosystèmes ont été étudiés (voir par exemple l'ouvrage collectif, dirigé par S. FRONTIER :

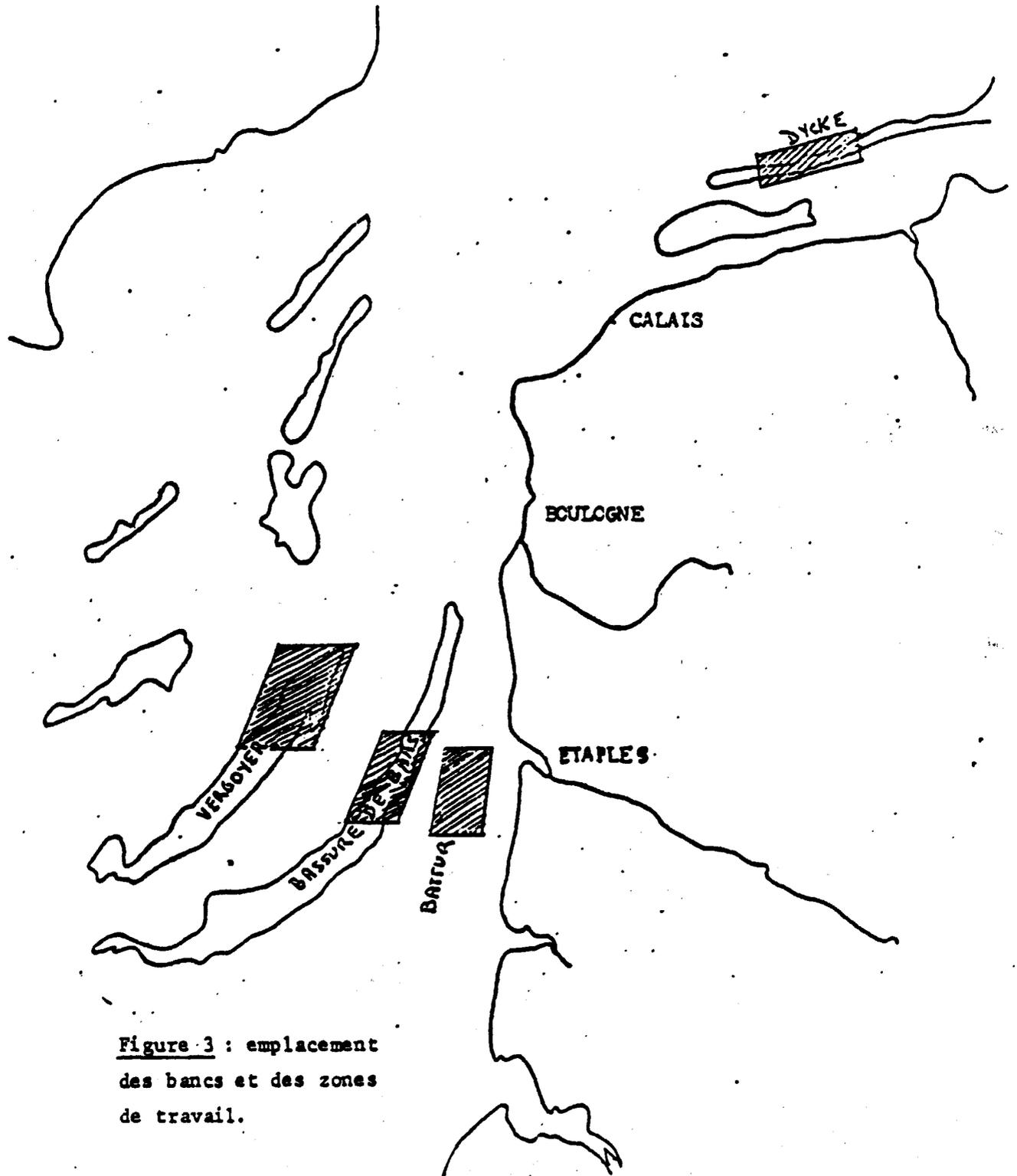


Figure 3 : emplacement
des bancs et des zones
de travail.

"Stratégies d'échantillonnage en écologie", Masson 1983). On adoptera ici un plan d'échantillonnage systématique emboîté à plusieurs échelles, afin de se rendre compte des échelles préférentielles auxquelles des phénomènes de corrélation éventuels, base de notre analyse, apparaissent. Des traitements appropriés des données doivent suivre.

Le plan de stations adopté pour notre travail est présenté aux Fig. 4 et 5. Chacun des quatre sites retenus (voir plus haut) a été échantillonné en trois latitudes (nord, milieu, sud), chaque fois au moyen de deux radiales transversales proches composées chacune de 4 stations (2 stations seulement pour DYKE). Les stations sont éloignées de 100 m - limite de résolution du système de positionnement DECCA utilisé par le navire océanographique Sepia II (Station Marine de Villefranche) utilisé pour ce quadrillage. En chaque station enfin, le benthos a été échantillonné au moyen de 4 coups de benne successifs (benne Mac Intyre, prélevant 5 à 10 litres de sédiment sur une surface de 0,1 m² le bateau étant au mouillage ; la position précise de chaque coup de benne ne peut évidemment pas être précisée de sorte que cet échantillonnage local équivaut à un échantillonnage aléatoire.

En chaque station sont donnés également un coup de benne destiné à l'étude de la granulométrie du sédiment, et un ou deux selon l'importance de la fraction vaseuse pour l'analyse des métaux (mais sans répétition vu le coût). Ces prélèvements ont été exécutés par MM. DESSAINT et PRYGIEL.

Ce quadrillage emboîté a été réalisé en l'espace de deux semaines (juin-juillet 1984), en 6 sorties du navire "Sepia II", à une époque de l'année où les peuplements sont bien installés, abondants et peu fluctuants dans le temps. En fait, une première opération complète avait eu lieu à partir de l'automne 1983 mais le mauvais temps avait obligé à allonger exagérément le temps d'exécution et même de repousser les derniers prélèvements au printemps suivant, faisant interférer les variations saisonnières normales avec les facteurs de variations recherchés ici. Nous avons donc préféré recommencer complètement à une époque plus faste de l'année.

ANALYSE DES ECHANTILLONS.

Les échantillons pour analyses faunistiques ont été tamisés à bord sur tamis de 1 mm de maille, puis formolés et ramenés au laboratoire où les organismes ont été extraits en totalité, déterminés et dénombrés. 100 espèces ont ainsi été inventoriées quantitativement (41 Annélides, 1 Sipunculide, 12 Mollusques, 40 Crustacés, 5 Echinodermes, 1 Poisson).

Les échantillons pour analyse granulométrique ont été dessalés par rinçage à l'eau douce, desséchés à l'étude, passés sur tamis de norme AFNOR et pesés par classes granulométriques. Le sédiment se caractérise par une bonne homogénéité, avec peu de fraction fine (d'où une difficulté technique supplémentaire lors des dosages de métaux: il a fallu d'abord extraire une quantité suffisante de fraction fine, par tri sous eau d'une grande quantité de sédiment pour en avoir 2 grammes dosables), et par une grande uniformité sur l'ensemble des sites prospectés.

Les échantillons pour dosage de métaux ont été traités par l'Institut Pasteur de Lille (Service de l'Eau : Pr. DELATTRE) : fraction fine d'abord extraite comme il vient d'être dit, puis dosage des six métaux retenus par spectrographie à absorption atomique. Donc même méthode et même Laboratoire que pour les campagnes HYDROBIOS, afin que les résultats soient parfaitement comparables. C'est pour des raisons de coût des analyses que celles-ci ont été limitées aux 6 métaux retenus par l'analyse factorielle des résultats de HYDROBIOS I : Fe, Co, Ni, Pb, Cd, Cu. Une analyse plus exhaustive aurait, bien entendu, été plus intéressante, les faits principaux apparaissant surtout à partir des corrélations entre variables.

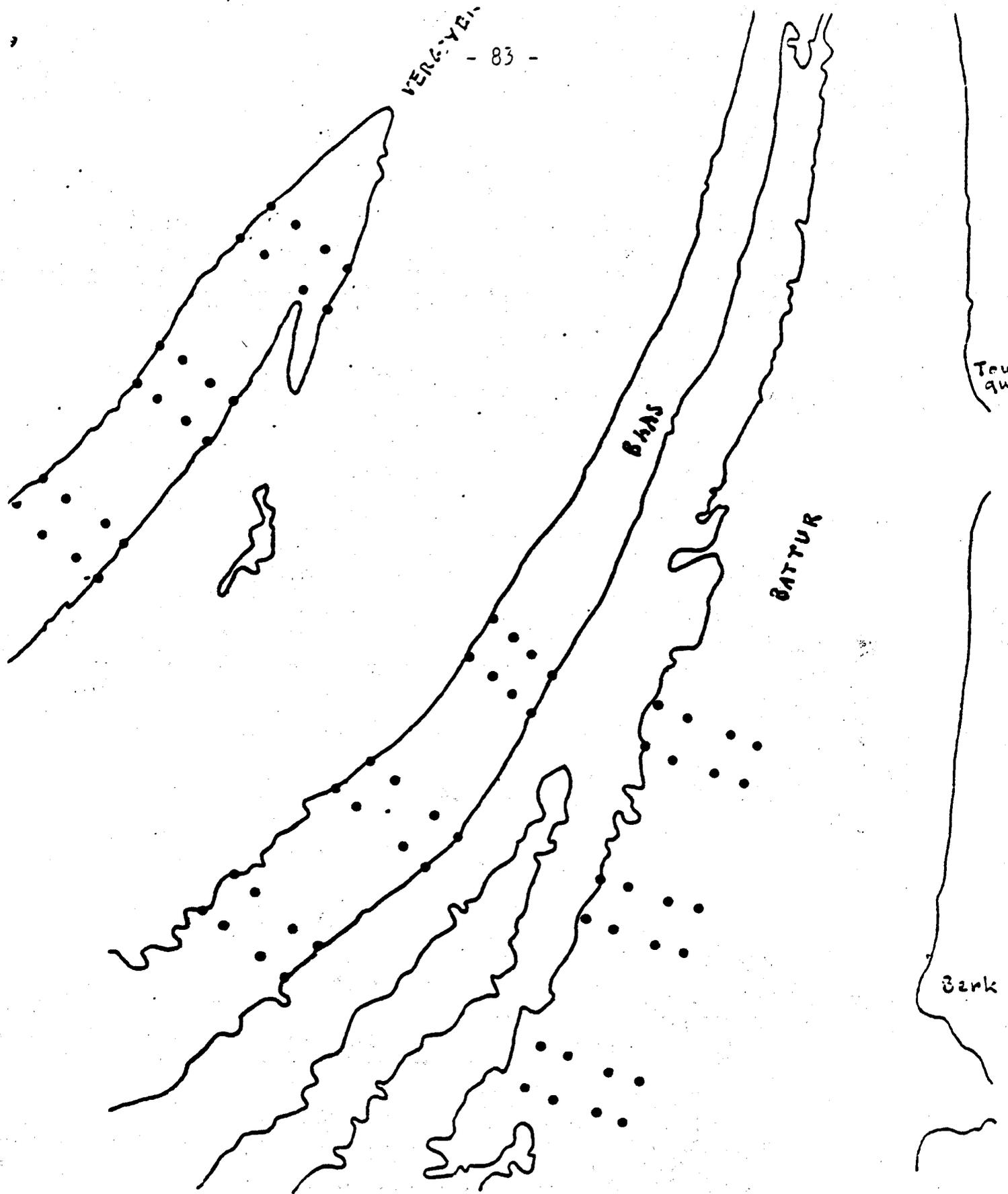


Figure 4 : Plan d'échantillonnage de la radiale
côte-large face à la Canche.

RESULTATS ACTUELS.

Ce Chapitre est évidemment provisoire.

A l'heure actuelle la totalité des données brutes a été réunie : inventaire quantitatif du peuplement benthique des 336 échantillons ; granulométrie et teneurs en 6 métaux (rapportées à l'unité de poids de fraction fine des 84 stations du sédiment). Les résultats ont été portés sur les cartes des stations afin de fournir déjà une répartition empirique des différentes variables. Nous donnons ci-après, à titre indicatif, les cartes obtenues pour les métaux (Fig. 6 a à f) et pour 12 espèces fréquences (Fig. 7 a à l).

La variabilité apparaît au premier abord. En ce qui concerne les métaux, on observe une variabilité du même ordre que dans les résultats HYDROBIOS, concernant l'ensemble de la bande littorale.

Le fer apparaît au taux de 1500 à 18.000 mg/kg de fraction fine ; le nickel : 2,5 à 430 ; cobalt : 0,5 à 9,1 ; cuivre : 7 à 78 ; cadmium : 10 à 135 ; plomb : 24 à 398. L'apparente homogénéité pouvant apparaître sur les cartes Fig. 6 au vu de la taille des cercles ne doit pas faire illusion, car chaque diamètre de cercle correspond à un intervalle allant du simple au double. Au demeurant, peu de conclusions peuvent être tirées, à ce stade initial de l'analyse, de la cartographie des métaux pris individuellement. On note la forte teneur en Pb aux sites les plus proches de la côte (DYKE et LITT) ; les fortes teneurs en Ni sont également proches de la côte. Pour comparer ces teneurs à celles des campagnes HYDROBIOS nous avons calculé les moyennes et les amplitudes de variation des six métaux, dans les différents sites. Les résultats sont les suivants :

	Cu	Pb	Cd	Ni	Co	Fe
DYKE	18,50 (8-78)	110,25 (30-350)	0,36 (0,1-0,5)	65,54 (2,5-160)	4,23 (1,0-7,0)	6660 (2700-11250)
LITT	13,96 (7-19)	120,96 (25-398)	0,38 (0,1-1,2)	61,54 (2,5-193)	3,97 (0,5-7,7)	8380 (2300-14250)
BAAS	12,81 (8-20)	49,75 (10-95)	0,34 (0,1-1,02)	52,35 (19-124)	3,72 (1,1-5,4)	7680 (1500-12700)
VERG	13,54 (8-23)	62,00 (24-245)	0,40 (0,11-1,35)	44,84 (9,5-430)	3,47 (0,8-9,1)	8840 (1600-18200)
HYDROBIOS I	5,6 (3-8,5)	9,28 (4-27)	0,36 (0,25-0,6)	4,6 (2,8-8,8)	0,84 (0,25-1,45)	6370 (2600-13475)
HYDROBIOS II	7,9 (7-50)	260 (6,4-5000)	1,67 (0,36-12)	9,7 (2,4-130)	1,81 (0,56-14)	6615 (1500-129800)

On observe des différences significatives (incontestables puisque provenant du même laboratoire, selon la même technique) entre les données HYDROBIOS et les nouvelles données. Les teneurs nouvelles sont systématiquement plus fortes pour Pb au large, Cu, Ni, Co ; Cd est au contraire trouvé moins abondant à la côte. Ces différences ne sont pas encore interprétées.

Quant aux répartitions des espèces benthiques, le report sur cartes les fait souvent apparaître erratiques : il n'y a pas de répartition cohérente à cette échelle d'observation, visible selon cette maille de stations. Quelques exemples sont donnés par les Fig. 7 (a - l). Rappelons que ce peu de cohérence géographique ne signifie pas un manque de cohérence fondamental de la réparti-

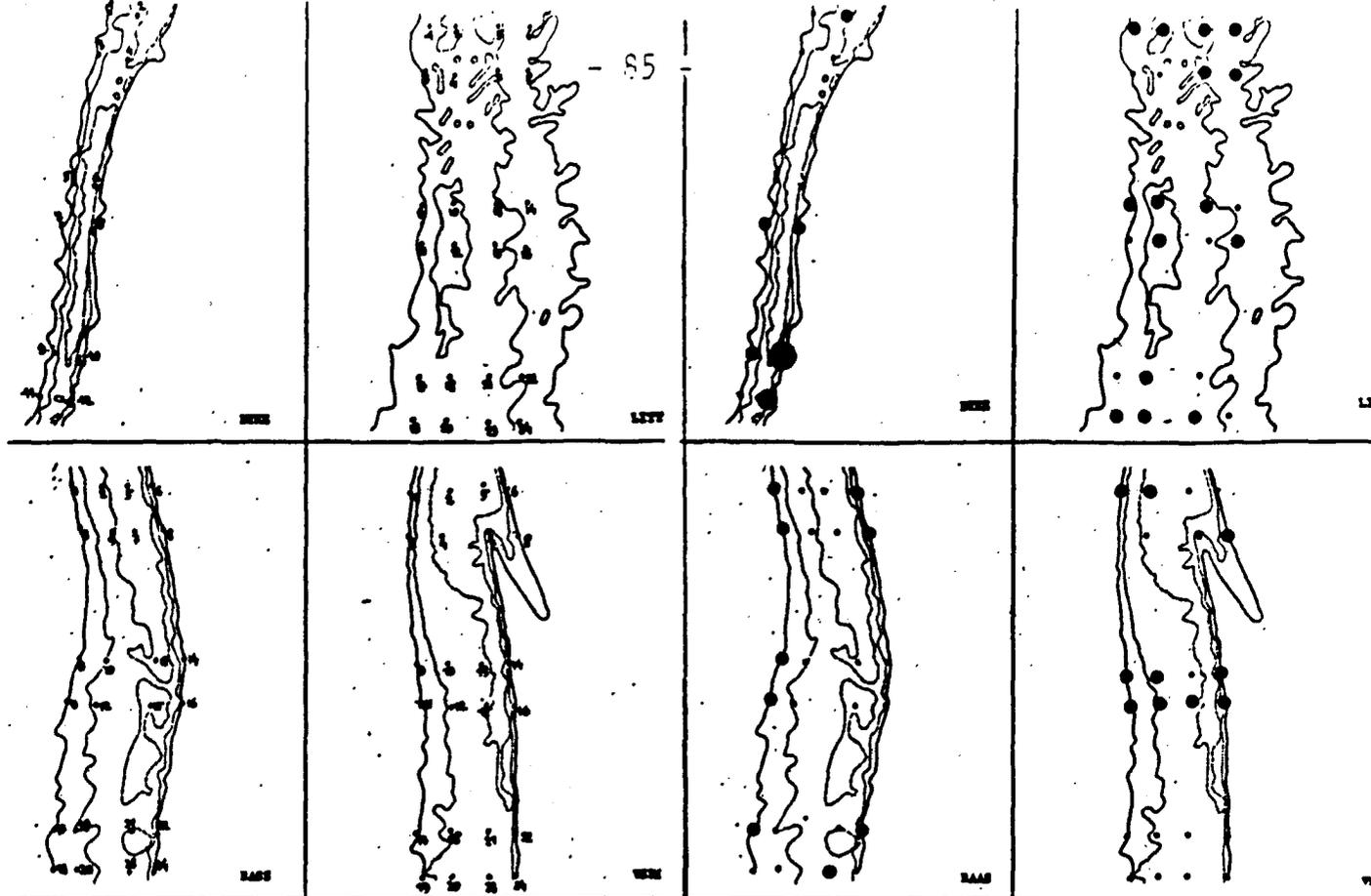


Figure 5 : emplacement des points de prélèvement.

- 7-13 ppm
- 14-23
- 24-63
- 64-78

Figure 6 a : Cuivre

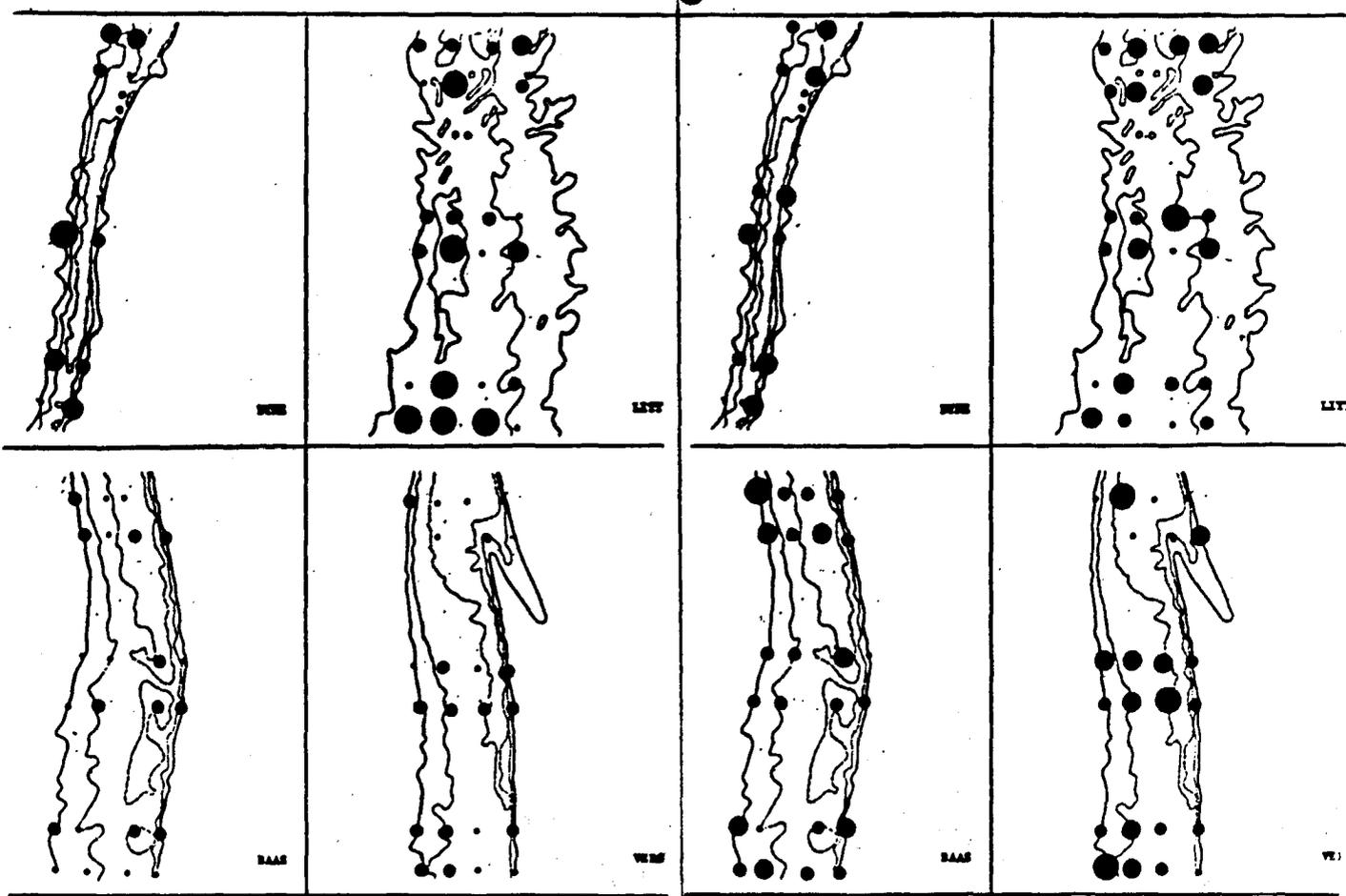


Figure 6 b : Plomb

- 24-68 ppm
- 69-98
- 99-197
- 198-398

Figure 6 c : Cadmium

- 0,10-0,19
- 0,20-0,37
- 0,38-0,70
- 0,71-1,35

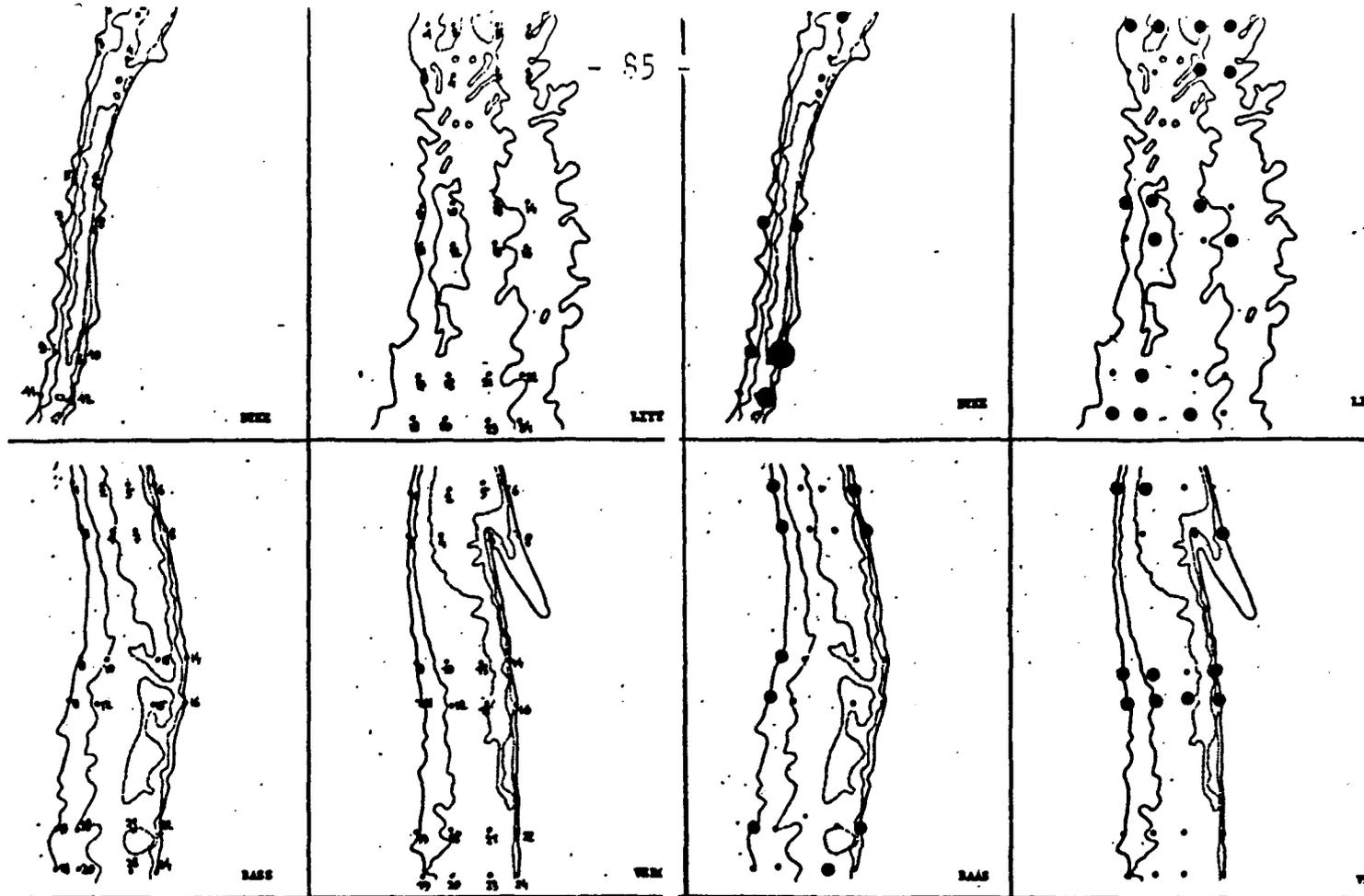


Figura 5 : emplacement das pontos de prélevament.

- 7-13 ppm
- 14-23
- 24-43
- 44-70

Figura 6 a : Cobre

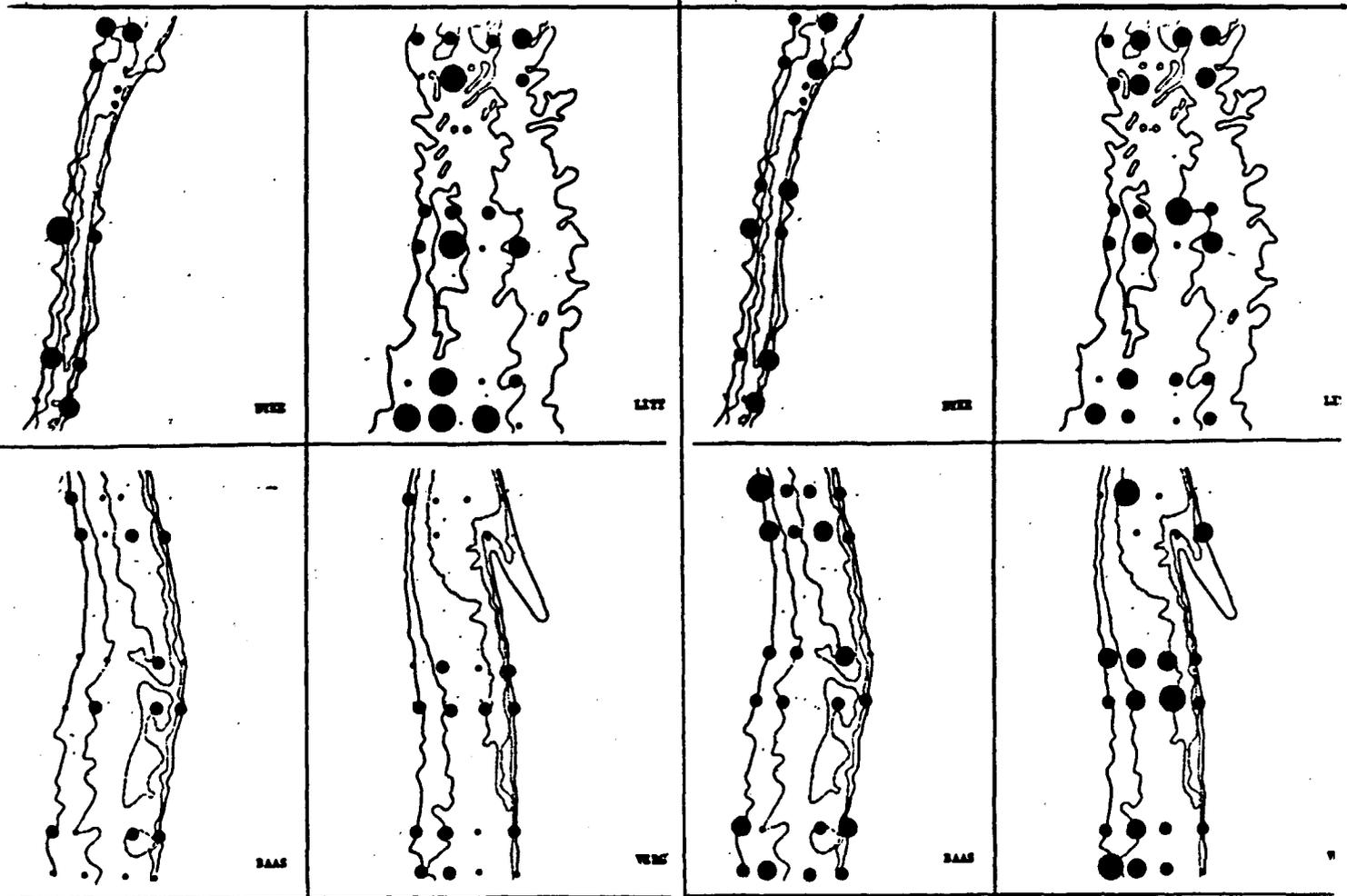
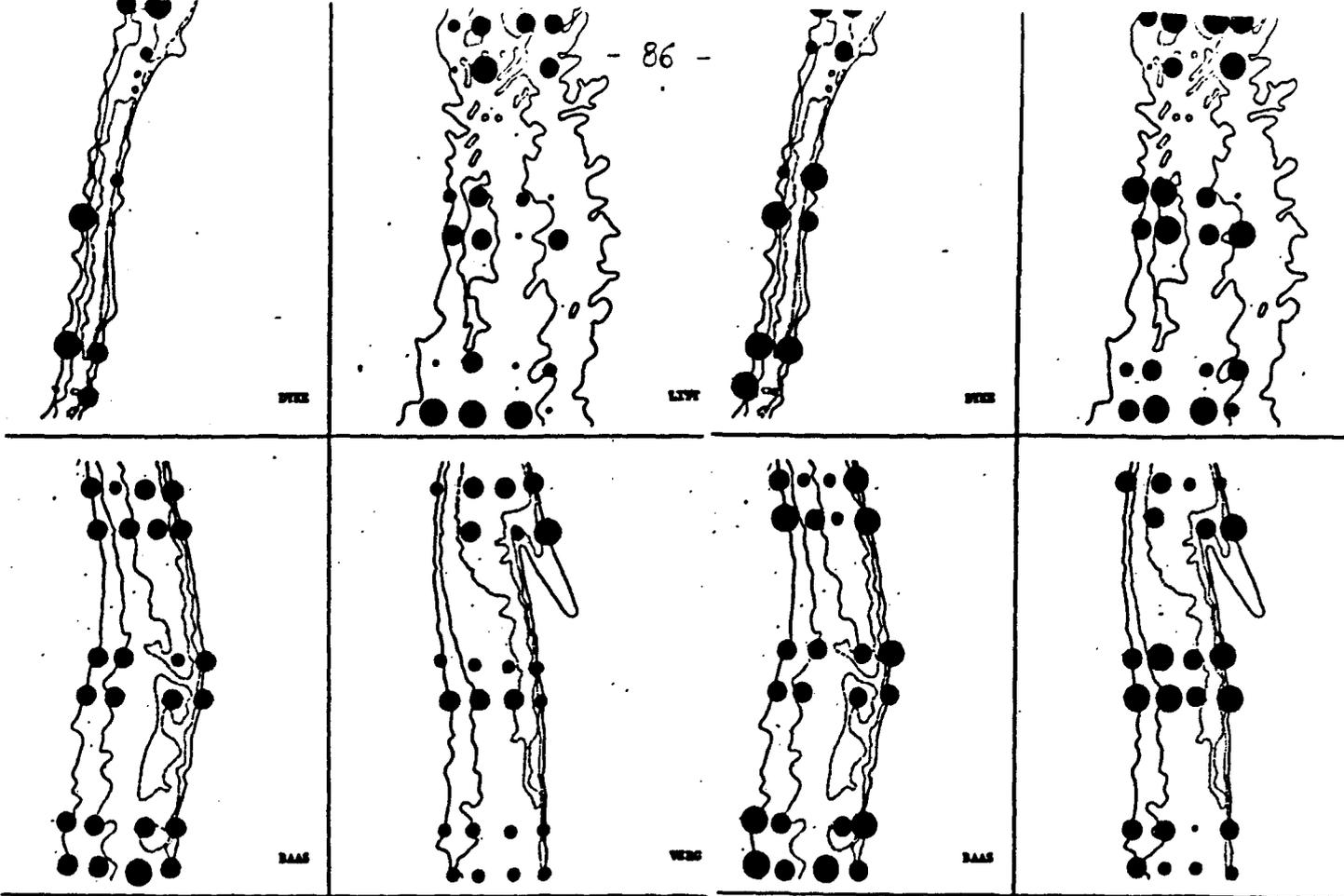


Figura 6 b : Plomb

- 24-48 ppm
- 49-98
- 99-197
- 198-398

Figura 6 c : Cadmium

- 0,10-0,19
- 0,20-0,37
- 0,38-0,70
- 0,71-1,35

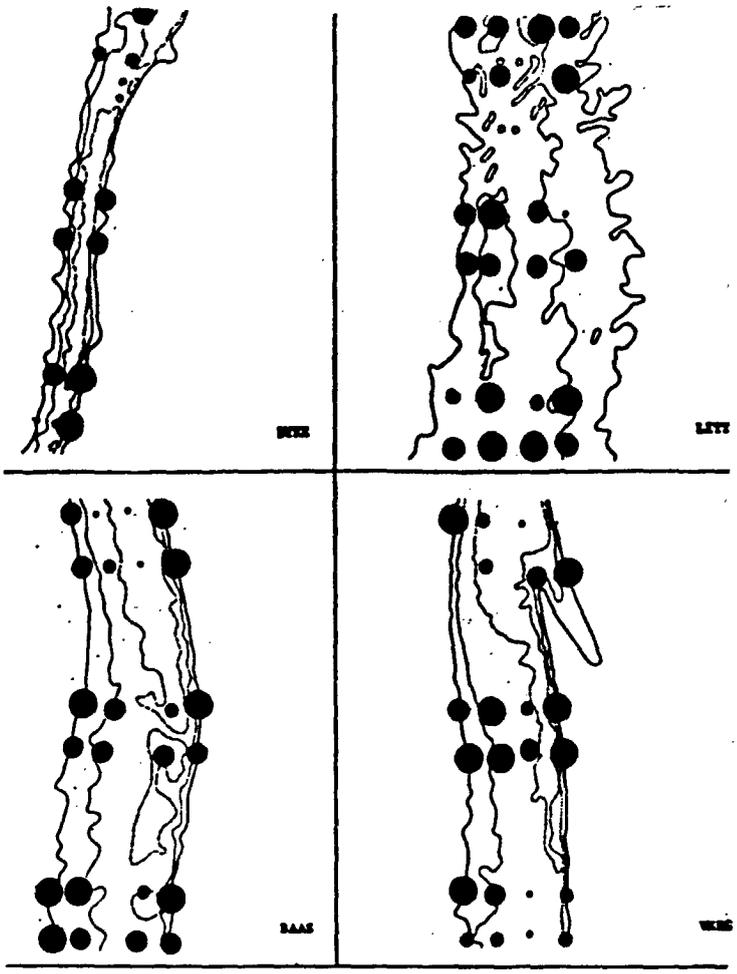


- 2,5-9 ppm
- 10-33
- 34-118
- 119-630

Figure 6 d : Nickel

- 0,5-1,0 ppm
- 1,1-2,0
- 2,1-4,4
- 4,5-9,1

Figure 6 e : Cobalt



- 1500-2800 ppm
- 2810-5210
- 5210-9710
- 9720-16100

Figure 6 f : Fer

tion écologique, mais simplement que la maille de stations n'a pas atteint l'échelle de la mosaïque de peuplements, si elle existe. Le traitement numérique recherchera d'autres régularités.

Quelques traitements classiques (Analyse Factorielle des Correspondances, Classification Numérique, Diagrammes Rangs-Fréquences) ont déjà été appliqués, mais le caractère très hétérogène des répartitions empêche encore toute conclusion. Il faudra trouver des traitements plus adaptés à cette hétérogénéité et nous devons nous y employer dans la suite de ce travail (F. DESSAINT, Thèse d'Université en Cours). D'ores et déjà les échelles de variabilité du peuplement benthique apparaissent.

En conclusion, nous en sommes actuellement au stade où en était le dépouillement des campagnes HYDROBIOS, avant le court traitement numérique qui a servi de point de départ à notre étude. La démarche mathématique à suivre est l'objet en elle-même d'une recherche au terme de laquelle nous espérons non seulement donner une réponse à la question posée au départ (peut-on ou non mettre en évidence un effet de la pollution métallique du sédiment sur le peuplement benthique envisagé globalement ?), mais aussi proposer une méthodologie pour ce genre d'approche effectuée à cette échelle d'observation.

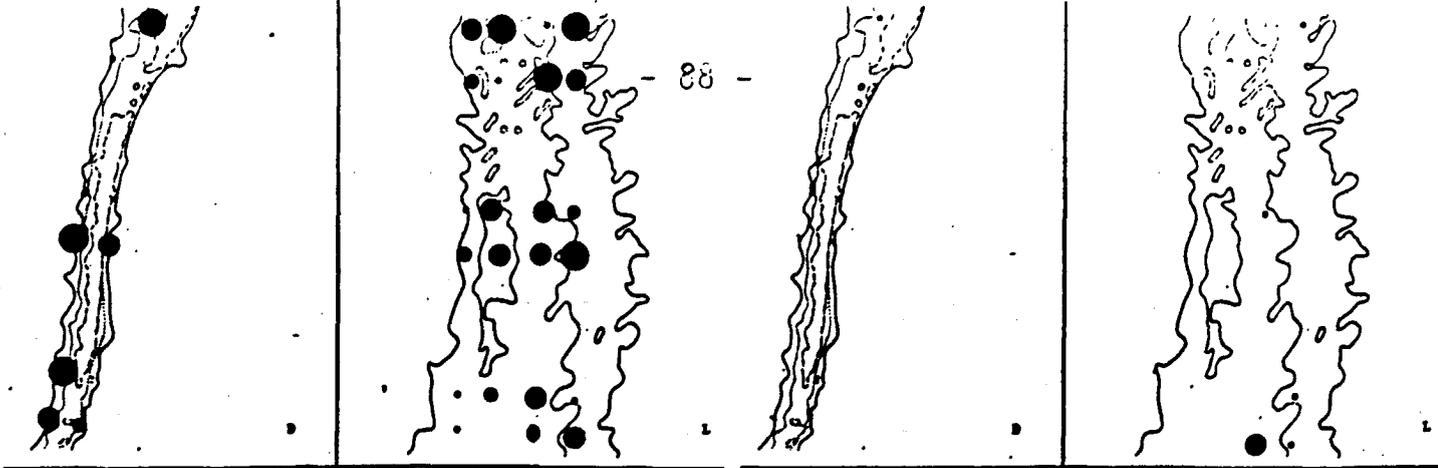


Figure 7 a : *Bathyporeia elegans*

-
-
-

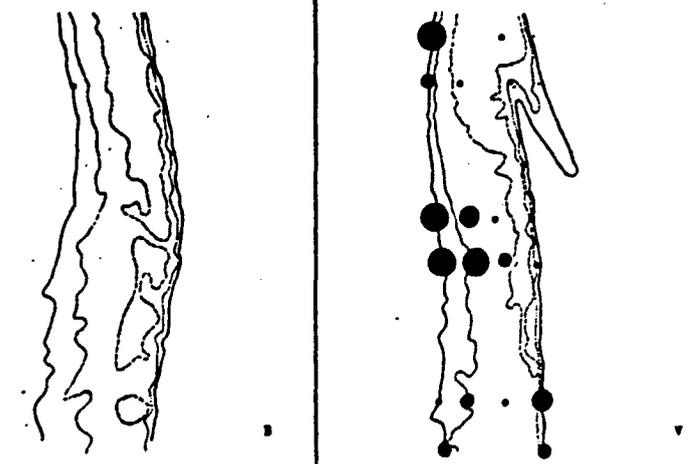


Figure 7 b : *Bathyporeia guilliamseni*

-
-
-
-

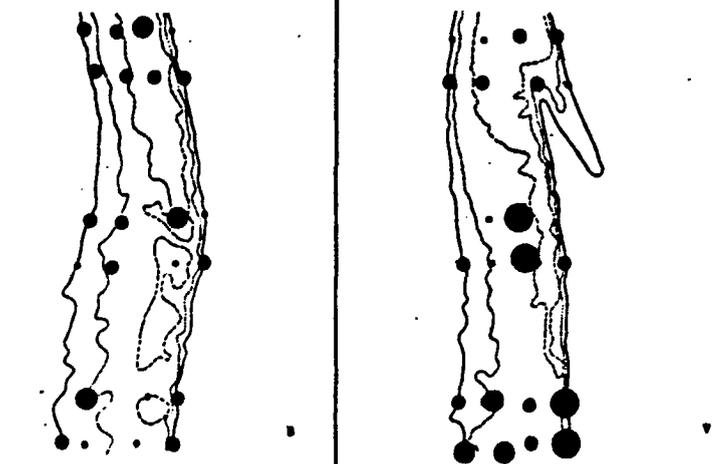


Figure 7 c : *Gastroacme spinifer*

-
-
-
-

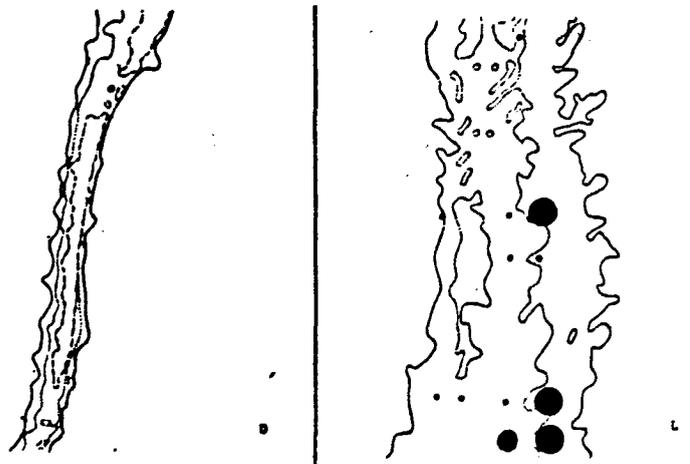
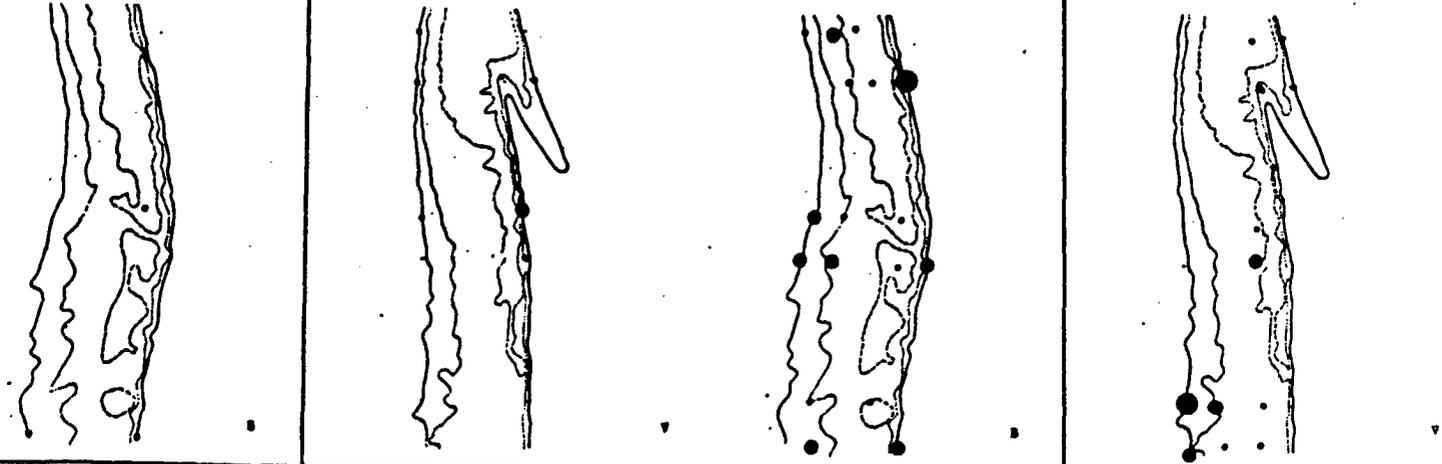
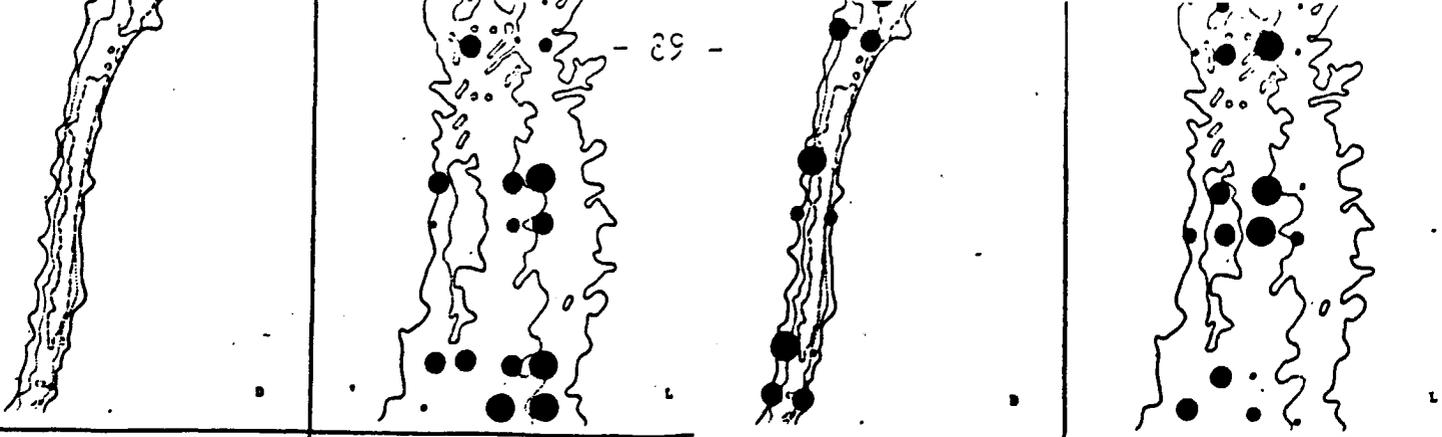


Figure 7 d : *Lagia koreai*

-
-
-
-

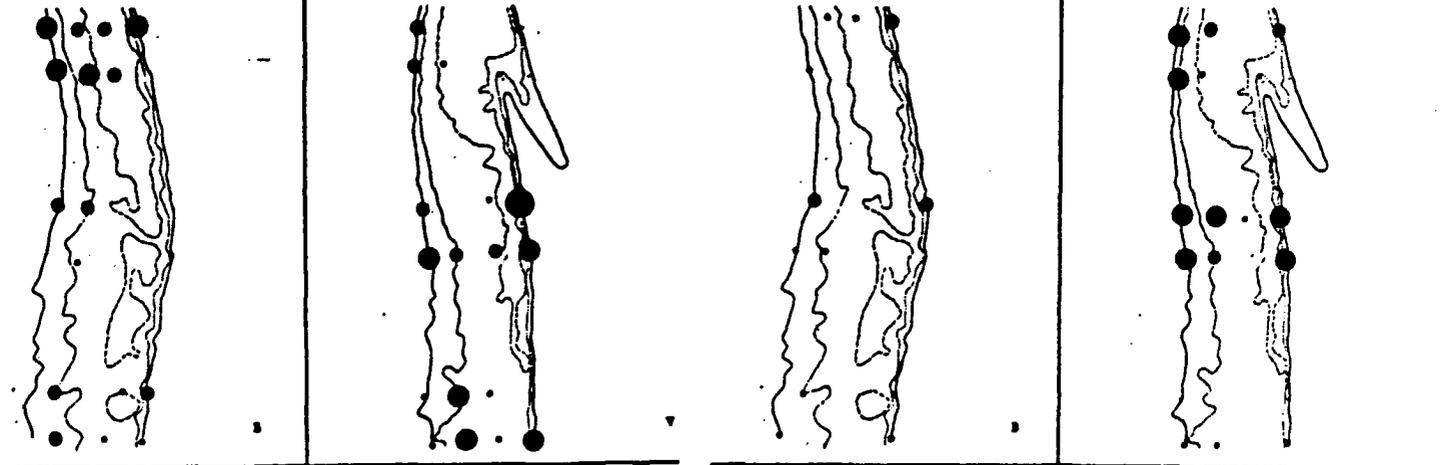
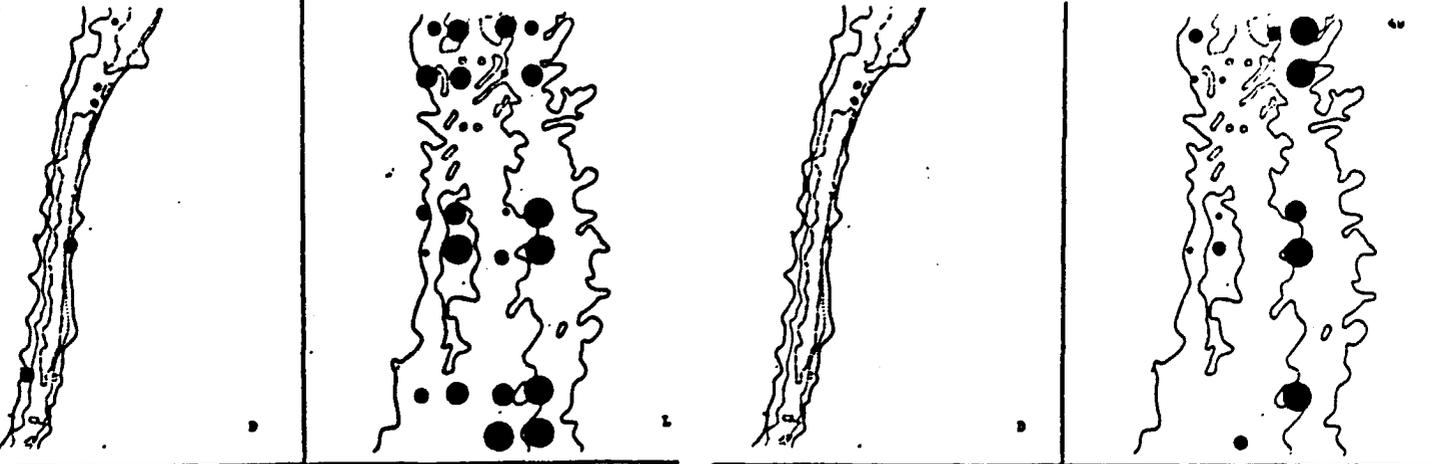


- 1-6
- 5-15
- 16-50
- 59-226

Figure 7 g : *Lonicocochiloga*

- 1-2
- 3-5
- 6-12
- 13-19

Figure 7 f : *Ophelia borealis*



- 1-3
- 4-8
- 9-22
- 23-60

Figure 7 e : *Scoloplos armiger*

- 1-3
- 4-10
- 11-32
- 33-101

Figure 7 h : *Chaetasma setosa*

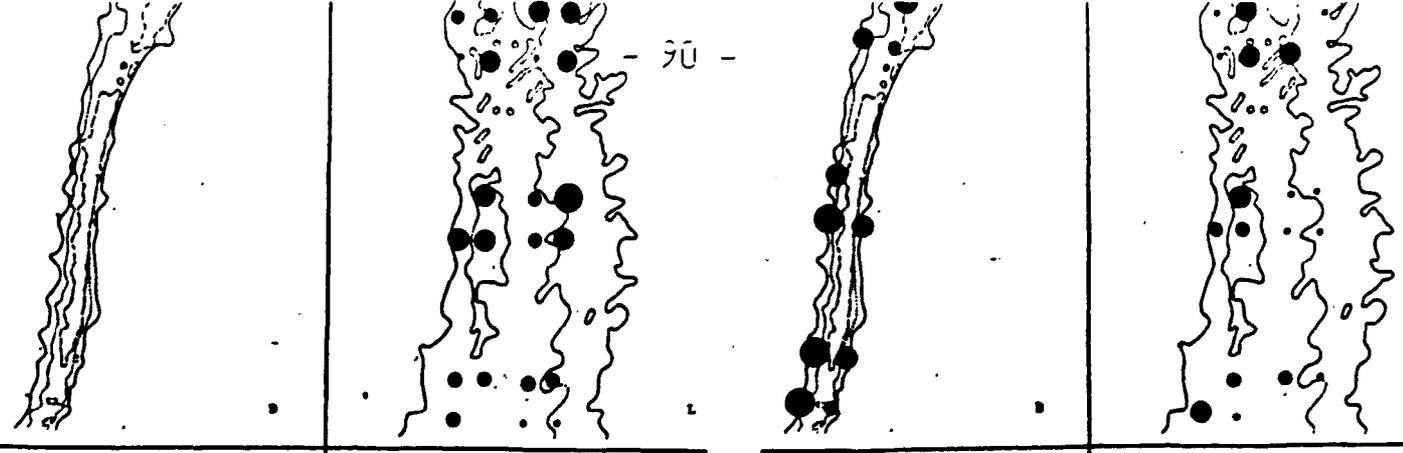


Figure 7 i : *Spiophanes banyx*

- 1-4
- 5-14
- 15-23
- 24-200

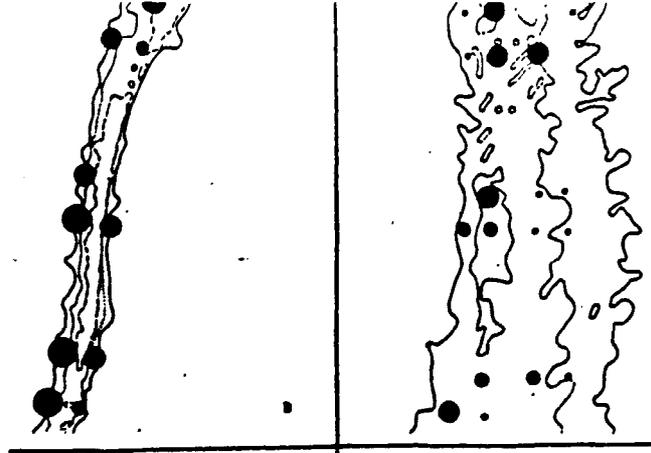


Figure 7 j : *Spiro filicornis*

- 1-3
- 4-9
- 10-29
- 30-99

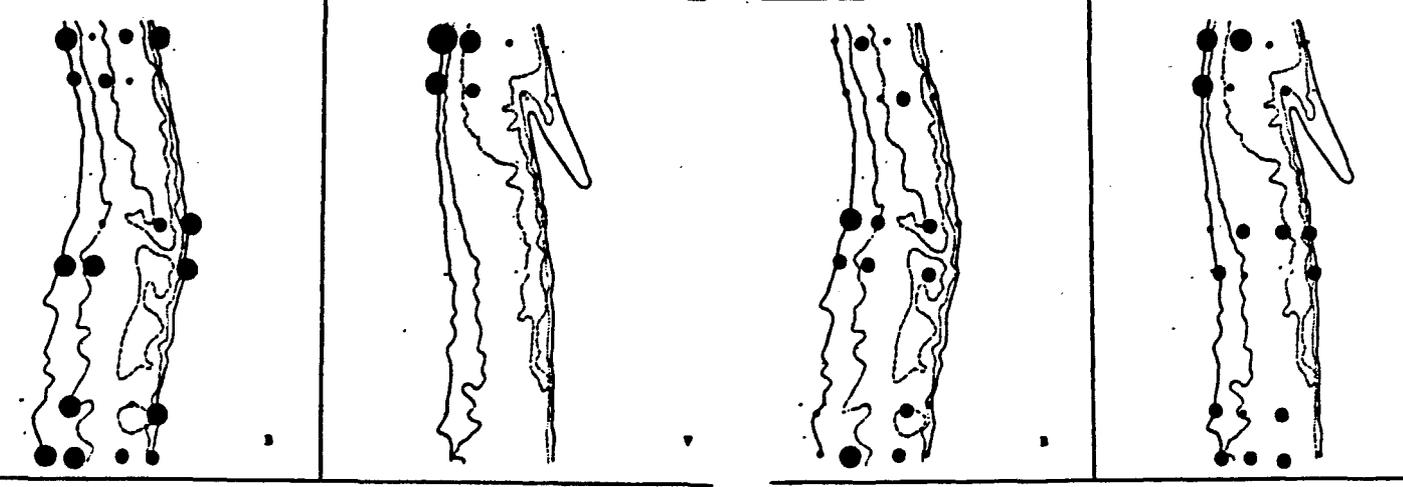


Figure 7 k : *Spirino bannieri*

- 1-2
- 3-4
- 5-8
- 9-17

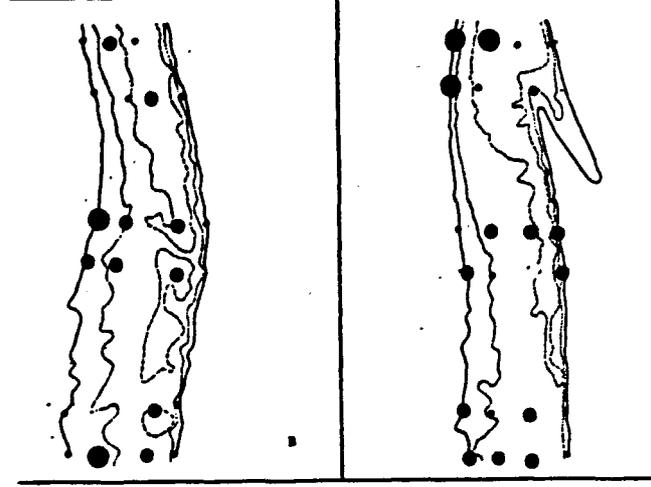
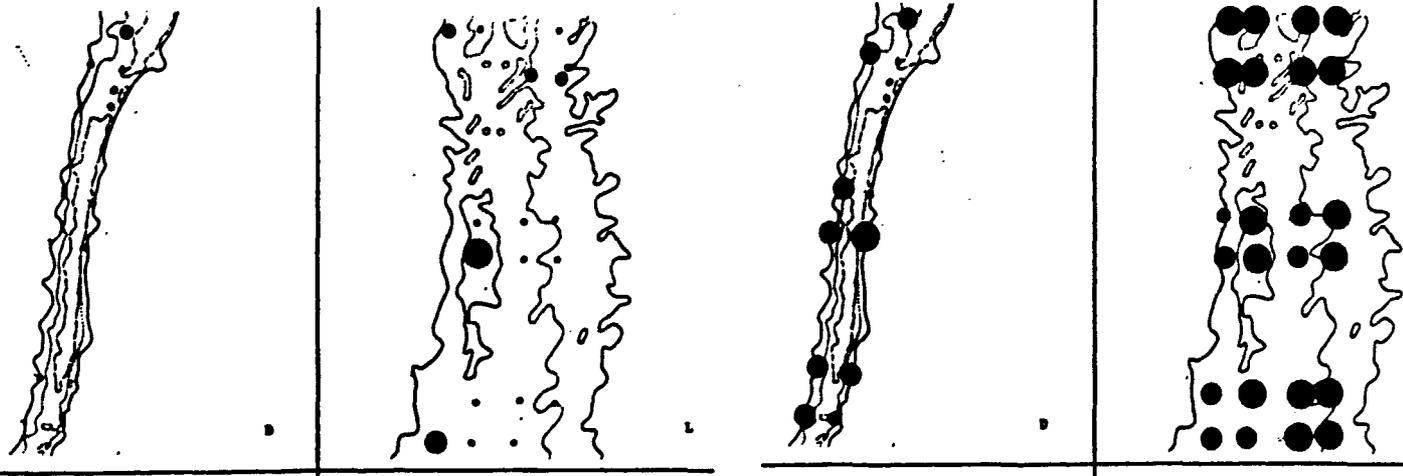


Figure 7 l : *Siphocys cirrosa*

- 1-1
- 2-15
- 16-72



TRAIT DE COTE ET SEDIMENTS



SERVICE MARITIME DES PORTS
DE BOULOGNE-SUR-MER ET DE CALAIS

J.P. DHORME, I.T.P.E.

EVOLUTION DU TRAIT DE COTE ET ZONES SENSIBLES

00000

I. L'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE (fig. 1)

1.1. Le recul de côte touche environ 4/5 de notre littoral :

- le cordon dunaire de la plaine picarde recule en moyenne de 1 mètre chaque année ;
- les falaises du Boulonnais s'érodent de 20 cm par an ;
- la baie de Wissant est soumise à un recul important pouvant atteindre 10 m par an dans sa partie occidentale ;
- la plaine flamande (à l'est des ouvrages portuaires de Dunkerque) recule en moyenne de 1 m par an.

1.2. Les estuaires picards (Authie et Canche) suivent une évolution bien particulière :

- leur rive nord recule de 5 à 10 m par an ;
- leur rive sud progresse vers le nord sous la forme d'un poutier progressant de 2 à 4 m par an ;
- le niveau moyen des fonds à l'intérieur de ces estuaires remonte d'environ 5 cm par an.

1.3. Un secteur engraisse de 1 m par an :

Celui compris entre Calais et les ouvrages du port autonome de Dunkerque.

1.4. Les ouvrages portuaires (Boulogne, Calais, Dunkerque) et de défense contre l'érosion ont localement fixé le trait de côte. mais l'érosion peut alors parfois se traduire par un abaissement du niveau de la plage, ou bien se déplacer en avant des ouvrages.

II. LES OUVRAGES DE DEFENSE CONTRE L'EROSION

La construction et l'entretien de ces ouvrages constituent de lourdes charges financières pour les communes, même si l'Etat et le Département participent à leur effort sous forme de subventions. Il est donc important de définir les systèmes de protection les mieux adaptés aux problèmes posés (défense de lieux habités contre l'érosion marine), c'est-à-dire les moins chers, les plus efficaces, et si possible les plus esthétiques.

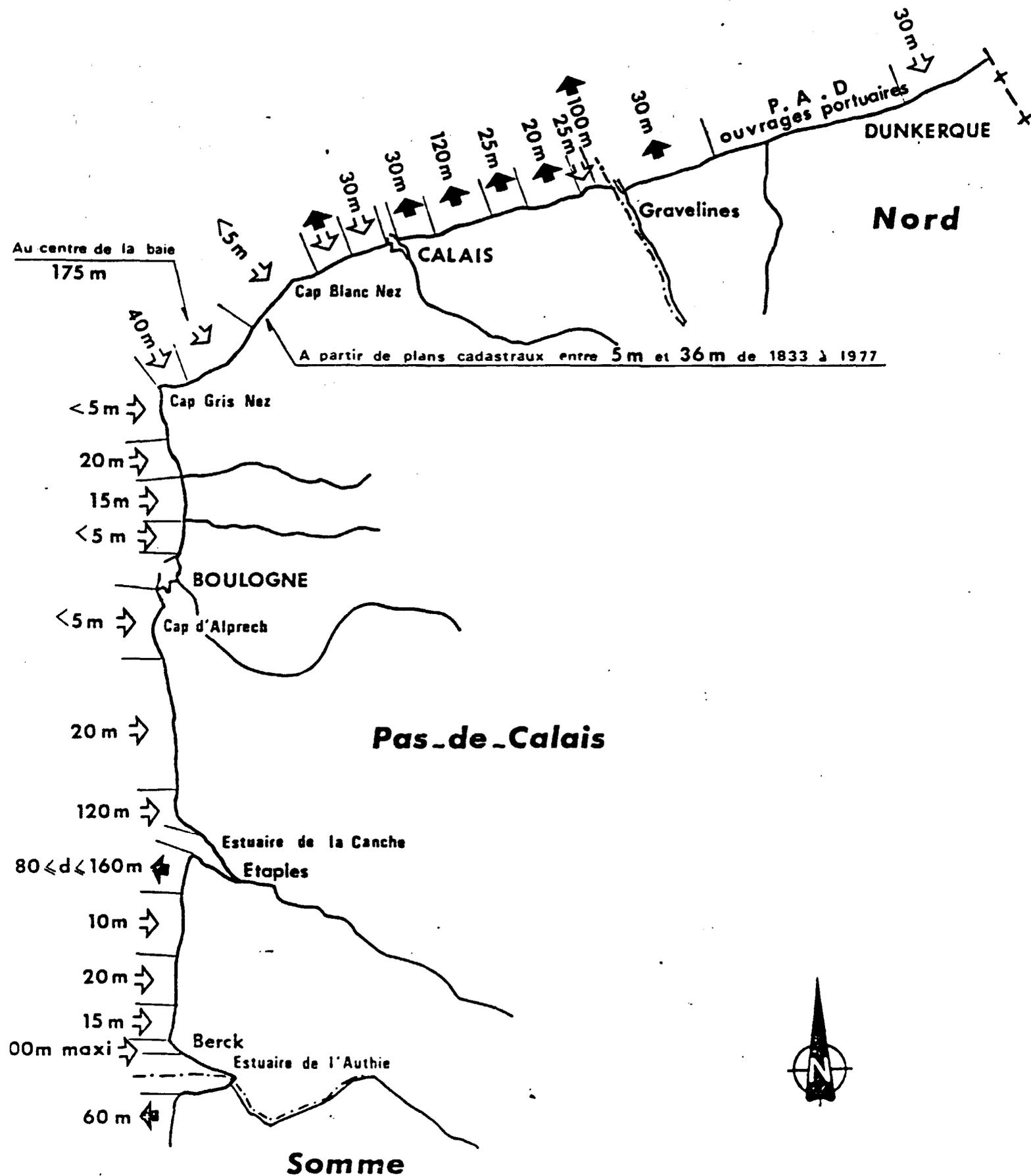


fig. 1

Evolution du Littoral de 1947 à 1977

Divers systèmes de protection ont été mis au point, de manière plutôt empirique. Des modèles réduits permettent, pour les projets de grande envergure, de visualiser l'efficacité des ouvrages projetés (littoral de Camiers ou Jetée Est de Calais par exemple).

Les cas plus modestes (financièrement), sans être pour autant moins complexes, restent du ressort d'une observation in situ des phénomènes en présence, et conduisent à la construction d'ouvrages de défense dont le fonctionnement est déjà connu, qu'il s'agisse de protéger des côtes rocheuses (comme au Portel) ou des côtes sableuses (cf. paragraphe IV). Citons les types d'ouvrages les plus utilisés :

- fixation du cordon dunaire par oyats ou rechargement en sable du haut de plage ;
- perrés maçonnés ou en enrochement (Wimereux, Camiers...) ;
- batteries d'épis, en enrochement, en fascines, maçonnés, ou encore à claire-voie (Berck, Merlimont, Sangatte....) ;
- brises-lames (Malo les Bains).

La connaissance la plus exhaustive possible des phénomènes érosifs et de leurs inter-actions serait indispensable pour atteindre la plus grande efficacité au moindre coût. Ceci est rarement possible, d'autant que les facteurs généraux de l'évolution de notre littoral (qui fixent les conditions limites d'un secteur d'étude plus localisé) sont eux-mêmes encore imparfaitement connus.

III. LES OUVRAGES PORTUAIRES

Ils ont fixé le trait de côte qu'ils délimitent, mais avec des conséquences parfois imprévisibles.

- L'ouest du transit littoral peut conduire à un engraissement du rivage en amont, et à une érosion en aval de ce transit ;
- Les ports constituent des pièges à sédiments : les vases se déposent dans les zones calmes, et les sables dans les chenaux dragués comme à l'intérieur des ports.

On peut par exemple supposer que l'abaissement de l'estran devant Wimereux est dû en partie à la présence du port de Boulogne.

IV. LES SECTEURS SENSIBLES

Il s'agit de ceux subissant les érosions les plus fortes, ou les plus menaçantes pour des lieux habités. Parmi les plus caractéristiques, on peut évoquer les cas suivants :

IV.1. BERCK (fig. 2) est situé en rive nord de l'estuaire de l'Authie dont l'érosion importante a conduit à des travaux de grande envergure :

- digue submersible (1 200 m de longueur) complétée par une batterie de 6 épis
- perrés maçonnés (1 100 m de longueur) renforcés par une batterie de 8 épis.

Tous les problèmes ne sont pas résolus (entretien coûteux) et certaines études doivent encore être menées (renforcement de l'efficacité de la digue submersible). L'intérieur de la rive Nord de l'estuaire continue à reculer fortement.

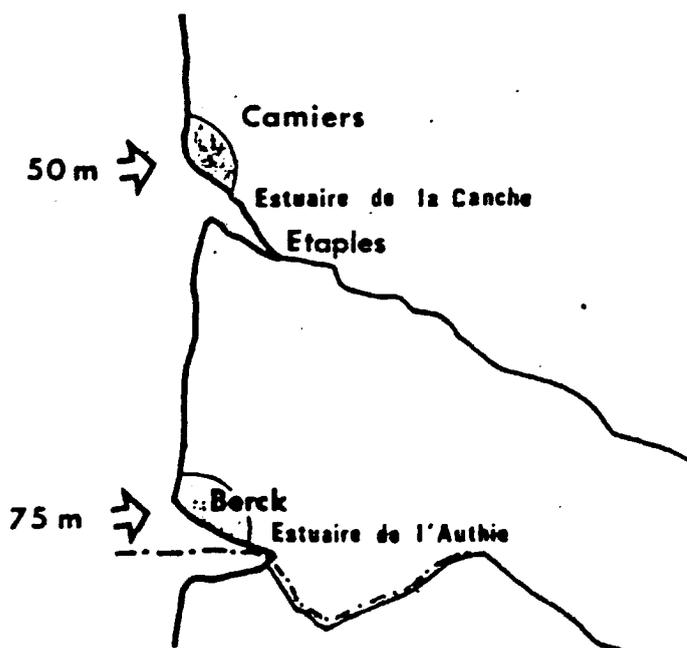


fig. 2 : Recul de côte entre 1977 et 1981

IV.2. CAMIERS (fig. 2) est aussi située à la sortie d'un estuaire en déplacement (estuaire de la Canche).

Un perré en entochement de 1 000 m de long a stoppé le recul de côte, mais on peut craindre un abaissement du niveau de l'estran et un déplacement de l'érosion. Le pli de Camiers (terrains du Conservatoire du Littoral), non protégé, recule encore de 10 m par an environ.

Un projet de percement du banc du pilori qui ferme peu à peu l'estuaire de la Canche est actuellement à l'étude. Il est possible que ce percement modifie considérablement les phénomènes conduisant à l'érosion de la rive nord de l'estuaire et atténue les attaques auxquelles le rivage de Camiers se trouve soumis.

IV.3. LA BAIE DE WISSANT (fig.3), objet d'une étude au sein du programme "Environnement Littoral", est soumise à un recul pouvant atteindre plus de 10 m par an. On ignore pourquoi cette érosion se déplace maintenant vers le front de mer urbanisé de Wissant, mais ce phénomène conduira en 1986 à des travaux de défense complémentaires de ceux réalisés au début du siècle.

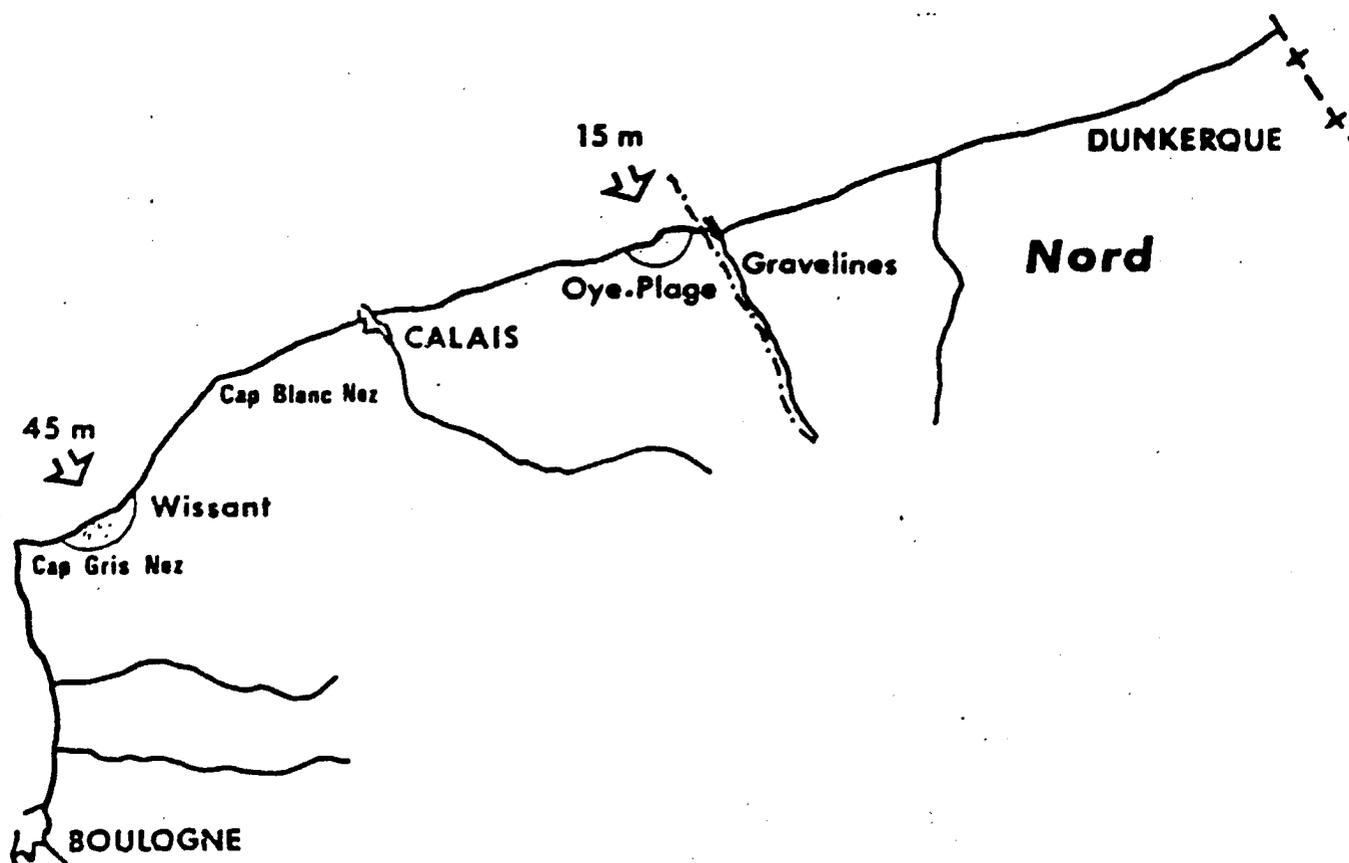


fig. 3 : Recul de côte entre 1977 et 1981

IV.4. OYE-PLAGE (fig.3), bien que situé dans un secteur globalement en engraissement, subit au droit d'un lotissement dont le terrain d'assiette est plus bas que le niveau de la haute mer une érosion de 2 m par an. Ici encore les phénomènes responsables sont complexes et imparfaitement connus. Il faudra néanmoins sous peu réaliser une protection devenue indispensable pour parer les risques d'inondation.

IV.5. Bien d'autres secteurs de côtes font l'objet chaque année de protections nouvelles ou complémentaires, permettant de compléter un système de défense déjà existant et protégeant plus de 30 % de notre littoral.

V. CONCLUSIONS

Notre littoral recule. Sa protection se réalise au coup par coup à partir d'études ponctuelles restant souvent approximatives et visant à exploiter au mieux les phénomènes en présence.

Une meilleure connaissance des facteurs généraux de l'évolution de notre littoral (dynamique hydro-sédimentaire) permettrait de compléter l'approche des phénomènes locaux étudiés pour protéger un site donné, mais aussi de mieux comprendre les phénomènes de transfert ou de dispersion de la pollution.

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE DU LITTORAL DE WISSANT

par

P. CLABAUT, H. CHAMLEY et C. BECK

Université de Lille I

Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie

INTRODUCTION

La baie de Wissant est située entre le Cap Gris-Nez au SW et le Cap Blanc-Nez au NE. Dans sa partie W, l'estran et le cordon dunaire qui le borde sont instables et font l'objet d'érosions ou de sédimentations spécifiques. Afin d'identifier et d'expliquer les phénomènes responsables de l'évolution du trait de côte, phénomènes particulièrement importants sur le plan de l'environnement et de la protection du littoral, deux types d'approches sont envisagées :

- l'observation directe du terrain et des variations morphologiques saisonnières ;
- les analyses, au laboratoire, de sédiments prélevés à différentes périodes de l'année.

I - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les formations quaternaires de la baie de Wissant sont limitées au S et à l'E par une falaise fossile au pied de laquelle s'étend le marais de Tardinghen. Cette petite plaine maritime est isolée du domaine marin par un cordon dunaire qui comprend la dune du Châtelet, la dune d'Aval et la dune d'Amont. Vers le large, s'étend, selon la direction des courants de marée, un banc sableux appelé "Banc à la Ligne".

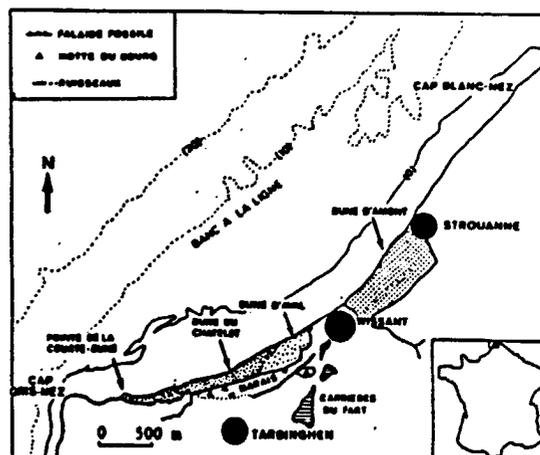


fig.1: Situation et géomorphologie simplifiée de la baie de Wissant.

II - OBSERVATION DES VARIATIONS MORPHOLOGIQUES SAISONNIERES

1) PHENOMENES EOLIENS

a) Erosion de l'estran

Sur cette vaste étendue sableuse, les vents forts de secteur SW entraînent des quantités importantes de sédiment de l'estran vers le NE. En raison de la courbure du trait de côte, ce sable vient engraisser la dune d'Amont.

b) Erosion dunaire

Avant sa fixation (printemps 1985), la dune d'Aval, totalement déstabilisée, envahissait les zones voisines : l'avancée du front dunaire vers le lotissement situé au S de Wissant a été de 6 m en 24 h de tempête.

Vers l'W, en bordure de la dune du Châtelet, la couverture végétale discontinue permet une déflation éolienne à la périphérie des peuplements, qui détermine des "couloirs" d'érosion.

2) PHENOMENES MARINS

a) En domaine intertidal

Le renforcement hivernal de l'hydrodynamisme entraîne un aplanissement et une érosion importante de l'estran (fig. 2). Ce phénomène saisonnier, met à l'affleurement des bancs de tourbe, sur une hauteur maximale à l'W de la baie (1,5 m), et décroissante vers Wissant. Ceci traduirait un hydrodynamisme décroissant d'W en E.

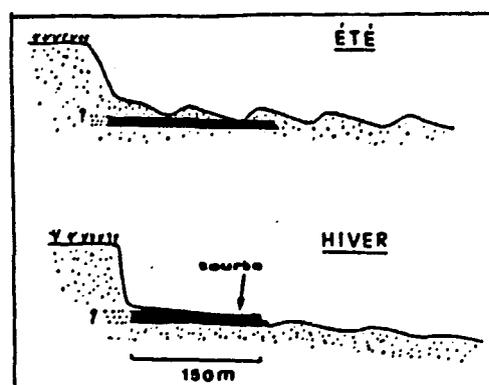


fig.2: Evolution saisonnière du profil de l'estran.

Ces bancs de tourbe et le cordon de galets de Tardinghen, préalablement dégagés, tendent à protéger le pied de dune de l'action des houles.

b) Au niveau du trait de côte

D'après l'évolution du trait de côte au cours de l'hiver 1983-1984, on a défini 3 zones (fig. 5) :

- α) Au NE de la dune d'Amont, le recul de côte est de 0,5 m/an.
- β) Devant la dune d'Amont et la digue de Wissant, on a un engraissement.
- γ) Au SW de la digue, l'érosion est très active : la dune d'Aval recule de 10 m/an ; la bordure de la dune du Châtelet de 2 m/an. Vers l'W, l'érosion est plus faible.

Ainsi, la vitesse de recul du pied de dune, dépourvue de variation continue au long de la baie de Wissant, n'apparaît pas en accord avec le gradient d'hydrodynamisme défini précédemment. Ceci souligne l'importance de la morphologie et du degré de fixation au front de dune sur la résistance à l'action des houles, et la liaison étroite entre érosion marine littorale et érosion dunaire.

c) En conditions hydroclimatologiques exceptionnelles

Pendant l'hiver 1983-1984, les cinq tempêtes responsables du recul du trait de côte ont eu lieu par faible coefficient de marée. Par contre, le 23 novembre 1984, la conjonction de vents violents (166 km/h au Cap Gris-Nez) et d'une pleine mer de vive-eau a entraîné un recul de côte plus important : 17 m au niveau de la dune d'Aval ; 10 m au niveau de la dune du Châtelet, avec un début de pénétration du cordon dunaire (l'une des 6 brèches provoquées par la mer avait une profondeur de 100 m).

Ceci souligne la fragilité du milieu lors de conditions hydrodynamiques exceptionnelles, et le risque de rupture du cordon dunaire.

III - ANALYSES GRANULOMETRIQUES

En baie de Wissant, le grain moyen des sables diminue depuis le haut-estran (300-315 μm) en direction du niveau inférieur de l'estran (190-200 μm). Ceci suggère l'existence d'un hydrodynamisme décroissant depuis la côte vers le large.

L'ensemble des 190 échantillons prélevés est bien à très bien classé (le "Sorting Index" S_s de Trask varie de 1,05 à 1,21) et symétrique par rapport à la médiane (le skewness S_k varie de 0,86 à 1,14).

a) Variation du grain moyen d'W en E de la baie

Les variations du grain moyen entre pied de dune et bas-estran, homogènes sur l'ensemble de la baie en août 1983, ont évolué différemment dans chaque secteur au cours de l'hiver 1983-1984.

Si le grain moyen est resté stable à l'E de la baie lors des 3 échantillonnages, on a noté une nette diminution devant Wissant dès octobre, puis à l'W de la baie en février 1984 ; ceci malgré un renforcement des conditions météorologiques d'août à février.

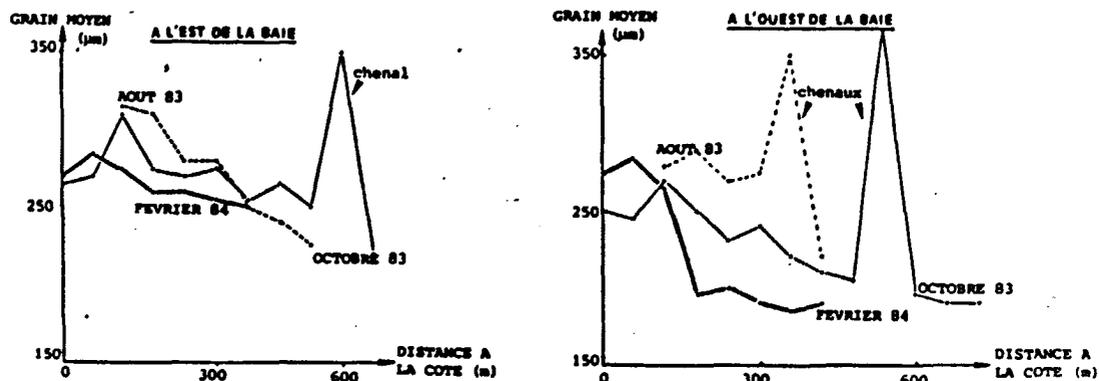
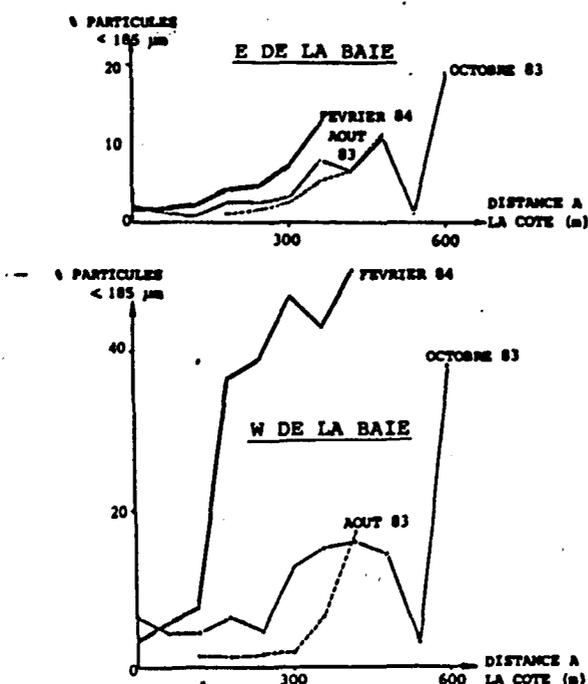


fig.3: variations saisonnières du grain moyen en baie de Wissant.

b) Variations saisonnières de chaque fraction granulométrique

Parmi les différentes classes granulométriques, seules les plus fines (100 à 185 μm) ont montré une variation importante, autant entre les différentes radiales que d'un échantillonnage au suivant (fig. 4) :



- A l'E de la baie, le pourcentage de particules inférieures à 185 μm augmente faiblement du pied de dune vers le bas-estran. Cette augmentation est assez constante lors des 3 échantillonnages.
- Devant Wissant, l'augmentation vers le large est faible en août, puis plus forte en octobre et février, à partir d'une distance à la côte de 300 m.
- A l'W de la baie, le pourcentage de particules inférieures à 185 μm augmente fortement en février, à partir d'une distance à la côte faible

fig.4: Variations saisonnières du % de particules inférieures à 185 μm .

IV - CONCLUSION

La dynamique sédimentaire actuelle de la baie de Wissant est marquée par deux types de phénomènes, éolien et marin, étroitement liés. En domaine intertidal, un gradient hydrodynamique décroissant d'W en E détermine une érosion maximale à l'W de la baie. Paradoxalement, dans cette partie de la baie, le grain moyen du sable diminue en hiver. On peut donc évoquer l'hypothèse d'une semi-fermeture hivernale de la baie de Wissant : l'érosion de l'estran viendrait engraisser le Banc à la Ligne, qui constituerait un obstacle à la propagation des houles. Celles-ci tendraient à pivoter autour de l'extrémité NE du banc, et viendraient s'amortir à l'W de la baie, induisant une atténuation de l'hydrodynamisme et une diminution du grain moyen des sédiments.

Les études actuelles (prélèvements de sédiment, courantologie, sonar latéral et bathymétrie) ont pour but de définir la dynamique du domaine marin et ses relations avec les phénomènes littoraux.

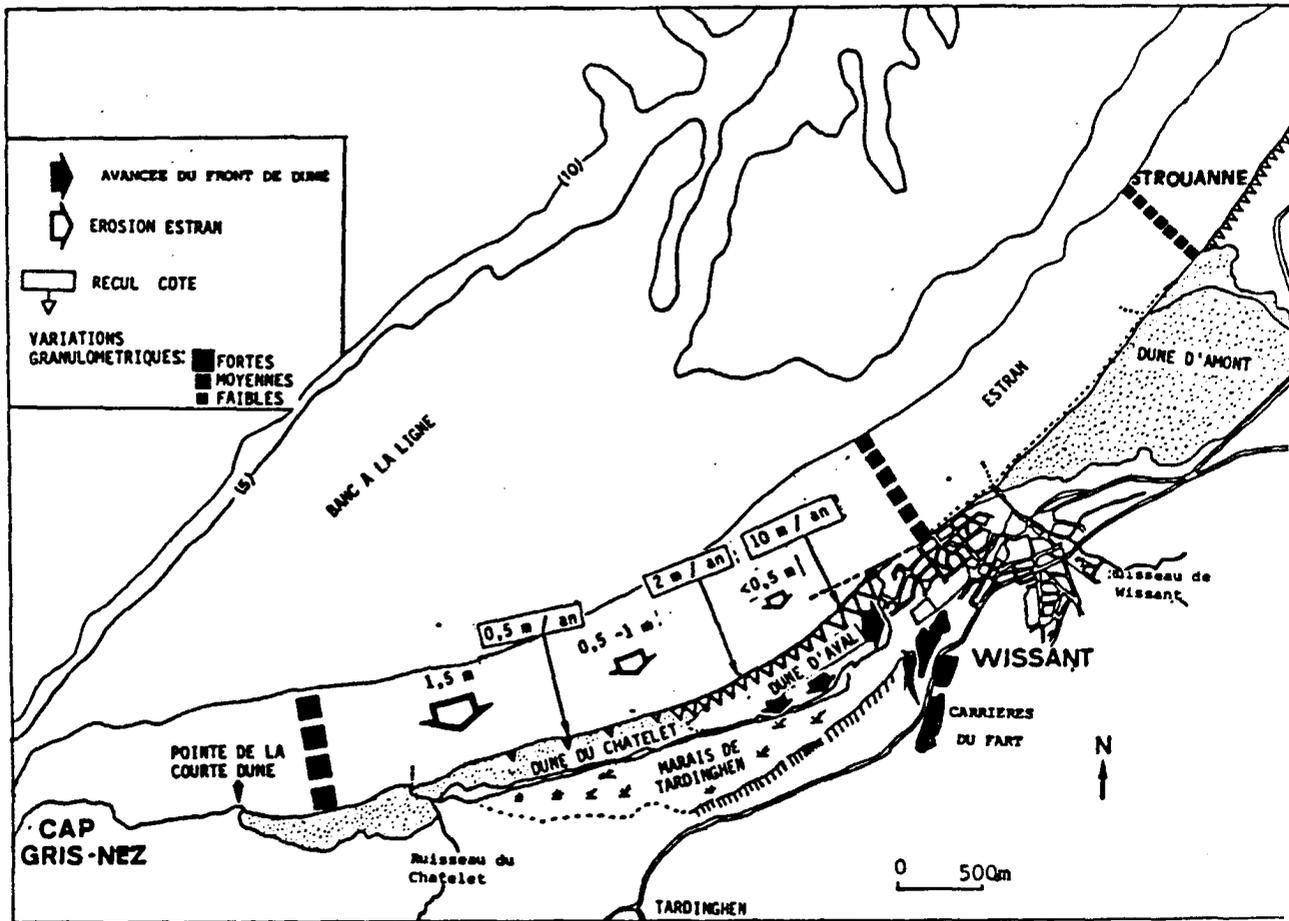


fig.5:BAIE DE WISSANT :Morphologie et dynamique littorales.

(Les valeurs indiquées sont celles de l'hiver 1983-1984).

REPARTITION DES FORMATIONS SUPERFICIELLES
AU LARGE DE BOULOGNE SUR MER
(Cap Gris-Nez -Baie d'Authie)

par claude AUGRIS* et philippe CLABAUT**

(*) IFREMER- Centre de BREST -DERO- GM .

(**) Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie
Université de LILLE 1

I- Objet de l'étude:

La convention de coopération Région Nord - Pas-de-Calais - IFREMER prévoit le soutien prioritaire de quatre thèmes de recherche. L'un d'entre eux a pour objet la mise en valeur de sites exploitables de sables et graviers marins. Dans cet objectif, diverses techniques ont été mises en oeuvre par IFREMER, lors de deux missions à la mer (Avril 1984- N/O PELAGIA; Août 1985- N/O CRYOS):

- Le sonar à balayage latéral, qui donne la représentation de la forme et de la nature des fonds marins.
- La sismique-réflexion, qui permet de déterminer l'épaisseur des sédiments et la morphologie du substratum.
- Le sondage bathymétrique.
- Le vibrocarottage permet un échantillonnage vertical de plusieurs mètres de sédiment.

L'ensemble des routes et des prélèvements est repéré grâce au système de radio-navigation SYLEDIS, mis en oeuvre par GENAVIR.

II- Cadre géographique:

Les limites de la zone d'étude correspondent aux limites administratives de la région, c'est à dire respectivement à la frontière belge (NE), et à la baie d'Authie (S).

Vers l'W et le NW, la zone est limitée par le rail de navigation pour des raisons, d'une part, de sécurité (les navires scientifiques remorquent des engins à faible vitesse), d'autre part, d'impossibilité d'exploitation d'agrégats dans ce secteur. Vers l'E et le SE, le domaine côtier n'est accessible aux navires utilisés qu'au-delà de l'isobathe 10 mètres.

Ainsi délimitée, la zone d'étude occupe une superficie de 700 km² environ.

III- Organisation générale de la façade boulonnaise:

III.1- De la baie d'Authie à Boulogne-sur-Mer:

Cette zone est marquée par 3 bancs sableux, de direction NNE-SSW, parallèles aux courants de marée et à la côte (fig. 1).

D'Ouest en Est, on trouve les bancs du Vergoyer, de la Bassure de Baas et de la Battur, qui culminent à environ 5m sous le zéro des cartes marines. Ces 3 bancs sont nettement dissymétriques: ils présentent une pente faible vers le large, et une pente plus forte vers la côte. Entre les bancs s'étendent de grandes dépressions allongées dont la couverture sédimentaire est seulement composée d'une faible épaisseur, de cailloutis.

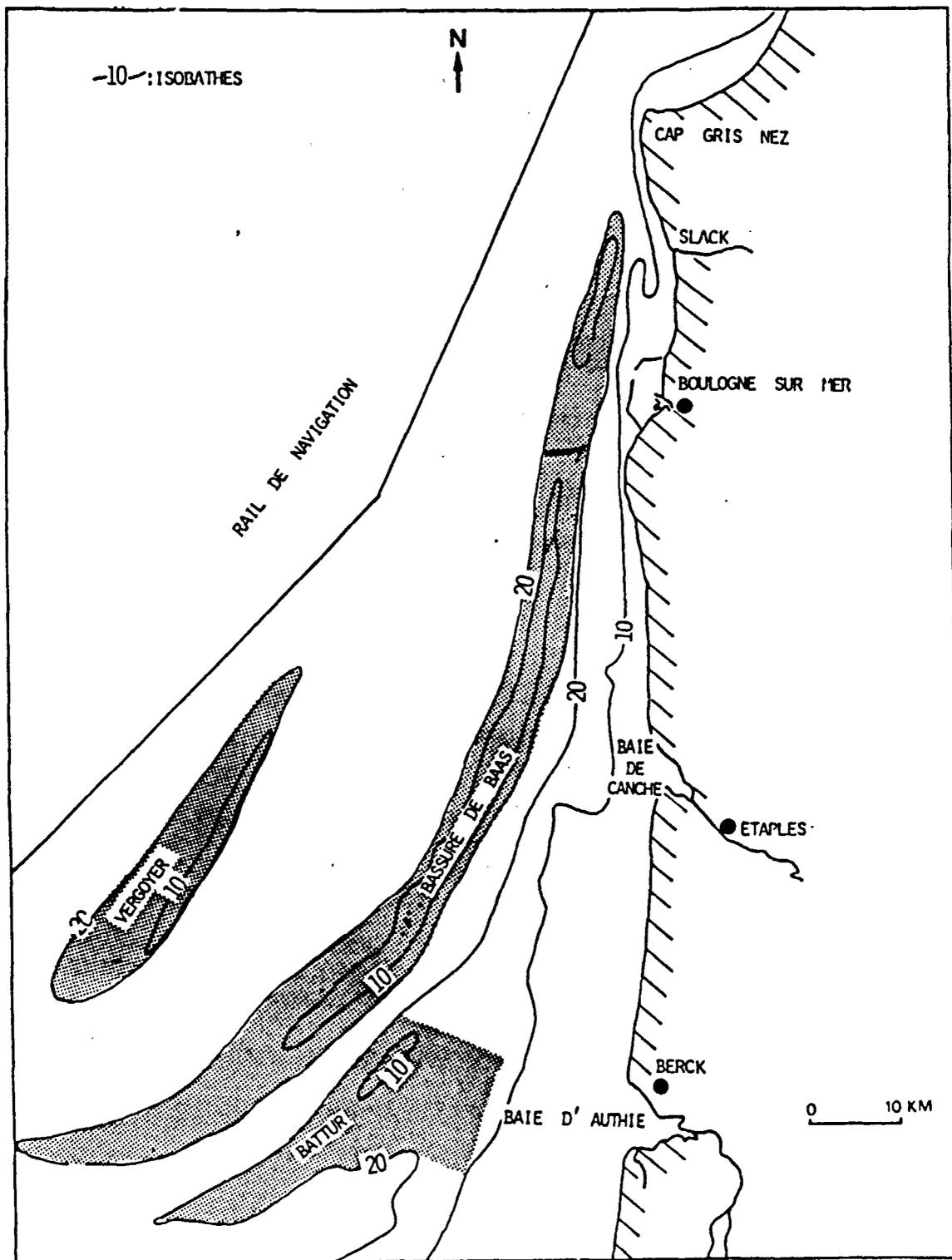


FIG.1: Organisation générale de la façade Boulonnaise.

III.2- De Boulogne-sur-Mer au Cap Gris-Nez:

L'originalité de cette zone réside dans la présence d'un seul banc sableux, la Bassure de Baas, qui vient se souder au domaine côtier vers le Sud, aux abords de Boulogne-sur-Mer, et s'atténue au Nord devant Ambleteuse.

IV- Les apports des missions "sonar latéral-bathymétrie" de 1984 et 1985:

La mise en oeuvre du sondeur bathymétrique et du sonar à balayage latéral apporte une vision plus détaillée des ensembles sédimentaires et de leur organisation.

IV.1- Au niveau des bancs sableux:

Les profils bathymétriques effectués selon une direction W-E, c'est à dire transversalement aux bancs, ont permis de préciser le caractère dissymétrique des bancs. A titre d'exemple, sur le banc du Vergoyer (fig. 2), la pente est de 1,5% environ vers le large et de 3% vers la côte.

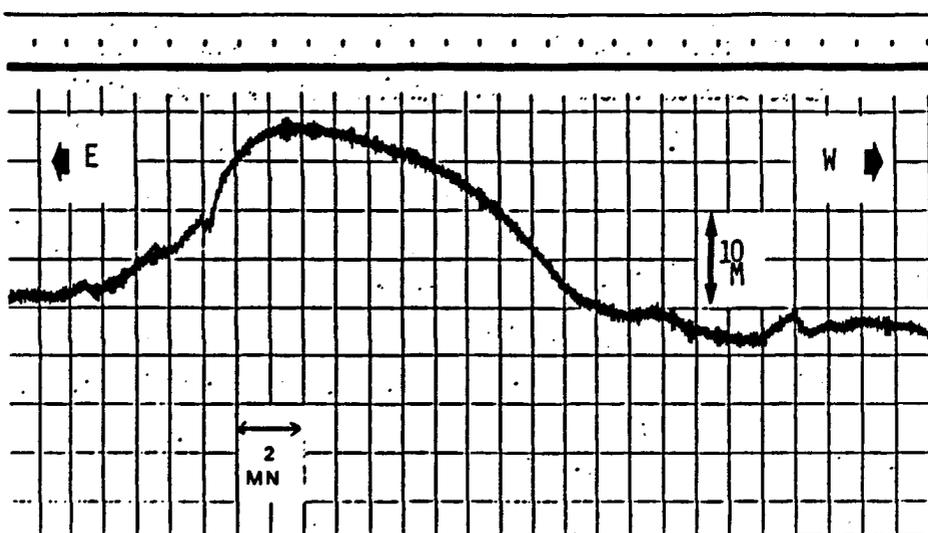


Fig.2: Profil bathymétrique du banc du Vergoyer

Par ailleurs, des figures sédimentaires différentes apparaissent sur les deux faces du banc. Alors que la face orientée vers la côte, plus abrupte, est pauvre en figures sédimentaires, la face vers le large, à pente plus faible, présente de nombreuses figures de courant, le plus souvent orientées vers le Nord, dans le sens de la résultante des courants de marée. Selon leur longueur d'onde, elles sont réparties en 3 ensembles:

- Des mégarides (vagues de sable), dont la hauteur peut atteindre 6 à 10 mètres, sont caractérisées par une longueur d'onde de 100 à 400 mètres.
- Des rides de courant de longueur d'onde de 10 à 15 mètres sont fréquentes sur la face externe des bancs.
- Des rides de courant de longueur d'onde inférieure ou égale à 5 mètres se rencontrent à la base de cette face externe, en pied de banc.

Au sein des interbancs à faciès généralement caillouteux existe un vaste domaine sableux. A partir des indices relevés lors de la mission d' Avril 1984, on a pu définir, entre les bancs du Vergoyer et de la Bassure de Baas, un vaste champ de mégarides. Celui-ci s'étend de la latitude de Berck à celle du cap d'Alprech, au Sud de Boulogne-sur-Mer, sur une largeur de 2 à 4 km, et comporte des structures pouvant atteindre 12 m de haut (fig.3).

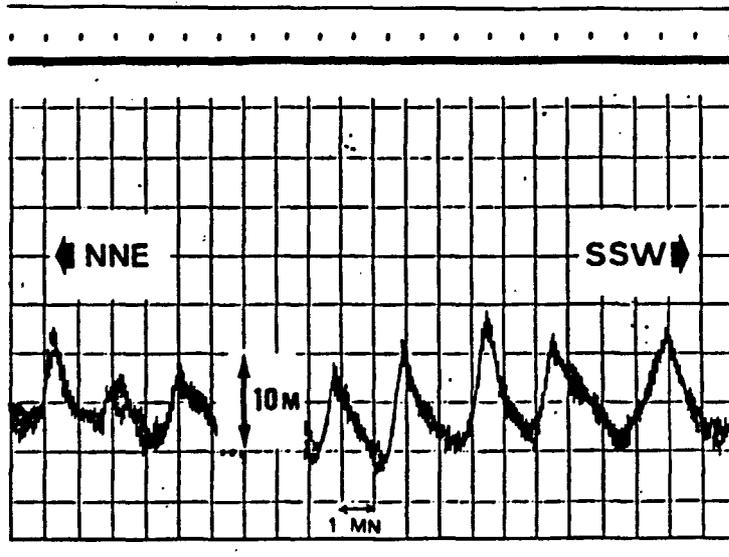


FIG.3: Profil bathymétrique de mégarides de sable

IV.2- Les phénomènes associés:

Ils se présentent sous forme de rubans sableux, d'orientation générale NNE-SSW, couverts ou non de rides de courant. Ils n'ont été observés qu'entre Boulogne-sur-Mer et Ambleteuse, en périphérie de la Bassure de Baas, et leur présence semble liée aux courants de marée, plus violents à l'approche de la zone de resserrement entre les côtes françaises et anglaises.

IV.3- Le substratum rocheux:

Devant Boulogne-sur-Mer, les affleurements du substratum rocheux sont épars, de petite taille, et ne présentent pas de structures particulières.

Par contre, aux abords immédiats du Cap Gris-Nez, la roche affleure de manière continue et structurée (fig.4). Elle présente des alignements de direction N-S et marque le prolongement en mer des falaises jurassiques du Cap Gris-Nez.

V- Conclusions:

Les résultats de la récente campagne à la mer (Août 1985) complètent ceux de 1984, et permettront, grâce aux 1200 km de profils sonar réalisés, d'établir une cartographie précise de la couverture sédimentaire du plateau continental de la région Nord - Pas-de-Calais, et d'en connaître les principaux phénomènes dynamiques.

Les images indirectes acquises sur la forme, la structure et la nature des fonds sous-marins doivent maintenant être étalonnées par un échantillonnage précis de sédiments, pour les différents faciès reconnus. Cela permettra de caler les images bathymétriques et sismiques, d'aboutir à une cartographie précise, et d'éviter des erreurs possibles d'interprétation. En effet, dans certains cas, une confusion reste possible. C'est le cas des réponses acoustiques sonar de fonds caillouteux et vaseux, identiques en raison de leur uniformité.

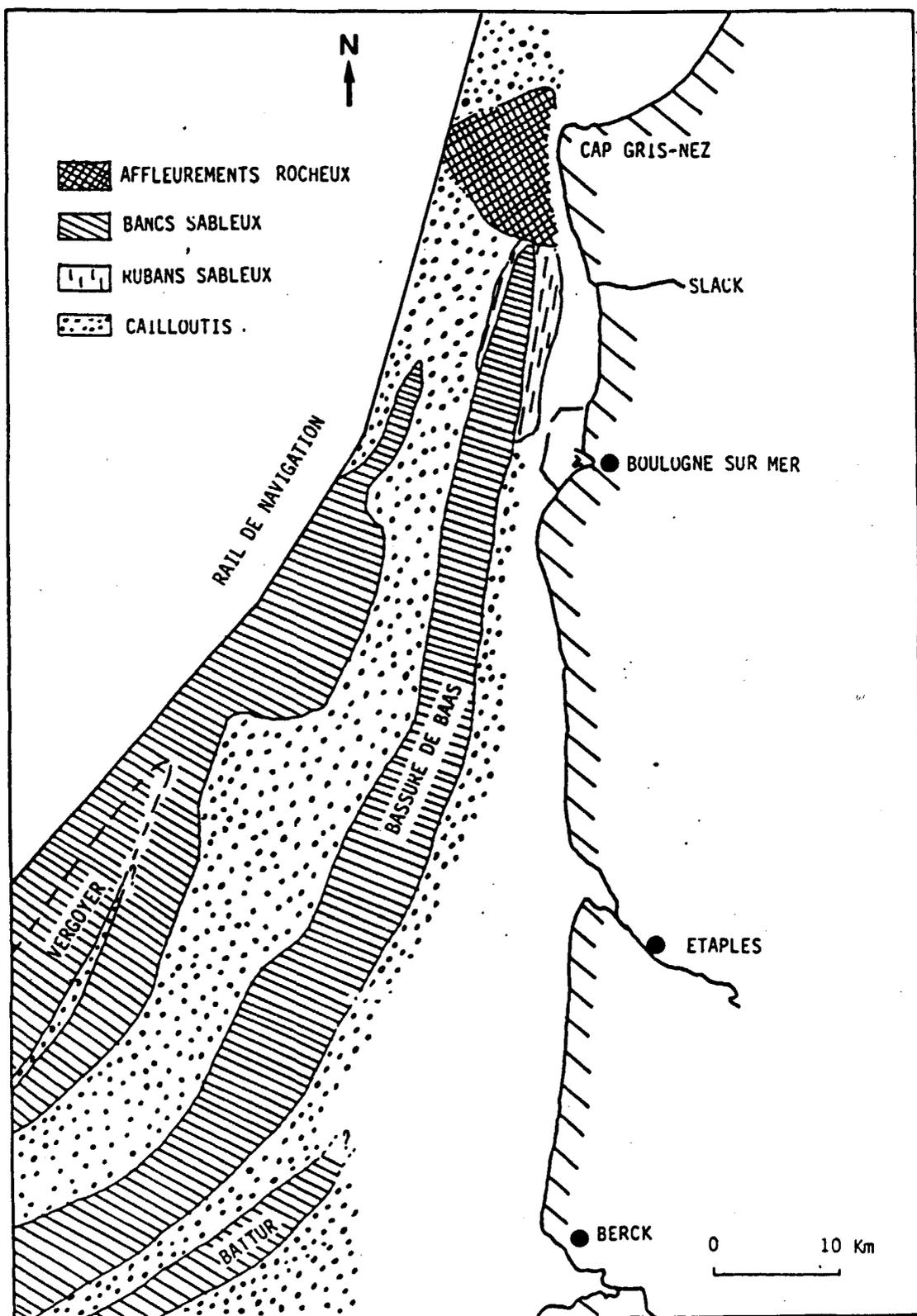


FIG.4 :Cartographie simplifiée des faciès reconnus .

REGION NORD/PAS-de-CALAIS

CONSEIL REGIONAL

SEMINAIRE DE TRAVAIL D'AMBLETEUSE

ETUDE INTEGREE DU LITTORAL

19 et 20 Septembre 1985

APPROCHE ECONOMIQUE DU MARCHE DES MATERIAUX MARINS

ETUDE DU MARCHE DES GRANULATS MARINS
POUR LA REGION NORD / PAS-de-CALAIS

PREALABLE.

L'étude du marché des granulats marins porte sur des logiques contradictoires, ce qui rend le pronostic très difficile : en tout état de cause, l'évolution sera lente, mais compte-tenu des prix pratiqués actuellement et des besoins et ressources de la Région, il n'est pas possible d'envisager de modifications profondes dans les dix années à venir.

1. ETUDE DU MARCHE.

1.1 Documents existants.

- Différents comptes rendus de séminaires sur les ressources minérales sous-marines,
- Eléments pour une approche économique du coût des matériaux rendus sur le quai (IFREMER),
- Etude préalable à une reconnaissance de gisements de matériaux marins en Manche et Mer du Nord.

1.2 Processus de l'étude.

Le processus de l'étude porte sur la situation générale du marché dans le NORD/PAS-de-CALAIS,

- sur les besoins quantitatifs,
- sur les besoins qualitatifs,
- la production et les importations actuelles de granulats marins,
- les flux actuels (et la concurrence franco-française et franco-étrangère),
- les éléments déterminant le prix de revient,
- les tendances pour l'avenir.

2. SITUATION GENERALE DU MARCHE

Evolution de la demande des granulats depuis les 5 dernières années.

Consommation par rapport à la population : 6 tonnes par an.

Consommation globale du NORD/PAS-de-CALAIS : environ 25 millions de tonnes.

Production de granulats issus des carrières et ballastières : 12,5 millions de tonnes, dont 24 % de granulats alluvionnaires (baisse constante).

Production de sous-produits industriels.

Importation des granulats et sables anglais, belges et allemands.

3. BESOINS QUANTITATIFS.

Voir document établi le 1er Février 1984.

Par la suite, c'est surtout le problème des sables qui sera mis en évidence.

3.1 La Production et les importations actuelles de granulats marins.

3.2 Importation de granulats de la Tamise et bancs situés au large d'OSTENDE.

3.3 Importation dans la région dunkerquoise et dans les agglomérations de LILLE, LENS, BETHUNE.

3.4 Situation des sociétés importatrices : stabilisation des importations depuis environ 5 ans : environ 800.000 tonnes réparties entre 3 importateurs à hauteur de 30 % pour l'un, 35 % pour chacun des 2 autres.

3.5 Pointes dues aux gros chantiers (centrale nucléaire de GRAVELINES, ...)

3.6 Le marché dunkerquois.

Il se décompose en produits en béton, bétons prêts à l'emploi et matériaux de viabilité, soit environ 400.000 tonnes.

3.7 Le marché lillois et de la région de LENS BETHUNE.

Produits issus du béton : environ 400.000 tonnes de sable.

Nature des exportations britanniques et hypothèse de reprise outre-Manche.

3.8 Nature des produits importés de Belgique.

4. BESOINS QUALITATIFS : Sables.

4.1 Sables et graviers traités (lavés et criblés pour la région dunkerquoise)

4.2 Sables non traités vendus en l'état, seuls capables de supporter des prix de transport et problème du transbordement.

5. Les prix actuels concurrents des granulats marins de Tamise.

5.1 Pour la concurrence qualitative :

- Sable de Seine,
- Sable du Rhin
- Sable d'Oise,
- Sable de la baie de Somme,
- Sable d'Aisne,
- Cas particulier des sables de concassage et valorisation des sous-produits.

.../...

5.2 La concurrence en terme de prix :

- Sable d'Oise,
- Sable de Seine,
- Sable du Rhin.

6. DES LOGIQUES CONTRADICTOIRES.

6.1 La logique des contraintes de transport.

- assurer les flux les plus courts
- multiplier les lieux d'approvisionnement du fait de l'émiettement des marchés de bâtiment et travaux publicx,
- la contrainte fondamentale du marché des granulats est liée au transport, auquel s'ajoutent, pour les granulats marins, les frais de port.
- l'atomisation des chantiers accentue la prédominance de la route (en contrepartie 0,35 thermie par tonne par kilomètre).
- l'atomisation va à l'encontre des grosses installations : utilisation de matériaux locaux.
- situation privilégiée du Port de DUNKERQUE par rapport aux ports de CALAIS et BOULOGNE.
- cas particulier de la voie d'eau : clients reliés et nombre de stations de réception le long du canal,
- par la voie d'eau, les convois lourds ne sont pas satisfaisants : maximum 1.500 à 2.000 tonnes,
- la voie d'eau a sa pleine rentabilité au-dessus de 200 km,
- concurrence entre différents modes de transport.

6.2 La logique des utilisateurs.

- utilisation des matériaux traditionnels et les plus proches,
- rapidité des approvisionnements,
- l'importance du prix : les utilisateurs ne connaissent que le prix rendu (exemple de la vallée de la Seine).

6.3 La logique des facteurs de production

- assurer la pérennité des installations et des structures actuelles compte-tenu des durées d'amortissement (cas des grosses carrières du Boulonnais et des installations de traitement des produits secondaires de l'industrie : schistes, laitiers, cendres volantes,
- l'industrie des granulats implique des investissements lourds,
- le fort taux capitalistique implique des périodes d'amortissement longues.

6.4 La logique des contraintes d'environnement

- Problèmes écologiques : faune, flore marines, etc...

.../...

6.5 Rôle et logique des négociants

6.6 La logique des frais portuaires

- pilotage et lamanage, mise en dépôt, statut des dockers,
- la logique portuaire française par rapport à la logique belge.

7. DETERMINATION DU PRIX DE REVIENT.

7.1 Facteurs intervenant dans la détermination du prix de revient.

7.1.1 Coût de l'investissement.

- . Etude préalable (objet de l'étude d'IFREMER)

7.1.2 Travaux préliminaires :

- . découverte du gisement,
- . installations d'accostage des navires.

7.1.3 Travaux à bord :

- . stockage,
- . traitement à l'eau douce,
- . alimentation électrique,
- . bâtiments,
- . traitement des eaux usées,
- . etc...

7.1.4 Investissements liés au matériel d'extraction.

Cas de l'exploitation de gisements à plus de 10 m. de profondeur :
drague fixe ou drague mobile, équipement de la drague : prix
d'une drague de 4.000 tonnes environ neuve ou d'occasion.

7.1.5 Installations au sol.

Engins de reprise et de manipulation.

7.1.6 Salaires et charges

- . services commerciaux
- . services administratifs
- . personnel d'exploitation et d'entretien
- . frais généraux
- . frais de gestion

7.2 Hypothèse de marché.

800.000 paraît être un seuil en dessous duquel les investissements ne seront pas rentables.

8. COMMENT DIMINUER LES FRAIS PORTUAIRES.

8.1 Barges de 1.000 tonnes (tirant d'eau de 3 m,00).

8.2 Transbordement (conditions météo exceptionnelles, coordination).
Inconvénients car sables et graviers ne sont ni criblés ni lavés.
Avantages : pas d'utilisation des équipements du port ni location de terre-plein et divise les frais par deux.
Inconvénient : non garantie de régularité des approvisionnements.

9. FACTEURS SUSCEPTIBLES DE FAIRE EVOLUER LE MARCHE.

9.1 Chantiers importants.
Cas du Lien fixe TRANSMANCHE.

9.2 Epuisement de gisements terrestres à long terme.

9.3 Cas particulier du site de WISSANT :
Amélioration des rotations vers DUNKERQUE.

10. CONCURRENCE FRANCO FRANCAISE.

10.1 Vis-à-vis des carriers du Boulonnais (exemple des bétons à DUNKERQUE :
béton à base de granulats marins, prix de vente au m3 H.T. dosé à
300 kg : 305 F. Avec du calcaire, le prix serait de l'ordre de 45 F.
plus cher.

10.2 Cas particulier de CALAIS.

Vis-à-vis des ballastiers de l'ILE DE FRANCE et de la PICARDIE.

10.3 Vis-à-vis des exploitants britanniques : dragues anglaises, matériel
amorti, participation à des sociétés françaises.

.../...

10.4 Concurrence franco-belge : cas particulier de l'agglomération lilloise.

Il est peu probable que des exportations françaises se feront à destination de la Belgique.

11. TENDANCES.

- Le marché serait particulièrement étroit géographiquement.
- L'impact du transport est fondamental.
- Les marges de progression au delà de 750.000 à 800.000 tonnes sont faibles.
- Quid de la rentabilité correcte des capitaux investis : intérêt pour un investisseur français de diminuer son capital face à un marché non assuré et un prix de vente au moins égal à 38 ou 40 F. H.T.

2EME PARTIE

RESSOURCES VIVANTES

**PROGRAMME SABLES ET GRAVIERS
IMPACT DE L'EXPLOITATION DES SABLES ET GRAVIERS MARINS
SUR LA PECHE ARTISANALE**

Bilan 1984/1985

La recherche de sites d'exploitation de granulats marins nécessite la reconnaissance de gisements intéressants d'un point de vue géologique (nature et quantité de sédiments disponibles) mais aussi, dans la mesure du possible, la prise en compte des utilisateurs du domaine maritime, navires marchands, transports de passagers, et bateaux de pêche.

L'intensité du trafic dans le détroit et l'existence de hauts-fonds sur la façade nord interdisent en fait toute extraction de granulats dans les rails de navigation et les chenaux d'accès portuaires. De ce fait, mais aussi pour des raisons techniques (performances des dragues) et économiques (distance du gisement par rapport au port de débarquement), une exploitation de granulats ne pourra se situer que dans la bande côtière littorale, et sera alors en compétition avec les activités de pêche, essentiellement la pêche artisanale (la pêche industrielle n'exerce son activité sur notre littoral que pour la campagne du hareng, principalement de novembre à décembre, et concerne 8 à 13 grosses unités françaises).

I - L'ACTIVITE DE PECHE ARTISANALE

Les bateaux artisans pratiquent soit la petite pêche - marée de moins de 24 heures - soit la pêche côtière - marée de moins de 96 heures - et se répartissent sur le littoral Nord/Pas-de-Calais en 7 flottilles basées dans 6 ports.

I.1. Les outils de production

Plus de 200 bateaux artisans (soit environ 830 marins-pêcheurs) travaillent

N.B. : en pêche artisanale, le propriétaire du bateau est généralement embarqué et pratique soit la petite pêche - marée de moins de 24 heures - soit la pêche côtière - marée de moins de 96 heures ; les navires ont moins de 24 mètres de long et moins de 100 tonneaux de jauge brute.

en permanence sur notre littoral, quelques bateaux normands, bretons, belges et hollandais le fréquentant saisonnièrement.

Cette activité halieutique artisanale participe de manière non négligeable à l'économie littorale régionale, tant par les quantités débarquées que par la valeur de ces mises à terre. (les chiffres officiels indiqués dans le tableau ci-dessous sont en fait sous-estimés car une certaine proportion des captures, variable d'une flottille à l'autre, selon l'espèce et la période de l'année, ne passe pas par les criées et est donc difficilement quantifiable).

Les chiffres ci-dessous situent l'importance relative de chaque groupe de pêcheurs artisans pour l'année 1983 (d'après les monographies des pêches 1983 établies par les Affaires Maritimes de Dunkerque et Boulogne) :

PORT	NOMBRE NAVIRES	NOMBRE MARINS	TONNAGE TOTAL DEBARQUE	VALEUR POISSON
DUNKERQUE	24	86	1 490 T	18 787 MF
GRAND-FORT-PHILIPPE	10	30	303 T	3 978 MF
CALAIS	18	55	265 T (315)	4 611 MF
AUDRESSELLES *	19	30	9,4 T	
BOULOGNE	54	173	965 T	10 500 MF
ETAPLES-BOULOGNE	66	419	26 387 T	119 910 MF
ETAPLES-BERCK	16	36	341 T	3 374 MF
TOTAL	207	829	> 29 760 T	>161 160 MF

* Audresselles : nom de la station qui regroupe les petites unités appelées "flobards" qui échouent sur les plages de Wissant, Audinghen, Audresselles, Ambleteuse et Wimereux.

Depuis cinq ans, on constate une bonne stabilité des effectifs pour la plupart des flottilles, avec un net développement à Boulogne et surtout à Calais où le nombre d'unités a été multiplié par deux en quatre ans. Dans les deux cas, les nouveaux arrivants sont des trémailleurs (utilisant les filets fixes).

La plupart des flottilles sont bien individualisées par la jauge brute des

navires, cette classification étant en relation avec la taille des bateaux.

Pour les petites unités (moins de 10 tonneaux, moins de 12 mètres) Audresselles et Etaples-Berck, pour les moyennes (de 10 à 25 tonneaux, moins de 16 mètres) Grand-Fort-Philippe, pour les grosses (50 tonneaux et plus, plus de 16 mètres), Etaples-Boulogne ; Boulogne et Dunkerque sont moins homogènes.

Cette individualisation par la jauge ne se retrouve pas dans la répartition en âge des bateaux, l'ensemble des flottilles se renouvelant régulièrement (par arrivée de constructions neuves ou de navires d'occasion), excepté à Grand-Fort-Philippe qui est une flottille vieillissante.

Par contre à une catégorie de jauge correspond bien souvent un type de pêche (petite pêche - pêche côtière) et un type de métier, avec une préférence, soit pour les arts traînants (chalut de fond à panneaux ou à perche, chalut pélagique), soit pour les arts dormants (filets fixes ou dérivants, casiers, palangre). D'une manière générale, les petits bateaux pratiquent plusieurs métiers dans l'année, alors que les plus gros sont davantage spécialisés et n'en pratiquent qu'un ou deux.

Cette préférence pour les arts dormants ou traînants dépend en fait non seulement de la taille-jauge-puissance du bateau, mais aussi des espèces recherchées, des lieux de pêche fréquentés et des habitudes locales.

I.2. Les zones de pêche, saisons et espèces-cibles

Les espèces commerciales sont nombreuses puisqu'on en recense régulièrement une trentaine dans les ventes en criée à Boulogne. Néanmoins, nous nous attacherons plus particulièrement à celles dont les tonnages débarqués sont importants et/ou dont la valeur marchande est élevée ; ces espèces vers lesquelles les pêcheurs dirigent leurs efforts sont dénommées espèces-cibles.

Les zones de pêche varient en fonction de la saison et donc de l'espèce recherchée, de la taille du bateau et de l'engin utilisé, exception faite pour certaines pêches particulières comme celle de la crevette grise qui est pratiquée toute l'année dans la bande côtière des deux milles (les crevettes étant inféodées à cette bande littorale).

En première approximation, on peut considérer que les chalutiers évitent les zones à ridens (dunes sous-marines) ainsi que les fonds rocheux accidentés et les obstructions diverses alors qu'elles sont exploitées par les trémailleurs. Cette pratique doit être pondérée en fonction de la taille et de la puissance du bateau.

Plusieurs trémailleurs de Boulogne et Calais développent depuis quelques années la pêche sur épaves (nombreuses dans le détroit) ; néanmoins cette technique nécessite un lourd investissement en matériel électronique (sondeur et système de positionnement performants), un bateau rapide permettant de visiter plusieurs épaves au cours de la marée ou de s'éloigner de la côte, et un long apprentissage de la part du patron.

L'activité halieutique littorale concernée par un éventuel aménagement en mer (du type extraction de granulats) est en fait limitée essentiellement de la côte jusque 10 milles environ et se décompose de la manière suivante :

I.2.1. Façade nord : de la frontière belge jusqu'au Cap Gris-Nez

. de la côte jusque 3 milles :

Cette frange littorale (en fait de la côte jusque deux ou trois milles) est travaillée toute l'année, depuis la frontière jusqu'à Calais, par les crevettiers : sept dunkerquois, quatre grands-forts-philippoises et deux calaisiens.

De Wissant à la frontière, c'est également le lieu de pêche privilégié pour la plupart des artisans cherchant la sole, surtout à sa pleine saison, de février à avril-mai. On peut alors considérer que presque tous les bateaux (hormis les crevettiers permanents) de la façade nord pratiquent cette pêche dans cette bande littorale, de façon exclusive pour les petites et moyennes unités (aussi bien trémailleurs pour Wissant, Calais et Dunkerque, que chalutiers pour Grand-Fort et Dunkerque), et de façon importante malgré l'interdiction officielle pour les grands chalutiers à tangons dunkerquois.

Sans oublier que pendant cette saison de la sole, mais de façon plus ou moins régulière et plus ou moins durable, des Boulonnais et des Etaplois viennent y travailler, soit en s'installant à Calais ou Dunkerque-ouest, soit en étendant leur zone de pêche jusqu'à Calais.

La morue est recherchée en grande partie dans cette bande littorale par les petits trémailleurs et chalutiers de Dunkerque à Wissant (de mai à décembre).

L'anguille est pêchée à la côte entre Dunkerque et Calais par quelques Grands-forts-philippoïses (de juin à septembre) tandis que le bar et divers autres poissons y sont pêchés entre Grand-Fort et Gris-Nez par les Calaisiens et les flobards.

De novembre à janvier, le hareng est recherché par quelques petits artisans.

La pose de casiers à crustacés ne concerne que quelques calaisiens et les flobards de Wissant, en face de leurs ports respectifs.

Cette bande côtière intéresse donc pratiquement tous les artisans sans exception, et tous les métiers y sont exercés (arts traînants et dormants).

. entre trois et neuf-dix milles :

En sont exclus les flobards, les Grands-forts-philippoïses ne fréquentant que le Dyck occidental en février-avril pour la sole.

Les trémailleurs (pour sole et morue) y sont plus rares, confinés sur les bancs sableux moins accessibles aux chalutiers et sur les épaves (pour la morue) pour quelques Calaisiens et Boulonnais.

C'est donc le lieu de pêche de la sole et autres plats pour les grands chalutiers dunkerquois, étaplois et boulonnais - en dehors de la pleine saison, soit de mai à décembre.

C'est aussi le secteur privilégié pour le merlan, maquereau et les divers, qui intéressent les chalutiers de Dunkerque, Boulogne et Etaplois de Boulogne, pour certains une grande partie de l'année.

Le hareng de novembre à janvier y est recherché par quelques patrons appartenant à ces trois flottilles.

Aucun caseyeur ne pose ses engins dans cette zone sur la façade nord.

1.2.2. Façade ouest : depuis le Cap Gris-Nez jusqu'à la baie d'Authie
de la côte jusque trois milles :

Six petits chalutiers d'Etaples pêchent la crevette grise toute l'année à "pied de côte", de Hardelot à Berck.

Pour la sole et les autres plats, plutôt que de définir des secteurs de pêche en fonction de l'éloignement par rapport à la côte, il est préférable de considérer le banc de la Bassure de Baas (d'Audresselles au Touquet) et la zone comprise entre la côte et la Bassure ("terre de la Bassure") qui est en fait une entité, tant morphologique que sédimentaire, qui convient particulièrement à la sole qui vient alors s'y reproduire, de février à avril, période pendant laquelle les débarquements sont les plus importants.

Néanmoins les petits bateaux restent dans les trois milles et dans leurs secteurs respectifs (les flobards d'Audresselles à Boulogne, les Etaplois depuis Boulogne jusqu'au Touquet), les Boulonnais et quelques Etaplois de Boulogne exploitant tout le secteur.

La sole est alors pêchée au trémail et du fait des concentrations de poissons dans une zone exigue, le grand nombre de filets tendus occasionne des tensions plus ou moins vives entre patrons ; les chalutiers étaplois sont de fait rejetés en limite du secteur de pêche.

A cette période de l'année, on peut donc considérer que toute l'activité des artisans de la façade ouest (hormis les Etaplois de Boulogne) est dirigée vers la sole, dans un secteur bien délimité.

La plie prend ensuite le relais de la sole à partir de mi-avril et elle est pêchée au trémail principalement aux alentours immédiats de Boulogne, dans les trois-quatre milles. Elle est recherchée jusqu'en juin-juillet, puis en fin d'année.

A partir de mi-avril, l'activité à Boulogne se diversifie, certains trémaillleurs s'orientant donc vers la plie, d'autres vers la morue et le divers.

Bar, mullet et congre sont pêchés au voisinage du cap Gris-Nez, au filet maillant et à la palangre, par les flobards et les petits boulonnais.

Morue, merlan, maquereau et hareng sont recherchés en été et fin d'année par les flobards, petits boulonnais et étaplois, au filet ou lignes de traîne.

De Gris-Nez à Wimereux, les flobards posent des casiers pour crabe et homard de juillet à septembre.

. entre trois et neuf-dix milles

Comme pour la façade nord, on n'y rencontre que les moyennes et grosses unités de Boulogne et Etaples-Boulogne. Certains chalutiers y recherchent les poissons plats pendant le premier semestre essentiellement, d'autres morue, merlan, maquereau (et hareng de novembre à janvier) toute l'année.

Trois Boulonnais posent des casiers pour crabe et homard dans le secteur compris entre Boulogne et Gris-Nez ; l'un d'entre eux commence dès avril, les deux autres à partir de juin, et ce jusqu'en août-septembre.

II - LES RESSOURCES POTENTIELLES

Il ne faut pas oublier que l'activité de pêche dépend directement des ressources vivantes exploitables, et donc il convient de protéger au mieux les frayères (zones où les adultes se reproduisent au moment de la reproduction) et nourriceries (concentrations de jeunes individus en cours de croissance).

C'est ainsi que la bande côtière des 2-3 milles située, depuis la Belgique jusque Calais d'une part, de Boulogne à la baie de Somme d'autre part, est le siège d'une importante nourricerie de poissons plats : sole, plie et limande.

- Cette bande côtière, surtout au voisinage de Gravelines et de la baie de Canche à la baie de Somme, est importante pour la reproduction et la croissance des crevettes grises.

Au-delà des 3 milles, mais dans des secteurs encore assez mal définis, se situent des frayères et nourriceries d'importance variable pour divers poissons tels le maquereau, chinchard et sprat.

III - IMPACT D'UNE EXTRACTION DE GRANULATS MARINS SUR LES RESSOURCES VIVANTES ET LES ACTIVITES HALIEUTIQUES

Les extractions de granulats modifient de façon plus ou moins durable les caractéristiques du milieu, tant au niveau du substrat qu'au sein de la masse d'eau.

En cours de dragage, le pompage des matériaux au fond, de même que la surverse, entraînent la mise en suspension d'une partie de la fraction fine du sédiment. Les masses d'eaux turbides se déplaceront au gré des courants et la décantation se fera lentement. Cette turbidité peut être néfaste pour la flore planctonique et benthique, ainsi que pour les poissons et notamment les stades jeunes.

Les peuplements benthiques seront détruits par les opérations de dragage. Or ces peuplements benthiques constituent le support alimentaire de nombreuses espèces benthodémersales d'intérêt halieutique (notamment les poissons plats). Cette gêne peut n'être effective que durant la phase d'exploitation des gisements, les peuplements étant susceptibles de se reconstituer en quelques années sous réserve que la nature finale du substrat ne soit pas sensiblement différente de ce qu'elle était à l'origine.

Les dragages doivent bien entendu épargner les zones de frayères et de nurseries de poissons.

La topographie des fonds peut être bouleversée par les dragages. La présence de souilles pouvant atteindre plusieurs mètres de profondeur constitue un réel danger pour les chaluts de fond. Etant donné la lenteur probable du comblement de ces souilles après cessation des dragages, il faut considérer dans ce cas que le secteur est rendu définitivement impraticable pour les arts traînants. Si la zone exploitée est un relief (du type dune sous-marine), sa suppression peut ne pas gêner le chalutage.

...

CONCLUSION

Le littoral du Nord/Pas-de-Calais est le siège d'une importante activité de pêche, qui est essentiellement le fait de pêcheurs artisans pratiquant soit la petite pêche (marée de moins de 24 heures), soit la pêche côtière (marée de moins de 96 heures).

C'est ainsi que plus de 200 bateaux y travaillent en permanence : ils se répartissent en sept flottilles d'importance inégale et dont les caractéristiques sont souvent bien individualisées.

La gamme de ces bateaux est étendue puisqu'on rencontre des petites embarcations non pontées (les flobards) très polyvalents mais dont l'aire d'activité est restreinte, jusqu'aux grandes unités de 20 à 28 mètres plus spécialisées et dont le secteur fréquenté est très vaste.

Il est évident que la superficie et l'éloignement de la zone exploitée par rapport au port d'attache sont en relation directe avec la taille du bateau. Cette notion fondamentale de la flexibilité des bateaux devra guider les choix retenus pour un aménagement du littoral (du type extraction de granulats marins), les petites embarcations se trouvant techniquement dans l'impossibilité d'agrandir leur champ d'investigation, et étant beaucoup plus sensibles aux mauvaises conditions météorologiques, fréquentes surtout dans la partie nord de notre région.

Enfin il faut noter le caractère éminemment opportuniste des pêcheurs, dont l'activité est directement tributaire de la biologie des espèces halieutiques (migrations, période de reproduction) qui rythme tout au long de l'année les métiers pratiqués et les espèces recherchées. C'est ainsi que les pêcheurs adaptent souvent très rapidement (d'un jour à l'autre ou même au cours d'une même marée) leur zone de pêche et le métier exercé, en fonction des bons ou des mauvais résultats de la pêche de l'espèce-cible.

- On peut néanmoins établir une zonation de l'activité de pêche sur notre littoral :

- la bande des trois-quatre milles qui est le siège, non seulement de la phase déterminante du recrutement (entrée des effectifs chaque année dans la population exploitée) des jeunes poissons plats (sole, plie et limande), mais

...

également d'une activité de pêche très intense voire exclusive :

. pour certaines flottilles comme les flobards répartis de Wimereux à Wissant, la flottille de Grand-Fort-Philippe, en grande partie celles de Calais, Etaples-Berck et les plus petits des Boulonnais.

. et pour certaines activités comme la pêche crevettière (à Dunkerque, Grand-Fort et Etaples-Berck) et en grande partie pour la pêche des poissons plats, sole et plie, auxquels s'intéressent pour des raisons économiques évidentes toutes les flottilles du secteur, de même que la recherche du bar et du homard.

- de trois à dix milles environ

L'activité, qui ne concerne que les moyennes et grosses unités, y est plus diffuse et davantage dirigée vers les poissons ronds et les pélagiques, morue, merlan, maquereau et divers, dont les crabes.

- au-delà des dix milles, seules les plus grosses unités recherchent également les poissons ronds et pélagiques, mais aussi la coquille St Jacques (dont on connaît la valeur marchande) sur la façade ouest.

Néanmoins cette zone est beaucoup moins concernée par un éventuel aménagement du littoral.

Les zones de frayères et nourriceries connues, très côtières pour les poissons plats et la crevette grise, sont plus éloignées et plus diffuses pour les autres poissons.

Moyennant certaines précautions, les effets néfastes d'une exploitation de granulats en mer sur les ressources vivantes et l'exercice de la pêche peuvent être minimisés en tenant compte des recommandations suivantes :

- épargner les zones sensibles que constituent les frayères et nourriceries, notamment à proximité des côtes ;
- réduire la mise en suspension de particules fines et leur dispersion géographique ;

- limiter au maximum la taille des exploitations afin de préserver les équilibres biologiques en place ;
- éviter la formation d'excavations qui interdiraient tout chalutage ultérieur ;
- envisager la possibilité de stopper momentanément l'exploitation pendant les phases sensibles et déterminantes du cycle de vie (période de reproduction) des espèces halieutiques principales (la sole en particulier) qui assurent la majeure partie du revenu annuel des pêcheurs.

Enfin, au cours des nombreuses enquêtes que nous avons effectuées auprès des patrons-pêcheurs de la région, nous avons pu noter :

- d'une part la bonne coopération quasi-générale des professionnels à notre étude, certains se montrant néanmoins réticents à nous préciser leurs secteurs de pêche et surtout l'importance de leurs débarquements.
- d'autre part l'inquiétude générale des pêcheurs face à une éventuelle extraction de granulats marins qui amputerait leur secteur d'activité, ce phénomène étant plus sensible chez ceux qui dans le passé ont été confrontés à une telle exploitation ou à la pose de câbles électriques à Sangatte, notamment les artisans de Wissant et Calais.

LE DEVELOPPEMENT DE LA MYTILICULTURE DANS LA REGION NORD/PAS-DE-CALAIS

par
J. LAMOLET
IFREMER Boulogne-sur-mer

Avec une production annuelle variant entre 44 000 et 80 000 tonnes depuis une dizaine d'années, la France arrive en troisième position des pays producteurs de moules après les Pays-Bas et l'Espagne (tableau 1).

Ces tonnages sont insuffisants pour satisfaire aux besoins du marché national et ils expliquent le courant des importations qui se situent entre 23 500 et 43 000 tonnes/an (42 900 tonnes en 1984 pour une valeur de 137 M.F.).

Le développement de la mytiliculture en France devient nécessaire et il faut noter que, depuis 1982, la Région Nord/Pas-de-Calais participe à cet effort.

I - LA SITUATION MYTILICOLE EN REGION NORD/PAS-DE-CALAIS

Les activités mytilicoles sont en majeure partie limitées aux zones rocheuses du Boulonnais qui s'étirent sur une quinzaine de kilomètres entre Equihen et le Cap Gris-Nez et couvrent une superficie d'environ 130 hectares (figure 1). La production avoisine 2 000 tonnes qui sont récoltées, d'une part, sur les gisements naturels par les pêcheurs à pied (1 000 à 1 400 tonnes/an) et, d'autre part, sur les concessions de culture à plat (250 à 600 t/an). (On entend par "concession" ou "Etablissement de Pêche Maritime" toute portion du Domaine Public Maritime attribuée à une ou plusieurs personnes en vue d'y pratiquer tout ou partie de l'élevage d'un produit marin quelconque).

• Les gisements naturels :

Les gisements naturels sont en majorité situés en zone salubre ; ils font l'objet d'une culture intensive car ils constituent :

- le secteur d'activité des pêcheurs à pied,
- une des sources d'approvisionnement en naissain des Etablissements de Pêche Maritime,
- un des éléments de l'attrait touristique de la région pour les vacanciers qui ramasseraient plusieurs centaines de tonnes.

Les gisements naturels en zone insalubre (ceux du Portel - Rieu de Cat, Marinette, Fort de l'Heurt - et de la digue Carnot) sont exploités pour obtenir, d'une part, du naissain utilisé sur les concessions et, d'autre part, des coquillages de taille commerciale destinés à la consommation après un reparcage en zone salubre.

• Les concessions de culture à plat :

Les 13 concessions de culture à plat accordées à 10 concessionnaires sur une soixantaine d'hectares entre Wimereux et le sud du Cap Gris-Nez produisent de 250 à 600 tonnes/an.

• Les concessions de culture sur bouchots :

L'expérience de culture sur bouchots réalisée par l'IFREMER en Baie de Wissant de 1977 à 1980 a débouché cette année sur l'aménagement d'une concession de 6000 pieux.

Par ailleurs, les résultats encourageants obtenus en 1984 à Quend-Plage et sur la concession expérimentale de Oye-Plage ont incité des professionnels à déposer des Demandes d'Autorisations de Cultures Marines sur le domaine public maritime devant Berck-Plage, Merlimont, Oye-Plage, Loon-Plage et Dunkerque.

Une des principales contraintes au développement de toutes ces activités réside dans la contamination fécale des moules du Boulonnais qui est passée en moyenne de 390 coliformes fécaux en 1977 (normes de salubrité : 300 C.F./100 ml de chair et eau intervalvaire) à 6 850 en 1981-1982 (figure 2). Elle a conduit l'IFREMER à établir un dossier de classement en zone insalubre du secteur s'étendant du Mont St-Frieux au Cap Blanc-Nez. Quand ce classement interviendra, il ne sera plus possible de commercialiser les produits provenant des gisements et des concessions situés dans cette zone si ceux-ci n'ont subi auparavant un traitement épurateur par passage de 48 h en station de purification de coquillages ou par reparquage d'au moins un mois en zone salubre.

II - LES ESSAIS DE DEVELOPPEMENT DE LA MYTILICULTURE SUR BOUCHOTS A OYE-PLAGE

Le but de ces essais est de tester la faisabilité technique de la mytiliculture sur bouchots dans le secteur Calais - Grand-Fort-Philippe. En juillet 1984, 308 pieux de 5 mètres ont été plantés sur une concession accordée à l'IFREMER et actuellement divers enseignements peuvent déjà être tirés :

- Tenue des pieux :

La perte des pieux due au mauvais temps est de l'ordre de 3 %.

- Longueur et situation des bouchots :

Le suivi de la croissance des moules montre que les premiers pieux sont plantés une trentaine de mètres trop haut sur la plage. Les bouchots devraient donc être installés plus vers le large, au niveau de la laisse de basse mer coefficient 70, mais ils ne pourraient, dans ces conditions, atteindre qu'une centaine de mètres.

- Croissance des moules :

Du fait qu'elles restent plus longtemps immergées, les moules situées vers le large, de même que celles fixées au bas des pieux accusent une meilleure croissance que les autres (figures 3 et 4).

A la mi-novembre, 50 % des moules des pieux du large mesuraient entre 30 et 40 mm et 5 % dépassaient 40 mm (taille marchande). Dans les mêmes conditions de prélèvement, en janvier 1985, 33 % des coquillages mesuraient plus de 40 mm et 53 % avaient une dimension comprise entre 30 et 40 mm (figure 5) ; par contre, sur les pieux du haut de la concession la pousse était nettement moins rapide.

- Rendement par pieu :

On ne peut pas tirer d'informations valables sur les rendements parce que :

- les cordes de naissain utilisées en 1984 étaient peu garnies ;
- le mauvais temps en septembre, novembre et décembre a provoqué beaucoup de dégâts sur le naissain puis sur les moules ;
- des vols étaient constatés dès que la taille des moules devenait intéressante.

Outre le fait qu'il serait nécessaire d'exercer une surveillance régulière pour éviter les vols, il est déjà prouvé que deux filets de catinage doivent être posés respectivement début septembre puis en novembre, mais ils pourraient probablement être remplacés avec succès par un nouveau filet à petites mailles actuellement à l'essai.

- Indice de condition :

C'est un coefficient de remplissage de la coquille qui témoigne de l'état d'engraissement des mollusques. Faible pendant la reproduction en début d'année (50), il atteint des valeurs élevées en été (160).

- Action des prédateurs :

Jusqu'à présent, les crabes sont les seuls prédateurs qui se soient manifestés en dévorant le naissain. La feuille de plastique clouée à la base de chaque pieu est une protection indispensable qui sera peut-être, à terme, supplantée par l'utilisation du nouveau filet à petites mailles. Ce dernier pourrait aussi protéger les moules contre les étoiles de mer présentes mais en nombre relativement faible.

- Qualité sanitaire des moules :

18 analyses ont été effectuées de septembre 1984 à septembre 1985 pour assurer le suivi bactériologique. Les résultats de 10 analyses sont inférieurs à la norme (300 C.F./100 ml chair), 2 sont compris entre 300 et 1 000, et 6 entre 1 000 et 3 000.

Dans l'état actuel du suivi, la zone peut être considérée comme insalubre mais il faut attendre la fin de l'étude pour se prononcer (24 analyses minimum sont nécessaires).

Des analyses chimiques (recherche des métaux lourds, des pesticides et des plastifiants) ont été réalisées par l'Institut Pasteur de Lille mais on ne peut pas encore tirer de conclusions vu leur faible nombre (3).

- Evolution du littoral au niveau des bouchots :

Ces travaux sont effectués par le Bureau d'Etudes du Littoral du Service Maritime des ports de Boulogne-sur-Mer et Calais. Trois levés topographiques ont été effectués sur la concession en août et novembre 1984 puis en juin 1985 ; ils montrent que :

- le secteur N.E. des bouchots s'est découvert d'environ 50 cm ;
- les secteurs S.E. et S.O. sont relativement stables parce que les mouvements de sables y ont des effets inverses (engraissement puis érosion de l'ordre de 30 cm) ;
- le secteur N.O. est aussi soumis à de tels mouvements dont l'amplitude atteint 50 cm.

Les espaces libres entre les bouchots font l'objet d'un dégraissage qui s'est accentué en hiver et se situe actuellement à une cinquantaine de centimètres. Dans l'ensemble, les mouvements de sables au niveau des bouchots sont semblables à ceux constatés dans les zones voisines (variations du niveau de l'estran d'environ 50 centimètres) et ils ne présentent aucun caractère inquiétant pour un développement de la mytiliculture sur bouchots.

III - LES ESSAIS DE MYTILICULTURE EN MER OUVERTE

D'une manière générale, la seule voie de développement de l'aquaculture marine reste l'extension vers le large en raison de la rareté des sites d'implantation en zone côtière.

- Les contraintes de l'implantation en mer ouverte :

La mise en place de structures d'élevage en mer ouverte impose de s'adapter à un environnement différent de celui des zones côtières et ensuite de composer avec les utilisateurs de la mer.

En effet, au large des côtes :

- l'amplitude de la houle est importante ;
- les vents ne sont pas freinés ;
- la vitesse des courants de marée atteint plusieurs noeuds ;
- des moyens de positionnement élaborés sont nécessaires ;
- les structures d'élevage peuvent constituer un danger pour la navigation ;
- elles peuvent entrer en concurrence avec des activités de pêche (chalutage, pêche aux filets dérivants...) pour l'occupation de l'espace ;
- les moyens d'exploitation (embarcation et outillage) doivent être spécialement adaptés à ces structures.

- Situation actuelle :

Depuis 1980, plus d'une dizaine d'essais utilisant la technique des filières de surface ou de sub-surface ont été réalisés sur les côtes bretonnes et méditerranéennes à des profondeurs d'une vingtaine de mètres.

En Bretagne, la plupart de ces installations sont composées d'une série de flotteurs fixés sur deux orins de 100 mètres et enveloppées dans des nappes de filet. Ces ensembles mouillés à l'aide de corps morts pesant plusieurs tonnes supportent 100-150 cordes ou suspensions de 7 à 8 mètres sur lesquelles sont fixés les collecteurs de naissain.

Dans un autre système, la ligne de flotteurs a été remplacée par un tube cylindrique ballastable auquel sont suspendues des nappes garnies de naissain ; dans ce cas, les opérations de contrôle de la croissance et de pêche sont facilitées par la mécanisation du relevage des nappes et de la cueillette.

En Méditerranée où seules les filières de sub-surface et de fond sont autorisées, un nouveau système est actuellement testé. Il s'agit d'une soucoupe ballastable qui repose sur le fond et porte une vingtaine de chapelets de flotteurs sur lesquels les moules se développent.

La diversité des techniques utilisées prouve qu'il n'y a pas encore de système techniquement et économiquement parfait mais qu'elles offrent toutes des perspectives d'élevage intéressantes.

- Intérêt de l'élevage en pleine eau :

- la moule élevée en pleine eau croît rapidement (6 mois) ;
- elle est d'une bonne qualité sanitaire mais, sortie de son milieu, elle s'altère vite, d'où la nécessité de la consommer rapidement ou de la "tromper" ;
- la capacité de production est intéressante (15 à 20 kg en Méditerranée/an / mètre vertical contre 10 à 15 kg en Bretagne). La différence s'explique principalement par la croissance plus rapide de l'espèce méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*) et par le phénomène du "coup de fouet" qui provoque des dégrappages de moules très importants sur les cordes (jusqu'à 50-70 % en Baie de St-Brieuc) ;
- une exploitation mécanisée est possible quand les supports d'élevage ne sont pas constitués de cordes.

L'IFREMER suit la plupart des essais et s'est donné pour objectif de dégager les règles d'ingénierie permettant la conception et le dimensionnement des structures en fonction des contraintes environnementales et des objectifs de production.

IV - LE TRAITEMENT DES MOULES AU MOYEN DE RADIATIONS ULTRA-VIOLETTES

La réglementation prévoit que les coquillages insalubres doivent être épurés avant leur livraison à la consommation par un reparquage d'au moins un mois en zone salubre ou bien par un passage de 48 heures en station de purification.

Actuellement, dans les stations françaises, seuls l'ozone et le chlore sont utilisés tandis qu'à l'étranger les radiations ultra-violettes le sont couramment pour traiter des clams et des huîtres. Il a paru utile de tester cette dernière méthode pour le traitement des moules.

Les radiations ultra-violettes émises par une lampe de 30 W détruisent tous les coliformes des eaux contaminées en quelques heures (4 heures sont nécessaires pour traiter 240 litres d'eau du port de Boulogne).

Les tests d'épuration ont été réalisés en prenant en compte les fluctuations possibles des paramètres température (de 5° à 20°) et salinité (de 20 à 30 ‰) des eaux côtières.

Les résultats des analyses sont encourageants (1 mauvais résultat sur 5) et corroborent ceux obtenus récemment avec des coques polluées, retrempées dans de l'eau salée souterraine : une teneur élevée en oxygène dissous est un facteur essentiel dans l'épuration des coquillages.

V - CONCLUSION

Les activités mytilicoles en Région Nord/Pas-de-Calais sont relativement peu développées mais les essais de développement de la mytiliculture sur bouchots ont fourni des résultats encourageants :

- les pieux tiennent bien,
- la croissance des moules est assez rapide,
- les prédateurs peuvent être neutralisés,
- l'amplitude des mouvements de sable sur l'estran ne présente pas de caractère inquiétant.

Des professionnels ont déposé des demandes d'autorisation de cultures marines sur une douzaine de kilomètres du littoral ; ces perspectives intéressantes ne doivent pas faire mésestimer les contraintes qui peuvent découler de la nature des sites et des conflits d'occupation du littoral.

Les essais seront donc poursuivis à Oye-Plage pour :

- tester des innovations technologiques,
- étudier la croissance des moules et les rendements par pieu,
- mieux cerner la pollution bactérienne des coquillages.

Le développement de la mytiliculture pourrait aussi s'orienter vers l'élevage en pleine eau qui constitue une activité croissante dans d'autres secteurs, notamment en Méditerranée. Dans ce domaine, il reste cependant à démontrer que les différentes techniques qui peuvent être mises au point s'avèrent être d'une exploitation rentable dans le contexte actuel du marché de la moule. Sur un site qui reste à définir, un ou deux systèmes d'élevage pourraient être installés en 1986 pour tester leur comportement et évaluer la productivité du secteur.

Dans le cadre du traitement des moules de mauvaise qualité bactériologique au moyen de radiations ultra-violettes, ces dernières ont montré une efficacité certaine. L'étude sera poursuivie pour mettre en évidence les avantages et les inconvénients de cette méthode par rapport aux autres utilisant l'ozone ou le chlore.

Années	Elevage	Gisements	Total	Importations des Pays-Bas	Importations d'Espagne	Importations totales
1974	46 033	2 369	48 402	26 607	5 528	34 378
1975	49 863	5 205	55 068	28 734	7 510	40 369
1976	39 882	4 362	44 244	18 319	4 710	26 227
1977	40 949	12 235	53 184	19 311	7 135	34 515
1978	43 438	5 000	48 438	CEE 29 902	?	38 572
1979	48 186	13 720	61 906	13 218	8 623	23 606
1980	48 148	24 520	72 668	10 657	10 613	27 571
1981	46 050	34 350	80 400	19 392	10 952	35 743
1982	45 316	23 260	68 576	24 956	11 886	40 998
1983	41 940	7 854	49 794	26 046	10 415	42 471
1984	(44 519)	6 693	51 212	22 059	9 463	42 868

Tableau I

PRODUCTION MYTILICOLE FRANCAISE ET IMPORTATIONS

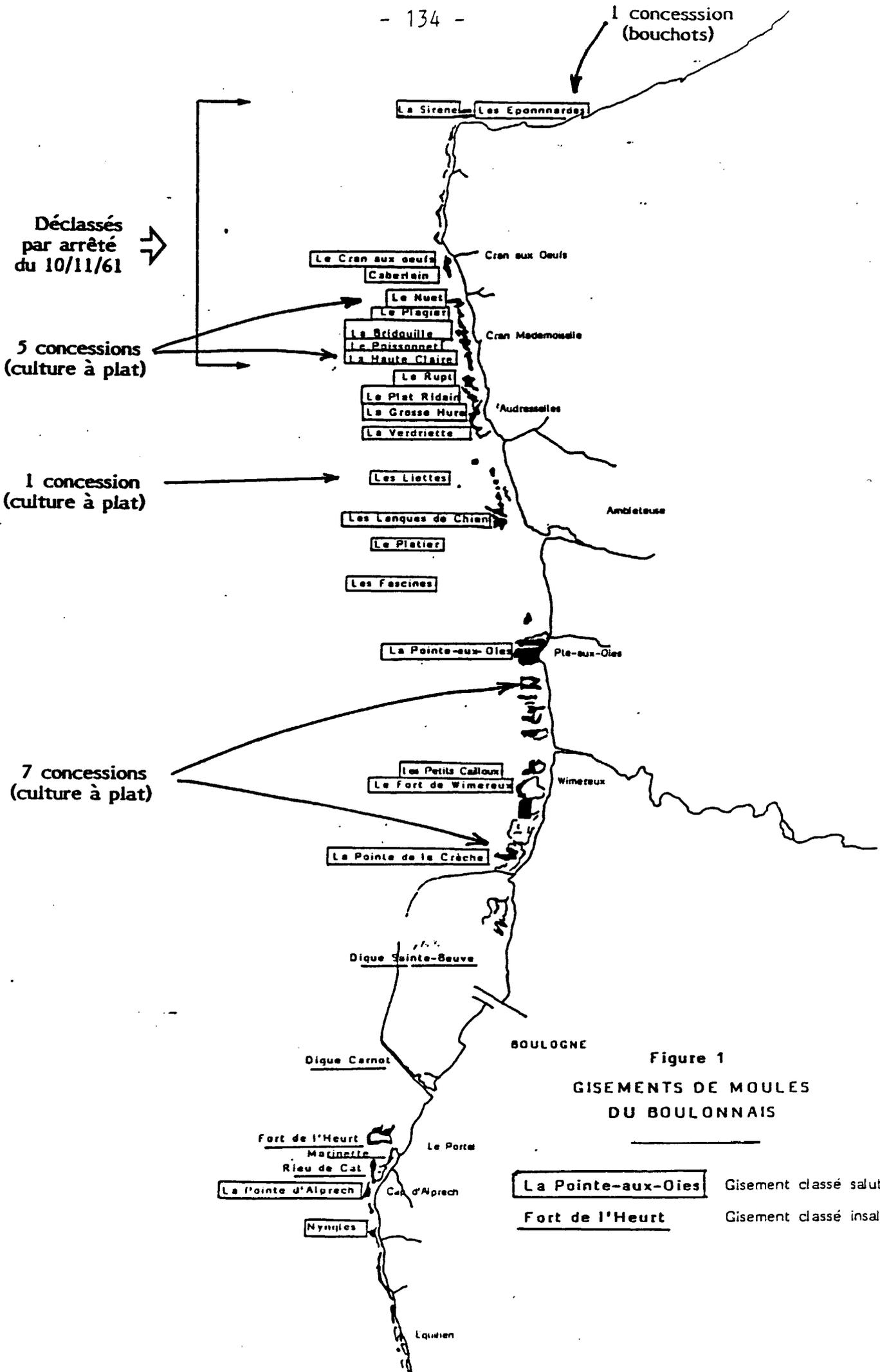


Figure 1
GISEMENTS DE MOULES
DU BOULLONNAIS

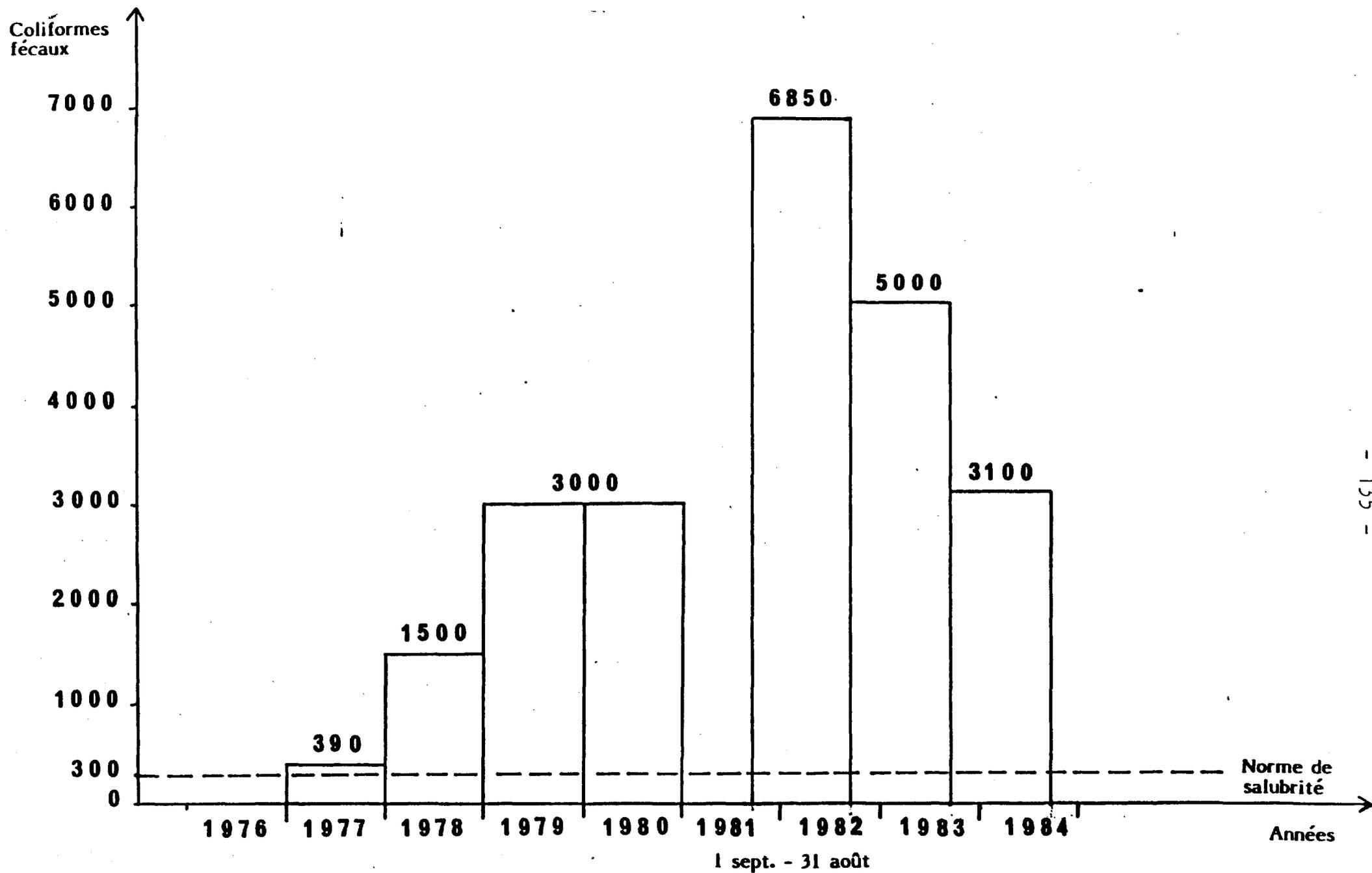


Fig-2 : CONTAMINATION BACTERIENNE MOYENNE DES MOULIERES DU PAS-DE-CALAIS.

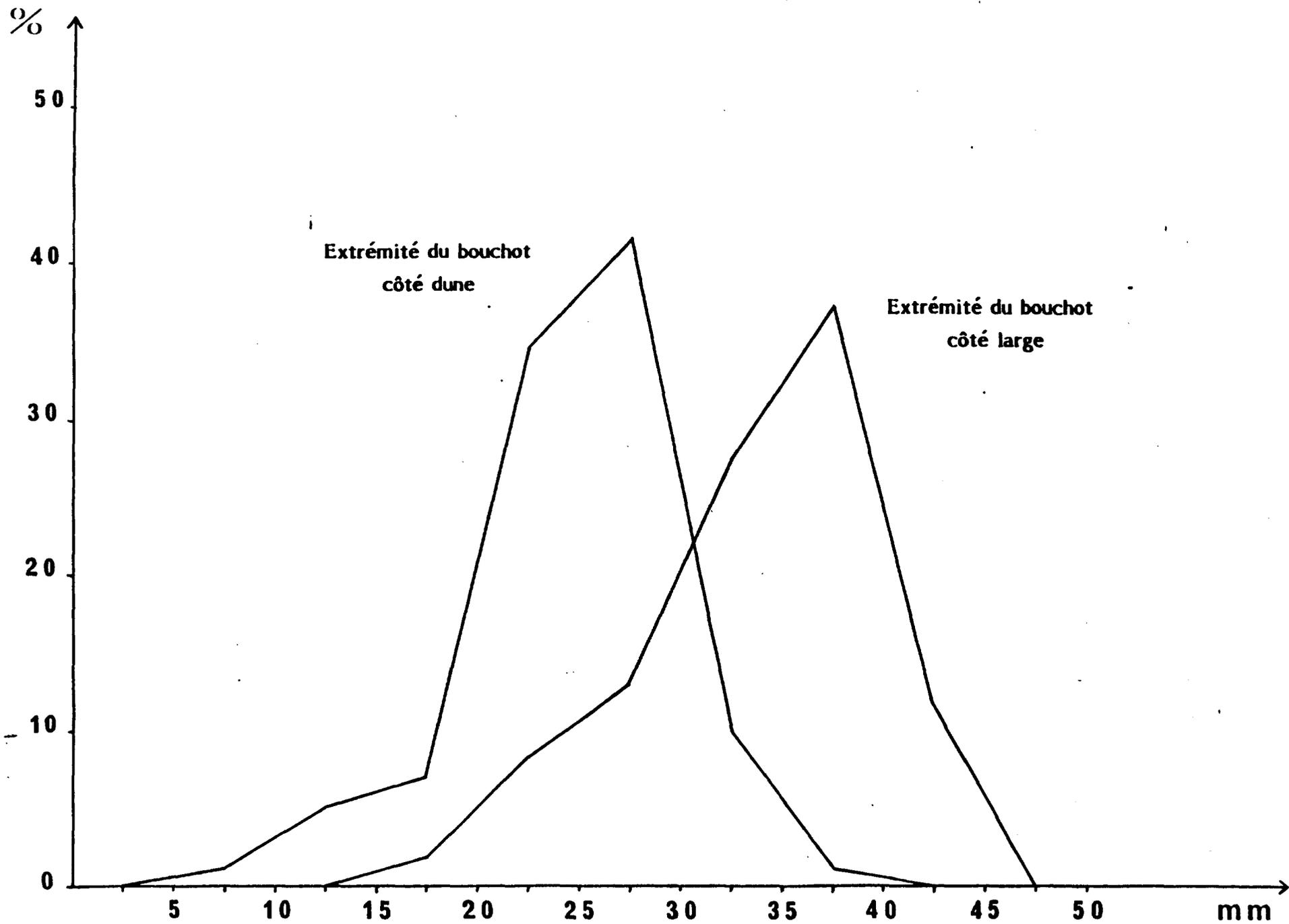


Fig. 3 : REPARTITION DES TAILLES DE MOULES ELEVEES AUX EXTREMITES D'UN BOUCHOT (le 9/11/84)

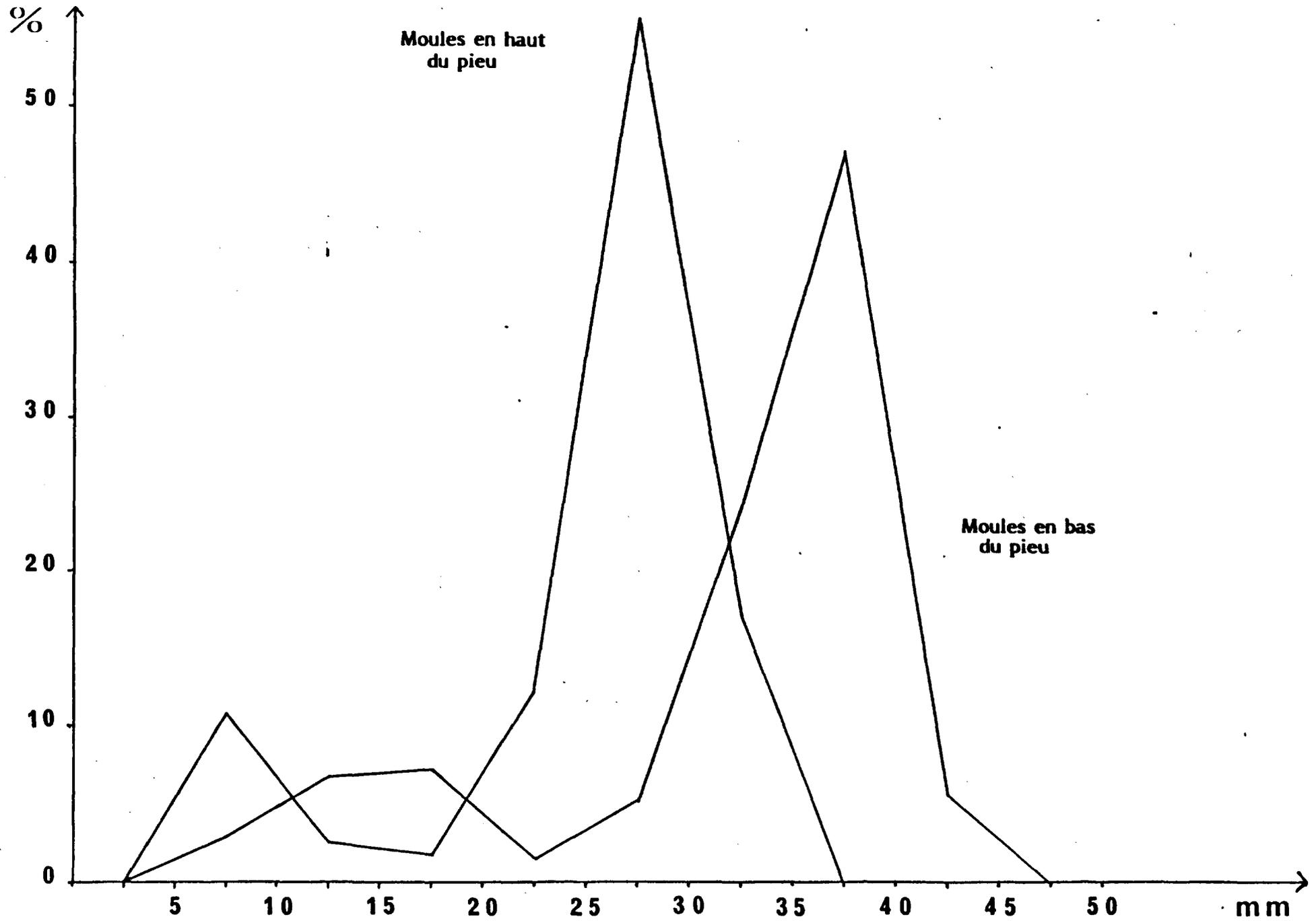


Fig. 4 : COMPOSITION EN TAILLE DES MOULES FIXEES EN HAUT ET EN BAS D'UN PIEU (BOUCHOT E le 9/11/84).

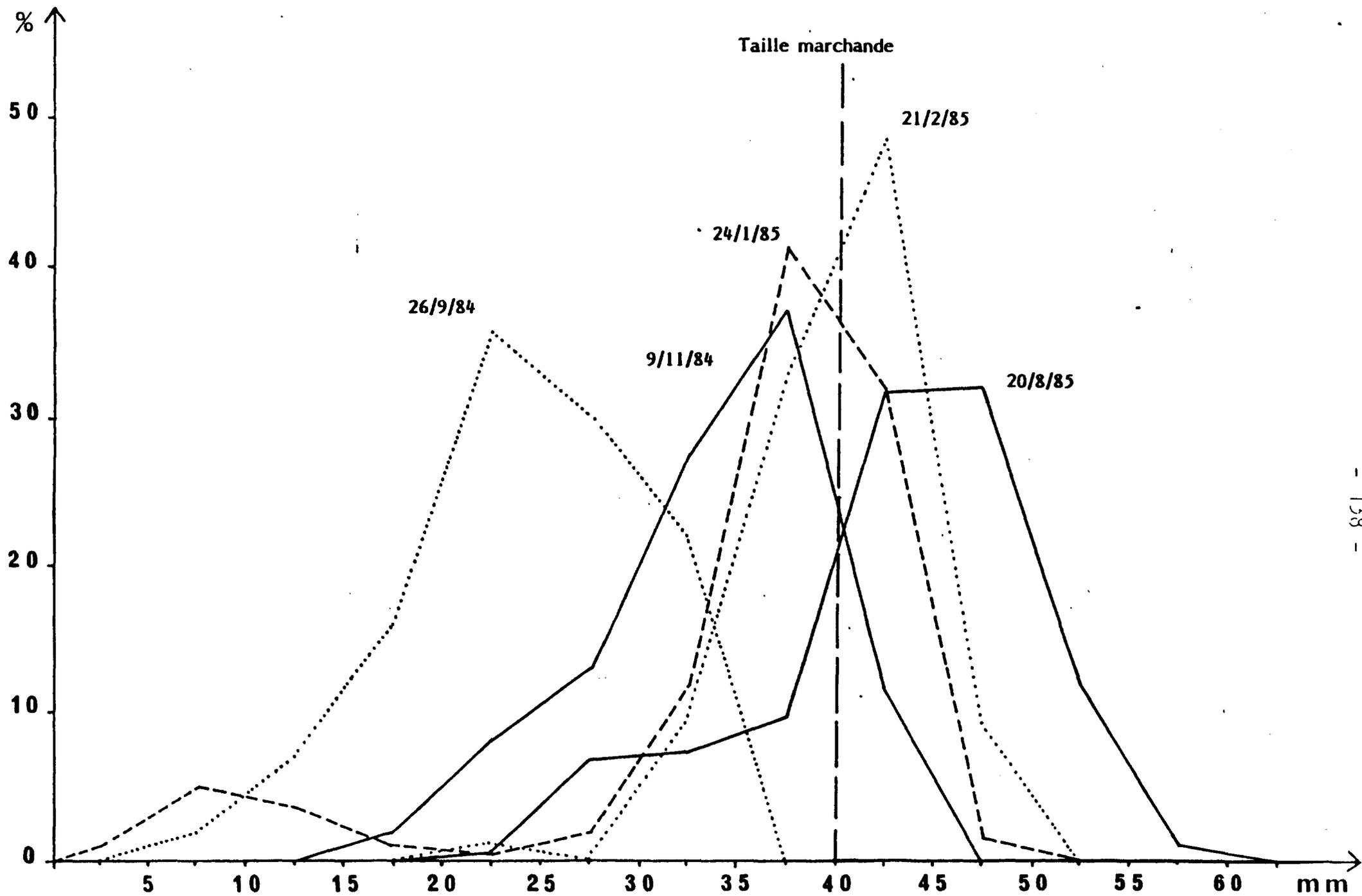


Fig. 5 : MOULES DE OYE-PLAGE : REPARTITION DES TAILLES EN 1984-85 (PIEUX DU LARGE).

**CAPTAGE DE NAISSAIN LOCAL DE MOULES :
FAISABILITE - INTERET ECONOMIQUE**

J. BLOND - CREDIT MARITIME - REGION NORD

A. RICHARD - STATION MARINE DE WIMEREUX

Le captage du naissain constitue la première phase d'un cycle d'élevage de la moule. C'est en effet du résultat de cette opération que dépend la future récolte de l'exploitant.

A partir de résultats acquis lors de précédents travaux sur la mytiliculture, nous avons mis en place une expérimentation pour tenter d'appréhender la faisabilité d'un captage local et l'intérêt économique présenté dans le cadre du programme "développement de la mytiliculture régionale".

Reproduction de *Mytilus edulis* et captage

Chez la moule, les sexes sont séparés. L'émission des gamètes dans le milieu naturel est induite par la synergie de facteurs externes (élévation de température, variation de la salinité, nutrition...).

Des travaux antérieurs sur le suivi de la croissance ont permis de situer entre mai et juin, la période de recrutement sur nos côtes.

Durant les trois premières semaines, la larve mène une vie pélagique. Mobile, elle est déjà pourvue d'une coquille en forme de "D" majuscule. Puis, après le développement du pied (stade pédivéligère), elle cherche un substrat favorable à sa fixation. Cette étape est déterminante pour la survie de la larve. La jeune moule mène alors une vie benthique. La coquille se forme peu à peu et devient identique à celle de l'adulte.

Le déroulement de la reproduction avec ce passage obligatoire de la larve mobile à la larve fixée a été exploitée par l'homme qui introduit, à ce moment, dans le milieu naturel, un substrat permettant la fixation des jeunes moules : cette opération constitue le captage.

Le matériau utilisé est de la corde de coco. Cette substance naturelle, torsadée jusqu'à l'obtention d'un cordage, conserve sa souplesse après avoir capté les jeunes moules et permet ainsi de transférer "la semence" sur les bouchots à des fins d'élevage.

Nous avons retenu cette technique.

LES EXPERIENCES

- Localisation

Les gisements naturels constituent des stocks notoires de géniteurs. Ils sont d'ailleurs utilisés pour réensemencer les parcs d'élevage à plat au Nord de Boulogne. Il était donc envisageable d'y tenter des expériences de captage. Les régions qui fournissent habituellement les éleveurs en "cordes à naissain" disposent de zones naturellement abritées ; or, notre littoral n'offre pas cet avantage.

Trois lieux ont été retenus :

. une zone ouverte (peu d'abri naturel) à proximité immédiate des gisements naturels, sur un parc d'élevage à plat : Wimereux.

. une zone protégée où du captage avait été observé lors d'expériences d'élevage en immersion continue : l'avant-port ouest de Dunkerque.

. une zone ouverte, hors des gisements naturels, sur un parc expérimental d'élevage sur bouchots au sud de Boulogne : Dannes.

Le captage présente un caractère saisonnier qui limite le renouvellement des expériences : ces trois sites ont été également choisis pour préserver les expérimentations d'une éventuelle prédation humaine que nous avons déjà eue à déplorer (deux sites sur concession exploitée, un site en immersion). Quant au critère de salubrité, il ne s'impose pas au stade de captage : l'élevage se pratique en zone salubre et les moules s'épurent naturellement.

- Technique

Deux méthodes ont été employées :

. chantier traditionnel de captage à Wimereux et à Dannes : les cordes de coco sont tendues entre des pieux plantés au plus bas de l'estran.

. cordes de coco fixées sur un cadre immergé sous la surface à Dunkerque, le site ne possédant pas de concession à terre.

Les cordes ont été posées entre mars et fin avril en fonction des coefficients de marée.

- Résultats

. Que ce soit à terre ou en immersion, les cordes les plus proches

de la surface présentent les meilleures densités de jeunes moules. Il convient par ailleurs de placer les cordes au plus bas de l'estran.

. Un même site ne donne pas des résultats équivalents deux années de suite.

. Les supports sont susceptibles d'être colonisés par d'autres espèces végétales (algues vertes : entéromorphes) ou animales (ascidies).

Le captage revêt donc un caractère aléatoire confirmé par les producteurs d'autres régions françaises. Il apparaît nécessaire, dans la mesure du possible, de diversifier les zones, sans miser la totalité d'une saison sur un seul lieu.

. Les meilleurs résultats ont été obtenus à Dannes, en zone ouverte et hors des gisements naturels.

Les cordes ont servi à garnir des pieux de la concession et ont donné des résultats de pousse tout à fait convenables.

INTERET ECONOMIQUE

Dans une exploitation d'élevage sur bouchots, le coût du naissain peut être estimé à 3 à 4 % du chiffre d'affaires brut. Il peut atteindre, en fonction de l'importance du parc de pieux, plusieurs dizaines de milliers de francs (2 mètres de corde à naissain par pieu, 2,40 à 3,00 F le mètre).

De plus, la qualité des cordes achetées demeure aléatoire, ramenées en juin sur notre littoral, les cordes sont mises en attente sur des chantiers pour amorcer la pousse et acclimater les jeunes moules avant de les fixer sur les pieux.

Il faut, par ailleurs, déplorer quelques pertes pendant le transport.

L'intérêt du captage local :

- le captage a lieu plus tôt que chez nous dans les autres régions.

En diversifiant les sources de naissain (partageant ainsi les risques), il pourrait être possible d'échelonner la production et le travail sur la concession (moins de manutention avec le naissain local).

- les besoins de notre région devraient augmenter parallèlement à l'extension des parcs. Notre littoral pourrait fournir en partie ces besoins et ceux des régions voisines (Baie de Somme) en valorisant par exemple des zones inexploitable au niveau de l'élevage (critère de

salubrité).

Notre région offre un potentiel "biologique" en matière de captage de naissain de moules. Toutefois, il conviendrait de renouveler ces expériences sur plusieurs saisons afin de confirmer les premiers résultats et de déterminer des zones présentant une régularité suffisante pour pratiquer un captage à grande échelle.

SEMINAIRE DU 19-20 SEPTEMBRE 1985

PRESENTATION DES TRAVAUX DE LA STATION D'ESSAI ET
DE FORMATION AQUACOLE DE GRAVELINES (S.E.F.A.)

I - PRESENTATION RAPIDE DU SITE ET DE L'EQUIPE

Le long des canaux de la centrale nucléaire de Gravelines est implanté le Centre Aquacole, construit par le Syndicat Mixte pour l'Etude d'un Réseau d'Aquaculture à Gravelines (S.E.R.A.G.). Il comprend une ferme pilote gérée par la coopérative Aquanord et une station de recherche appliquée, prise en charge par l'IFREMER depuis juillet 1984. Depuis cette date, en plus des installations d'élevage existantes, on a aménagé un laboratoire de terrain pour mener le programme d'analyses d'eaux et des diagnostics bactériologiques d'urgence.

Pour réaliser les différentes opérations de recherche, une équipe de base a été formée. Elle comprend un ingénieur responsable de la station (M. LECLERCQ) et un technicien chimiste (M. PECKEU) formé aux élevages à Gravelines. A cette équipe s'adjoint M. DESTOMBES, étudiant de 3ème cycle, boursier IFREMER/Région Nord Pas-de-Calais, qui vous présentera son programme d'algoculture et M. CADORET, ouvrier salarié d'une entreprise normande - la SATMAR - pour laquelle il réalise chez nous une expérience de production de coquillages en vraie grandeur, préalable à son implantation sur le site de Gravelines.

II - RAPPEL DES OBJECTIFS

Le programme d'étude de l'utilisation des eaux réchauffées pour l'aquaculture se décomposait initialement en 5 opérations de recherche, auxquelles est venue s'adjoindre une sixième. On retiendra donc :

- 1 - Etude des variations de la qualité de l'eau au cours de l'année et de l'utilisation optimale des ressources en eau (eau chauffée, eau froide).
- 2 - Amélioration des installations de contrôle et de traitement de l'eau existantes et définition de nouveaux systèmes.
- 3 - Adaptation des techniques d'élevage de plusieurs espèces de poisson et définition des cycles optimum de production (daurade, turbot, sole).
- 4 - Suivi des problèmes pathologiques liés aux élevages intensifs.

.../...

5 - Culture d'algues.

6 - Culture de naissain de coquillages.

Ce programme est soutenu par des élevages menés dans les installations de la SEFA. Sa mise en oeuvre permet ainsi d'apporter, sur des problèmes ponctuels, une assistance technique à la ferme pilote.

III - ETAT D'AVANCEMENT ET RESULTATS OBTENUS

3.1. Hydrologie

Aucun problème majeur n'a pu être relevé pendant cette première année. Pour les paramètres importants pour la pisciculture, on note :

3.1.1. Oxygène dissous

On observe une meilleure disponibilité en hiver qu'en été, liée à une activité biologique plus intense en été.

De même, on observe une meilleure disponibilité en été dans l'eau froide que dans l'eau réchauffée, ce qui traduit le dégazage dû à l'échauffement, plus marqué qu'en hiver.

3.1.2. Ammoniac N.NH₄

Fluctuations importantes dans l'année et même à l'échelle de quelques jours (cycles biologiques marqués).

Niveaux observés non toxiques, mais significatifs aux yeux de l'activité (jusque 0,2 mg/l N.NH₄).

3.1.3. Turbidité

Phénomène hivernal très lié à la météorologie, induit par la mise en suspension d'argiles.

Phénomène printanier lié au bloom phytoplanctonique "a phaeocystis".

3.1.4. Chlore

Le problème de présence d'oxydants résiduels liés à la chloration a retenu notre attention. Un instrument de mesure en continu est en place depuis avril 85. Des courbes de décroissance ont été tracées en fonction du temps.

Le facteur principal pour l'aquaculture, c'est le temps de transit entre les pompes et les élevages. Ce temps dépend des configurations de pompage adoptées et celles-ci induisent des risques plus ou moins grands de présence d'oxydants résiduels sur les élevages.

.../...

Une étude bibliographique a montré que la zone de risque s'étend aux concentrations supérieures à 0,1 ppm et que ce niveau pourrait être atteint à Gravelines, dans certaines configurations de fonctionnement des pompes.

3.1.5. Températures

L'échauffement de l'eau est stable en hiver et cette période présente peu de risques car la demande électrique est forte.

En été, l'échauffement de l'eau fluctue à l'échelle de quelques heures et particulièrement les fins de semaine. Des amplitudes de 5°C à l'échelle de 5-6 heures ont été observées.

L'utilisation, en mélange, de l'eau froide est alors favorable car elle pondère ces écarts thermiques.

3.2. Amélioration des installations de contrôle et de traitement de l'eau

Ce problème a été vu sous quatre aspects :

3.2.1. Le problème du chlore (oxydant résiduel)

En fonction de ce qui a été vu précédemment, on retient :

- a) il faut augmenter le temps entre pompage et utilisation jusqu'à plus d'une heure afin d'éliminer le risque. Ce n'est pas toujours le cas actuellement.
- b) On peut traiter au thiosulfate de sodium si le taux est trop élevé à l'arrivée, sans dommage pour les animaux.

La méthode - a - est la plus logique et la plus sûre.

Enfin, le chlore-mètre en continu donne satisfaction comme instrument de mesure et d'alarme.

3.2.2. Le biofiltre "Aquanord"

Quelques données physicochimiques ont été collectées sur le filtre biologique qui équipe la ferme pilote. Son rendement est médiocre.

3.2.2. Consommations en oxygène et production d'ammoniac par les poissons

Ces données sont primordiales pour la gestion de l'eau en pisciculture. Elles étaient inexistantes ou fragmentaires.

.../...

La SEFA a engagé une action particulière pour tenter de modéliser les consommations en oxygène et les productions d'ammoniaque en conditions d'élevage standardisées.

3.3. Elevages piscicoles

Ils ont été engagés dès novembre 1984. On distingue, espèce par espèce, les résultats biotechniques acquis.

3.3.1. Daurade (Sparus aurata)

La plus facile à élever et la croissance la plus rapide sur le site de Gravelines.

L'approvisionnement d'alevins est possible sans risques, même en hiver.

Les cycles de production probables de 1g à une taille à commercialisation de 300 g sont de 12 à 16 mois sur site (soit un poisson de 16 à 20 mois d'âge).

Son élevage est actuellement limité par la disponibilité en alevins de qualité.

3.3.2. Bar (Dicentrarchus labrax)

Espèce dominante à l'élevage Aquanord.

L'approvisionnement hivernal (contre-saison) est possible mais la sensibilité au froid est plus marquée que pour la daurade (l'hiver 84-85 a cependant été exceptionnellement rigoureux).

L'approvisionnement printanier est favorable, même pour des animaux de 0,1 à 0,2 g.

La croissance est dépendante de la conformation des animaux.

Cycles probables : difficile à définir actuellement faute d'alevins bien conformés. Vraisemblablement 16-20 mois sur site (20-24 mois d'âge).

3.3.3. Sole (Solea solea)

Les résultats biotechniques sont encourageants. On a mis en évidence quelques limites et quelques avantages de cet élevage :

a) limites :

• la température : au-dessus de 21°C (20-22°C), la sole n'a plus de croissance malgré une prise de nourriture abondante. Cela explique le problème rencontré par Aquanord dans sa première tentative.

.../...

- le sable : sans fond de sable, on rencontre un problème d'hygiène et de pathologie des animaux.

b) avantages :

- main-d'oeuvre : besoins réduits par rapport aux autres espèces (sauf daurade).
- transformation de l'aliment : bonne (taux de conversion 1,2-1,5).
- faibles consommations d'eau : induites par des besoins en oxygène réduits et une activité faible par rapport aux poissons ronds.

Les résultats économiques ne sont pas encore analysés précisément.

3.3.4. Turbot (Scophthalmus maximus)

Le turbot semble bien s'adapter au site de Gravelines, avec les mêmes contraintes de température sur les animaux de plus de 50 g que la sole.

Les risques pathologiques ont été rencontrés en température élevée (> 20°C) avant la mise en route des pompes d'eau froide.

La durée du cycle n'est pas encore précisée. Avec des animaux de 50 g en novembre 84, on atteint 400-450 g en août. Avec des animaux de 50 g en mars 84, on atteint 150 g en août (mais une période de six semaines sans croissance pour des raisons techniques : température trop élevée).

3.3.5. Conclusion

Pour les deux espèces de poissons ronds (bar et daurade), la clé du succès réside dans la qualité de l'alevin. S'il est bien formé, avec vessie natatoire, la croissance sera bonne et la survie correcte (99 % de 5 g à 150 g avec des daurades), enfin le poisson sera commercialisable. Mal formé, sans vessie natatoire, la croissance et la survie seront mauvaises et la malformation nuit à la qualité marchande du produit.

C'est le problème rencontré par la ferme pilote Aquanord actuellement. On peut espérer que la technique d'écloserie mise au point par l'IFREMER cette année sortira ces élevages de l'ornière.

Pour les deux espèces de poissons plats, l'élevage sera possible à condition de respecter les préférences thermiques des espèces. Cela implique l'utilisation d'eau réchauffée en hiver et l'utilisation impérative de l'eau froide de mai à octobre inclus.

.../...

Une analyse des coûts de production de ces deux espèces (sole et turbot) sur le site de Gravelines sera réalisée courant 1986 au vu des résultats biotechniques acquis en 1984-85.

Il nous manque des données sur les réactions de juvéniles (1g à 50 g) sur le site ; des approvisionnements sont prévus cet hiver.

3.4. Suivi pathologique

On peut déjà cerner la période de risque qui correspond à l'automne (sans doute à cause d'une charge organique et bactérienne élevée dans l'eau).

Parmi les problèmes identifiés, on trouve :

- une myxobactériose de la sole, efficacement enrayerée par un fond de sable et un traitement au vert formol.
- une vibriose du bar à V. parahaemolyticus semble attaquer préférentiellement les animaux faibles et difformes et peut engendrer de fortes mortalités.

On pourrait classer dans la pathologie le problème des animaux tordus car il génère des pertes importantes et un ralentissement de croissance. Liée à l'absence de vessie natatoire, cette déformation provient de l'alevin et est indélébile.

3.5. Algues

M. DESTOMBES exposera lui-même ses travaux.

3.6. Mollusques

Une filière de production de mollusques par reproduction contrôlée est en développement en France. Elle exige des sites favorables pour la phase de pré-grossissement (2 mm - 10-20 mm).

Des expérimentations à petite échelle, suivies par une opération "pré-industrielle" ont été menées depuis janvier 85 pour qualifier le site de Gravelines. Des résultats excellents ont été obtenus pendant l'hiver grâce aux eaux réchauffées. Par la suite, les résultats sont plus fluctuants en fonction de la disponibilité en plancton. En été le rapport température/phytoplancton disponible joue à l'avantage de l'utilisation de l'eau froide.

La Société Atlantique de Mariculture (SATMAR) avec qui ces essais sont menés en étroite collaboration est intéressée par les résultats et négocie actuellement une implantation définitive à Gravelines à l'échelle d'une parcelle du futur lotissement aquacole.

IV - CONCLUSION APRES UN AN D'EXPLOITATION DE LA SEFA

Grâce à une disponibilité en eau régulière et fiable, assurée par des installations communes à la station de recherche et à la ferme pilote, et grâce aux ressources particulières de Gravelines (eau réchauffée, productivité naturelle élevée) on a pu mettre en oeuvre rapidement des programmes de recherche appliquée utiles tant pour le développement du site que pour la profession en général.

On retiendra parmi les principaux résultats acquis :

- les données physicochimiques du site, du rejet piscicole,
- les résultats biotechniques favorables pour la daurade et très encourageants sur la sole,
- le développement d'une activité nouvelle, le prégrossissement de coquillages.

Enfin, on notera que, malgré la prise en charge du programme "algue" par un boursier IFREMER-Région et celle des essais coquillages par un ouvrier d'une entreprise extérieure - la SATMAR, la charge de travail représentée par le suivi scientifique des élevages, la conduite des laboratoires et l'administration de la station devient lourde pour les deux permanents.

Algoculture

ETUDE DE LA BIOLOGIE ET CULTURE D'UNE AGAROPHYTE
GRACILARIA VERRUCOSA

par Christophe DESTOMBE

Université de Lille I, Laboratoire d'Algologie et de Biologie
végétale marine - U.E.R. de Biologie, SN2 -
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

et

Station d'Essai et de Formation Aquacole
I F R E M E R
ZIP des Huttes
59820 Gravelines

INTRODUCTION

De nombreux travaux ont été consacrés, ces dernières années, à des essais de culture intensive d'Algues rouges, productrices de colloïdes. C'est ainsi que les Gracilaires sont cultivées pour leur agar de qualité. Cependant, les tentatives de transposition des pratiques culturelles étrangères (Japon, Chine, Philippines...) se sont avérées inefficaces et les cultures peu rentables sur nos côtes, en raison : de la méconnaissance de la biologie et de la physiologie de l'algue.

Devant ces réalités, nous avons abordé la culture de *Gracilaria verrucosa* selon 2 stratégies développées simultanément :

- une étude des possibilités de cultures intensives de *Gracilaria verrucosa* qui consiste en un transfert de technologie, (passage de la culture *in vitro* à la culture semi-industrielle) ;
- une étude de la biologie de l'algue sur le terrain et de sa reproduction qui devrait permettre de comprendre son cycle de croissance et d'évaluer les possibilités de sélection chez cette espèce.

Ces 2 études sont complémentaires, les cultures de *Gracilaria verrucosa* ont toujours été ensemencées à partir de prélèvements faits dans la population sans tenir compte ni de l'état physiologique du thalle, ni de l'âge, ni de sa nature (♂, ♀, ⊙).

I. - CULTURE INTENSIVE AU SITE AQUACOLE DE GRAVELINES

Le choix s'est porté sur *Gracilaria verrucosa*, algue autochtone, productrice d'agar qui a fait l'étude d'une thèse sur les conditions optimales de croissance (KLING 1978).

A. - Variation de la biomasse (croissance en poids frais) en fonction de la température

1 - Conditions de culture

Le dispositif expérimental consiste en une série de bacs de culture d'environ 1 m³ alimentés en continu. La surface de chaque bac est de 1,15 m². Le brassage de l'eau, assuré par un système d'air pulsé, permet une meilleure photosynthèse. L'aération provoque la rotation des boutures à la surface de l'eau et évite le dépôt de sédiment sur les thalles. Le débit d'eau a été fixé à 240 l/h soit 5 renouvellements par jour.

2 - Influence de la température sur la biomasse

La Gracilaire montre en culture *in vitro* une croissance en poids frais nulle à 10°C, suboptimale entre 15°C et 20°C et optimale à 25°C. EDELSTEIN et al. (1977) fixent la croissance optimale entre 25 et 28°C. Les eaux réchauffées de la Centrale semblaient correspondre aux conditions nécessaires à la bonne croissance du thalle.

Gracilaria verrucosa a été mise en culture dès le mois de février. La température moyenne de l'eau à cette période est de 14°C. La croissance en poids frais a été mesurée chaque semaine pendant 3 mois (fig. 1, tab. I).

Les résultats montrent le même type de croissance que celui obtenu en eau froide (12°C) à la Station marine de Wimereux avec cependant trois mois d'avance. D'autres essais, dans les mêmes conditions, à différentes températures confirment les résultats *in vitro* (fig. 2). Il n'existe pas de différence significative entre les températures 15 et 20°C.

B. - Variations de la biomasse, de la matière sèche et des rendements en agar en fonction du débit d'eau

1 - Matériel et Méthodes

Trois lots de Gracilaires ont été récoltés à la fin du mois de mai dans la population du Cap Gris-Nez, nettoyés et mis en culture en eau chaude, avec des débits d'arrivée d'eau fixés afin d'obtenir 5 - 20 - 30 renouvellements par jour. Le poids est initialisé à 3 kg chaque semaine afin de se dégager des problèmes de "self ombrage". Une densité trop forte pourrait gêner la photosynthèse.

2 - Résultats

Le gain en biomasse est sensiblement égal quel que soit le débit, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de facteurs limitants (fig. 3) (sels nutritifs, vitamine). Pour les mois de juin-juillet, le taux de nitrate moyen est de 0,92 µ atg/litre et le taux d'ammonium est de 3,23 µ atg/litre.

La courbe du % de matière sèche par rapport au poids frais (fig. 3) traduit un système de croissance en 2 phases :

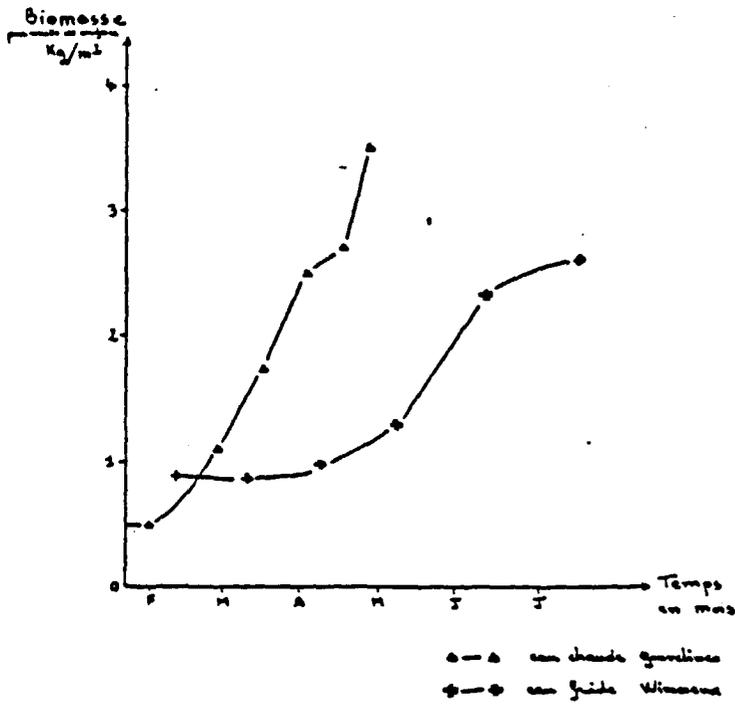


FIGURE 1 - Croissances comparées en poids frais de Gracilaria verrucosa en fonction du temps.

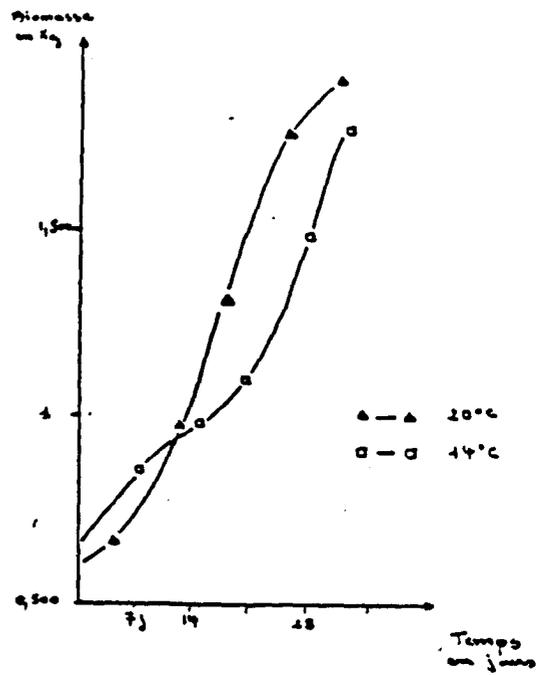


FIGURE 2 - Influence de la température sur la biomasse en fonction du temps.

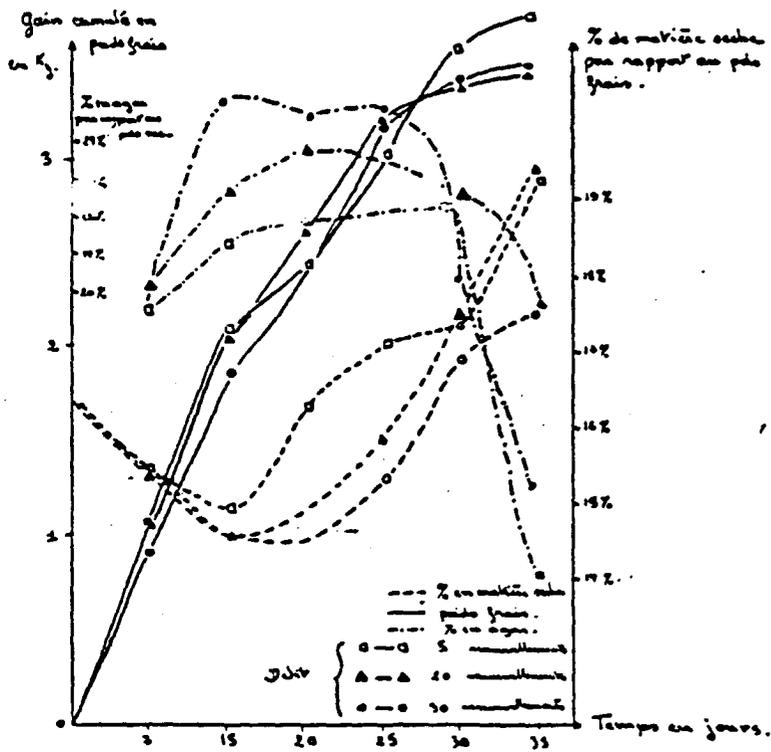


FIGURE 3 - Variations de la biomasse, du % en matière sèche et des rendements en agar en fonction du débit d'eau.

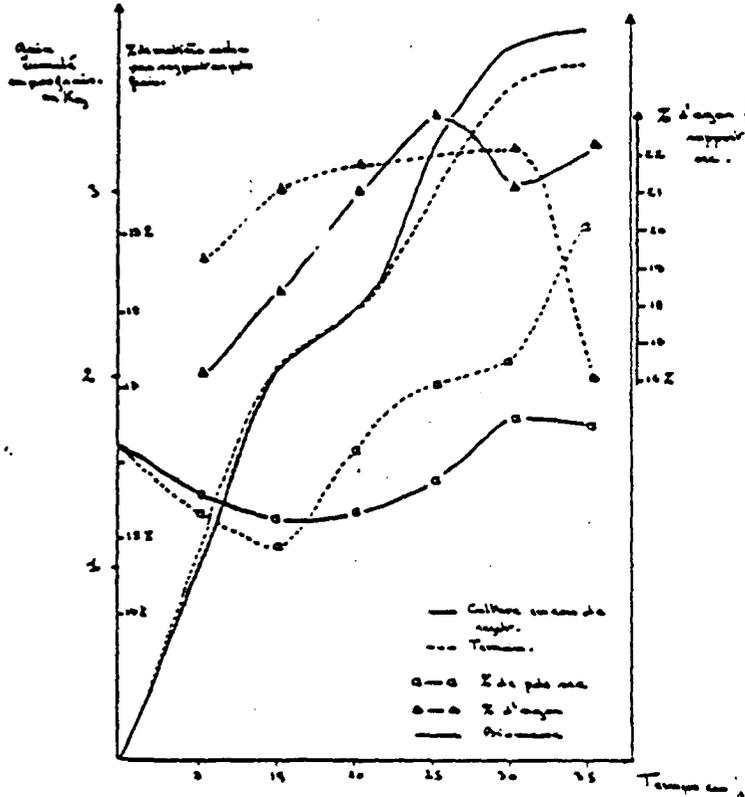


FIGURE 4 - Variations de la biomasse, du % en matière sèche et des rendements en agar dans une culture en eau d'élevage.

- une forte augmentation de poids frais correspondant à une entrée d'eau.
- une augmentation de poids frais plus faible, correspondant à une synthèse de matière sèche.

Ces observations sont importantes, car une augmentation de biomasse ne traduit pas toujours une augmentation de matière sèche d'où la difficulté de comparaison des taux de croissances en poids frais donnés par différents auteurs. Le rendement en agar augmente avec le débit d'eau.

C. - Culture en aval de bassins d'élevages

L'élevage intensif de poissons provoque une détérioration progressive de la qualité de l'eau par abaissement du taux d'oxygène et augmentation du taux de CO_2 (respiration) et par une élévation importante du taux de NH_4 (déjection).

La culture d'une algue, assimilant l'ammonium, pourrait être un moyen efficace pour contrecarrer cette pollution. La recirculation de l'eau pourrait être envisagée dans certains types d'élevage.

1 - Culture en circuit ouvert

La concentration en NH_4^+ en sortie de bassin d'élevage est variable en fonction du rythme d'activité journalière des poissons. Elle est maximale après l'alimentation. A titre d'exemple, au mois de juin, la teneur d'ammonium de l'eau chaude était inférieure ou égale à 0,1 ppm de N-NH_4^+ . En aval des élevages, des pics ont été enregistrés à 0,63 ppm de N-NH_4^+ , soit 6 fois supérieurs.

Un bac expérimental d'1 m³ contenant 3 kg de Gracilaires a été alimenté en continu par l'eau d'élevage à raison de 170 l/h. L'ammonium total a été mesuré en amont et en aval des algues (fig. 4).

L'assimilation du NH_4^+ se fait durant la phase claire et la phase sombre et semble assez rapide. Le taux de N-NH_4^+ passe de 0,63 ppm en amont à une concentration voisine de 0,1 ppm N-NH_4^+ en aval.

Le lot d'algues cultivé en présence d'ammonium présente la même croissance en poids frais que le lot témoins (fig. 5). Dans cette gamme de concentrations, le NH_4^+ n'aurait pas d'effet direct sur la croissance du thalle. On observe cependant que le lot traité est plus riche en pigments que le lot témoin et que la première phase de croissance se traduit par un poids plus élevé de matière sèche par rapport au poids frais (fig. 5). On peut émettre l'hypothèse qu'il y aurait accumulation de NH_4 dans le thalle et réutilisation lors de la croissance. Le pourcentage d'agar n'est pas en corrélation directe avec le pourcentage de matière sèche.

2 - Culture en circuit fermé

Une étude de l'assimilation du NH_4^+ , en fonction du temps (fig. 6), nous a permis d'établir la vitesse d'absorption maximale de *Gracilaria verrucosa* : $V = 0,465 \mu\text{g}/\text{minute/g}$ de poids frais. Parallèlement à la chute du taux d'ammonium,

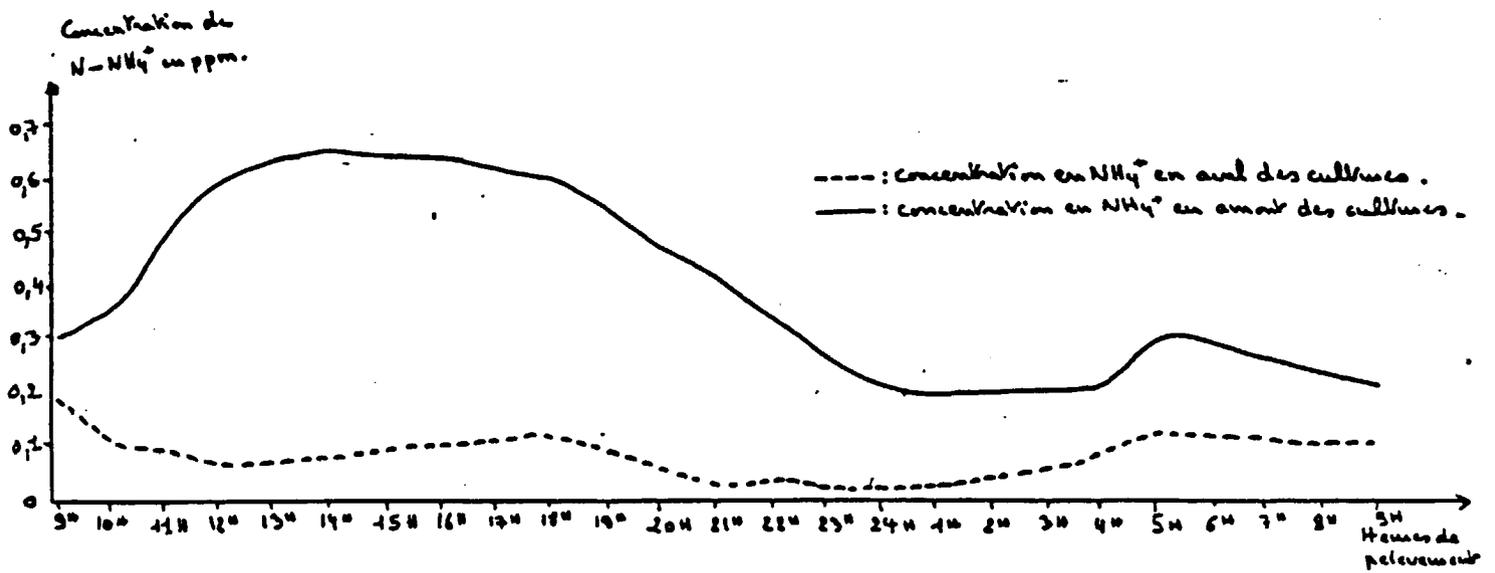


FIGURE 4 - Concentrations en amont et en aval d'une culture de *Gracilaria verrucosa* en eau d'élevage (circuit ouvert).

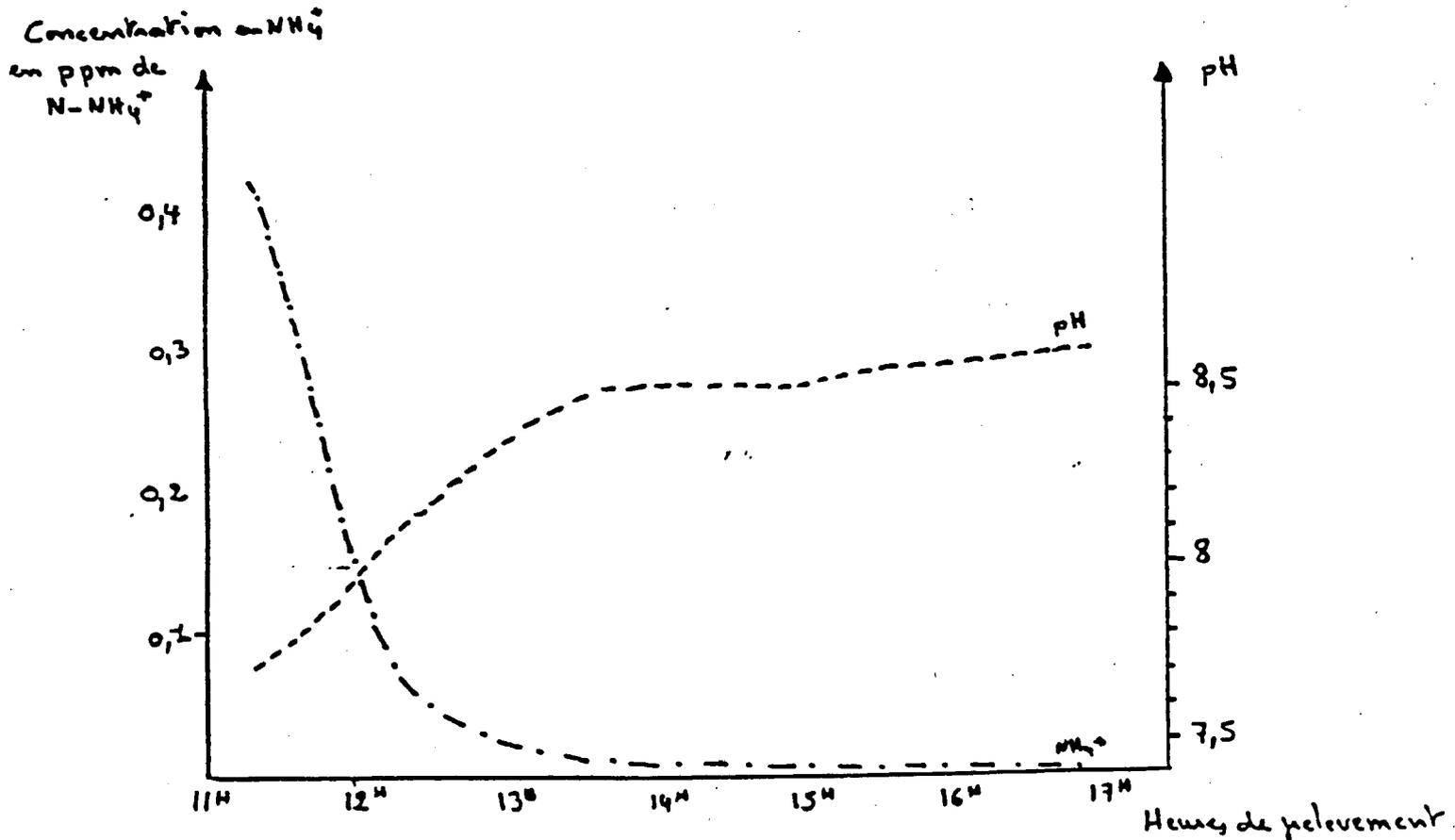


FIGURE 6 - Courbe d'absorption du NH_4 et variation du pH en fonction du temps, en circuit fermé.

on observe une augmentation du pH du milieu de culture (fig. 6). L'assimilation du CO_2 par l'algue et la libération d'oxygène déplacent l'équilibre des carbonates vers des bicarbonates. Ce déséquilibre se traduit par une basification de l'eau de mer qui passe du pH 7,7 au pH 8,7. Le pH donne donc une indication sur l'oxygénation du milieu.

II. - BIOLOGIE D'UNE POPULATION DE GRACILARIA DU CAP GRIS-NEZ

L'objectif de cette étude était de déterminer, dans un premier temps, les différents types d'individus présents, leur proportion et leur croissance in situ.

Le cycle de *Gracilaria verrucosa* se compose de génération haploïde et de génération diploïde successives. Pour cela un système de quadrillage de 10 cm de côté sur une surface de 50 m² a été mis en place et nous a permis d'établir une cartographie du site et de suivre la phénologie de cette population.

Chaque thalle est répertorié, une partie du thalle de chaque individu est prélevé chaque mois afin de déterminer au microscope le sexe et la génération.

RESULTATS

I. - COMPOSITION ET PHENOLOGIE DE LA POPULATION

La population compte 260 individus et se compose de 41 % d'haploïdes, de 42 % de diploïdes et 17 % d'individus végétatifs. La libération des gamètes ♂ et des spores haploïdes et diploïdes s'effectue toute l'année, avec un maximum vers le mois de juillet et août. Cette période se situe juste après une forte croissance en biomasse de l'algue.

Il existe dans la population certains individus présentant des anomalies par rapport au cycle de reproduction théorique (tab. 2). Ces individus sont des thalles soit hermaphrodites, soit des individus diploïdes portant des gamètes. VAN DER MEER (1977) interprète ces observations comme étant issues de recombinaisons mitotiques, c'est-à-dire que nous aurions des gamètes ♂ et ♀ diploïdes pouvant ainsi, après fécondation, donner des individus polyploïdes.

II. - BIOMASSE

Les individus, pied par pied, ont été mesurés sur le terrain afin de déterminer leur potentialité de croissance. Il existe une différence significative entre les pieds mesurés. Les tétrasporophytes (diploïdes) sont de grande taille et sont comparables aux pieds femelles haploïdes, alors que les individus mâles (haploïdes) restent petits et ne présentent pas de croissance importante.

On observe, sur le terrain, une diminution de la taille vers les mois d'octobre-novembre. Cette période correspond à une dégradation du thalle et à une cassure de celui-ci (tempête).

CONCLUSION

Les travaux menés dans le cadre des recherches en algoculture nous ont permis de montrer :

- que la production de biomasse et d'agar était possible dès le mois de février, dans les conditions d'eau chaude de Gravelines ;
- qu'il existait une possibilité de dépollution des eaux de rejets des bassins d'élevage par la culture de Gracilaires ;
- que la potentialité de croissance *in situ* des individus était variable suivant les générations et les sexes ;
- qu'il existait des possibilités d'obtentions d'individus polyploïdes par croisement, dont l'intérêt en culture reste à démontrer.

BIBLIOGRAPHIE

EDELSTEIN T., 1977.

Studies on *Gracilaria* sp. : experiments on inocula incubated under greenhouse conditions.

J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 30 : 249-259.

KLING R., 1978.

Recherches des conditions optimales de croissance de *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. (Gigartinales, Gracilariacées).

Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université de Lille I, 157 p.

VAN DER MEER J.P. and E.R. TODD, 1977.

Genetics of *Gracilaria* sp. IV - Mitotic recombination and its relationship to mixed phases in the life history.

Can. J. Bot., 55 : 2810-2817.

Espèce	Ensemencement g/m ²	Gain en poids frais par unité de surface g/m ²	Accroissement mensuel du poids frais % mois ⁻¹	Accroissement quotidien du poids frais % j ⁻¹
<i>Gracilaria verrucosa</i>				
Février	526	556	105,8	2,52
Mars	1082	752	69,5	1,9
Avril	1834	808	44	1,08

TABLEAU I
CROISSANCE EN POIDS FRAIS

Mois de rélevement	Nombre d'individus prélevés*	Nombre d'individus sporulant et produisant des gamètes	Nombre de pieds des différents types				
			gamétophytes			tétrasporophytes	
			♂	♀	♀	⊕	♂
Juillet 84	141	113(80) ¹	14(12)	27(29)	4(4)	64(57)	4(4)
Août	144	118(82)	16(14)	27(23)	2(2)	68(57)	5(4)
Septembre	98	73(74)	16(22)	13(18)	0(0)	43(59)	1(1)
Octobre	171	98(57)	23(23)	22(23)	0(0)	52(53)	1(1)
Novembre	58	53(91)	6(11)	11(21)	0(0)	34(64)	2(4)
Janvier 85	47	36(77)	9(25)	7(19)	0(0)	18(50)	2(6)
Mars	95	59(62)	13(22)	14(24)	0(0)	32(54)	0(0)
Avril	139	59(42)	20(34)	17(29)	0(0)	21(35)	1(2)

TABLEAU II - SUIVI DE LA PHENOLOGIE D'UNE POPULATION
DU CAP GRIS-NEZ

* individus de plus de 4 cm de haut n'étant pas ensablés
au moment du prélèvement

(1)¹ en %

3EME PARTIE

VALORISATION DES PRODUITS DE LA MER

**CRÉATION DU CENTRE D'ETUDES ET DE VALORISATION
DES PRODUITS DE LA MER A BOULOGNE S/MER**

par

P. BECEL

IFREMER, Laboratoire UVP

BOULOGNE-SUR-MER

La création à Boulogne-sur-Mer, d'un centre d'expérimentation spécialisé dans les questions touchant à la conservation et à la transformation des produits de la mer était, depuis de nombreuses années, ressentie comme une nécessité tant par les professionnels de ce secteur que par les élus. Ce projet est sur le point de prendre forme dans le cadre du contrat de plan Etat/Région par la signature d'une convention entre la Région Nord/Pas-de-Calais et l'IFREMER.

Basé à Boulogne-sur-Mer, premier port de pêche français où sont regroupées toutes les facettes de l'industrie de la transformation du poisson, ce centre est conçu comme un outil de recherche et de développement très concret au service direct de la profession. Les missions qui lui sont confiées relèvent donc du transfert des acquis de la recherche, de l'assistance technique, du conseil, de la formation et dans une certaine mesure également de la recherche par le biais de collaborations avec d'autres organismes scientifiques. Dans les faits, le CEVPM doit donc devenir le service de recherche et de développement que, pour la plupart, les entreprises de ce secteur économique n'ont pas les moyens de créer.

Un premier bilan des actions menées en 1985 peut être dressé.

- Deux spécialistes de la transformation des produits de la mer ont été recrutés au centre IFREMER de Boulogne-sur-Mer.

- Un projet de statuts du CEVPM a été préparé et doit être déposé avant la fin de l'année 1985.

- L'achat d'un bâtiment situé dans la zone de Capécure et son aménagement ont été programmés.

- Du matériel d'analyse performant a été acquis de façon à étendre la gamme d'analyses réalisées à Boulogne-sur-Mer pour les transformateurs de produits de la mer.

- Le CEVPM a pris en charge une part importante de l'enseignement dispensé dans le cadre du DEUST de technicien en valorisation des produits de la mer.

- Le CEVPM en liaison avec COFREPECHE a participé à l'étude de la définition du cahier des charges d'un nouveau chalutier de pêche fraîche industrielle pour le port de Boulogne-sur-Mer.

- Le CEVPM a réalisé une étude sur la formulation d'une pâte de saumon fumé pour un important saleur saurisseur de Boulogne. D'autres études sont prévues avec cet industriel.

- Des recherches bibliographiques diverses ont été menées sur demandes d'industriels.

- De nombreux sujets d'études ont été identifiés dont beaucoup à la demande d'industriels, et devraient être entamés dès que le CEVPM disposera des infrastructures nécessaires.

TECHNOLOGIE DU SURIMI ET
DU KAMABOKO

par

Luçay HAN CHING

Département UVP

FREMER NANTES

- Définitions.

SURIMI : pâte de poisson obtenue après lavage, broyage et addition éventuelle de sel.

KAMABOKO : SURIMI ayant subi un traitement thermique (cuisson à la vapeur, friture...).

- Processus de traitement du KAMABOKO.

Le kamaboko peut être réalisé à partir de SURIMI industriel ou de poisson frais.

- Compositions.

Poisson maigre	Surimi	Kamaboko
78 % eau	77 - 78 % eau	75 % eau
20 % protéines	12 - 13 % protéines	13 % protéines
	8 % sucre	9 % sucre
	additifs	1 % lipide

- Filières de production de surimi industriel.

Il en existe deux :

- filière à terre
- filière à bord.

La différence essentielle est une modification du nombre de lavage sur la ligne de fabrication due à la différence de fraîcheur de la matière première.

- Caractéristiques principales du SURIMI.

- Propriétés fonctionnelles importantes : capacité de rétention d'eau ; capacité émulsifiante ; aptitude à la gélification (gel ferme et élastique).

- Goût neutre permettant une aromatisation diverse.

- Conservation facilitée par rapport au poisson haché due à l'élimination des substances responsables de la dégradation du poisson.

- Utilisations.

Kamaboko traditionnel ; saucisse de poisson ; succédanés de crustacé ; crevettes ; agent de texture ; viande hachée.

- Intérêts.

La valorisation d'espèces telles que le chinchard, le merlan bleu, le maquereau, la sardine en créant des produits nouveaux à forte valeur ajoutée. Ces derniers peuvent en partie se substituer aux produits naturels importés sous forme de miettes de crabe, de coquille Saint Jacques, destinés à la transformation industrielle.

- Rendements.

On obtient 25 à 30 % de SURIMI à partir de poisson frais. Avec 1 kg de SURIMI, on peut obtenir 1,350 kg de produit final.

La perte en protéines solubles est de l'ordre de 2 %. La récupération de ces protéines est envisagée.

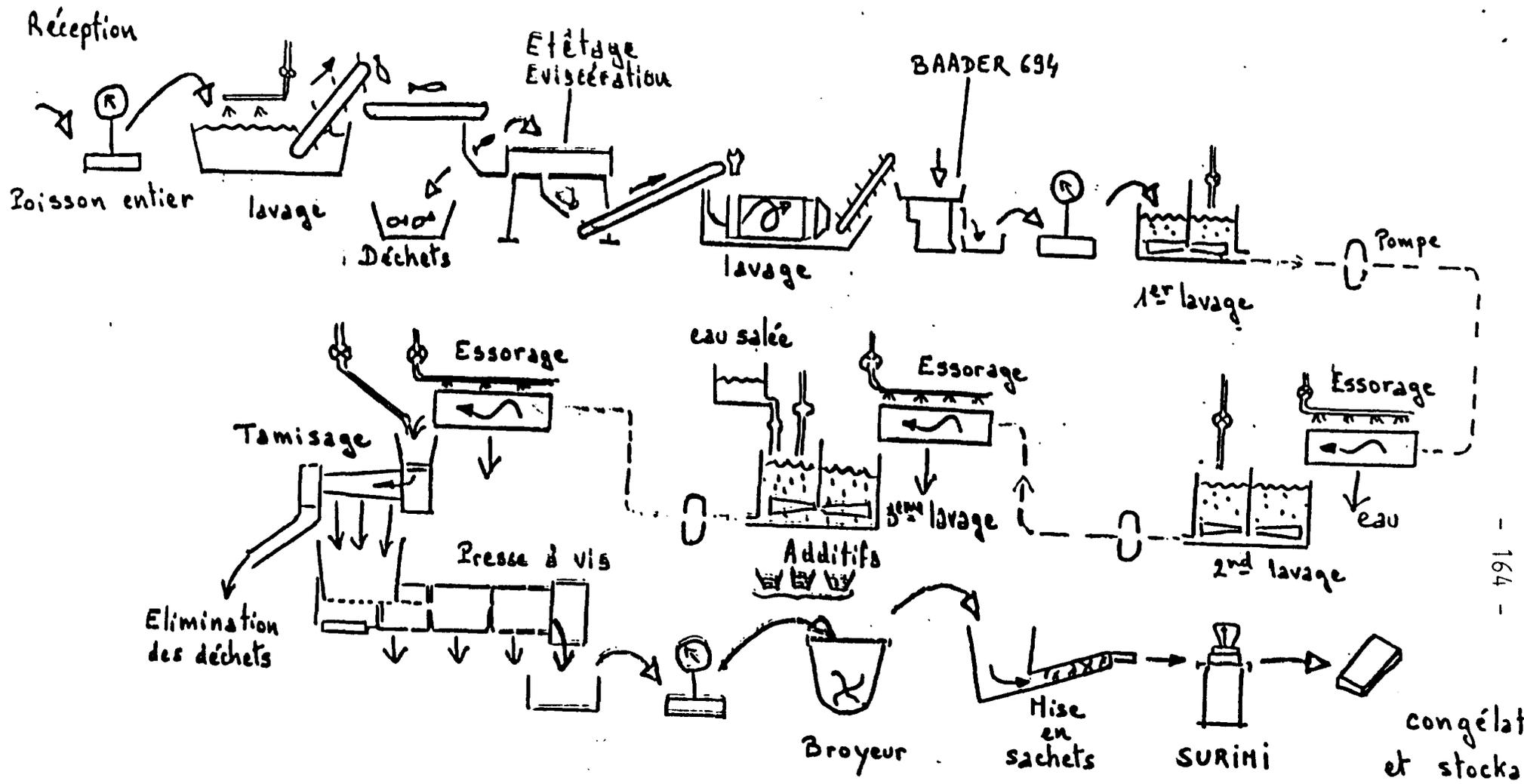
- Quelques chiffres.

- Prix SURIMI :	Japon	Surimi 1ère catégorie	15 F/kg
	Corée		14F/kg
	Taiwan	prix inférieurs mais qualité inférieure	
	U.S.A.	prix plus élevés.	

- Un produit importé du Japon, si l'on tient compte des taxes CEE et du transport coûterait environ 20 F/kg à son arrivée en France.

- Prix produits : le succédané de crabe est vendu actuellement 70 à 80 F/kg en Angleterre.

- Exportation japonaise : on notera une augmentation de 18 000 tonnes de succédanés exportés entre 1982 et 1984.



LIGNE DE FABRICATION DE SURIMI

4EME PARTIE

BILAN ET PERSPECTIVES

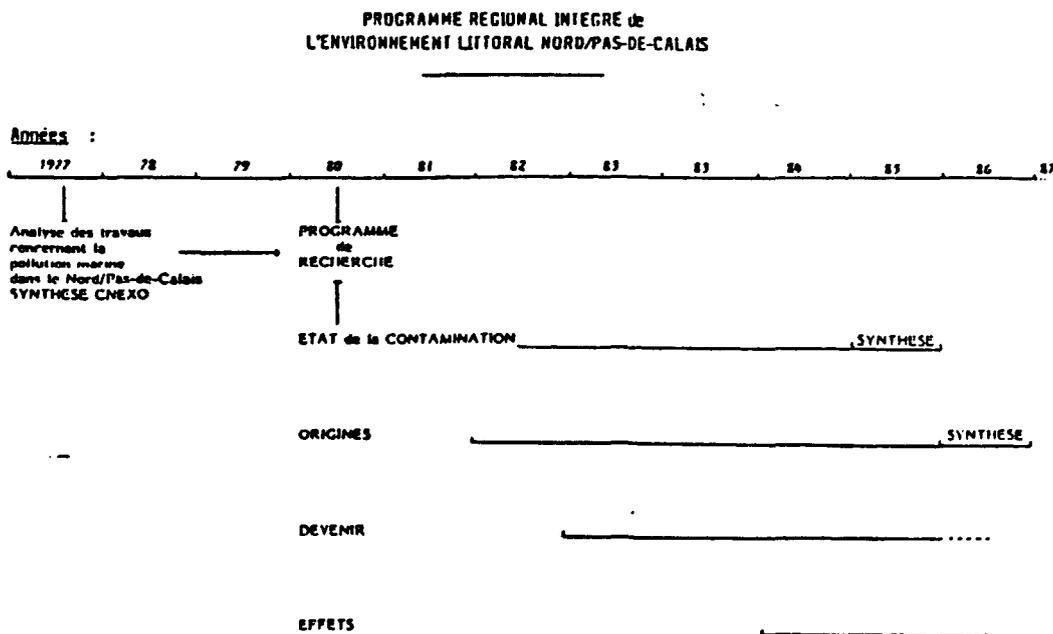
O. ARNAL
IFREMER - DERO.EL
Centre de BOULOGNE S/MER

Compte rendu du Séminaire
"ETUDE INTEGREE DU LITTORAL"
Ambleteuse (19-20 septembre 1985)

Thème ENVIRONNEMENT, du 19 septembre

Organisé conjointement par l'IFREMER et la Région Nord / Pas de Calais, ce séminaire a pris en compte le "Programme intégré de l'environnement marin Nord / Pas de Calais" commencé depuis 1980, et qui a pour objectifs :

- d'évaluer la qualité et la contamination du milieu marin littoral,
- d'identifier les origines de cette contamination ainsi que son devenir,
- d'analyser les effets des contaminants sur les composantes physiques et biologiques du milieu marin.



En Mai 1983, ce programme a été poursuivi dans le cadre de la convention de coopération signée entre la Région Nord / Pas de Calais et l'IFREMER. Deux volets supplémentaires ont été ajoutés :

- la recherche de sites pour l'exploitation de granulats marins, demandée par la Région,
- l'étude sédimentologique d'une zone en érosion : Wissant.

Onze actions de recherche (annexe 1) ont été réalisées en 1984 dans le cadre de ce programme, associant des laboratoires et organismes régionaux et l'IFREMER (Centre de Boulogne).

Quinze communications (annexe 2), présentées au cours de ce séminaire ont fourni les principaux résultats obtenus. Ceux-ci complètent et précisent les connaissances régionales acquises antérieurement.

Ce document rassemble ces résultats et les principales conclusions dégagées au cours du séminaire.

1 - DONNEES GENERALES RELATIVES A LA QUALITE DU MILIEU MARIN REGIONAL

La première phase du programme s'est achevée en 1984 par la troisième et dernière campagne "HYDROBIOS 3". De l'ensemble des résultats acquis, il ressort les informations suivantes :

- a - la contamination est d'origine locale, le développement d'une stratégie de lutte contre la pollution ne peut qu'être facilité par les limites intra-régionales du problème ;
- b - la contamination est localisée du fait de l'existence de sources de pollution bien identifiées :
 - pollution chimique :
les niveaux de contamination moyens régionaux ne présentent pas de caractère préoccupant lorsqu'on les compare à des valeurs de référence (R.N.O. par exemple), toutefois, certaines valeurs révèlent localement des niveaux de pollution plus inquiétants. Cette pollution est liée aux rejets de produits de dragages portuaires, au large, ainsi qu'aux influences directes des ports et des grands émissaires

urbains pour la frange côtière proche. Elle est présente sur le secteur de Boulogne - Cap Gris-Nez, au large ainsi qu'en bordure côtière sous l'influence de Boulogne et sur le secteur Calais-Dunkerque au large, mais de manière plus dispersée que dans le cas précédent.

- Pollution bactérienne :

la situation du littoral Nord / Pas de Calais apparaît globalement préoccupante et l'on constate :

- . un mauvais classement des plages régionales, particulièrement pour les secteurs urbanisés (Boulogne, Calais, Bray, Dunes) ;
- . l'insalubrité de zones à potentiel conchylicole, telles que les trois estuaires du Sud de la région (Somme, Canche, Authie) et le secteur de Le Portel.

De plus, l'évolution interannuelle de cette pollution bactérienne ne va pas dans le sens d'une amélioration.

Le littoral Nord / Pas de Calais présente donc des zones de pollution sensible situées dans une frange côtière, en liaison étroite avec les ports et les grandes agglomérations et, dans une moindre mesure, avec les estuaires.

- c - Ces observations relatives à la pollution s'inscrivent dans un contexte de forte variabilité des caractéristiques des masses d'eau liée à un hydrodynamisme actif. Les thermographies aériennes du littoral régional visualisent les panaches issus des rejets en mer avec une extension très faible vers le large (au maximum 1 kilomètre) et plus forte latéralement (10 à 20 kilomètres de part et d'autre des rejets selon leurs débits). En conséquence, le littoral de la Région Nord / Pas de Calais semble bordé, côté mer par un "fleuve côtier", favorable au maintien des polluants à la côte, dont les caractéristiques devront être précisées dans la perspective de comprendre les mécanismes de leur devenir.

2 - LA POLLUTION CHIMIQUE

Les micropolluants (métaux lourds et composés organiques) sont détectés en particulier au niveau des sites de dépôts de produits de dragages portuaires au large de :

- Calais et Dunkerque,
- Boulogne.

La nature et la localisation de cette contamination permettent d'en attribuer l'origine aux activités de dragages portuaires.

Boulogne "exporte" par dragages, en moyenne 450 000 tonnes par an de vases portuaires contenant 70 % de particules fines. Celles-ci ne sont pas retrouvées sur les fonds marins, ce qui permet de supposer que l'essentiel de ces vases est dispersé en mer ; seule une partie, constituée d'agglomérats ("galets mous") est retrouvée sur place.

La contamination côtière, observée en particulier sur la zone Boulogne - Gris-Nez, pourrait résulter, pour partie, du retour à la côte des sédiments portuaires rejetés au large, ceci reste cependant à vérifier. Il s'agit dès lors de s'attacher à préciser le devenir des rejets de dragages en mer. Il est permis, à priori, de penser que plus ces rejets de dragages seront effectués au large, plus les risques de retour à la côte seront diminués, ceci ne pourra toutefois être confirmé qu'au vu des résultats d'études courantologiques.

Le suivi de la qualité des eaux sur le port de Boulogne sur Mer a relevé un flux entrant (à marée montante) des particules en suspension dans les eaux, supérieur au flux sortant. En d'autres termes, le port de Boulogne est le siège d'une sédimentation de particules d'origine marine qui s'ajoute aux apports de sédiments continentaux, faisant apparaître l'envasement portuaire comme un phénomène naturel, rendant inéluctable le dragage portuaire. Cette activité étant donc fatale, si l'on veut réduire l'impact correspondant, il faudra :

- 1 - lutter contre les sources polluantes, spécialement industrielles, en réduisant les flux correspondants qui débouchent dans les enceintes portuaires ;
- 2 - étudier l'aménagement de l'activité de dragages portuaires dans le temps et dans l'espace, en fonction des contraintes d'économie et d'exploitation portuaires. Il conviendrait en un premier temps de faire en sorte que les rejets de dragages soient effectivement réalisés dans les zones prévues à cet effet.

Les effets de la pollution chimique sur les organismes vivants du benthos littoral et sur un poisson plat, le Flet, ont été étudiés. Au niveau du benthos, l'analyse granulométrique des sédiments révèle peu de modification dans les zones de rejets de dragages. Les peuplements benthiques subsistent et semblent peu affectés.

En ce qui concerne les poissons, on retrouve chez le flet une contamination de zone. Les teneurs en métaux chez le flet chaluté au large de Calais-Dunkerque sont plus élevées que chez ceux pêchés au large d'Hardelot (zone peu contaminée, considérée comme "propre").

Après contamination, ces poissons sont capables de réactions de défense (biosynthèse de métallothionéine) qui les protègent sans éliminer le risque potentiel pour le consommateur.

En conclusion, la qualité chimique du littoral Nord / Pas de Calais apparaît en premier lieu dépendante des ports et des activités industrielles associées. Le transfert de sédiments portuaires par les rejets de dragage constitue la source majeure de contamination. Bien que largement dispersés par les courants marins, ils sont transportés le long du littoral, avec des risques de retour à la côte. La zone Boulogne - Gris-Nez, où existe l'essentiel des activités conchylicoles de la région, devrait être pour cette raison, considérée avec attention. La réduction des flux de polluants débouchant dans les ports et l'aménagement des activités de dragage, en un premier temps dans le sens du respect des zones de rejet définies, apparaissent comme les axes prioritaires d'action.

3 - LA POLLUTION BACTERIENNE

La qualité des eaux du littoral Nord / Pas de Calais apparaît insatisfaisante malgré l'équipement en stations d'épuration existant actuellement. L'inventaire systématique des rejets et des flux, demandé à l'Agence de Bassin Artois-Picardie, révèle près de 250 rejets aboutissant directement sur l'estran, parfois sur des plages très fréquentées.

Les flux ont été évalués et apparaissent moins variables que ce que l'on pouvait supposer a priori, ce qui réduit quelque peu la difficulté du sujet. Au niveau des ordres de grandeur des flux, ils ont pu être classés en grandes familles, de façon à mettre en évidence ceux devant faire l'objet d'une action à engager en priorité.

Le devenir des germes bactériens en mer a pu être suivi expérimentalement, in vitro et in situ. Dans les conditions locales (en Mer du Nord), la survie des bactéries est longue, beaucoup plus longue que celle généralement prise en compte en France pour le calcul des émissaires. L'aptitude auto-épuratrice du milieu marin littoral régional apparaît donc remarquablement plus faible que dans d'autres régions, ce qui impose de traiter le problème plutôt en amont des rejets en réduisant la pollution émise qu'au niveau des rejets en comptant sur le pouvoir épurateur du milieu marin.

La forte charge en matériel particulaire en suspension dans les eaux littorales qui est une caractéristique régionale, semble favoriser la survie et le transport des cellules bactériennes. A court terme, ce sont donc essentiellement les phénomènes hydrodynamiques qui déterminent l'évolution des concentrations bactériennes observées. L'analyse des effets des contaminants bactériens a été menée en 1984 sur les mécanismes de bioaccumulation par les coquillages.

La moule se contamine vite (2 à 4 heures) et se décontamine lentement (jusqu'à 5 jours). Les facteurs de bioconcentration atteints, vont d'un facteur x 10 (pour E. Coli) à x 700 (pour les streptocoques fécaux) par rapport à l'eau. Les pluies déterminent des pointes de pollution (effet de chasse dû au ruissellement) et donc les teneurs maximales en germes des moules.

Concernant les méthodes d'épuration, il convient de promouvoir pour les sites qui le justifient :

- la prise en compte dès la conception de systèmes épurateurs au plan bactériologique ;
- le choix de méthodes adaptées au cas des petites communes littorales (faible coût, adaptation aux variations saisonnières de la population). A cet égard, il convient de mentionner l'intérêt de techniques rustiques lorsqu'elles peuvent être implantées telles que :
 - . l'utilisation de l'aptitude du sol à la filtration (assainissement individuel avec épandage souterrain, infiltration dans les dunes (cf. "opération pilote sur le site de Wissant" menée en 1985));
 - . le lagunage naturel.
- éventuellement, la lutte contre les apports d'origine diffuse.

4 - LE MILIEU SOLIDE

4.1. Les granulats marins

Une mission à la mer réalisée en 1984 a permis de préciser la morphologie des fonds marins et de compléter la cartographie de la couverture sédimentaire du plateau continental régional. Plusieurs sites potentiels où l'exploitation des granulats est possible, ont été identifiés :

- quatre sites sur la façade ouest à proximité de Boulogne,
- les bancs de sables sur la façade nord.

Cependant, l'analyse économique réalisée par la Direction Régionale de l'Équipement a mis en évidence l'étroitesse actuelle du marché des granulats.

4.2. Les problèmes d'érosion sur le site de Wissant

L'ensemble du littoral régional est en recul, à l'exception du secteur Calais-Dunkerque. Les phénomènes d'érosion (éolienne et marine) affectent les rives Nord des estuaires (Somme, Canche, Authie) et le site de Wissant (10 m/an). La plupart des zones d'habitat font l'objet de travaux de protection, mais ceux-ci s'avèrent coûteux pour la collectivité et sont réalisés au cas par cas, par des intervenants qui aimeraient pouvoir ancrer leur action protectrice dans une information scientifique actuellement insuffisante. C'est dans cette

perspective de connaissance des mécanismes hydrosédimentaires en soutien aux travaux de défense du littoral qu'a été engagée en 1984, l'étude du site de Wissant. Les premiers résultats obtenus montrent l'importance de deux phénomènes qui se conjuguent :

- une action éolienne importante sur les dunes, dont l'aboutissement probable va dans le sens d'une rupture du cordon dunaire avec envahissement par la mer du marais situé en arrière ;
- une action marine, avec des remaniements hydrosédimentaires déterminant une semi-fermeture de la baie de Wissant due au développement d'une flèche sableuse prolongeant le cap Gris-Nez.

Toutefois, ces mécanismes apparaissent complexes et leur compréhension implique la poursuite des travaux scientifiques qui ont été engagés en 1985.

5 - BILAN ET PERSPECTIVE

L'ensemble des résultats apportés au cours de ce séminaire a permis :

- de confirmer les problèmes de pollution qui se posent à la Région Nord / Pas de Calais ;
- de préciser les origines et certains effets des contaminants identifiés.

L'aménagement du littoral régional et la réhabilitation de sa qualité passe par :

- ➔ - l'étude des possibilités d'aménagement des activités de dragages portuaires en particulier quant au respect des zones de clapage ;
- ➔ - la connaissance des sources ainsi que la réduction des flux de pollution débouchant dans les ports et exportés par les rejets de produits de dragages portuaires ;
- ➔ - la désinfection des eaux usées, autant que possible par des techniques rustiques, en amont des rejets (bactériens) identifiés, en tenant compte des caractéristiques spécifiques des zones continentales et marines du littoral régional ;
- ➔ - la connaissance par la recherche des mécanismes hydrosédimentaires, en étudiant en particulier :
 - la courantologie régionale,
 - les transports sédimentaires et leur rôle vis-à-vis du transfert de polluants.

RECAPITULATIF DES ETUDES ET OPERATIONS FINANCEES
DANS LE CADRE DE LA CONVENTION REGION NORD-PAS-DE-CALAIS/IFREMER

- PROGRAMME 1984 -

Objet de l'étude	Equipes Intervenantes	Montant Financé
Inventaire des rejets et des flux	Agence de Bassin Artois-Picardie	119.000 F
Dispersion et transferts des rejets dans le milieu marin	Equipe IFREMER Laboratoire National d'Essais	158.000 F
Qualité des eaux portuaires à Boulogne	Equipe IFREMER I.P.L. Lille I (S.M.W.)	293.000 F
Impact des rejets de dragage de sédiments portuaires	Lille I (S.M.W.)	150.000 F pour mémoire
Relation structure des peuplements et pollution métallique dans les fonds sableux de la zone littorale	Lille I (écologie numérique) I.P.L.	126.000 F
Impact des pollutions sur les peuplements benthiques littoraux	Lille I (S.M.W.) I.P.L.	95.000 F
Mécanismes de bioaccumulation des germes par les mollusques	IFREMER I.P.L.	165.000 F 147.000 F
Effets des polluants métalliques sur les poissons	Lille I (S.M.W.)	148.000 F
Evolution du trait de côte	Lille I (sédimentologie-géochimie)	62.000 F
Recherche de gisements : prospection, inventaire et qualité des ressources	IFREMER	955.000 F
Etude des effets liés à l'exploitation des granulats marins	IFREMER	300.000 F

A. RICHARD
Station de Biologie Marine
de WIMEREUX

Compte rendu du Séminaire
"ETUDE INTEGREE DU LITTORAL"
Ambleteuse (19-30 septembre 1985)

Thème RESSOURCES VIVANTES, du 20 septembre

N.B. Les remarques essentielles exprimées au cours des discussions ont été intégrées à cette présentation en citant les auteurs des interventions.

Les quatre exposés concernent :

- les rapports entre une éventuelle exploitation de granulats et les pêcheries régionales ;-
- les atouts de la mytiliculture dans une perspective de développement régional;
- l'expérimentation de l'utilisation des eaux réchauffées en aquaculture dans le cadre d'un projet réalisé dans la station SEFA de Gravelines ;
- la création du Centre d'Expérimentation et de Valorisation des Produits de la Mer à Boulogne.

Ces quatre préoccupations témoignent de la volonté régionale de développement économique. Les contributions et les suggestions exprimées par les scientifiques permettent de mieux définir les actions de valorisation des ressources vivantes et d'aménagement de leurs exploitations.

1 - RAPPORT ENTRE UNE EVENTUELLE EXPLOITATION DE GRANULATS MARINS ET LES PECHERIES REGIONALES :

L'exposé effectué par J.P. DELPECH au cours de cette matinée complète les présentations de Messieurs CLABAUT, CRESSARD et BLANPAIN relatives aux perspectives d'exploitations de sédiments marins.

Le souci des biologistes est de proscrire des prélèvements de granulats dans les zones de frayères et de nurseries littorales. Cette préoccupation paraît conciliable avec la mise en oeuvre de chantiers d'exploitation de sédiments marins qui exigent pour un fonctionnement correct des dragues, des sites recouverts de plus de 10 mètres d'eau... ce qui doit préserver le littoral.

Il semble d'après Monsieur BLANPAIN, que la Région Nord/Pas-de-Calais dispose actuellement de ressources terrestres suffisantes en granulats et qu'une exploitation marine ne se justifie pas à très court terme. Cependant, si le choix du lien fixe trans-Manche est celui du pont-tunnel et implique la création d'îles artificielles, la demande de sable et granulats sera telle (selon Monsieur CRESSARD) que ces considérations seront à revoir ! Les nécessités économiques d'exploitation devront tenir alors compte des contraintes de conservation des ressources et de maintien des activités de pêche et n'affectent que des zones moins bien classées quant à leur richesse biologique (cf rapport de J. PRYGIEL sur le "classement des sables").

Selon le type de sédiment marin susceptible d'être exploité les problèmes qui risquent de se poser vis à vis des pêcheries différent :

Les gisements de sédiments sableux "ciblés" par l'IFREMER se situeraient dans la partie sud des bancs du Dyck et du Ruytinghen. Cela n'affecterait que la limite sud d'une pêcherie de poissons plats (dont la sole) qui est exploitée pour l'essentiel au Nord de cette zone.

Les granulats des palléovallées aux réserves importantes se situent dans une zone au large de la Slack et dans dans une zone au Sud, entre bassure de Baas et Vergoyer.

La zone Nord au large de la bassure de Baas dans l'ancien dunal de la Slack ne paraît pas être une gêne à une pêcherie. Par contre, le secteur Sud est une zone qui pourrait devenir conflictuelle compte tenu des pêcheries hivernales de sole "à terre" et de coquilles Saint-Jacques au large. Un chantier d'exploitation de granulats devrait l'éviter.

La discussion a porté également sur le mode d'exploitation le moins néfaste. Les benthologues souhaitant, pour restreindre l'impact bionomique, réduire l'extension géographique d'une exploitation quitte à approfondir la souille ce qui la rendrait certes difficile à exploiter par les chalutiers.

Les problèmes de recolonisation du substrat et les possibilités de régénération ont été posés par Messieurs MERCKELBAGH et FRONTIER. L'étude en cours de la communauté benthique de la zone de Wissant permettra de rendre compte de l'impact de l'exploitation antérieure mais, faute de connaissances précises du transit sédimentaire, cela ne répondra pas aux questions qui se posent quant aux capacités de comblement et aux possibilités de régénération. L'absence d'un suivi rigoureux déclenchée dès l'attribution du permis d'exploitation fait actuellement défaut d'autant que les résultats de suivi de la souille de Baie de Seine ne sont pas extrapolables dans leur totalité à notre région (Monsieur MAUVAIS).

2 - MYTILICULTURE :

Cette activité est actuellement fortement déficitaire : les importations correspondaient en 1984 à un montant de 137 MF !

Le développement des exploitations mytilicoles s'inscrit dans le contrat de plan établi jusqu'en 1988. On peut noter des présentations de Messieurs BLOND et LAMOLET, les différentes actions à mener ou à développer.

Captage de naissain : on retiendra de la démonstration faite par Jacques BLOND que la faisabilité d'opérations de captage de naissain local est réelle. L'intérêt de cette technique est d'éviter manutention et stockage de corde provenant d'autres sites et surtout elle permet de disposer de naissain de qualité adapté à la région, gage de réussite d'une exploitation.

Cependant, les aléas du recrutement justifient la mise en oeuvre de chantiers sur différents sites et impose de diversifier les sources d'approvisionnement en naissain. En profitant du recrutement régional en mai-juin (particularité régionale) dans des zones particulièrement favorables tel l'avant-port de Dunkerque (J.M. DEWARUMEZ) et, en s'assurant la fourniture de naissain provenant de centres traditionnels bretons où les problèmes de défauts de captage ne se posent qu'une fois tous les 10 ans ! (Monsieur BONNET), ce type d'activité doit être associé à une exploitation mytilicole.

Les perspectives de développement de la mytiliculture s'envisagent selon trois modes :

Concessions à plat : les gisements naturels (1 400 T/an) apportent une quantité plus importante que les concessions (600 T/an). LAMOLET a souligné que, pour ce type d'exploitation, le problème qui se posait était celui de la qualité bactériologique des moules. Bien que l'on note une amélioration de l'"état sanitaire" depuis 1981, les teneurs en bactéries sont encore très largement supérieures aux normes de salubrité. L'épuration des moules avant la commercialisation apparaît donc comme une nécessité : les traitements aux rayons ultra-violet, ou la suggestion d'utiliser l'eau chlorée de Gravelines (D. LECLERCQ) doivent être mis en oeuvre dans les meilleurs délais avant d'envisager un développement de cette mytiliculture.

Il paraît évident que seul un traitement des rejets et émissaires à la source

apportera une amélioration de la qualité conchylicole. L'analyse de la situation, secteur par secteur, appuyée par les données de l'Institut Pasteur (J.M. DELATTRE) et de l'IFREMER (M. MOREL) montre l'urgence d'une intervention des décideurs (M. MADELAIN).

Culture sur bouchots : lancée récemment sur notre littoral les observations effectuées sur les 308 pieux implantés à OYE-PLAGE amènent peu de faits nouveaux. Les bonnes conditions météorologiques, la durée d'immersion conditionnent le développement de la moule. La qualité du garnissage en naissain est un facteur essentiel de réussite de ce type d'exploitation. Cette technique doit pouvoir maintenant être transférée aux professionnels (M. LEFRANC) avec l'aide des scientifiques (M. BONNET). Il apparaît nécessaire que les concertations entre les différents partenaires soient nombreuses selon les vœux de Monsieur l'Administrateur des Affaires Maritimes (M. MESNIL) pour qu'édiles municipaux, professionnels demandeurs et scientifiques jouant le rôle de conseillers puissent parvenir rapidement à des accords assurant un développement de ce type d'exploitation plus moderne que la culture à plat traditionnelle.

Enfin, Monsieur LAMOLET a rendu compte des essais effectués en Bretagne d'exploitation de moules sur lignes de flotteurs ou tubes à nappes ou encore de soucoupes ballastables expérimentées en Méditerranée. Le développement d'une telle technologie se heurte, sur notre littoral, au manque de site abrité, mais une ingénierie adaptée à notre environnement peut éventuellement permettre la mise en place de telles installations de culture de moules industrielles.

3 - AQUACULTURE :

La Station d'Essai et de Formation Aquacole à Gravelines a été présentée par Monsieur LECLERCQ, présentation complétée par Monsieur DESTOMBES qui a rendu compte des expériences préliminaires de cultures d'algues productrices de géliifiant.

La Station de Gravelines est une originalité nationale. L'objectif fixé en juillet 84 par IFREMER était d'analyser la qualité de l'eau sur ce site et d'envisager la possibilité de mettre en place des productions diversifiées. La disponibilité de volumes importants d'eaux réchauffées présente des atouts pour le développement de l'aquaculture intensive sous réserve d'une meilleure maîtrise de gestion des apports en eaux chaude et froide-l'eau réchauffée provenant de la centrale est en effet chlorée : sa qualité aquacole dépend de sa faible teneur (inférieure à 0,1 ppm) en oxydants résiduels. Or, la charge en chlore résiduel est liée au temps de transit entre centrale et centre aquacole, durée

qui dépend de la production nucléaire : selon le réacteur en fonctionnement, ce temps de transit varie..., ce qui ne facilite pas la gestion aquacole. Par ailleurs, comme l'optimum thermique varie selon les espèces de 18° à 25° C, cela exige, particulièrement en été, des apports d'eau froide pompée par la station pour abaisser la température de l'eau émanant de la centrale... et les installations de pompage de cette eau froide sont hélas actuellement peu fiables !

Malgré ces problèmes techniques, les résultats de production aquacole sont intéressants. Les daurades de 1 g apportées à la SEFA ont, malgré une mauvaise croissance hivernale en 84/85, atteint une taille de 300 g en 14 mois. Le bar se développe bien également. Pour les poissons plats, les résultats sont évidents : la sole passe de 40 g à 250 g et atteint une taille commerciale en 2 ans. Mais cette espèce a montré, au printemps, des paliers de croissance lorsque l'optimum thermique de 18° ± 1° C était dépassé. Ainsi, la sole n'est plus retenue parmi les espèces dont l'IFREMER tente de réaliser l'élevage, la production de juvéniles de qualité se révélant actuellement économiquement impossible ; par ailleurs, le produit grossi final est de qualité gastronomiquement médiocre. Le même problème d'apports d'eau froide mieux maîtrisés se pose pour le turbot dont le grossissement ne pose pas de problème majeur à condition de ne pas dépasser ces températures de 18.20° C.

Un autre créneau intéressant testé à la SEFA est le prégrossissement de mollusques particulièrement de palourdes et d'huitres. Les essais de cet hiver sont intéressants. Après 2 à 3 mois d'"hiver" à Gravelines les palourdes de 2 mm ont pu être réensemencées au printemps (leur taille était alors de 10 à 20 mm).

Les grossissements pendant l'été (juillet à septembre) de crevettes ont également amené des résultats techniques fort intéressants : des crevettes de 5 mg ont atteint 4 g en 3 mois.

Toutefois, l'évaluation de la portée de ces progrès passe par l'examen de leur rentabilité économique, ce qui sera réalisé à la fin du projet.

Les cultures d'algues productrices de gélifiants sont également testées à Gravelines. C. DESTOMBES dans le cadre de sa thèse, soutenue par une bourse IFREMER-REGION, a montré le lien entre recherche fondamentale universitaire effectuée sur le terrain (étude du cycle d'une algue rouge *Gracilaria verrucosa*) et recherche appliquée à Gravelines. Les objectifs sont d'obtenir à la SEFA une croissance optimale en empêchant la sexualisation de l'algue et en obtenant un agar de bonne qualité. Les résultats expérimentaux présentés sont encore, comme le soulignait M. TROADEC, en trop faible nombre, pour qu'il soit actuellement possible d'optimiser une telle culture. Une

telle exploitation nécessite une bonne connaissance préalable des conditions physiologiques de croissance de l'algue.

La possibilité d'utiliser les algues comme épurateur biologique d'ammoniaque en aval d'élevages de poisson, a également été évoquée. Les chiffres avancés dans la discussion indiquent qu'un volume de culture d'algues de 5 fois environ celui du volume d'élevage à épurer serait nécessaire. Même si la qualité d'agar n'est pas affectée par cette charge en ammoniaque comme la rentabilité d'une algoculture est estimée à 280 000 F/an, une telle aquaculture paraît nettement moins rentable qu'un élevage de poissons à la SEFA.

4 - CENTRE D'EXPERIMENTATION ET DE VALORISATION DES PRODUITS DE LA MER :

Monsieur BECEL a présenté les perspectives de développement du Centre d'Expérimentation et de Valorisation des Produits de la Mer. Créé en 1985, ce Centre doit se développer en 1986 et 1987 pour atteindre en 1987 un fonctionnement optimal. Il vise à être un service recherche-développement à la disposition des entreprises. Ce Centre qui s'inscrit dans le schéma d'aménagement du port de Boulogne doit concerner tous les métiers de la pêche et participer au développement de l'activité de transformation boulonnaise. Ce Centre doit aider à la formation des métiers de la mer : la création du DEUST à Boulogne est une étape de cette évolution boulonnaise. Cette formation universitaire à laquelle l'université de Lille I (UER de Calais, Station de Wimereux), les professionnels de la pêche et l'IFREMER s'associent doit aboutir à aider Boulogne à sortir de la crise économique.

Les exemples de réalisations déjà engagées par le Centre (recherche de pasteurisation et de conservation au froid en atmosphère modifiée, contribution à l'étude d'un chalutier de pêche fraîche... etc) attestent de ce souci d'aider les entreprises à améliorer leur compétitivité.

Le maître-mot justificatif d'une telle création est d'améliorer une qualité de produit permettant une augmentation en valeur ajoutée. C'est finalement cette qualité qui a été recherchée au file des exposés : qualité sanitaire des moules, qualité du naissain, qualité des apports de juvéniles à l'aquaculture intensive et maîtrise de la qualité de l'eau...

Un exemple d'une réalisation maîtrisée qui pourrait être développée dans ce Centre de Boulogne a été présenté par HAN CHING. Ce chercheur opérant à Nantes a montré les transformations possibles applicables aux protéines de poisson aboutissant au SURIMI.

La présentation de la technologie élaborée au Japon permet, à partir d'un gel ferme et élastique constitué par les protéines de poisson de moindre valeur, d'obtenir une pâte de bonne conservation au froid (1 an à - 30° C alors que le stockage de poisson brut n'excède pas en principe 3 mois). Cette pâte se prête à différents traitements industriels. Après aromatisation et cuisson, on peut obtenir du kamaboko frit ou encore des saucisses de poisson ou après texturation ce produit donne des succédanés de pattes de crustacés ou de noix de coquille Saint-Jacques.

Monsieur HAN CHING nous a indiqué l'intérêt commercial et le rendement de ce procédé : un kilo de poisson de qualité moyenne permet d'obtenir 300 g de SURIMI (20 F/kg à l'importation) ce qui donne 400 g environ de succédané (80 à 100 F/kg)!

Cet exemple de valorisation des produits de la mer est typique de ce que souhaite développer ce Centre à Boulogne. Du SURIMI de 1ère catégorie destiné à fournir du succédané de crabe pourrait être fabriqué à partir de tacaud et surtout de merlan bleu aux stocks inexploités, tandis que le SURIMI légèrement coloré provenant de lieu noir ou de chinchard pourrait donner des succédanés de coquille Saint-Jacques.

Monsieur TROADEC, au cours de la discussion, a précisé que la vocation de ce Centre s'inscrit bien dans la tendance actuelle de l'économie mondiale. La production en poisson n'augmente que de 1 à 2 % l'an alors que la demande ne cesse de croître. Comme cette demande est très forte pour les produits nobles, la stratégie doit viser à valoriser les poissons de moins bonne valeur commerciale. L'exemple du SURIMI doit être replacé dans son contexte historique. Les japonais ont développé, à partir d'une technique traditionnelle, une technologie industrielle de fabrication de SURIMI destinée à valoriser le colin d'Alaska, de faible valeur économique, pour pallier l'effondrement des stocks de crabe.

Une telle ouverture de marchés avec valorisation est l'objectif du Centre de Boulogne. L'avantage des protéines de poissons, produit noble à haute valeur ajoutée, est d'être facile à manipuler. L'étude du marché montre par ailleurs que le commerce des protéines de la mer est indépendant du reste du marché et n'entre pas en concurrence avec les protéines animales ou végétales.

En conclusion, ces différents exposés apportent la démonstration de la complémentarité entre recherche et développement économique. Les discussions fructueuses engagées entre responsables régionaux, départementaux ou municipaux et professionnels montrent le rôle que doivent jouer les scientifiques pour contribuer au développement technique et fournir les avis scientifiques indispensables à la conservation des ressources marines et à l'aménagement de leurs exploitations.