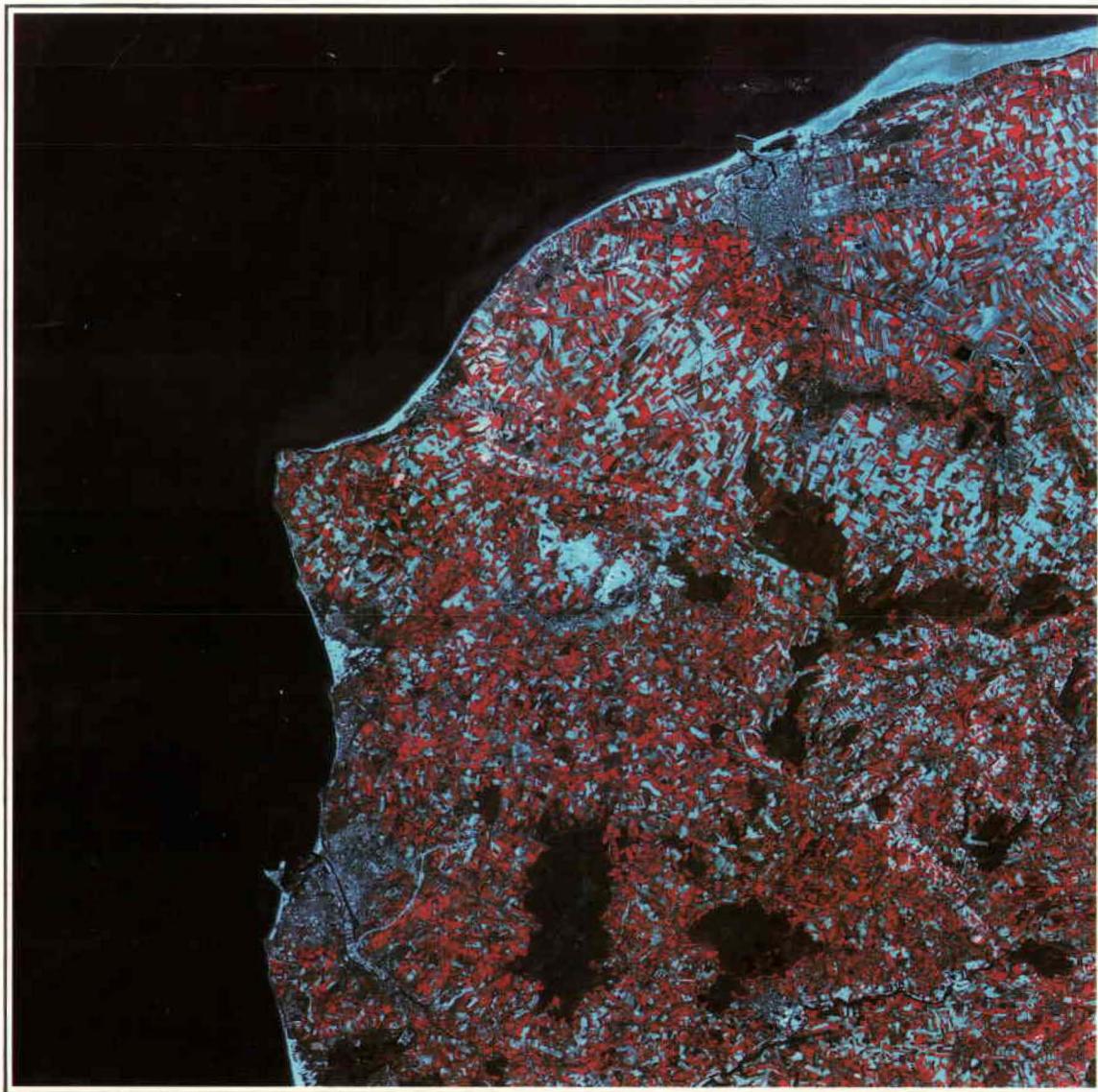


Convention de Coopération
Région Nord - Pas de Calais / IFREMER

LE LITTORAL DE LA REGION NORD - PAS DE CALAIS qualité du milieu marin



Région Nord-Pas de Calais



En couverture : Première photographie de la région Nord - Pas de Calais, par le Satellite SPOT.
(Nous tenons à remercier la Société SPOTIMAGE qui a permis l'utilisation de ce document).

Convention de Coopération
en matière de recherche et de développement
dans le domaine marin et littoral
entre
la Région Nord - Pas de Calais et IFREMER

LE LITTORAL DE LA REGION NORD - PAS DE CALAIS qualité du milieu marin

DOCUMENT ETABLIS PAR UN GROUPE DE TRAVAIL
ANIMÉ ET DIRIGÉ PAR

GEORGES BARBIER (1)

RÉDACTION INITIALE :

**OLIVIER ARNAL (2)
JEAN-MARIE DELATTRE (3)
HUBERT GROSSEL (2)
MARC MOREL (2)**

LECTEURS SPÉCIALISÉS :

**GEORGES BARBIER (1)
MARCEL CHAUSSÉPIED (4)
MICHEL MARCHAND (4)
JEAN-LOUIS MARTIN (5)
JEAN-LOUIS MAUVAINS (4)
MONIQUE POMMEPUY (4)**

(1) IFREMER / PARIS (2) IFREMER / BOULOGNE-SUR-MER (3) INSTITUT PASTEUR / LILLE
(4) IFREMER / BREST (5) LABORATOIRE MIXTE IFREMER - CNRS / L'HOUVEAU

PREFACE

Le 27 Avril 1984, le contrat de plan, qui fixe les priorités de développement et les actions concrètes à mener jusqu'en 1988, a été signé entre l'Etat et la Région Nord - Pas de Calais. Le volet "Recherche, Innovation et Développement Technologique" de ce document traduit la volonté de la Région d'accroître son potentiel de recherche, tant qualitativement que quantitativement, et de favoriser le transfert technologique en direction des entreprises régionales.

Consciente, par ailleurs, des enjeux que représente la mise en valeur de son littoral, la Région Nord - Pas de Calais a signé, le 30 Mai 1983, avec l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), une convention de coopération en matière de Recherche et de Développement dans le domaine marin et littoral. D'une durée de 5 ans, cette dernière est dotée d'un budget annuel de quatre millions de francs auxquels s'ajoute le cofinancement de bourses de recherche (trois en 1984, deux en 1986).

Dans cet esprit, et afin de diffuser les résultats des différentes recherches engagées, le Conseil Régional et l'IFREMER ont décidé, en Janvier 1985, de la rédaction d'un document de synthèse intitulé "Le littoral de la région Nord - Pas de Calais, Qualité du milieu marin". Ce document a été élaboré sous la responsabilité de l'IFREMER à partir d'une trentaine de rapports scientifiques spécialisés, le plus souvent établis par des laboratoires régionaux et financés dans le cadre de la convention citée ci-dessus. Il fournit l'image la plus complète et la plus fidèle possible de la qualité physico-chimique du milieu et de la qualité bactériologique des eaux et des mollusques marins du littoral de la région Nord - Pas de Calais.

Les rédacteurs ont fait en sorte qu'il soit accessible à une majorité de lecteurs tout en veillant à conserver la rigueur indispensable à un tel ouvrage.

Nous souhaitons que ce document de base soit utilisé bien sûr par les scientifiques pour définir leurs actions futures, mais également par les décideurs et les aménageurs. Il constitue, en effet à nos yeux, à la fois un guide pour décider d'actions prioritaires visant à améliorer la qualité du milieu marin et une référence pour évaluer les conséquences sur le milieu des actions engagées.

Que les auteurs en soient félicités.



N. JOSEPHE
Président du Conseil Régional
de la région Nord - Pas de Calais



Y. SILLARD
Président Directeur Général
de l'IFREMER

RESUME

La volonté de la région Nord - Pas de Calais de valoriser sa façade maritime et la nécessité simultanée de développer la connaissance scientifique finalisée du littoral ont amené le Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) (devenu ensuite l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) par fusion avec l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM)) à s'intéresser dès 1977 à ces préoccupations régionales.

Un programme pluridisciplinaire d'étude de l'environnement littoral régional a été proposé et mis en place en 1980. Il a été repris dans le cadre d'une convention de coopération scientifique et technique entre IFREMER et la région Nord - Pas de Calais, signée en Mai 1983. Trois objectifs avaient été initialement définis et constituent toujours les orientations de référence :

- évaluer la qualité du milieu marin littoral (état des lieux),
- identifier les origines de dégradation de cette qualité,
- préciser le devenir et les effets des apports au milieu marin.

Pour atteindre le premier objectif, 10 contrats furent signés qui associerent l'IFREMER aux laboratoires locaux pour la réalisation des travaux scientifiques. Le nombre élevé de résultats acquis dans ce contexte rendait nécessaire la réalisation d'une synthèse sur la qualité du milieu marin littoral régional pour laquelle des données complémentaires obtenues dans le cadre d'autres programmes ont également été utilisées.

* * *

L'analyse des caractéristiques principales de la région Nord - Pas de Calais permet de définir trois zones géographiques littorales différenciées pour l'essentiel par leurs caractéristiques physiques. Il s'agit du Nord au Sud de la Flandre Maritime, du Boulonnais et du Marquenterre.

Si, sur l'ensemble du Nord - Pas de Calais la densité de population est élevée, elle est relativement faible pour ces zones littorales et concentrée en trois grands centres urbains, industriels et portuaires : Boulogne-sur-Mer, Calais et Dunkerque.

* * *

La caractérisation de la qualité physico-chimique du littoral régional s'est appuyée sur l'étude de paramètres généraux de la qualité des eaux marines d'une part, et la recherche de micropolluants minéraux et organiques dans le sédiment et la matière vivante (moules et coques), d'autre part.

Les eaux littorales présentent un gradient de qualité côte-large marqué et resserré au niveau des caps. Ce gradient différencie nettement une zone côtière soumise aux apports telluriques et les eaux du large à caractère océanique. Les variations de qualité observées en zone côtière traduisent l'impact des apports continentaux (ports et cours d'eau), particulièrement sensible au nord de la région, dans le secteur Calais-Dunkerque.

Les teneurs en micropolluants minéraux observées sur la plupart des sites de prélèvement sont faibles et proches de, ou appartenant à la gamme des valeurs généralement rencontrées en milieu naturel. Cependant, certains sites tels que les ports ou les zones de rejet de produits de dragages portuaires, au large, présentent des teneurs métalliques élevées caractérisant un état de contamination.

Les micropolluants organiques présentent aussi des concentrations faibles pour l'essentiel hormis dans le cas du groupe des polychlorobiphényles (PCB) pour lequel quelques teneurs particulièrement élevées ont été observées en bordure côtière aux abords des ports et des estuaires.

* * *

L'approche de la qualité bactériologique du littoral régional est basée pour une bonne part sur l'exploitation des données issues des contrôles sanitaires des eaux de baignade (Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales) et des zones conchyliques (IFREMER). Ces données, enrichies d'études particulières, révèlent la médiocrité de la qualité bactériologique du littoral de la région Nord - Pas de Calais de ce fait située en très mauvaise position au plan national. La bonne correspondance constatée entre les données relatives à la qualité des eaux de baignade et celles du contrôle conchylique, permet d'identifier des secteurs critiques. Il convient de noter que la contamination bactérienne reste limitée au rivage et qu'en conséquence, elle peut être considérée comme étant d'origine locale. Il en résulte que la lutte contre cette forme de pollution est envisageable par le biais d'actions intra-régionales.

* * *

Toutes ces observations conduisent à formuler des **recommandations** qui pourront être précisées à l'avenir lorsque les sources de contamination auront aussi fait l'objet d'une présentation synthétique.

Dans les zones de baignade et les secteurs conchyliques exploités ou potentiels, la conformité aux directives et normes en vigueur est requise et suppose une amélioration sensible de la qualité bactériologique du littoral régional. Pour ce faire, il conviendrait :

- d'identifier et de quantifier les sources de pollution ;
- d'éliminer les apports de pollution indésirables par des interventions techniques spécifiques, adaptées et efficaces au niveau de la collecte et du traitement des eaux contaminées ;

Une étude pilote entreprise sur le site de Wissant a pour objet de démontrer "in situ" que la qualité bactériologique du littoral peut dans ces conditions, être reconquise.

La prévention de la contamination chimique du littoral implique quant à elle :

- l'aménagement des activités de dragages portuaires en tenant compte des caractéristiques de la dynamique hydro-sédimentaire locale dans le but de favoriser la dilution des rejets opérés et simultanément de limiter les retours à la côte ;
- la réduction des rejets polluants en zone littorale, ce qui supposerait par delà une identification précise des sources que soient engagées des actions techniques qui devraient comporter entre autres :
 - . un accroissement de l'effort d'assainissement et d'épuration pour les rejets industriels ;
 - . une réduction sensible de la diffusion des polychlorobiphényles dans l'environnement en recherchant le respect de la réglementation en vigueur qui prévoit l'incinération comme mode d'élimination de ces substances.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	9
PREMIERE PARTIE : LES CARACTERES GENERAUX DU LITTORAL REGIONAL NORD - PAS DE CALAIS	13
1. Le milieu naturel.....	17
1.1. Morphologie littorale.....	17
1.2. Le climat.....	18
1.3. Les bassins versants.....	18
1.4. Hydrodynamique côtière.....	21
1.5. Hydrologie des eaux marines.....	23
1.6. Sédimentologie.....	25
1.6.1. La dynamique sédimentaire	
1.6.2. Les fonds marins	
1.7. Le milieu vivant.....	26
1.7.1. Microbiologie	
1.7.2. Phytoplancton	
1.7.3. Benthos	
1.7.3.1. Algues benthiques	
1.7.3.2. Zoobenthos	
1.7.4. Ressources exploitées	
1.7.4.1. La pêche	
1.7.4.2. La conchyliculture	
1.8. Conclusion.....	31
2. Le milieu humain.....	33
2.1. Population régionale.....	33
2.2. Activités à terre.....	36
2.2.1. Activités agricoles	
2.2.2. Activités industrielles	
2.3. Activités liées à la mer.....	38
2.3.1. La pêche	
2.3.2. La conchyliculture	
2.3.3. L'aquaculture	
2.3.4. Trafic maritime	
2.4. Conclusion.....	40
DEUXIEME PARTIE : LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE DU MILIEU MARIN LITTORAL NORD - PAS DE CALAIS.....	41
1. Méthodes d'étude.....	45
1.1. Campagnes en mer.....	45
1.2. Les compartiments du milieu marin étudiés.....	46
1.2.1. L'eau	
1.2.2. La matière vivante	
1.2.3. Le sédiment	
1.3. Les paramètres physicochimiques analysés.....	49
1.3.1. Les paramètres hydrobiologiques	
1.3.2. Les micropolluants métalliques	
1.3.3. Les micropolluants organiques	
1.4. Choix de la fraction granulométrique à analyser dans les sédiments.....	51
1.4.1. Le problème posé	
1.4.2. Caractéristiques granulométriques des sédiments du littoral Nord - Pas de Calais	
2. Paramètres généraux de la qualité des eaux.....	55
2.1. Les variations saisonnières.....	55
2.2. Les variations spatiales.....	60
2.3. Conclusion.....	67
3. Les macrodéchets sur les plages.....	69
4. Les micropolluants métalliques dans les sédiments marins et la matière vivante.....	71
4.1. Préambule méthodologique.....	71
4.2. Les métaux dans la fraction fine des sédiments.....	72
4.2.1. La situation régionale dans son ensemble	
4.2.2. Les situations de contamination	
4.2.3. Répartition géographique des concentrations en micropolluants métalliques dans le sédiment	
4.2.3.1. Les contaminants prioritaires : plomb, mercure, cadmium, zinc et cuivre	
4.2.3.2. Les autres métaux	

4.3. Les métaux dans la matière vivante	79
4.3.1. Concentrations métalliques mesurées dans les mollusques vivants en zone littorale Nord - Pas de Calais	
4.3.1.1. Les teneurs en métaux mesurées dans les moules	
4.3.1.2. Les teneurs en métaux mesurées dans les coques	
4.3.2. Répartition géographique des concentrations en micropolluants métalliques mesurées dans les mollusques	
4.3.2.1. Les contaminants prioritaires : plomb, mercure, cadmium, zinc, cuivre	
4.3.2.2. Les autres métaux	
4.4. Conclusion	87
5. Les micropolluants organiques	89
5.1. Les micropolluants organiques dans le sédiment	89
5.1.1. Les concentrations rencontrées dans le sédiment total (données du "large")	
5.1.1.1. Les concentrations mesurées	
5.1.1.2. La localisation des secteurs de contamination	
5.1.2. Les micropolluants organiques dans la fraction fine des sédiments côtiers (campagnes Hydrobios 2 et 3)	
5.1.2.1. Les concentrations mesurées	
5.1.2.2. La localisation des secteurs de contamination	
5.2. Les micropolluants organiques dans la matière vivante	93
5.2.1. Les concentrations rencontrées dans les mollusques	
5.2.1.1. Les moules	
5.2.1.2. Les coques	
5.2.2. La localisation des secteurs de contamination	
5.3. Les produits résultant de la chloration de l'eau de mer au niveau du site électronucléaire de Gravelines	95
5.4. Conclusion	96
6. Conclusion de la deuxième partie	97
TROISIEME PARTIE : LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX ET DES MOLLUSQUES MARINS DU LITTORAL DE LA REGION NORD - PAS DE CALAIS	
1. Bactériologie des eaux littorales	99
1.1. Campagnes et méthodes	
1.1.1. Qualité bactériologique des eaux de baignade	
1.1.1.1. Surveillance estivale	
1.1.1.2. Surveillance hors saison estivale	
1.1.1.3. Etudes complémentaires	
1.1.2. Etude de la contamination bactérienne des eaux littorales	
1.1.3. Etude de la flore bactérienne marine, au niveau du rejet de Gravelines	
1.2. Les résultats	
1.2.1. La qualité des eaux de baignade	
1.2.1.1. La surveillance estivale	
1.2.1.2. Surveillance hors saison estivale	
1.2.1.3. Etudes complémentaires	
1.2.2. Qualité bactérienne des eaux littorales	
1.2.3. Etude de la flore bactérienne marine au niveau du rejet de Gravelines	
2. Bactériologie des mollusques	111
2.1. Campagnes et contaminants étudiés	111
2.1.1. Etat de la pollution bactérienne des coquillages	
2.1.2. Recherche de <i>Salmonella</i> et <i>Yersinia</i> dans les moules	
2.1.3. Mission de surveillance de la salubrité des coquillages	
2.2. Résultats	
2.2.1. Le dénombrement des coliformes totaux	
2.2.2. Le dénombrement des coliformes fécaux	
2.2.3. Le dénombrement des streptocoques fécaux	
2.2.4. Recherche de bactéries pathogènes	
2.2.4.1. Recherche de Salmonelles	
2.2.4.2. Recherche de <i>Yersinia</i>	
2.3. Conclusion	118
3. Conclusion de la troisième partie	118
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	
ANNEXES	119
BIBLIOGRAPHIE	125
GLOSSAIRE	147
	149

INTRODUCTION



Photo Jean-Luc CORNU

INTRODUCTION

La Région Nord - Pas de Calais ressent de longue date le besoin de valoriser sa façade maritime. Il s'agit d'un enjeu important concernant l'exploitation des ressources marines, le développement du tourisme et des échanges économiques.

Cette sensibilité concernant la valorisation de la façade maritime a conduit les élus régionaux à prendre des mesures spécifiques à l'égard de la zone littorale. Il s'agit en premier lieu de promouvoir l'acquisition de connaissances scientifiques nécessaires à la gestion et à l'aménagement de l'espace littoral.

Dans ce but, une convention de coopération a été signée entre la Région Nord - Pas de Calais et l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)*.

1 - LE CONTEXTE REGIONAL ET LES PROBLEMES POSES :

Du fait de la présence d'activités nombreuses en zone côtière, le littoral régional est soumis à l'influence de rejets divers qui menacent l'environnement et, par voie de conséquence, l'homme.

On peut citer, en particulier :

- les rejets d'effluents urbains en mer, il s'agit là des rejets directs ou quasi-directs d'eaux résiduaires, épurées ou non, des communes littorales ;
- les rejets d'effluents industriels dont les caractéristiques, et éventuellement la toxicité, varient considérablement selon les activités concernées : métallurgie, pétrole, chimie, textile, agroalimentaire, ... ;

- les cours d'eau qui, débouchant à la mer au niveau des estuaires, apportent les éléments et substances drainés en amont, qu'ils soient d'origine domestique, agricole ou industrielle, ... ;

- les apports* atmosphériques, poussières et aérosols*, qui arrivent au milieu marin véhiculés par les vents et les pluies, et peuvent ainsi participer à sa contamination ;

- les rejets de nombreux navires (pétroliers, car-ferry, cargos, chalutiers,...) qui déversent quotidiennement leurs déchets à la mer.

Ces apports au milieu marin ont diverses conséquences établies ou présumées parmi lesquelles on peut citer :

- un classement médiocre dans le bilan annuel du Réseau National de Contrôle de la salubrité des plages ;
- une non-conformité fréquente des produits conchyliologiques régionaux vis-à-vis des normes en vigueur ;
- la présence relativement fréquente (par comparaison à d'autres régions françaises) d'ulcérations* sur certains poissons pêchés dans les eaux côtières régionales.

Dans ce contexte, il est apparu nécessaire d'établir un bilan global de la qualité du littoral régional.

A ce titre, dès 1977, à la demande de l'Agence Financière de Bassin, le Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) réalisait une "analyse et synthèse des travaux concernant la pollution marine dans le bassin Artois-Picardie". Ce travail concluait à la nécessité de travaux complémentaires. Un programme d'études, demandé au CNEXO par le

Préfet de Région, fut donc présenté aux autorités régionales qui l'ont accepté dès 1980. Il fut ensuite intégralement repris dans le cadre de la convention de coopération scientifique et technique signée en Mai 1983, entre la Région Nord-Pas de Calais et l'IFREMER.

2 - LE PROGRAMME D'ETUDE INTEGRE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN LITTORAL DE LA REGION NORD - PAS DE CALAIS :

Sa conception a fait l'objet d'une consultation de la plupart des organismes régionaux de recherche et des administrations. A partir de l'ensemble des préoccupations régionales exprimées, il a été possible de bâtir un programme pluri-annuel, pluridisciplinaire et finalisé. Trois objectifs principaux ont été ainsi définis :

- 1 - évaluer la qualité du milieu marin littoral, puis en fonction des résultats de cet état des lieux ;
- 2 - identifier les origines de dégradation de la qualité ;
- 3 - préciser le devenir des éléments et substances rejetés et leurs effets sur le milieu marin et sur l'homme, c'est-à-dire l'existence d'une pollution*.

Pour atteindre ces objectifs, les orientations opérationnelles suivantes ont été arrêtées :

- a) l'étude de la qualité du milieu marin littoral régional suppose :
 - pour divers paramètres physicochimiques et bactériologiques retenus, la détermination de leurs concentrations dans les trois compartiments* du milieu marin : l'eau, le sédiment et la matière vivante ;

* les mots suivis de ce symbole font l'objet d'une définition précise dans le glossaire situé en fin de ce document.

* L'IFREMER résulte de la fusion du CNEXO et de l'ISTPM (Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes).

- la comparaison des résultats obtenus à des valeurs de référence et, dans la mesure du possible à des normes, dans un but d'évaluation des niveaux régionaux ;

- l'identification des zones présentant les plus fortes concentrations pour chaque élément ou substance puis par groupe de contaminants, de façon à disposer en fin de compte d'une information synthétique dont la restitution est l'objet du présent document.

b) En fonction des résultats acquis sur la qualité du milieu marin littoral régional, un deuxième axe de recherche prévoit d'identifier les origines.

Ceci implique un recensement des apports au milieu marin (nature et localisation) puis une évaluation des flux émis comprenant nécessairement les rejets urbains et industriels ainsi que les apports atmosphériques et fluviiaux. Le classement de ces flux* par ordre d'importance devrait permettre d'identifier les sources principales nécessitant des interventions prioritaires.

c) Enfin, l'étude du devenir et des effets des éléments et substances rejetés qui constitue le troisième axe de recherche doit s'attacher

- d'une part, à améliorer les connaissances scientifiques sur les mécanismes intervenant entre les rejets identifiés et divers impacts observés ou suspectés sur l'environnement marin et sur l'homme, dans un souci d'orientation de l'action régionale de

prévention des pollutions. Ces mécanismes sont complexes et font intervenir, entre autres, le transport et la dispersion par les courants marins et les échanges entre l'eau et le matériel particulaire ;

- d'autre part, à évaluer l'impact des contaminants :

- sur l'écosystème*, en appréciant l'importance des phénomènes de bio-accumulation* autour des rejets identifiés ainsi que leur écotoxicité* ;
- sur l'homme ; à ce titre, la réalisation de travaux épidémiologiques* relatifs à la baignade et à la consommation de produits de la mer ont été évoqués, sachant qu'il s'agit là d'un sujet très difficile.

3 - LES REALISATIONS

Pluridisciplinaire, le programme intégré a vu depuis 1980 la réalisation de nombreux travaux associant les laboratoires et organismes de recherche régionaux dans une même démarche (annexe 1). L'IFREMER et plus particulièrement l'antenne du Département "Environnement littoral" du Centre de Boulogne-sur-Mer, assure la coordination scientifique nécessaire au déroulement du programme et réalise certaines études. Quarante quatre contrats de recherche (annexe 2) ont pu être signés grâce au financement conjoint de la Région et de l'IFREMER, aidé de compléments provenant d'organismes régionaux (Services portuaires, Agence de l'eau,...). Chaque contrat a fait l'objet d'un rapport détaillé de fin d'étude (annexe 3).

Ce document constitue la synthèse de l'ensemble des résultats acquis, de 1980 à 1984, dans le cadre de 10 contrats, pour atteindre le premier objectif du programme intégré. Il fournit une présentation globale de la qualité du milieu marin littoral régional et comporte quatre parties principales :

- les caractères généraux de la région Nord - Pas de Calais, en rapport avec l'objet de la synthèse,
- les caractéristiques physicochimiques du littoral régional,
- les caractéristiques bactériologiques du littoral régional,
- une conclusion finale qui reprend et intègre les conclusions partielles présentées précédemment ainsi que des recommandations relatives à la gestion et à l'aménagement du littoral régional.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, ce document reprend l'ensemble des résultats acquis pour atteindre le premier objectif du programme intégré et à ce titre, il constitue un tout se suffisant à lui-même. Il sera complété par la suite par d'autres documents de synthèse, en réponse aux autres objectifs de ce programme.

Remarque : la plupart des données fournies dans ce document de synthèse sont extraites des rapports produits dans le cadre de la convention liant l'IFREMER et la Région Nord - Pas de Calais, ceux-ci sont mentionnés en annexe 3. Cependant d'autres informations proviennent d'autres sources qui sont alors référencées dans le texte et décrites en bibliographie.

PREMIERE PARTIE

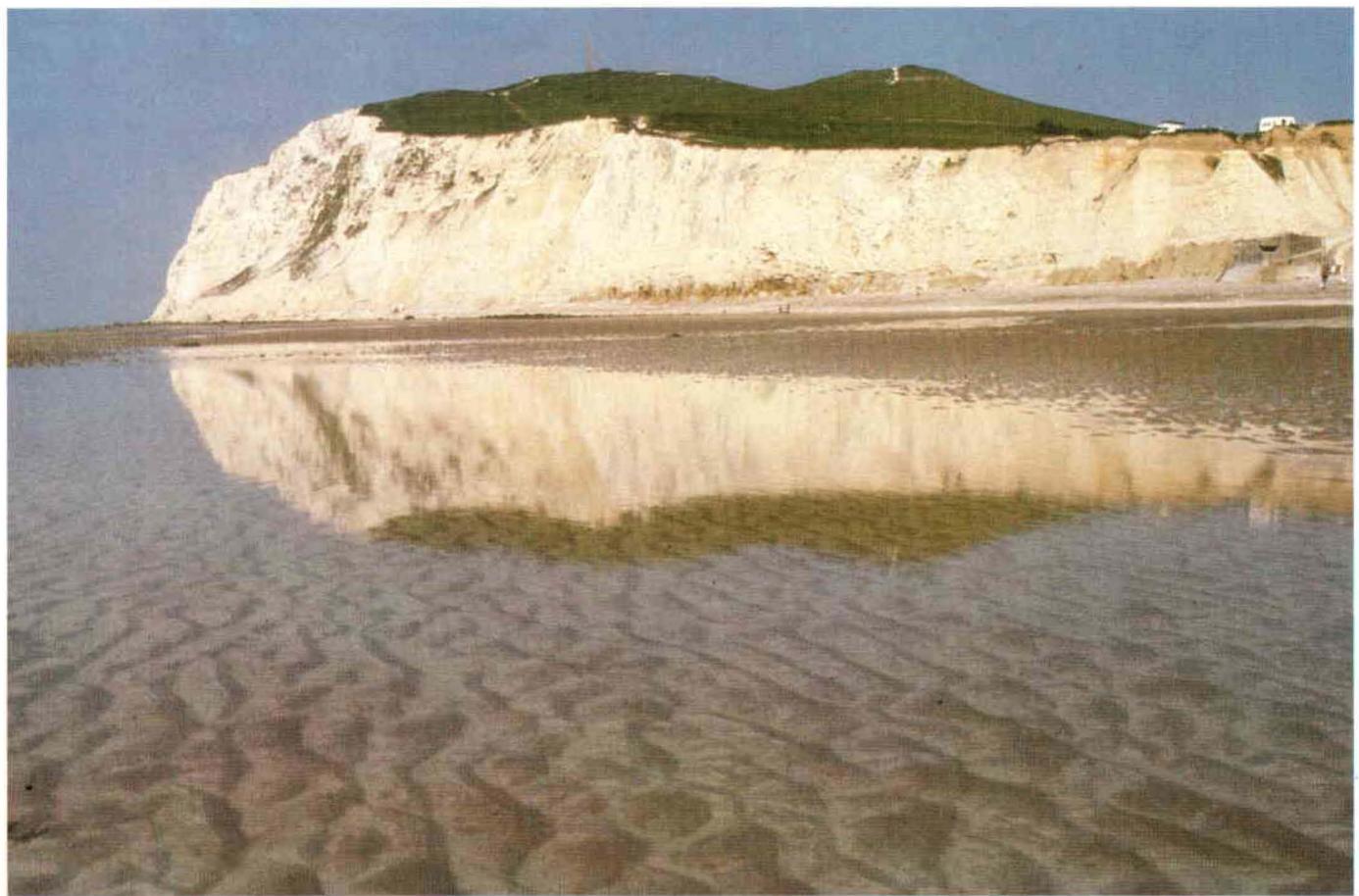


Photo Jean-Luc CORNU

LES CARACTERES GENERAUX DU LITTORAL REGIONAL NORD - PAS DE CALAIS

LE NORD - PAS DE CALAIS

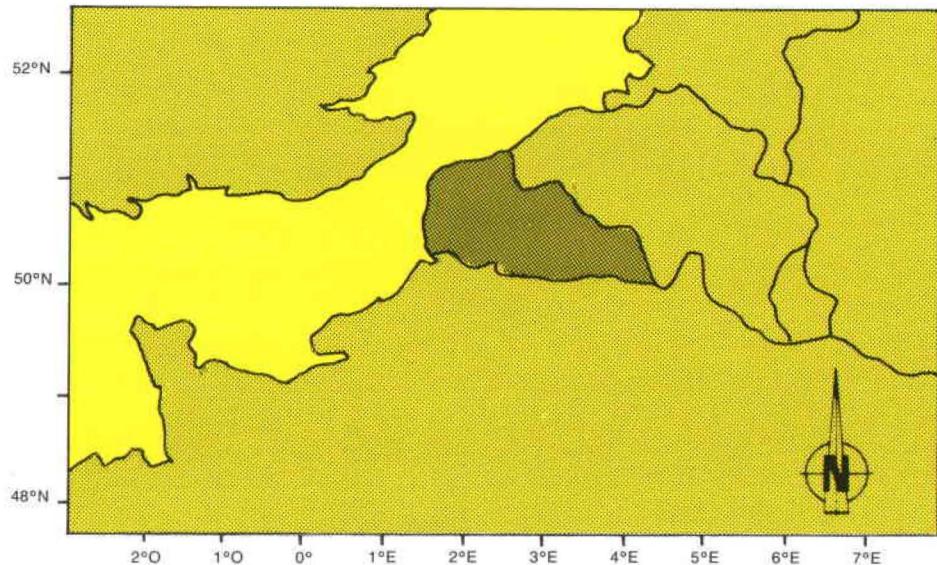


Figure 1 : localisation de la région étudiée.

Zone charnière, enfoncee en coin dans le continent, la région Nord - Pas de Calais occupe une place privilégiée au coeur de l'Europe. Son importante façade maritime se partage en deux segments presque perpendiculaires, l'un d'environ 60 km de long, orienté sud-nord, va de la baie de l'Authie au cap Gris-Nez, l'autre long d'environ 75 km part en ligne quasiment droite de ce cap vers l'est-nord-est jusqu'à la frontière belge.

De longue date les activités liées au littoral s'y sont beaucoup développées. On note en particulier la présence,

- de trois ports importants : Dunkerque, Calais, Boulogne ;

- d'industries variées liées en général à ces tissus urbains :

- métallurgie (Dunkerque, Boulogne)
- chimie (oxyde de titane, fibres synthétiques à Calais)
- conserverie (Boulogne)
- énergie (centrale nucléaire de Gravelines) ;

- de flotilles de pêche artisanale (environ 200 bateaux pour le quartier de Boulogne), et de pêche industrielle (33 bateaux) faisant de Boulogne le premier port français de pêche fraîche (85.000 tonnes de poissons débarquées en 1984),

- d'un espace touristique très développé (politique active de l'Espace Naturel Régional) complété par un transit humain important (Calais et Boulogne sont respectivement pre-

mier et second port français de voyageurs),

- enfin, d'un trafic maritime international intense, source de préoccupations permanentes pour les gestionnaires du littoral.

On présentera ci-après succinctement et le plus précisément possible les caractéristiques essentielles de l'environnement littoral de la région Nord - Pas de Calais. Le cas échéant la Baie de Somme sera incluse, bien que ne faisant pas partie de la Région ; mais il lui correspond une source importante d'apports telluriques* pouvant influencer la qualité des eaux côtières du Nord - Pas de Calais.

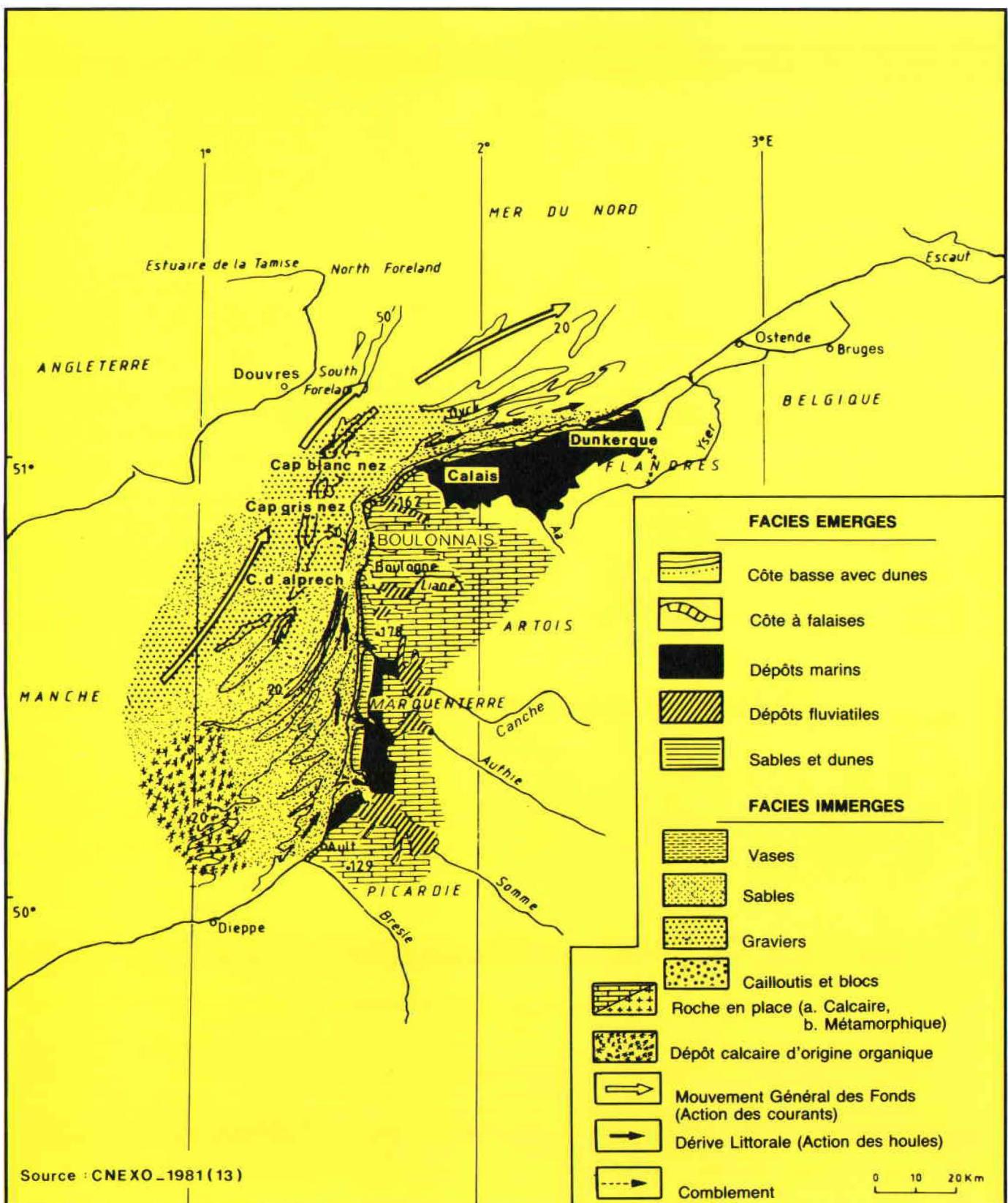


Figure 2 : morphologie littorale.

1 - LE MILIEU NATUREL

Le relief régional est caractérisé par la présence de l'anticlinal* de l'Artois. De chaque côté de ces hauteurs, qui atteignent 200 mètres, descendent les couches crayeuses qui s'enfoncent vers le nord sous les plaines flamandes argileuses et sableuses.

1.1. Morphologie littorale (figure 2)

Le relief de l'Artois induit un découpage du littoral en trois parties, du nord vers le sud :

- la Flandre Maritime constitue la zone littorale des plaines flamandes,
- le Boulonnais est l'aboutissement à la mer du relief de l'Artois,
- le Marquenterre constitue la zone maritime de la plaine picarde.

La Flandre Maritime constitue le rivage méridional de la mer du Nord : c'est une côte basse dunaire (5 à 10 m de hauteur, exceptionnellement 20 m) qui protège les terres de très faible altitude (-2 m par endroit) drainée par un réseau dense de canaux (wateringues) dont les écluses s'ouvrent à basse mer. L'estran* par-

ticulièremment étendu (1 km de large) prolonge la plaine sous la mer par des petits fonds (-10 à -20 m) de sable, de gravier et de débris coquilliers surmontés de bancs de sable fin gris disposés en lanières (DYCK, RATEL, RUYTINGEN, SANDETTIE). Ces bancs, dont on compte jusqu'à six lignes, protègent la côte des houles du large qui se brisent fortement sur eux venant du secteur nord (40 %) à nord ouest et de hauteur* maximale annuelle 5,9 m à Gravelines (27).

Le Boulonnais s'ouvre à l'ouest sur la Manche par une côte à falaises variées constituant le point saillant car relativement résistant de cet ensemble régional. Du nord au sud, on rencontre :

- le cap Blanc-nez, extrémité érodée du bombardement calcaire crétacé d'Artois d'altitude moyenne 150 m,
- le cap Gris-Nez, rebord calcaire nord de la "boutonnière" mélangé à des marnes jurassiques,
- enfin le cap d'Alprech, qui limite au sud le site du port de Boulogne établi à l'embouchure de la rivière Liane.

La pente des fonds diminue en allant du cap Gris-Nez à Boulogne : les profondeurs de -10 m se trouvent respectivement à 500 et 1000 m du rivage.

Le Marquenterre possède une côte basse dunaire remblayée ponctuée des trois estuaires de la Canche, de l'Authie et enfin de la Somme. Les estrans ont 500 m de large en moyenne et les dunes une hauteur de 6 à 10 m.

Les fonds côtiers se caractérisent par la présence de cordons* et sillons* pré-littoraux très développés (riddins) dont le plus septentrional, la Bassure de Baas débute devant Boulogne puis s'écarte progressivement de la côte, remplacé par d'autres cordons qui s'amorcent vers le sud (Battur, Queumer, Bassurelle de Somme). Il faut aller jusqu'à 10 km au large pour trouver des fonds de -10 m et à 20 km ceux de -20 m (pente de 0,1 %). Cette côte est le siège de nombreux remaniements sédimentaires régis par un transit littoral de dérive de sens sud-nord.

1.2. Le climat :

Le climat régional est de type maritime, atténué par la présence de la Grande-Bretagne. Les hauteurs de l'Artois font obstacle aux vents dominants ; ainsi, les masses d'air humide peuvent y abandonner plus de 1000 mm d'eau par an. Cela induit

une répartition de la pluie efficace*, illustrée en figure 3. L'Artois y apparaît comme une réserve d'eau régionale qui alimente la majeure partie des cours d'eau.

La répartition des vents (figure 4) se caractérise par une nette dominance des directions de secteur Ouest

en toutes saisons, avec la présence marquée au printemps de vents de Nord-Est qui peuvent influer sensiblement sur l'hydrologie marine.

Enfin, en raison de la latitude et du régime de précipitation élevé, l'ensoleillement régional est inférieur à la moyenne française.

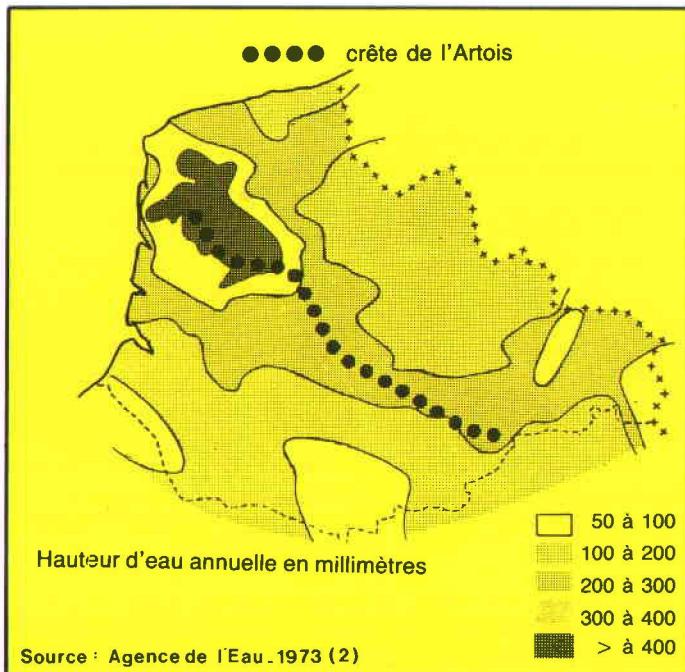


Figure 3 : pluie efficace moyenne (1949-1969).

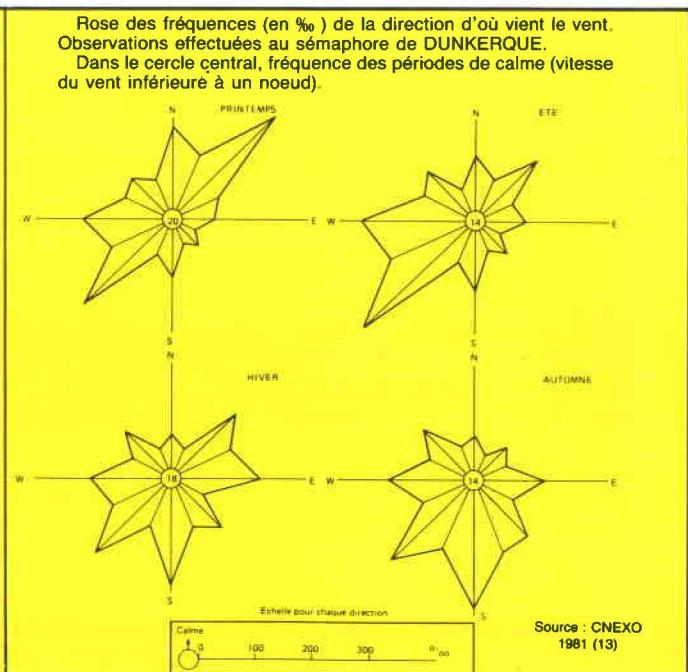


Figure 4 : direction moyenne du vent (1951-1960).

1.3. Les bassins versants*

Le relief de l'Artois détermine une nette bi-partition régionale : au Nord-Est, les rivières drainent la plaine flamande, entraînant les flux vers la Belgique. Au Nord et à l'Ouest, les bassins versants sont en relation avec le littoral régional. La Flandre maritime (I), le Boulonnais (II) et le Marquenterre (III) constituent trois régions hydrologiques.

La FLANDRE MARITIME comprend essentiellement la rivière Aa, avec ses affluents et ses canaux connexes. En raison de la platitude du relief, le régime de ce système de fleuves et de canaux est difficile à définir. Ses relations étroites avec le réseau intérieur, lui-même relié au réseau belge, complique encore la connaissance et le sens des flux. Néanmoins, le réseau centré sur l'Aa

est, pour l'essentiel, en relation avec le littoral : l'Aa se rejette à Gravelines et deux canaux débouchent dans les enceintes portuaires de Calais et de Dunkerque.

Au BOULONNAIS correspondent des rivières de moindre importance en débit : la Liane, le Wimereux, la Slack à proximité du Gris-Nez.

Le MARQUENTERRE rassemble des fleuves au cours parallèle dirigé en droite ligne vers la mer. La Somme, située en région Picardie, intervient sur la qualité des eaux du littoral Nord - Pas de Calais. Son débit estimé équivaut à celui de tous les autres cours d'eau de la région Nord - Pas de Calais. En remontant vers le Nord, on trouve l'Authie puis la Canche.

Quelques valeurs des débits des principaux écoulements sont données

ci-contre à titre indicatif (tableau 1) ; les valeurs des débits spécifiques* traduisent bien la répartition régionale des précipitations présentée au paragraphe précédent. Les débits moyens annuels 1979 - 1984, ont été pondérés par les rapports respectifs des surfaces de bassins versants au niveau des estuaires et au niveau des points de mesure des débits. On obtient ainsi des estimations des débits arrivant au milieu marin. Ceux-ci sont reportés à la figure 5. A cet égard, il convient de noter l'inexistence de telles données pour quantifier les apports d'eau douce au niveau de Calais et de Dunkerque. Toutefois, des travaux référencés en bibliographie mentionnent des ordres de grandeur des débits arrivant au milieu marin pour ces deux sites, mais ces données sont insuffisantes pour que nous soyons en mesure de fournir des estimations (11 et 37).

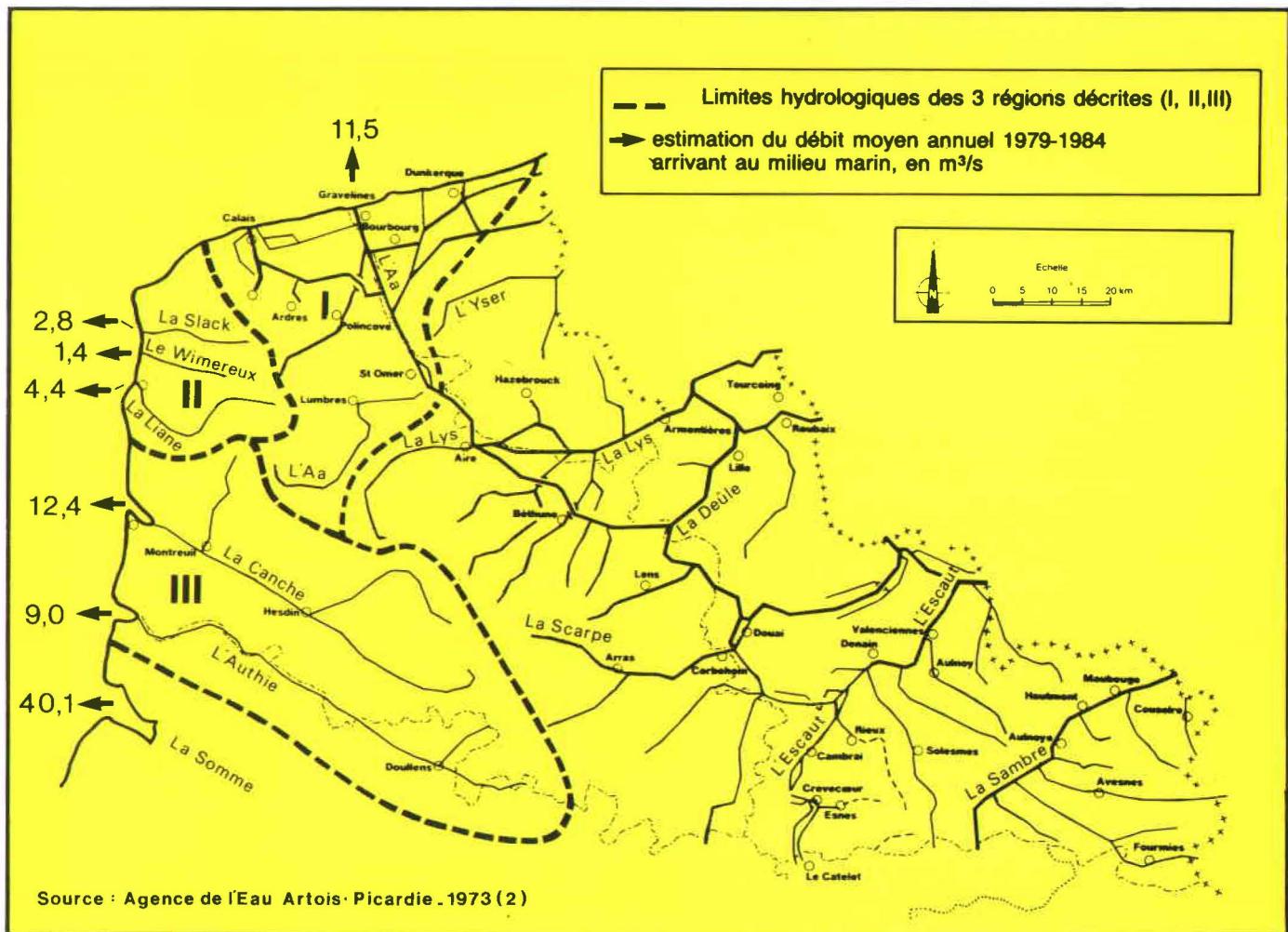


Figure 5 : le réseau hydrographique régional.

COURS D'EAU	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Moyenne 1979-1984	Ecart-type 1979-1984	Débit moyen spécifique 1979-1984 en m ³ /s km
	en m ³ / s								
Aa à Wizernes (S : 392 km ²)	4,9	6,7	6,5	5,1	5,7	4,7	5,6	0,8	14
Liane à Hesdigneul (S : 196 km ²)	3,8	3,7	4,4	3,2	3,0	2,9	3,5	0,6	18
Canche à Brimeux (S : 894 km ²)	11,4	13,5	15,1	13,5	14,4	12,1	13,3	1,4	15
Authie à Dompierre (S : 725 km ²)	8,0	9,1	9,1	9,0	10,3	8,4*	9,0	0,8	12
Somme à Abbeville (S : 5.560 km ²)	30,5	33,6	46,1	46,4	45,3	38,7	40,1	6,9	7

* débit estimé à partir des rapports des débits de l'Authie, d'une part et de la Canche et la Somme d'autre part, sur la période 1979-1983

(données du Service Hydrologique Centralisateur)

Tableau 1 : débits moyens annuels.

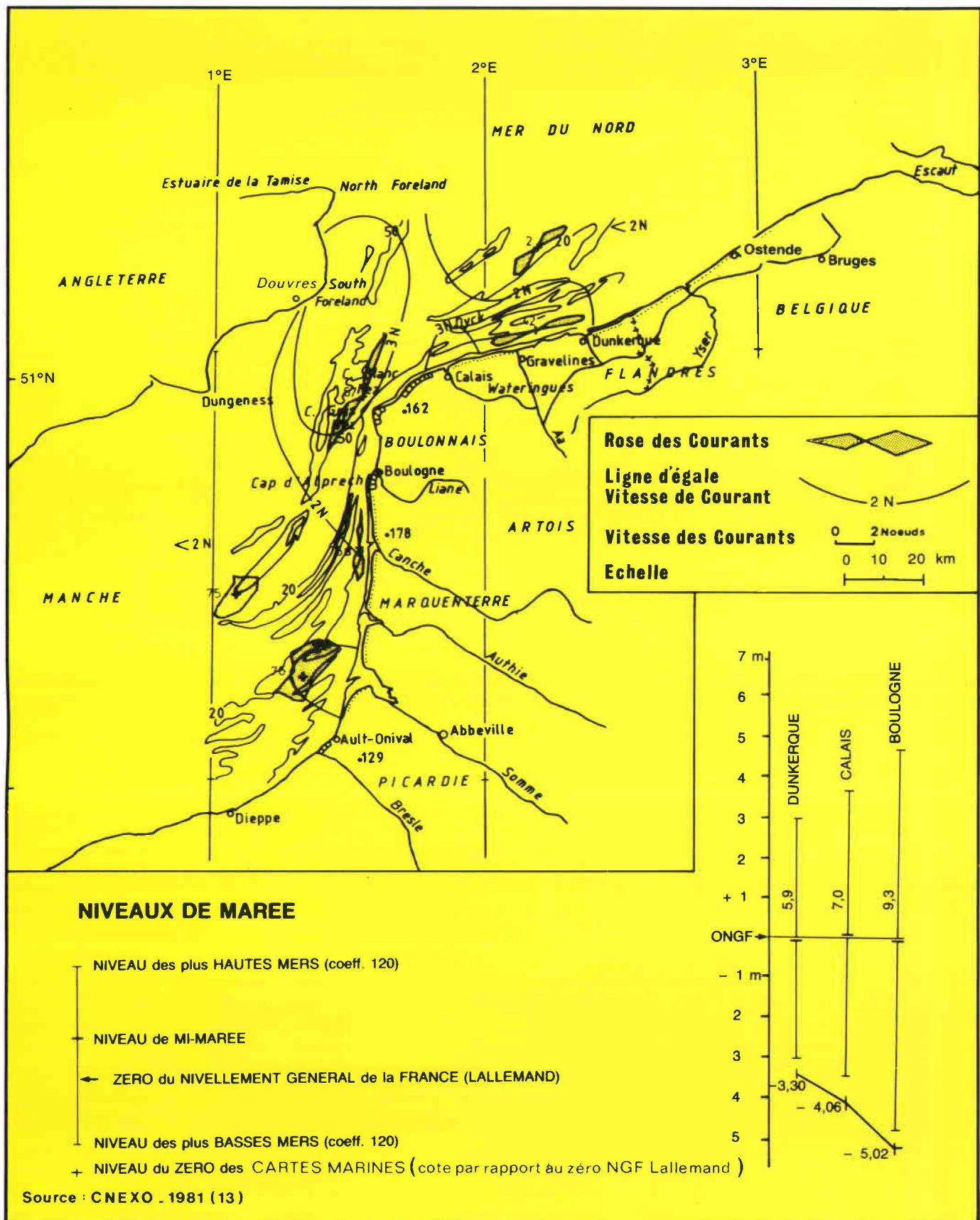


Figure 6 : Conditions de marée sur le littoral : marnage, vitesse et direction des courants de marée.

1.4. Hydrodynamique côtière (figure 6)

L'hydrodynamique résulte des différents facteurs que sont la marée*, les courants, la houle* et les vents. C'est une notion fondamentale dans la compréhension de l'environnement littoral puisqu'elle détermine à la fois le transfert des masses d'eau et des flux associés qu'ils soient en suspension ou en solution.

LA MAREE :

Sur les côtes de la Manche, le marnage* des plus fortes marées dépasse presque partout 8 m. Cette variation de niveau se produit, d'une part suivant un cycle bi-journalier et d'autre part, suivant un cycle bimensuel (morte-eau* et vive-eau*).

Schématiquement, l'onde de marée se propage en Manche d'Ouest en Est. Il en résulte un retard de 1h.20 de la pleine mer à Dunkerque par rapport à Dieppe.

LES COURANTS :

D'une manière générale, l'intensité des courants augmente vers le Pas de Calais en raison du rétrécissement de la Manche au niveau du cap Gris-Nez, mais les caractéristiques des courants peuvent varier localement en fonction de la morphologie littorale (présence de bancs, caps, aménagements côtiers,...).

D'autre part, on observe en moyenne une dérive de masses d'eau

vers l'Est qui atteint 2,7 milles par jour (26). Mais, il faut cependant remarquer que des conditions météorologiques particulières peuvent induire des dérives de la même importance vers l'Est ou vers l'Ouest.

LES COURANTS DE MAREE (38) :

a - EN FLANDRES sur les bancs du large, le courant tourne légèrement en sens inverse des aiguilles d'une montre. Près de la côte, les courants sont sensiblement alternatifs en suivant la direction des chenaux principaux (voir figure 6, station 42).

b - IMMEDIATEMENT A L'OUEST DU MERIDIEN DU CAP BLANC-NEZ, le courant du large est pratiquement alternatif. Assez loin des bancs, le flot* portant au Nord-Est et le jusant* au Sud-Ouest sont sensiblement de même durée, mais leur vitesse est généralement plus grande qu'en Flandres et peut dépasser 3 noeuds*. A la côte, les courants sont alternatifs Est/Nord-Est Ouest/Sud-Ouest, leur intensité augmente en allant vers l'Ouest (voir figure 6, station 67).

c - AU SUD DU CAP GRIS-NEZ - Près de la côte, les courants sont à peu près alternatifs. Assez loin des indentations de la côte et de la saillie constituée par les digues de Boulogne, le flot porte au Nord, le jusant au Sud. Les plus grandes vitesses sont de l'ordre de 3 noeuds à 3,5 noeuds en vive-eau moyenne, en flot comme en jusant.

d - DU SUD DU CAP D'ALPRECH AU BOURG D'AULT

• AU LARGE dans cette zone, les courants de marée tournent en sens inverse des aiguilles d'une montre, légèrement tournants au Nord et au Centre de la zone, ils deviennent franchement giratoires, notamment à 10 milles à l'Ouest de la baie de Somme (voir figure 6, station 75). Ils sont notablement plus faibles qu'au Nord du cap d'Alprech.

• A LA COTE devant la partie de côte orientée Nord-Sud, les courants sont sensiblement alternatifs (voir figure 6, station 76B) ; devant l'embouchure de la Somme, les courants sont franchement tournants en sens inverse des aiguilles d'une montre et semblent présenter un maximum d'intensité à l'ouvert même de l'embouchure, où le flot atteint environ 2,4 noeuds en direction Nord-Est et le jusant 1,9 noeud en direction Sud-Ouest (voir figure 6, station 76). Les courants s'affaiblissent vers Ault.

EN RESUME, le mouvement général d'une molécule d'eau est donc une oscillation dissymétrique de part et d'autre d'un point se déplaçant progressivement vers le Nord-Est. La morphologie du fond peut être à l'origine de certaines variations dans la direction des courants. Les chenaux parallèles à la côte sont en communication entre eux, ce qui peut occasionner des mouvements différents de ceux des courants précédents. En outre, il faut tenir compte de l'action des vents et d'autres conditions météorologiques particulières peuvent être à l'origine de l'inversion momentanée du sens de la dérive.

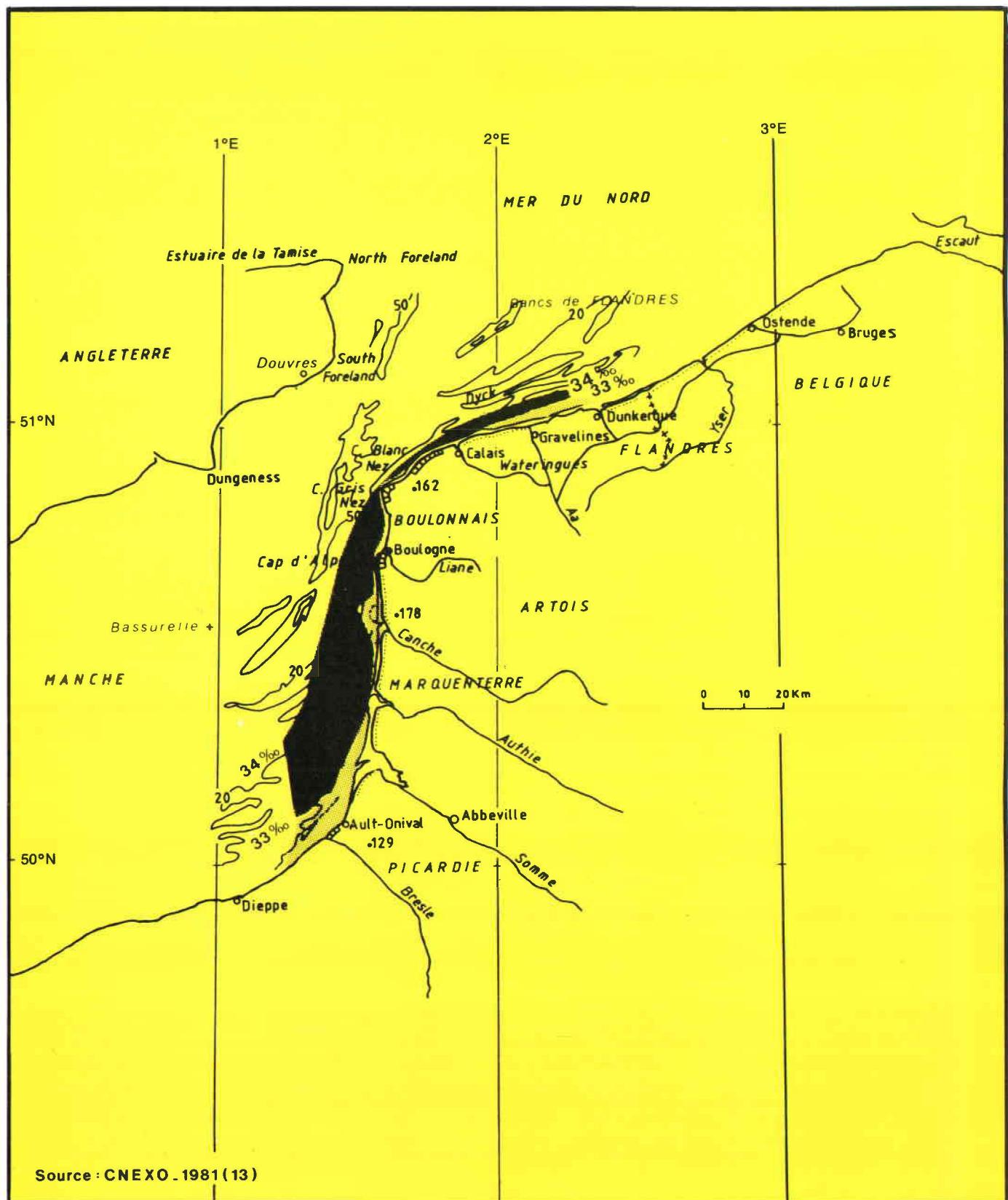


Figure 7 : Hydrologie des eaux marines. Salinités en période de crue fluviale (1975).

1.5. Hydrologie des eaux marines (figure 7)

La région étudiée se caractérise par un transit intense et incessant des eaux. De ce fait, bien que l'influence tellurique globale soit sensible à proximité immédiate de la côte, il s'avère difficile d'attribuer une origine précise aux fluctuations très rapides des paramètres hydrologiques que l'on constate habituellement dans ces zones.

DANS LA PARTIE CENTRALE DE LA MER DU NORD (DOUGHER), les températures de surface varient annuellement de 4° C (minimum de janvier) à 18° C (maximum d'août), la salinité* moyenne de 35,10‰ dans cette zone s'abaisse vers le Sud jusqu'à 34,50‰ à proximité des bancs de Flandres, mais plus rapidement vers l'Est (PAYS BAS et BELGIQUE) où elle est partout inférieure à 34,00‰ (35).

LES EAUX COTIERES comprises entre les bancs et le rivage dans des fonds de - 5 m à - 20 m, se caractérisent par une plus faible inertie que les eaux du large qui les rend plus sensibles aux variations des conditions climatiques (température de l'air, vent, précipitations et apports d'eau douce). Outre cet asservissement cli-

matique normal, les salinités locales sont soumises à des fluctuations anormales particulièrement rapides dues au passage "en transit" de lentilles d'eaux estuariennes étrangères à la zone, avant que leur dilution parfaite ne se réalise (YSER, ESCAUT, SOMME).

Citons le cas particulier de la Flandre maritime (région de Dunkerque), où les études de surveillance de la qualité de l'eau (RNO et surveillance du rejet de la centrale nucléaire de Gravelines) ont montré à certaines périodes le séjour de masses d'eau dessalées vraisemblablement issues de l'estuaire de l'Escaut, lors de conditions climatiques particulières (régime durable de vent de Nord-Est).

Pour les 3 secteurs géographiques identifiés précédemment, les caractéristiques hydrologiques sont les suivantes :

a - EN FLANDRES, l'amplitude de variation des paramètres température et salinité augmente en se rapprochant du rivage. Les températures se répartissent en bandes régulières parallèles à la côte avec une faible différence surface-fond (0,1° C). Le gradient côte-large des salinités est plus net que celui des températures mais la différence entre la surface et

le fond reste de l'ordre de 0,06 ‰ à 0,09 ‰. La salinité moyenne pour la période 1975-1984 a été de 33,80‰ devant Dunkerque.

b - EN BOULONNAIS, en raison de la faible largeur du PAS-DE-CALAIS, les lignes de courant se resserrent et l'eau présente des caractéristiques du large à faible distance de la côte.

c - EN MARQUENTERRE, les eaux des rivières prennent une importance croissante en allant vers le sud :

- en été, une masse d'eau réchauffée d'environ 1° C par rapport aux eaux des fonds de - 15 m, s'étend le long du rivage de part et d'autre de l'estuaire de la CANCHE, la salinité peut alors descendre à 30,00‰ (DESAUNAY 1973 dans (13)) sur les fonds de - 10 m devant l'estuaire, bien que habituellement ce soit la position de l'isohaline* 34,00‰ ;

- les eaux de la bande - 10 m à - 15 m ont une salinité de 34,40‰ pour 35,00‰ à BASSURELLE :

- en hiver, sur les fonds de - 10 m, de 34,10‰ au cap GRIS-NEZ, la salinité s'abaisse à 33,00‰ au nord de la CANCHE et à 32,40‰ au sud de la SOMME. Des valeurs comparables peuvent d'ailleurs être observées en été.

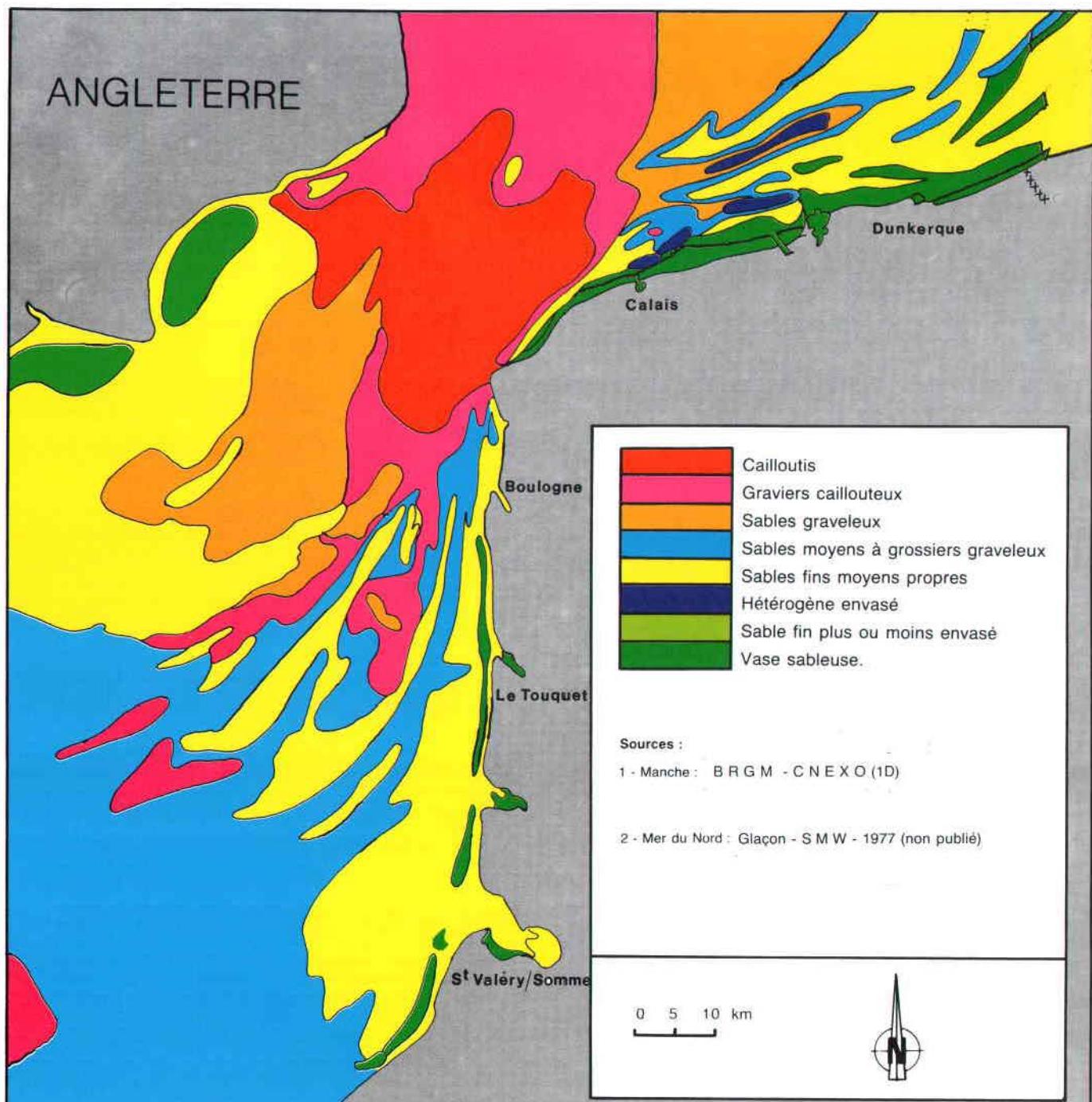


Figure 8 : Nature des sédiments superficiels.

1.6. Sédimentologie

1.6.1. La dynamique sédimentaire

Dans les fonds au-delà de - 8 m, l'action des courants est prédominante sur l'action des houles. Or, en règle générale, dans le secteur étudié, les vitesses de flot sont supérieures à celles du jusant. Il en résulte que, dans ces fonds les transports prédominants se font vers le Nord dans la Manche et l'Est dans la Mer du Nord.

De la côte à - 8 m, ce sont les actions des houles qui sont les plus importantes. Compte tenu de l'orientation du littoral et des houles (dans le Pas-de-Calais, le secteur dominant des houles est Sud-Ouest à Nord), les transports résultants se font vers le Nord ou l'Est.

On constate donc globalement un transfert des sédiments de la Manche vers la Mer du Nord, dans la région Nord - Pas de Calais.

Un autre aspect important de ces mouvements sédimentaires concerne l'évolution des estuaires et de tous les lieux semi-fermés (rades portuaires,

avant-ports...) où l'action de la marée se fait pleinement ressentir (alternance des remplissages et des vidanges de ces espaces), mais où la turbulence de l'eau est nettement amoindrie grâce aux protections naturelles (estuaires) ou artificielles (ouvrages portuaires). Il s'en suit une sédimentation importante dans ces zones que l'on peut définir comme des pièges à sédiments d'origine marine auxquels se joignent les apports telluriques, éventuellement chargés en polluants spécifiques à chacun des sites. Les opérations de dragage des sédiments portuaires ont pour objet de lutter contre ce phénomène.

1.6.2. Les fonds marins

L'hydrodynamique conditionne la sédimentologie des fonds et du littoral : en fonction de l'intensité des courants se définissent des zones d'érosion et de sédimentation sélective avec des gradients* granulométriques* nettement perceptibles.

Là où s'observent des courants forts, on trouve des sédiments grossiers (cailloutis, graviers). Aux zones

de courant plus faibles correspondent des sédiments plus fins (sables à sables vaseux) : la carte sédimentaire (figure 8) témoigne de l'hydrodynamique locale.

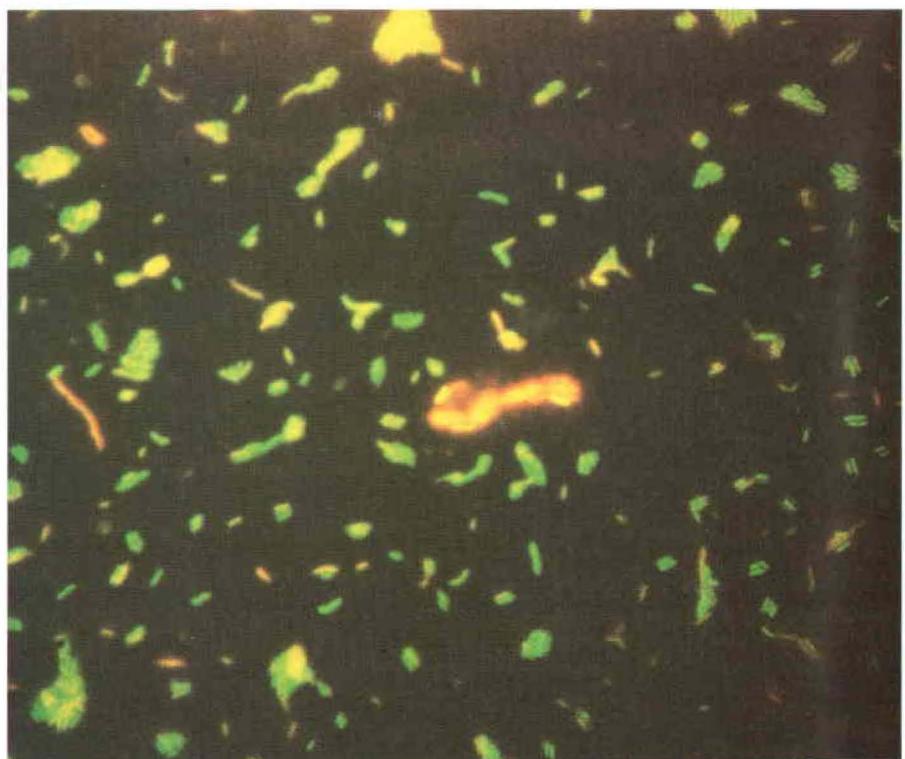
L'intensification du courant liée au rétrécissement du détroit d'une part, et la plus grande force du courant du côté français en raison de la force de Coriolis* d'autre part, font que les cailloutis et les graviers sont en majeure partie situés au niveau du détroit lui-même, avec une prépondérance du côté français. Les sables et sables vaseux se situent surtout à proximité du littoral côté français, et sont beaucoup plus étendus côté anglais, au sud du détroit, où les sables vaseux tapissent les larges baies. Cet aspect sédimentaire des fonds marins est d'importance, car il détermine la nature des peuplements benthiques*, d'où indirectement les potentialités halieutiques* démersales*. Il détermine aussi les possibilités d'exploitation de telle ou telle classe de granulats. Par ailleurs, il participe aux processus de transfert ou d'accumulation liés à des fractions fines*, pour lesquelles certains polluants ont une affinité démontrée.

1.7. Le milieu vivant

En relation avec les composantes physiques et chimiques de l'environnement littoral, le milieu vivant constitue une composante d'une très grande complexité. Sur le site de Gravelines, on a été amené à quantifier un nombre élevé d'espèces dont les ordres de grandeur sont donnés ci-dessous à titre d'exemple :

- phytoplancton* : 200
- zooplancton* : 100
- phytobenthos* : 20
- zoobenthos* : 250

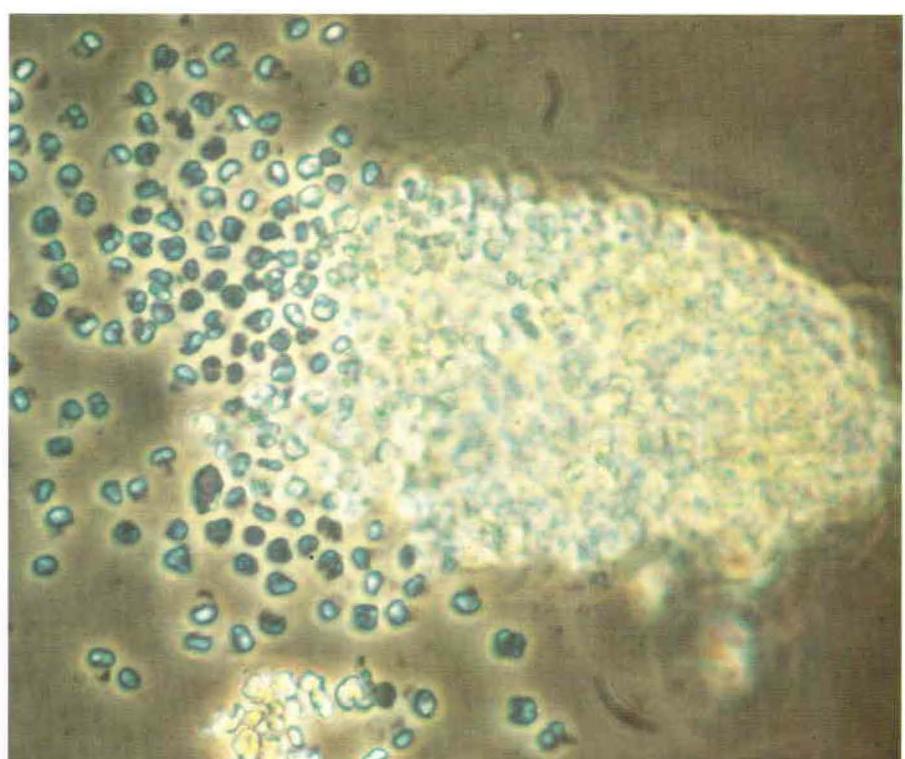
soit au total environ 570 espèces auxquelles il conviendrait d'ajouter les bactéries*, la méiofaune* et bien sûr les animaux nageurs tels que poissons et céphalopodes*. Selon leurs caractéristiques biologiques, ces espèces se succèdent ou se partagent l'habitat naturel en fonction de rythmes saisonniers souvent marqués d'où une réelle difficulté à présenter simplement l'écosystème côtier. On en retiendra donc seulement quelques illustrations significatives de l'environnement marin littoral.



Photographie 1 : bactéries observées par microscopie en épifluorescence. Echantillon d'eau côtière prélevé à Gravelines.
(Cliché : Institut Pasteur de Lille)

1.7.1. Microbiologie

Les bactéries sont essentielles pour l'équilibre de l'écosystème : ce sont elles qui assurent la biodégradation ultime des substances organiques autochtones (excrétions) et apportées (polluantes), en les transformant d'une part en CO₂ (nécessaire à la vie des algues) et d'autre part en particules bactériennes (servant à la nutrition de protozoaires, vers, mollusques et diverses larves d'animaux marins). S'y ajoutent des bactéries terrestres (polluantes) dont la survie, et éventuellement le pouvoir infectieux, atteint quelques heures, quelques jours, voire quelques semaines. Qu'elles soient marines ou apportées, une partie des bactéries est fixée aux matières en suspension et peut donc sédimentier avec elles lorsque les conditions le permettent. On peut donc observer des accumulations de microorganismes* au niveau du sédiment par temps calme dans les zones abritées, et des remises en suspension accompagnées de redispersion, par mer agitée.



Photographie 2 : colonie de *Phaeocystis* libérant des milliers de spores flagelées (Cliché : H. GROSSEL - IFREMER).

1.7.2. Phytoplancton

En l'état actuel, ce compartiment ne pose pas de problème majeur, au niveau régional. Certains faits ou remarques sont cependant à formuler :

- Alors que le littoral français (Bretagne et Normandie surtout) est depuis quelque temps touché en été par des proliférations d'espèces planctoniques toxiques (par exemple de type Dinoflagellés*), il ne semble pas que la région Nord - Pas de Calais soit concernées par ce phénomène dont l'extension actuelle en France s'arrête, vers le Nord, à la baie de Somme.

- On peut cependant noter, en été, des phénomènes d'eaux colorées* par des conditions localisées de mer calme et de stratification thermique, dus à de très fortes concentrations de *Noctiluca scintillans* (noctiluques) en surface (phénomène observé en juillet 1985 entre Calais et Dunkerque).

- Presque à chaque printemps, l'eau est quasiment envahie par une algue nanoplanctonique*, *Phaeocystis pouchetti*, dont la forme coloniale rend l'eau gluante, odorante et de couleur brune. On peut dénombrer jusqu'à plus de cent millions de cellules flagellées par litre d'eau de mer. Ce phénomène d'eau colorée, sans effet toxique à proprement parler, gène les

activités de pêche côtière et semble influer sur le comportement de certains poissons (poissons filtreurs, harengs en particulier). A cette période, on observe une abondante écume à la côte, issue de ce phénomène.

Exceptés ces deux exemples, le phytoplancton est essentiellement formé de Diatomées* dont les multiples espèces présentent des pics d'abondance successifs (voir la figure 9). Jusqu'à présent, l'hypothèse d'un éventuel enrichissement du milieu en éléments nutritifs, favorisant l'abondance du phytoplancton, n'a pas été confirmée.



Photographie 3 : à la fin de la pullulation de **Phaeocystis**, une tempête provoque une abondante écume à la côte. Observation de juin 1980 à Wimereux.
(Cliché : R. GLAÇON - Station Marine de Wimereux).

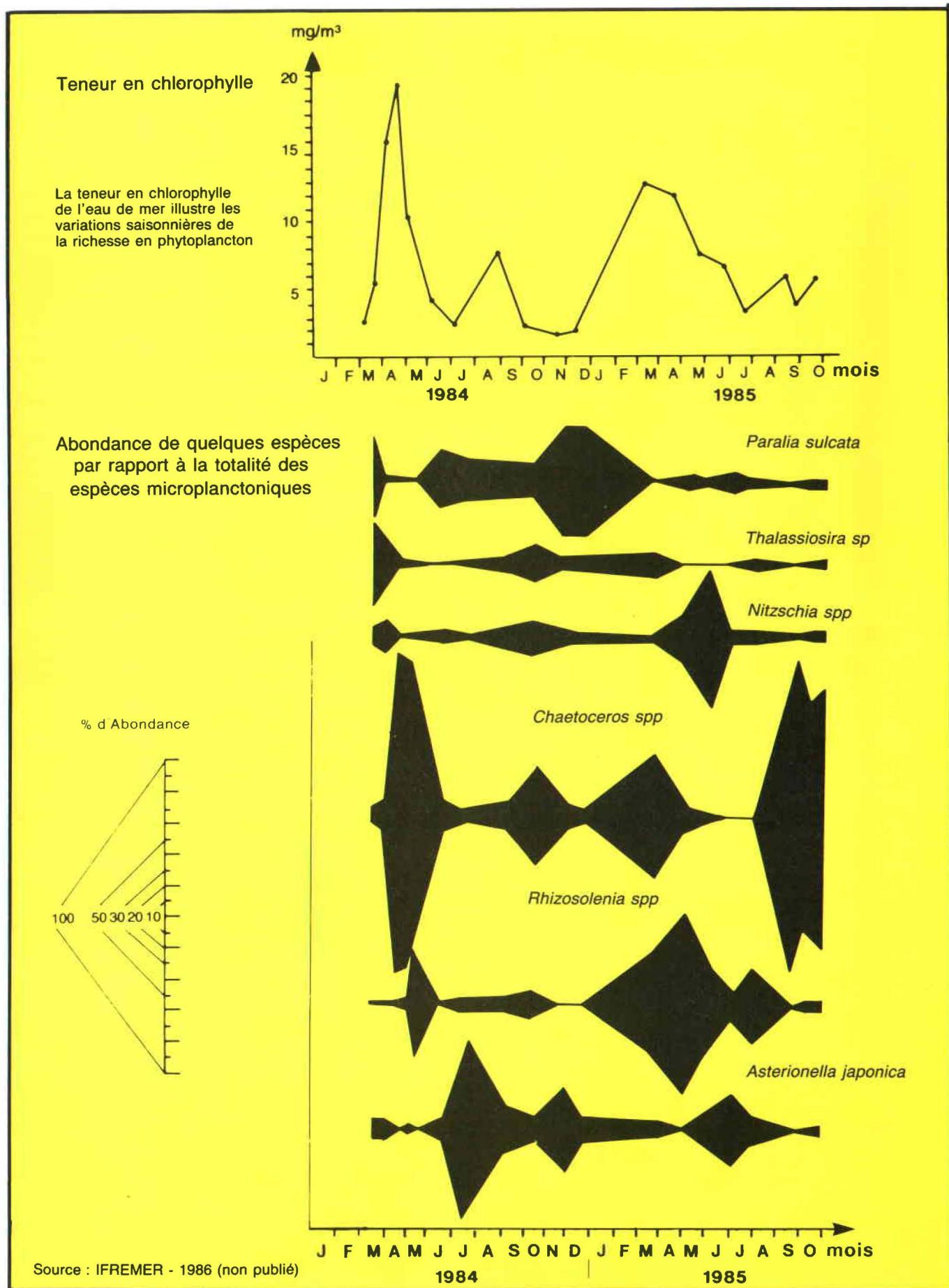


Figure 9 : Evolution des teneurs en chlorophylle de l'eau de mer devant Gravelines (1984-1985) et succession de quelques espèces ou groupes d'espèces de Diatomées.

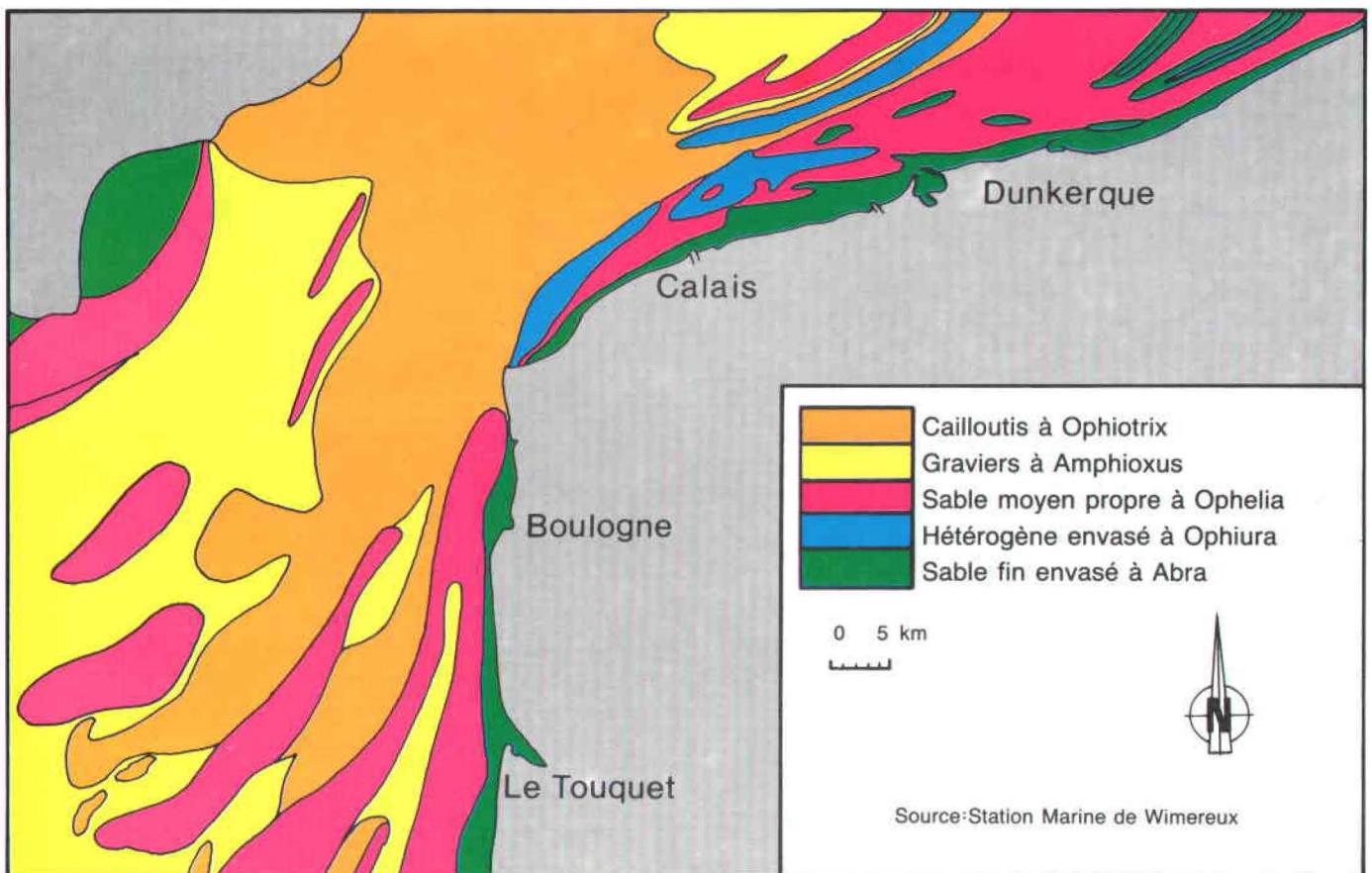


Figure 10 : Carte bio-sédimentaire régionale.

1.7.3. Benthos*

1.7.3.1. Algues benthiques

Par rapport à d'autres régions où la prolifération de certaines espèces d'algues (Sargasses, Ulves, Enteromorphes...) prend un caractère préoccupant, la région Nord-Pas de Calais n'est concernée qu'à un moindre niveau. Certes, les Sargasses se sont installées sur le littoral, mais les usagers n'ont pas fait état d'inquiétude à ce sujet : il semble que la nature des substrats et l'hydrodynamisme, s'ils autorisent l'implantation de cette espèce, ne favorisent pas sa poussée en masse. Par contre, les Ulves et les Enteromorphes colonisent actuellement, en certaines périodes

(printemps-été) des zones de l'estran où on ne les voyait pas, ou peu, auparavant. Citons à ce propos le cas de la Baie de Somme où le déblaiement d'algues par des engins mécaniques fut nécessaire en été 1983 (16). Sans être préoccupant en région Nord - Pas de Calais, cet état peut aller jusqu'à une certaine gêne, comme l'occupation des filières expérimentales de captage de naissain* de moules par exemples.

1.7.3.2. Zoobenthos

La carte bio-sédimentaire (figure 10) associe aux données schématisées dans la carte sédimentaire (figure 8) les cortèges d'espèces benthiques liées

aux sédiments. Ceux-ci sont marqués par des espèces types qui déterminent des faciès* particuliers, dans lesquels on retrouve les composantes du classement granulométrique.

C'est ainsi que l'on observe les faciès :

- de cailloutis à *Ophiotrix fragilis*
- de graviers à *Amphioxus*
- de sables moyens propres à *Ophelia borealis*
- de l'hétérogène envasé à *Ophiura texturata*
- de sable fin envasé à *Abra alba* ce dernier, strictement littoral dans la région, est celui où l'on retrouvera, avec l'accumulation des particules fines, les plus fortes présomptions de concentration de polluants.

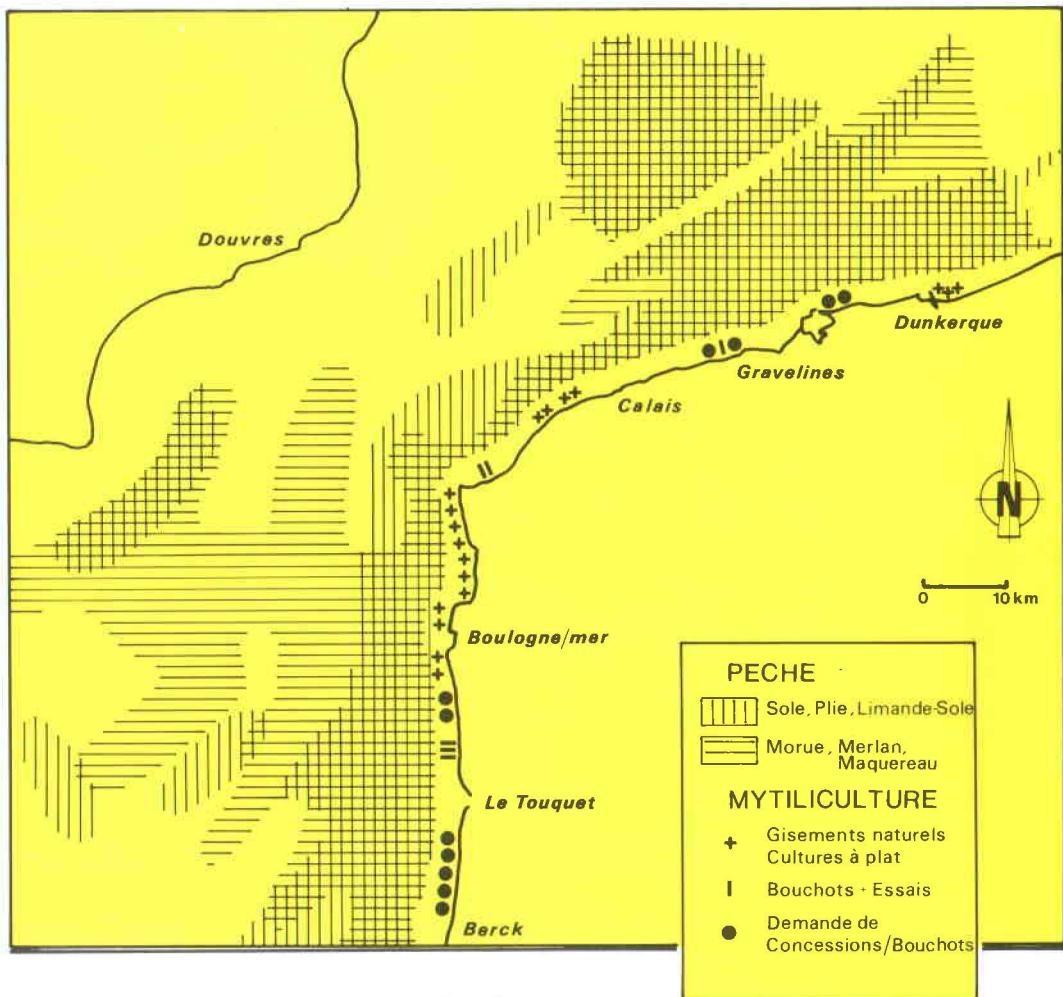


Figure 11 : pêche et mytiliculture (situation 1985).

1.7.4. Ressources exploitées

1.7.4.1. La pêche

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).

En 1982, cette flottille a mis à terre une production de 32000 tonnes pour une valeur de 160 millions de francs. Cette production se ventilait de la façon suivante :

- 84 % de poissons,
- 15 % de coquillages,
- 1 % de crustacés.

On peut établir une zonation de l'activité de pêche sur le littoral (voir figure 11).

- **la bande de trois-quatre milles*** qui est le siège, non seulement de la phase déterminante du recrutement* des jeunes poissons plats (sole, plie et limande), mais également d'une activité de pêche très intense. A celle des poissons plats s'ajoute la pêche crevetière (à Dunkerque, Grand-Fort et Etaples-Berck), de même que celle du bar et du homard.

- **de trois à dix milles environ**, l'activité ne concerne que les moyens et gros navires. Elle y est plus diffuse et davantage dirigée vers les poissons ronds et les pélagiques*, morue, merlan, maquereau auxquels il convient d'ajouter les crabes.

- **au-delà des dix milles**, seuls les plus gros navires recherchent également les poissons ronds et pélagiques, mais

aussi la coquille Saint-Jacques sur la façade ouest.

Enfin, les frayères* et les nourriceries* connues sont très côteières pour les poissons plats et la crevette grise, et sont plus éloignées et plus diffuses pour les autres poissons.

La zone côtière apparaît donc d'une importance primordiale en tant qu'habitat, permanent ou temporaire, de nombreuses espèces exploitées. En certains endroits, des poissons nécrosés* ont été collectés en quantité non négligeable (1 % du poids total de la pêche sur un échantillonnage en 1981-82) : c'est le cas du littoral de Calais-Dunkerque, mais ce phénomène, qui concerne surtout les poissons benthiques (flet, limande, carrelet...) ainsi que quelques poissons démersaux (morue), n'a pas été observé dans la zone côtière du Boulogneais, ni du Marquenterre (33).

1.7.4.2. La conchyliculture*

La conchyliculture est en tout premier lieu dépendante de la qualité microbiologique des eaux côtières. La production se situe essentiellement dans le département du Pas de Calais et au nord de l'estuaire de la Somme.

Le Boulonnais rassemble de nombreux gisements et parcs de moules à plat, répartis sur les zones rocheuses. En baie de Wissant, et au sud, à Dannes, commence la culture des moules sur bouchots*.

Il existe également quelques bancs

de coques, plus ou moins exploités au niveau des estuaires du Marquenterre (Somme, Canche, Authie) et à Dunkerque-ouest.

La figure 11 situe les principales zones de production.

1.8. CONCLUSION

La Flandre Maritime, le Boulonnais et le Marquenterre bordent une eau marine que la dérive Nord-Atlantique déplace en moyenne vers la Mer du Nord. Cette dynamique globale, associée au va-et-vient incessant des courants de marée, est la caractéristique essentielle du milieu marin côtier de la région Nord - Pas de Calais.

D'une façon générale, on observe des gradients côte-large marqués. Du fait de la proximité du continent et des faibles fonds, les eaux côtières

présentent une moindre inertie thermique. De plus, elles sont le réceptacle immédiat de tous les apports telluriques. C'est donc à la côte que les dessalures se font le plus sentir, avec des enrichissements en matières organiques, minérales, et en polluants divers. C'est là aussi que les matières en suspensions sont en permanence remaniées sous l'effet des courants et de la houle, augmentant la turbidité* de l'eau.

Cette eau côtière est très productive. Sa richesse en sels nutritifs expli-

que qu'au terme des chaînes alimentaires se retrouve une production biologique intense, exploitée par l'homme. La présence de frayères et de zones de nourricerie de poissons, la frange côtière activement exploitée par la pêche, ainsi qu'en certaines zones par la conchyliculture, en témoignent abondamment. Cette référence suffirait à elle seule à justifier l'intérêt de la sauvegarde de la qualité de cette zone littorale. Mais les pages suivantes qui présentent succinctement le milieu humain développeront des arguments complémentaires allant dans ce sens.



Photo Jean-Luc CORNU

2 - LE MILIEU HUMAIN

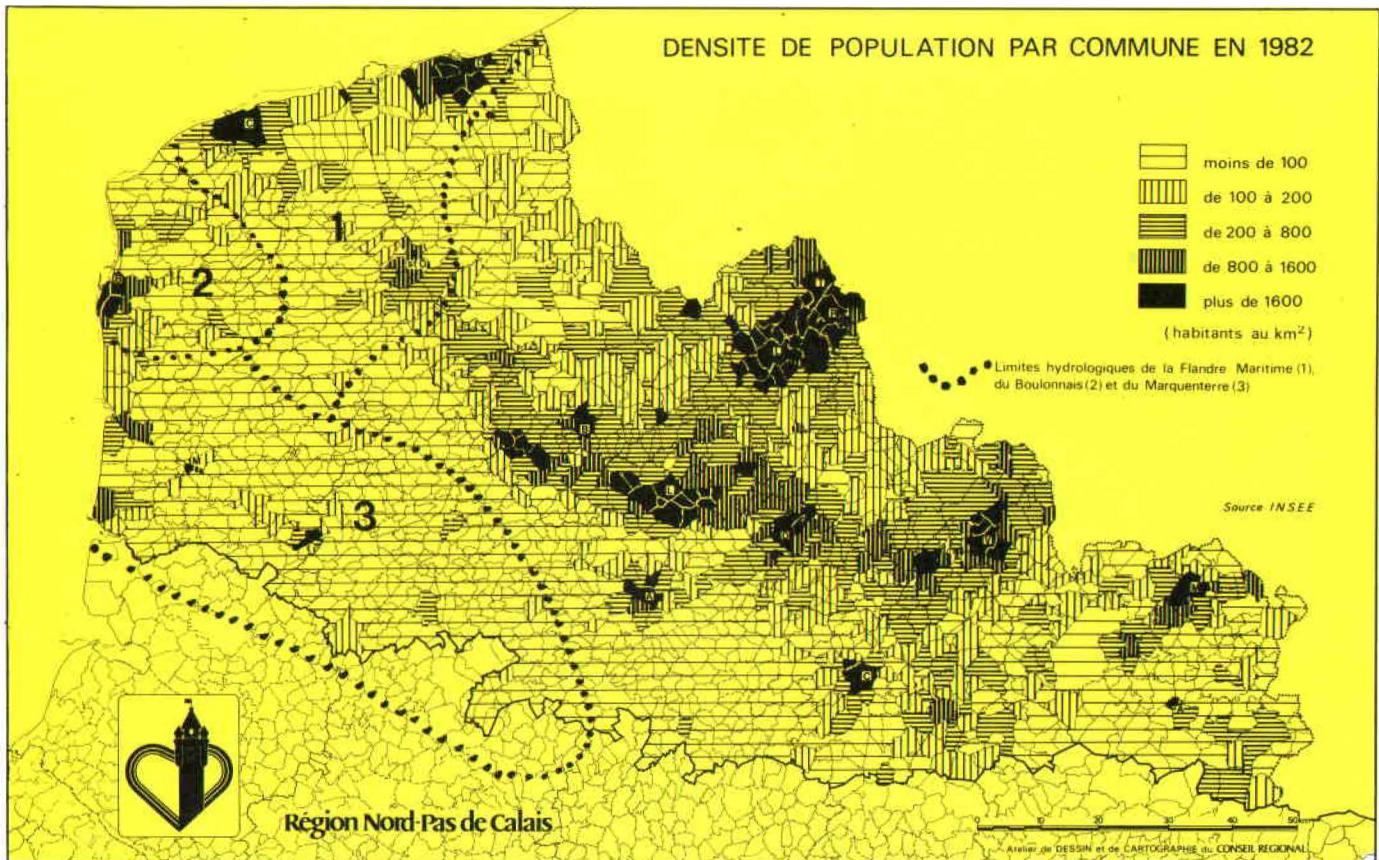


Figure 12 : Région Nord - Pas de Calais - Densité de population communale en 1982.

2.1. Population régionale

La région Nord - Pas de Calais est occupée par une population à forte densité. Au dernier recensement, en 1982, elle s'élève à plus de 3.930.000 habitants, pour une superficie de 12.451 km².

La densité de population est donc de 316 habitants au km², ce qui, malgré une faible surface, place le Nord - Pas de Calais en quatrième position des régions françaises pour la population totale. Cette situation contraste sensiblement avec celle des régions voisines : Picardie (81 hab./km²) et Champagne (50 hab./km²).

Les deux départements régionaux présentent une différence de densité significative : celle du Pas-de-Calais est de 210 hab./km², celle du Nord de 438 (densité voisine de celles des provinces belges et néerlandaises). Cette différence est liée aux caractéristiques géomorphologiques* régionales, comme l'illustre la carte de densité communale (figure 12). Ainsi, on constate que les régions drainées par les bassins versants littoraux présentent les densités de population les plus faibles. On note cependant trois grands foyers urbains totalisant 290.000 habitants (Boulogne, Calais, Dunkerque) sur les 425.000 résidant sur le littoral de la baie de Somme à la frontière belge.

Le littoral est en outre occupé par des communes bordières dont les rejets peuvent affecter directement le milieu marin local. Une soixantaine de communes se partagent ainsi le littoral, de la baie de Somme à la frontière belge.

Population côtière et touristique

La vocation touristique du littoral nord de la France apparaît dans la carte des populations communales (figure 13). L'ensemble de cette population littorale (de la baie de Somme à la frontière belge) passe de 425.000 habitants en période hivernale à plus de 700.000 en période estivale, ce qui

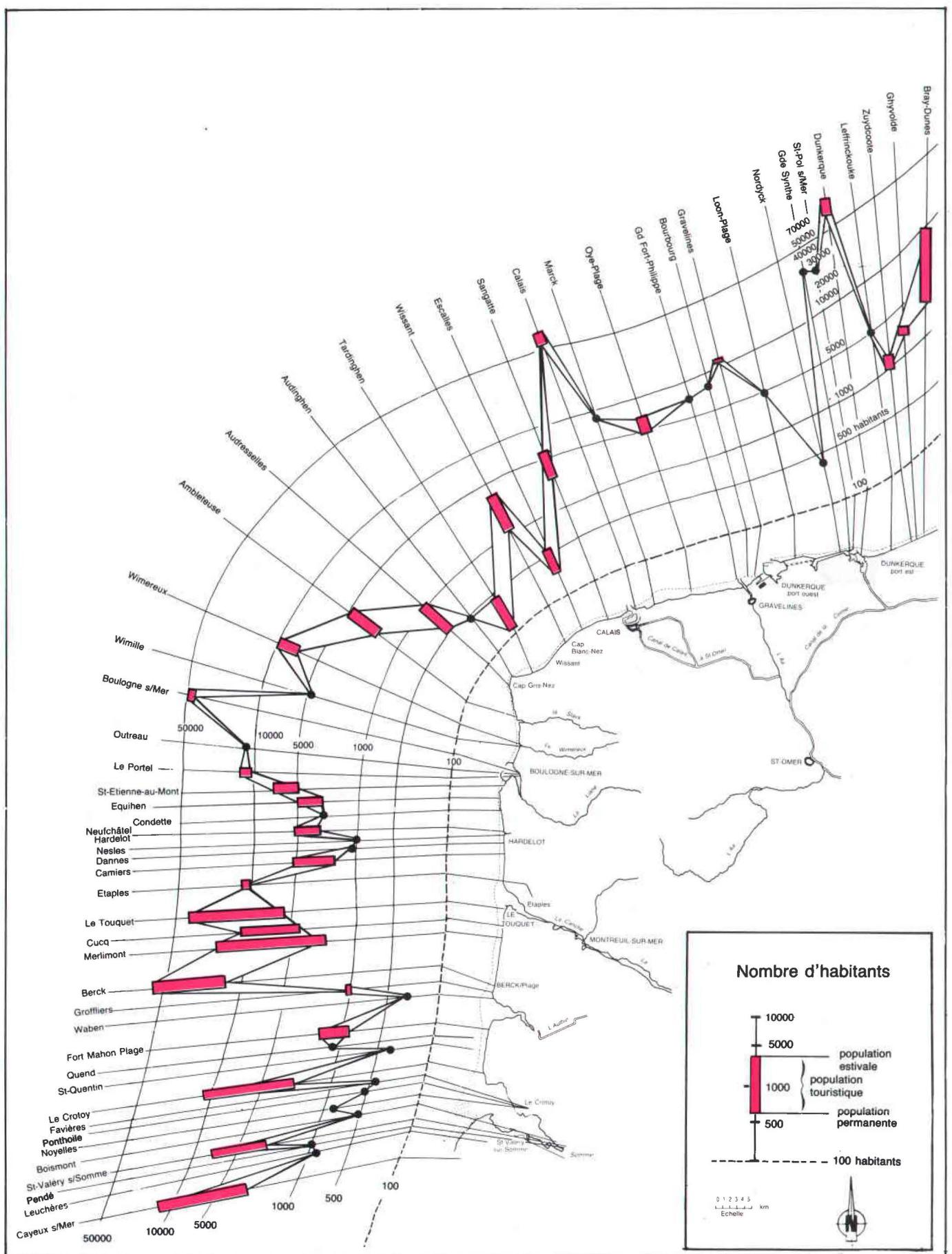


Figure 13 : Population et variations estivales.

Figure 14 : Mode d'utilisation du sol en 1979 dans la région Nord - Pas-de-Calais.

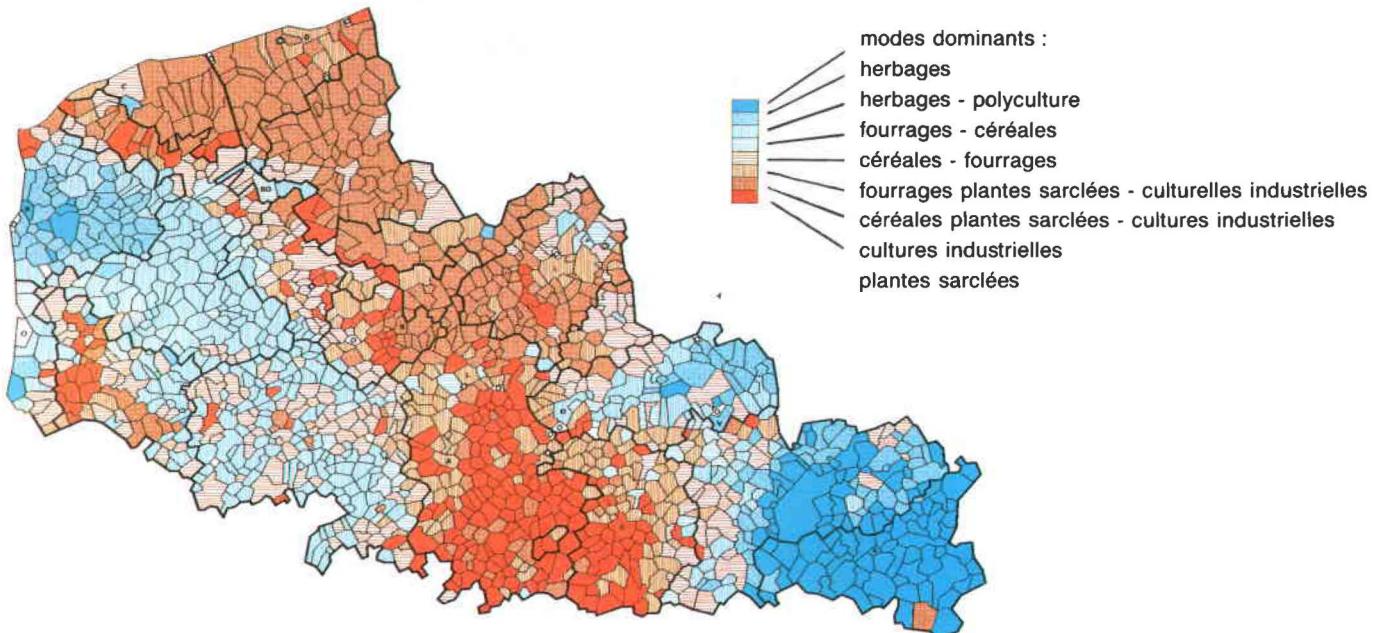


Figure 15 : Cheptel bovin régional en 1979.

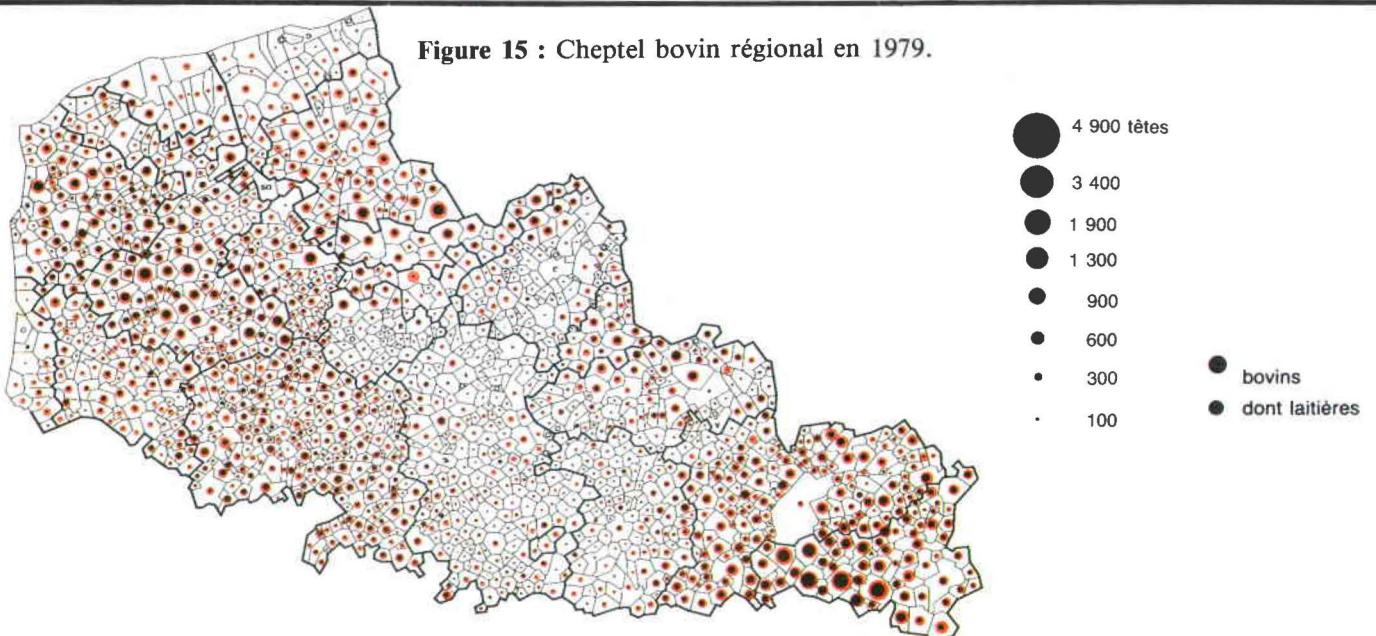
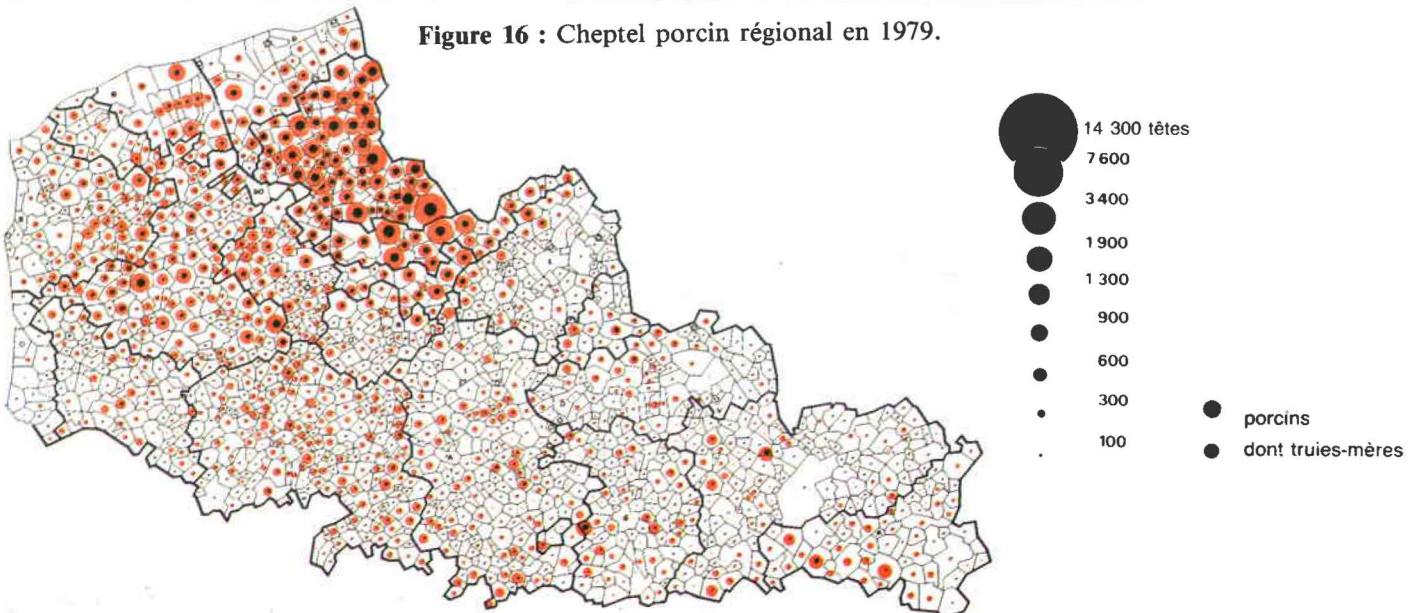


Figure 16 : Cheptel porcin régional en 1979.



— limite des Petites Régions Agricoles ○ commune non traitée (moins de trois exploitations)

Source : A.D.E.R., 1984 (1)

représente une augmentation de 65 %. Mais cette augmentation n'a pas la même ampleur selon la zone considérée :

- Le MARQUENTERRE (**population estivale = population hivernale x 4,5**) est favorisé par des estuaires à caractère esthétique, par d'immenses plages dunaires et par l'absence d'industrie.

- Le BOULONNAIS offre aussi de nombreux attraits touristiques, mais le relief marqué et les abondantes falaises nuisent à la fréquentation des plages, moins nombreuses et moins accessibles (**population estivale = population hivernale x 1,27**).

- La FLANDRE MARITIME (**population estivale = population hivernale x 1,21**) a une activité touristique littorale limitée par l'imposant cortège de zones industrielles de la région de Calais-Dunkerque. Les touristes la fréquentent surtout à son extrême nord (Bray-Dunes) et à son extrême sud (Sangatte).

La clientèle touristique est actuellement surtout régionale, mais l'ambition de l'élargir à l'échelle nationale voire même internationale, facilitée par la proximité de la Grande-Bretagne et des Pays-Bas, nécessite la préservation ou la restauration des espaces naturels.

2.2. Activités à terre

2.2.1. Activités Agricoles

Les surfaces agricoles couvrent 72,5 % du territoire régional en 1980.

Schématiquement, deux régions se distinguent par le type d'agriculture (voir les figures 14, 15 et 16) :

1) - Au nord (Flandre Maritime et plaines du Nord) : l'agriculture est intensive à dominante de production végétale à laquelle est jointe une importante production porcine.

2) - A l'Ouest (Boulonnais et Marquenterre) : l'agriculture est moins intensive, faisant une place importante à l'élevage bovin, aux herbages et aux cultures fourragères.

D'une manière générale, la diminution du nombre d'exploitations et corrélativement, l'augmentation de leur taille induit une évolution sensible des pratiques agricoles. A cet égard, il convient de remarquer l'accroissement des consommations d'engrais, ce que traduit la figure 17.

L'analyse de la consommation par type d'engrais montre d'une part l'augmentation constante de l'utilisation des engrains azotés (qui passent de 138 à 176 milliers de tonnes de 1970 à 1984 pour les trois départements Nord, Pas de Calais et Somme), d'autre part une augmentation moins nette de l'utilisation des engrains potassiques (qui passent de 130 à 145 milliers de tonnes), mais aussi une diminution sensible de celle des engrains phosphatés (qui passent de 130 à 115 milliers de tonnes).

Ces différences sont liées au fait que les éléments fertilisants ne se comportent pas tous de la même façon dans les sols. Ainsi, le potassium et les phosphates sont retenus

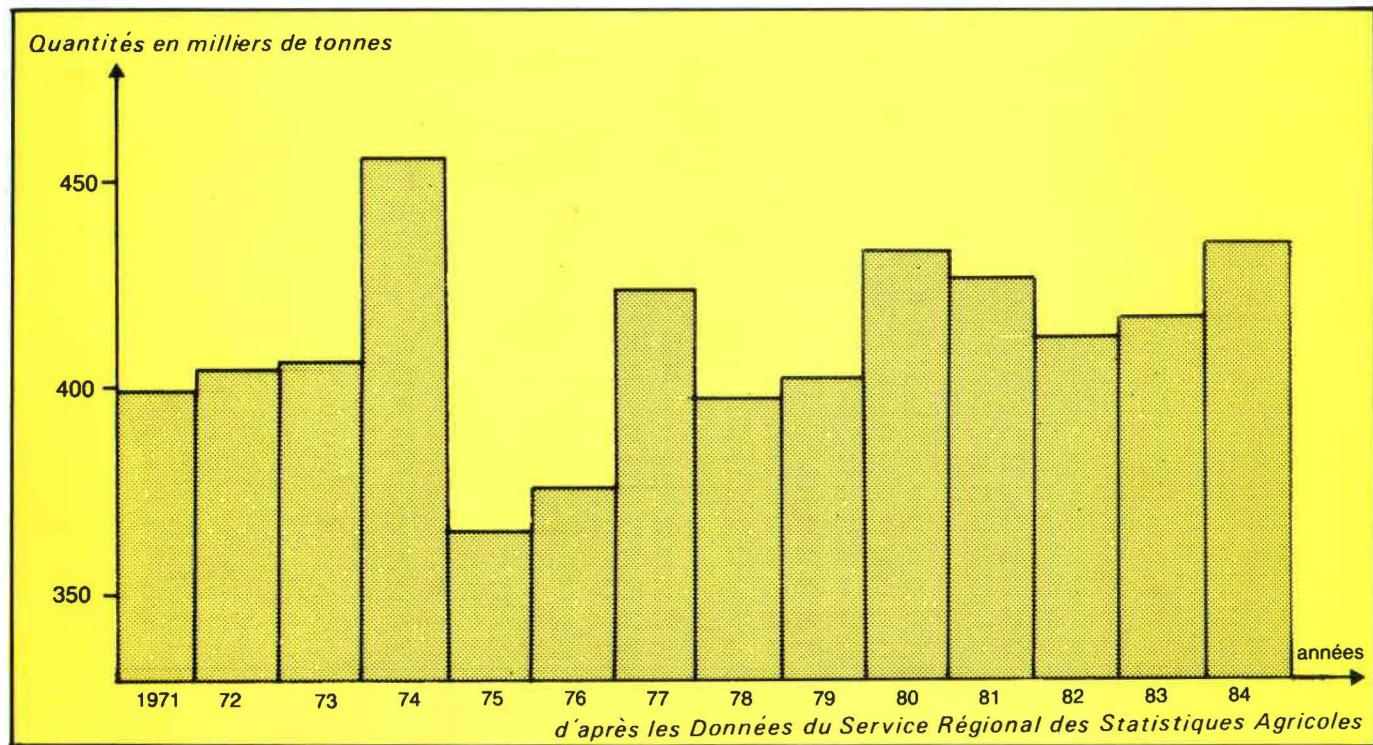


Figure 17 : Utilisation des engrais ; moyennes annuelles des quantités d'engrais livrées aux fournisseurs pour les départements du Nord, du Pas-de-Calais et de la Somme (engrais azotés, phosphatés, et potassiques confondus).

par la capacité d'échange ionique* des sols. Par contre, les nitrates, terme ultime de la nitrification* ne le sont pas et à défaut d'être prélevés par les plantes, migrent avec l'eau du sol. C'est là un facteur d'explication de l'enrichissement des eaux en nitrates, lié entre autres, à l'augmentation des tonnages d'azote épandus ; ce phénomène est particulièrement sensible au niveau des nappes phréatiques*, or celles-ci approvision-

ment les cours d'eau qui eux-mêmes débouchent en zone littorale.

ques physiques et agricoles des bassins versants.

2.2.2. Activités industrielles

La figure 18 montre que la localisation des industries littorales coïncide avec celle des zones fortement urbanisées :

- en **FLANDRE MARITIME**, l'agglomération industrialo-portuaire

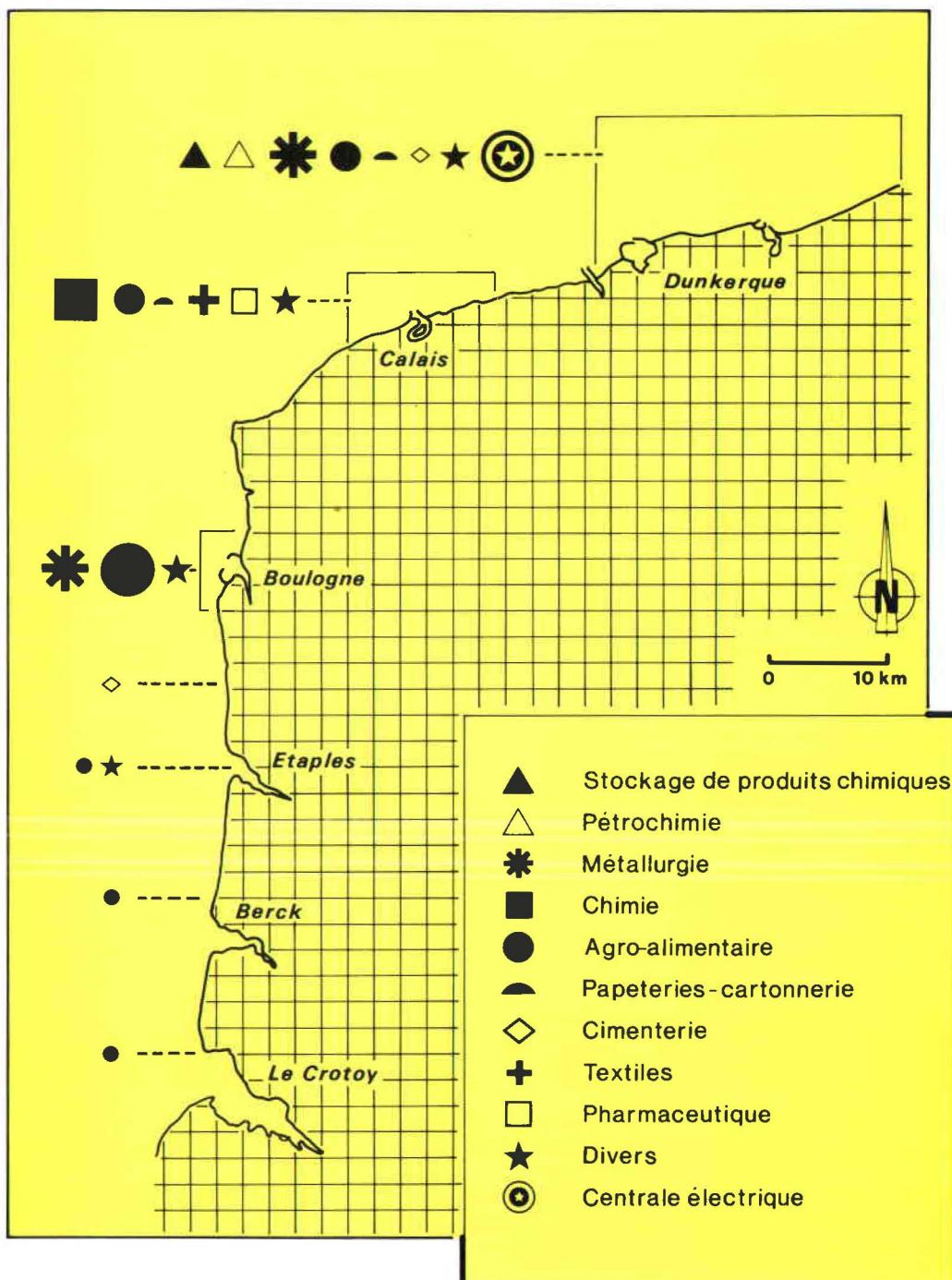


Figure 18 : Répartition des principales implantations industrielles littorales.

de Calais-Dunkerque, occupe une zone importante du littoral. Diverses industries sont regroupées dans ce secteur et nous citerons pour Calais : la chimie, les textiles synthétiques, la papeterie ; et pour Dunkerque : la sidérurgie, la métallurgie, le raffinage du pétrole et la fabrication de ciment. De plus, on note à Gravelines, la présence de la plus importante centrale électronucléaire mondiale (5400 mégawatts) dans laquelle transitent jusqu'à 250 mètres cubes d'eau de mer par seconde.

- L'occupation industrielle du BOULONNAIS se résume à la zone de Boulogne sur Mer où l'on note pour l'essentiel la présence de la sidérurgie et d'industries liées à la pêche.

- le MARQUENTERRE se distingue par l'absence d'industries connues pour l'importance de leurs rejets à la mer.

En résumé, le littoral régional se caractérise par une industrialisation croissante du Sud vers le Nord concentrée en trois zones : Boulogne sur Mer et surtout Calais et Dunkerque.

2.3. Activités liées à la mer

La mer est une des richesses économiques de la région Nord - Pas de Calais. Comme on l'a déjà vu à propos du milieu vivant, la pêche et la conchyliculture se pratiquent sur toute la frange littorale pour la première, sur les rivages du Boulonnais et du Marquenterre pour la seconde. De plus, l'aquaculture* marine fait une entrée que la Région souhaite prometteuse. Pour chacun de ces secteurs, la qualité de l'activité est dépendante de la qualité du milieu, d'où tout l'intérêt des travaux de surveillance de la qualité sanitaire, chimique et biologique.

2.3.1 La Pêche

Sur le plan humain, l'importance de la pêche dans la zone côtière peut être située par le tableau 2 :

2.3.2. La conchyliculture

La mytiliculture en forme la part essentielle. Sa production est estimée

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 (7).

Tableau 2 : La pêche dans la région Nord - Pas de Calais pour l'année 1983 (d'après les monographies des pêches 1983 établies par les Affaires Maritimes de Dunkerque et Boulogne).

DISTRICTS	ESPECES ET TYPE D'EXPLOITATION	SURFACES
CALAISIS	Coques : pêche à pied Moules : pêche à pied projet de culture sur bouchots	100 ha Quelques ha
BOULONNAIS	Moules : pêche à pied élevage à plat culture sur bouchots en phase de développement	80 ha 60 ha environ 9 ha
PICARDIE	Coques : pêche à pied pour épuration Moules : culture sur bouchots	4 000 ha 55 ha

Tableau 3 : Le conchyliculture dans la région Nord - Pas de Calais.

à environ 2000 tonnes/an pour la région, 2500 en incluant la baie de Somme, ce qui correspond à 5 % environ de la production nationale en 1984. Le marché français est actuellement importateur de ce produit. Il existe donc des perspectives de développement de cette activité, résumée par le tableau 3 :

quantité d'eau de mer réchauffée. Cet échauffement permet d'accélérer le processus de croissance des êtres marins : il est donc susceptible d'alimenter une installation d'aquaculture.

A cet fin, un Syndicat Mixte pour l'Etude d'un Réseau d'Aquaculture à Gravelines (SERAG) a été constitué en 1982. Le SERAG décida de créer une ferme pilote (Société Coopérative Maritime Aquanord) ainsi qu'une Station d'Essai dont les vocations respectives sont :

2.3.3. L'aquaculture

La centrale électronucléaire de Gravelines produit une importante

- pour la ferme : tester en grandeur réelle le fonctionnement d'une installation d'aquaculture et en démontrer la rentabilité. Les élevages actuels concernent la daurade, mais surtout le bar (période d'essai de juillet 1984 à juillet 1987).

- pour la station : montrer que l'eau de mer présente la qualité requise pour une activité aquacole et d'autre part, diversifier les espèces concernées par cette activité.

Les premiers résultats de la ferme sont encourageants pour le bar ; ils permettent d'espérer la rentabilité pour une telle installation en 1987.

La Station d'Essai confirme que les principaux paramètres physico-

chimiques de l'eau de mer s'accordent aux critères requis pour la croissance des individus en élevage. Les essais ont conduit à constater une croissance relativement lente pour la sole, mais par contre satisfaisante pour la daurade, le turbot et pour le bar.

De plus, on note que des tentatives d'élevage de naissains de coquillages ont montré que l'hiver est la période de croissance la plus favorable. Par ailleurs, une tentative d'élevage de crevettes tropicales a fourni des résultats satisfaisants.

Enfin, l'Université de Lille I a engagé une expérimentation de culture d'algues dans un but de production d'agar*.

2.3.4. Trafic Maritime

“Le Pas-de-Calais est une des voies maritimes les plus fréquentées du monde ; 450 à 500 navires de tous types, de tous tonnages, circulent tous les jours dans le détroit, ceci sans tenir compte des bateaux de pêche et de plaisance. Parmi eux passent des pétroliers dont le tonnage cumulé ne représente pas moins de 1.200.000 tonnes par jour...

...Pour limiter au maximum les risques d'accidents, des règles de circulation strictes ont été établies, en particulier celle des couloirs” (20).

En raison de la spécificité économique de ce trafic maritime (le cou-

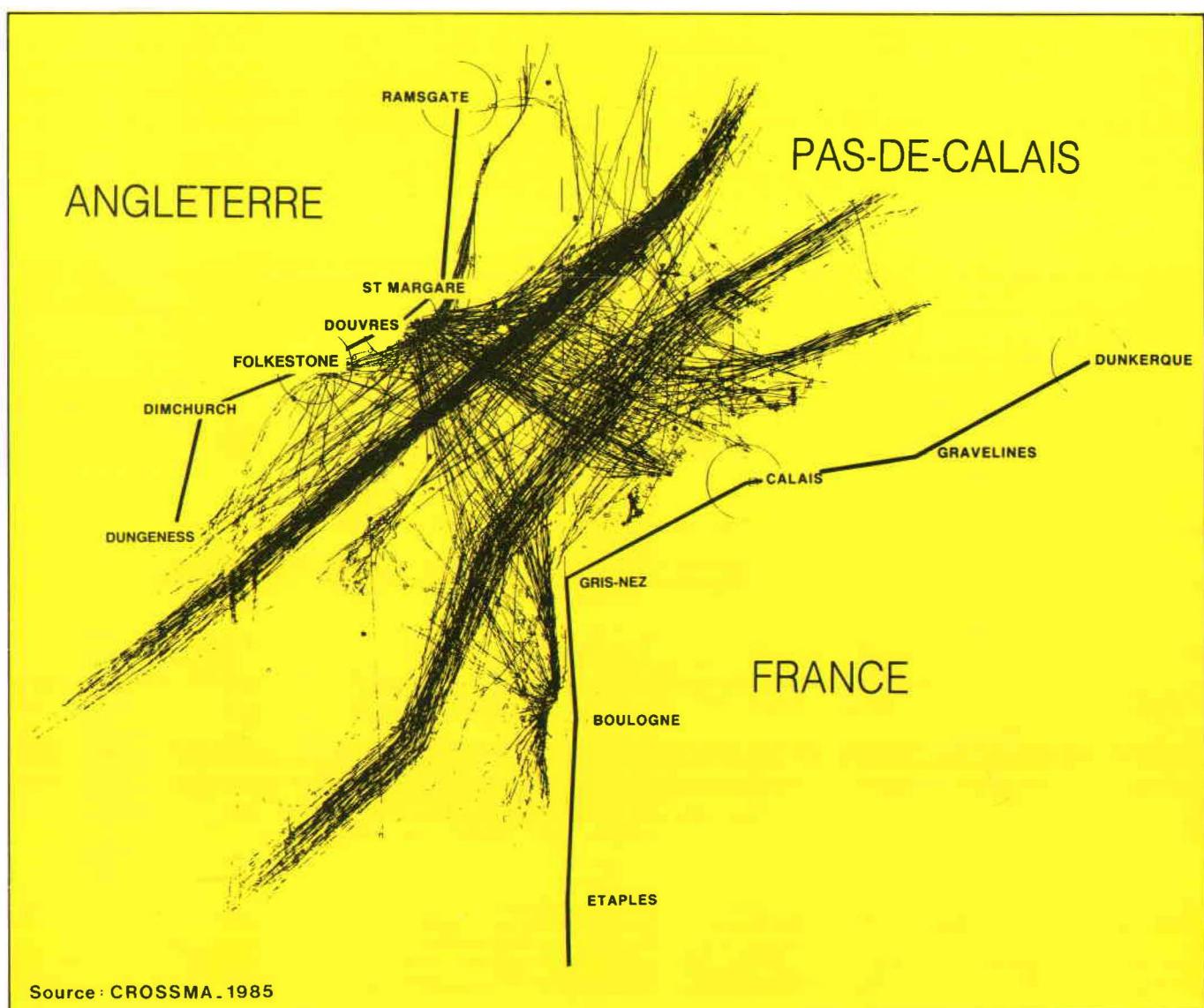


Figure 19 : Visualisation du trafic journalier dans le Pas-de-Calais. Un document qui parle de lui-même.

loir montant dessert l'importation des grands ports nord-européens), le risque potentiel de pollution par accident est augmenté du côté français - par la présence des courants violents, - par l'étroitesse des chenaux de navigation, - par les vents dominants qui drosseraient à la côte un navire en difficulté, - par la nature même du fret de ces navires (souvent de la matière pre-

mière importée, potentiellement polluante).

A ce trafic au long-cours s'ajoute au niveau du détroit un trafic perpendiculaire incessant, trans-Manche, qui dessert par ordre d'importance Calais, Boulogne sur Mer et Dunkerque (environ 12,3 millions de passagers en 1984).

“Cette fréquentation pose un pro-

blème particulier : nombre de plages de notre littoral sont polluées par les macro-déchets* provenant des poubelles de ces bateaux qui négligent souvent de déposer à terre leurs détritus (bouteilles, sachets plastiques etc...). Ce problème est important à Boulogne sur Mer et Calais où les traffics de car-ferry représentent jusqu'à 70 et 104 mouvements par jour” (17).

2.4. CONCLUSION

La région Nord - Pas de Calais est une des régions les plus peuplées de France, mais 11 % seulement de cette population occupe la zone bordière. Le littoral accueille trois grands secteurs d'activité dont la cohabitation pose naturellement des problèmes :

- industries et activités portuaires,
- pêche côtière et conchyliculture,
- tourisme littoral.

La tri-partition régionale invoquée dans l'étude du Milieu Naturel (Flandre-Maritime, Boulonnais et Marquenterre) se concrétise dans l'étude du Milieu Humain par une utilisation différente de l'espace littoral. Succinctement, on peut tracer les portraits suivants :

Flandre Maritime : peu de tourisme,

pêche côtière, beaucoup d'industries.

Boulonnais : tourisme, industries, beaucoup de pêche côtière, et conchyliculture.

Marquenterre : tourisme important, pêche côtière, peu de conchyliculture, pas d'industries.

Cette spécificité s'exprime ainsi par une augmentation de l'emprise industrielle du sud vers le nord et de la fréquentation touristique du nord vers le sud. La pêche côtière, omniprésente, montre un noyau de concentration à Boulogne sur Mer. La conchyliculture (moules surtout) est pour l'essentiel implantée dans le Boulonnais.

On note que 68 % de la population littorale est rassemblée dans 3 agglo-

mérations industrielles et portuaires à vocations distinctes :

Dunkerque : troisième port français de commerce.

Calais : premier port français de voyageurs.

Boulogne sur Mer : premier port français de pêche fraîche, second port de voyageurs.

Le milieu marin est le récepteur de tous les apports conjugués résultant des activités littorales, mais aussi continentales via les bassins versants et les fleuves. Les chapitres suivants, détaillant les différents aspects de la qualité du milieu, témoignent de l'empreinte dont l'homme, par sa présence et ses activités, peut marquer la mer.

DEUXIEME PARTIE



Photo Jean-Luc CORNU

LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU MARIN LITTORAL NORD - PAS DE CALAIS

INTRODUCTION

Le milieu marin littoral est naturellement l'exutoire final des multiples résidus de toutes les activités. Il importe donc dans un premier temps, de bien connaître l'état du milieu littoral et jusqu'à quel point il est influencé par les apports.

Une part significative des apports est **d'origine atmosphérique** et des études spécifiques ont été lancées dans le cadre du présent programme Nord - Pas de Calais. Qu'il s'agisse des retombées sèches d'aérosols ou bien de particules lessivées par les eaux pluviales, ces apports sont dominés par les conditions météorologiques et en particulier les vents. Il leur correspond une contamination très diffuse particulièrement difficile à isoler du contexte général des autres apports, d'autant que les matières en cause font partie intégrante des grands mécanismes de recyclages géochimiques à l'interface* océan-atmosphère.

Une autre part des apports **proviennent de la mer**. Exceptée la pollution accidentelle, par nature imprévisible,

l'intense trafic maritime au large des côtes du Nord - Pas de Calais pourrait être, en partie, responsable des problèmes de salubrité des eaux marines (contaminations fécales par les eaux vannes* des navires). On note par ailleurs une dégradation importante des plages par l'échouage de macro-déchets divers, boulettes de goudron, détritus ménagers dont l'origine est à rechercher, en partie au niveau des rejets des navires.

Enfin, la part importante des apports au milieu marin a pour origine les **voies d'accès classiques** suivantes :

- les apports telluriques naturels (rivières et canaux) qui drainent eux-mêmes divers rejets d'eaux usées, brutes ou épurées, d'origine urbaine ou industrielle et les réseaux de wateringues ;
- les quelques rejets directs en mer d'égouts urbains ou industriels ;
- les déversements des résidus de dragages des ports et canaux.

Concernant les apports telluriques, il apparaît une particularité notable du réseau hydrographique du littoral Nord - Pas de Calais :

Plusieurs écoulements importants, totalement ou partiellement canalisés (canal de Dunkerque, canal de Calais, La Liane), aboutissent dans les enceintes portuaires ou bien ont des débits régulés par des écluses (Aa, Somme). Il en résulte un stockage notable de sédiments fins, plus ou moins chargés en polluants qui se déposent et qui doivent être de temps à autre dragués avant d'être immergés en mer.

La Canche et l'Authie, par contre, fonctionnent normalement comme des milieux estuariens soumis au puissant brassage des eaux à la faveur des crues et marées.

Tous ces apports ont une influence plus ou moins perceptible selon les sites et les instants, sur la qualité du milieu marin littoral régional dont l'étude suppose l'emploi de méthodes qu'il convient de présenter préalablement aux résultats.

1 - METHODES D'ETUDE :

1.1. Campagnes en mer

Trois campagnes principales ont été programmées entre 1980 et 1984 (tableau 1). La première, appelée HYDROBIOS 1, a été réalisée en juillet/août 1980, à bord du navire océanographique "le NOROIT" du CNEXO. Son objectif consistait à identifier les grandes zones de contamination* sur toute la frange littorale (comprise entre 1 et 10 km) "au large" depuis la frontière belge jusqu'à Ault, au sud de la baie de Somme.

La deuxième campagne, HYDROBIOS 2, effectuée en 1981 constitue un complément de la précédente en s'intéressant au proche subtidal* et à l'estran.

Enfin la troisième campagne, HYDROBIOS 3, réalisée en 1983 et 1984 s'est attachée à confirmer les résultats obtenus précédemment, et à les préciser grâce à un maillage plus serré, sur deux secteurs identifiés comme présentant les plus fortes contaminations : Boulogne-Gris-Nez (y compris la zone intra-portuaire de Boulogne), et Calais-Dunkerque.

Les résultats acquis lors de ces trois campagnes HYDROBIOS constituent les informations de base du programme intégré pour l'étude de la qualité du milieu marin littoral.

On peut leur adjoindre la campagne "DRAGAGES 82" concernant l'évolution des niveaux de contami-

nation des sédiments intra-portuaires de Calais et Dunkerque.

Au total, plus de 400 points de prélèvements répartis sur l'ensemble du domaine littoral régional ont été échantillonnés durant les quatre années d'étude.

Cet effort remarquable par son extension géographique place le Nord - Pas de Calais en situation de région pilote pour la connaissance de son environnement maritime.

Enfin quelques études susceptibles d'apporter des informations complémentaires ont été exploitées dans cette synthèse (voir bibliographie).

CAMPAGNES A LA MER	HYDROBIOS 1	HYDROBIOS 2	HYDROBIOS 3
Période de déroulement des campagnes	30 juillet - 8 août 1980	septembre - octobre 1981	1) 28 juillet-19 août 1983 2) 19 nov.-10 déc. 1984
Secteur(s) géographique(s) concerné(s)	Zone du "large" (1 - 10 km)	Zone côtière et estran (0 - 1 km)	Zones particulières à la côte et au large 1) Boulogne - Gris-Nez 2) Calais - Dunkerque
Nombre de points de prélèvement par compartiment :			
- eau	47	0	0
- sédiment	93 (sédiment total et fraction fine)	112 (fraction fine)	1) 47 (fraction fine) 2) 77 (fraction fine)
- mollusques	0	67	1) 30 2) 0
Paramètres étudiés :			
- paramètres généraux de la qualité des eaux	OUI	NON	NON
- micropolluants* minéraux	OUI	OUI	OUI
- micropolluants organiques	OUI	OUI	OUI

Tableau 1 : Campagnes en mer et types de paramètres analysés.

Parmi les plus significatives on peut citer :

- le "Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO)" qui comporte un point d'appui à Dunkerque, faisant l'objet d'une surveillance régulière depuis 1976,
- le "suivi écologique du site de Gravelines", lieu d'implantation de la centrale thermonucléaire de l'EDF, qui est assuré depuis 1975,
- la campagne "INTERSITE 1" du RNO réalisée par l'IFREMER en octobre 1984 sur le milieu marin littoral de la frontière belge au Cotentin est,
- l'étude méthodologique de la "Pollution par macrédéchets" des plages françaises réalisée à la demande du Ministère de l'Environnement par le CNEXO en mars-avril 1982.

1.2. Les compartiments du milieu marin étudiés :

On divise schématiquement le milieu marin en trois compartiments :

- l'eau,
- la matière vivante,
- les sédiments.

La réalité est évidemment plus complexe, puisque l'eau contient des sédiments en suspension, que les sédi-

ments renferment de l'eau dite intersituelle et que la matière vivante se nourrit de substances contenues dans l'un, dans l'autre ou dans les deux.

Dans les zones littorales et les estuaires, la variabilité du milieu est grande (influence des marées, des apports d'eau douce, des faibles profondeurs favorisant les variations thermiques). La détermination d'une masse d'eau caractéristique est donc une opération délicate nécessitant la mesure de nombreux paramètres plusieurs fois durant un cycle de marée. En conséquence, il est actuellement bien connu et admis que l'étude de la matière vivante et des sédiments permet de définir plus aisément un état de contamination que l'étude des masses d'eau.

Ces deux derniers compartiments ont donc été étudiés en priorité afin de caractériser l'état de contamination du littoral régional.

Certes les renseignements recueillis sont toujours limités par les difficultés méthodologiques propres à la représentativité de l'échantillonnage et de l'analyse : dans les zones littorales, le fond est souvent de nature hétérogène, le banc de sable peut voisiner avec la vasière ou les galets ; de

plus les courants et la houle provoquent des remaniements permanents de la couche superficielle ; pour la matière vivante, la taille, le poids, la teneur en graisses sont autant de facteurs de variation des concentrations en polluants.

La matière vivante sera représentée par des coquillages, la moule (*Mytilus edulis*) et la coque (*Cardium edule*), organismes filtreurs et fixés, donc en principe, bons indicateurs de l'état du milieu en un endroit donné. Il convient de noter, en conséquence, que notre connaissance de l'état de contamination de la matière vivante restera limitée au domaine intertidal.

Le sédiment, lieu de piégeage de nombreux polluants, sera prélevé dans la couche superficielle et généralement analysé sur la fraction fine.

1.2.1. L'eau

La campagne à la mer HYDROBIOS 1 (voir tableau 2) a permis d'étudier pendant l'été 1980 l'eau de mer dans une frange littorale d'environ 5 milles, tout le long des côtes de la baie de Somme à la frontière belge. La figure 1 localise les stations de prélèvements destinés à l'étude des paramètres physico-chimiques* et

Stations (numérotées selon la carte des prélèvements, fig. 1)	Références côtières
1 - 3 - 5	Baie de Somme
21 - 23 - 25	Baie de Canche
36 - 37 - 39	Boulogne-sur-Mer (Liane)
50 - 51 - 53	Cap Gris-Nez
64 - 66 - 67 - 68	Calais
78 - 80 - 81 - 82	Gravelines
92 - 93 - 94 - 95	Dunkerque
99 - 100 - 101 - 102	Frontière belge

Tableau 2 : Localisation des radiales.

Référence des stations	Localisation
114-1 à 114-3	Baie de Somme
35-1 à 35-12	Boulogne-sur-Mer
49-1 à 49-13	Cap Gris-Nez
63-1 à 63-13	Calais
82-1 à 92-13	Dunkerque

Tableau 3 : Localisation des stations fixes.

hydrobiologiques*. La campagne HYDROBIOS 1 s'est appuyée sur trois types d'échantillonnages.

a) - en huit sites différents ont été exécutées des radiales, séries de 3 à 4 points de prélèvement situés sur un

même axe, à peu près perpendiculairement à la côte. Ces radiales sont situées en face d'estuaires ou de zones

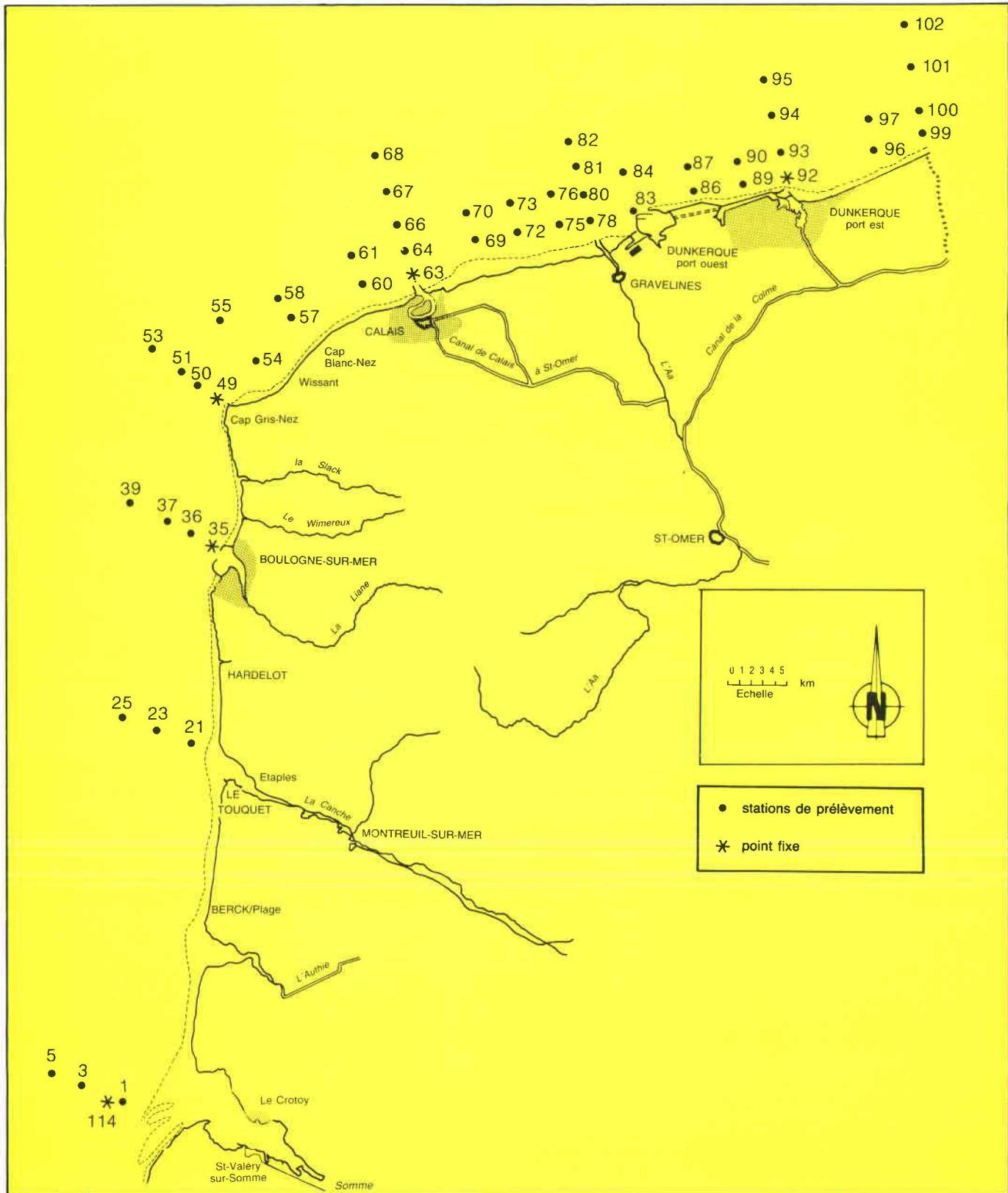


Figure 1 : Localisation des prélèvements hydrologiques - (campagne HYDROBIOS 1 , Juillet-Août 1980).

à forte industrialisation, ou encore en des sites où l'hydrologie semble présenter des caractéristiques particulières (ex. Cap Gris-Nez).

b) - un échantillonnage complémentaire littoral, plus précis, a concerné la zone d'étude allant du Cap Gris-Nez à la frontière belge (stations référencées 49 à 102).

c) - enfin, un suivi de cycle de marée a été mené en 5 stations.

Des prélèvements ont été réalisés toutes les heures pendant 13 heures successives. Ces stations ont été qualifiées de "fixes" et permettent l'étude du mouvement de la masse d'eau pendant un cycle de marée et des courants associés.

La qualité de l'eau de mer a aussi été suivie dans le cadre de la surveillance du site électronucléaire de Gra-

velines. De septembre 1976 à décembre 1985, des mesures hebdomadaires ont été effectuées à proximité du rejet des eaux de refroidissement de la centrale électronucléaire de Gravelines. Réalisés à l'extrême de la digue Ouest de l'avant-port Ouest de Dunkerque, soit à 1200 m du point de rejet sur le domaine public maritime, lui-même séparé des bâtiments-réacteurs par un canal de rejet de 1,5 km, les prélèvements ont toujours

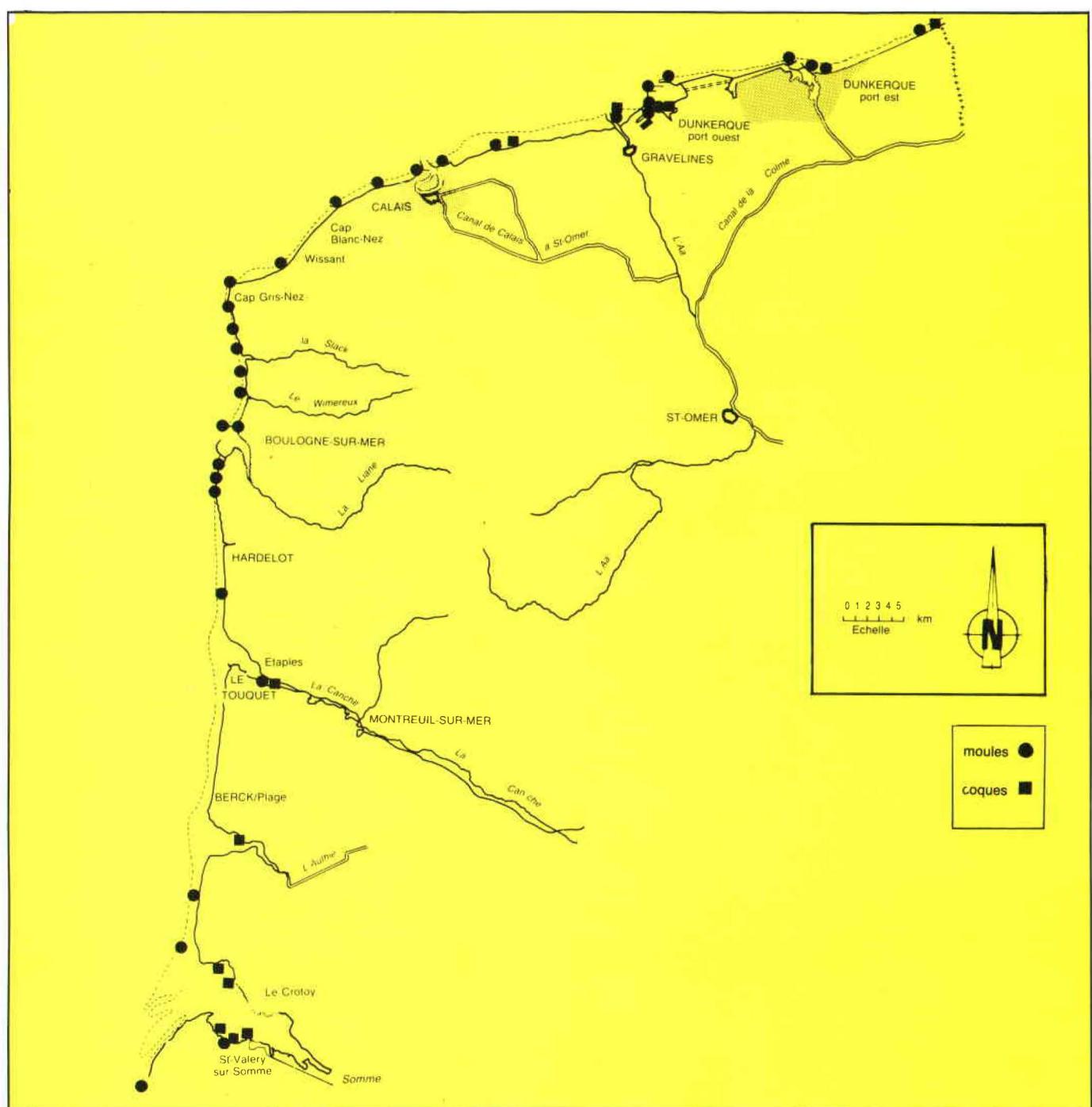


Figure 2 : Localisation des prélèvements des mollusques - (campagne HYDROBIOS 2,septembre-octobre 1981).

lieu à marée haute, période à laquelle les rejets de la centrale sont plaqués contre la digue par le courant de flot.

Les premières années, trois autres points étaient également surveillés mais à fréquence plus basse (6/an) : 1 point de référence hors zone d'influence, et 2 points face au rejet (1 km et 2 km). Enfin en 1984 ont eu lieu 4 campagnes de mesures en canot pneumatique pour cerner l'extension du panache de rejet à marée basse.

1.2.2. La matière vivante

Les mollusques bivalves, organismes sédentaires et filtreurs ont été utilisés comme indicateurs biologiques de pollution lors des campagnes HYDROBIOS 2 et HYDROBIOS 3 (voir tableau 1). Les moules (*Mytilus edulis*) et les coques (*Cardium edule*) espèces les plus fréquentes dans la région Nord - Pas de Calais, ont été prélevées lors de ces campagnes.

Au cours de la campagne de prélèvement HYDROBIOS 2 (septembre-octobre 1981), on a échantillonné des moules dans des parcs répertoriés et des bouchots, mais aussi dans un grand nombre de sites sauvages : jetées, roches isolées, épaves, balises... Malgré une exploration aussi exhaustive que possible, il est vite apparu que la moitié Sud de la zone étudiée (Sud du Portel) fournirait très peu d'échantillons de moules. Il a donc été décidé d'utiliser la coque comme indicateur secondaire de pollution. Ce mollusque, en effet est bien représenté dans les estuaires de la Canche, de l'Authie et de la Somme.

Il fait par ailleurs l'objet - comme la moule - d'une large exploitation commerciale dans la région.

- Les mollusques ont tous été récoltés sur des sites découvrant à marée basse et ont donc tous subi des émersions régulières. Ceci est important pour les comparaisons, les moules constamment immergées pouvant accumuler notamment plus de micropolluants. Les prélèvements ont été généralement faits à pied mais pour certains sites difficiles d'accès (épaves, balises, enrochements), il a été nécessaire d'utiliser un canot pneumatique. Les points de prélèvements, sont localisés sur la figure 2.

- Les mollusques ont été placés dans des sacs de polyéthylène et congelés le plus rapidement possible après leur récolte. Sur tous les gisements suffisamment importants (7 pour les moules, 4 pour les coques), trois classes de taille ont été échantillonnées :

- petites : de 15 à 25 mm
- moyennes : de 25 à 35 mm
- grosses : > 35 mm (et en général < 55 mm).

Les moules trouvées à l'entrée de la centrale EDF de Gravelines constituant une exception avec une taille pouvant atteindre 60 mm.

Au cours de la campagne HYDROBIOS 3, il s'agissait de vérifier la réalité de la contamination des moules mise en évidence dans la région de Boulogne. Les dix principaux gisements de moules de cette zone ont donc été échantillonnés (moules de taille moyenne environ 35 mm) trois

fois, à différentes périodes de l'année (juin 1984, décembre 1984, mars 1985).

1.2.3. Le sédiment

Sur le matériel particulaire, la plupart des polluants chimiques sont adsorbés et ont tendance à sédimer. Le sédiment de surface constitue donc un bon indicateur de pollution car il peut intégrer la pollution sur plusieurs années.

Il convient de noter toutefois que quelques polluants relativement solubles dans l'eau se fixent peu sur le sédiment (le lindane, par exemple). L'étude du sédiment s'avère donc insuffisante pour la mise en évidence de tels polluants.

Les campagnes HYDROBIOS 1, HYDROBIOS 2 et HYDROBIOS 3 ont permis d'établir une couverture de stations de prélèvements de sédiments extrêmement dense, particulièrement dans les zones d'apports liés aux activités portuaires et industrielles, comme en témoigne la figure 3.

Selon les campagnes et l'éloignement à la côte, les prélèvements ont été réalisés à bord des navires océanographiques au moyen d'une benne type SCHIPEK ou bien dans la zone subtidale à partir d'un canot pneumatique, avec une benne type EKMAN ou avec une drague constituée d'un pot en polyéthylène lesté qui permet de recueillir le sédiment superficiel (1 à 3 cm selon la dureté), ou encore, sur l'estran à marée basse, en surface (2 à 3 cm) avec des pots en polyéthylène.

1.3. Les paramètres physico-chimiques analysés (voir l'annexe 5)

On distingue classiquement trois groupes de paramètres :

- les paramètres généraux de qualité des eaux : analyses physico-chimiques et hydrobiologiques,
- les micropolluants métalliques : mercure, cadmium, plomb, zinc, cuivre et autres métaux,
- les micropolluants organiques : hydrocarbures, produits synthétiques (pesticides, polychlorobiphényles,...) et produits résultant de la chloration* de l'eau de mer.

Pour permettre une comparaison optimale des résultats, les méthodes mises en oeuvre dans le programme intégré ont été harmonisées avec celles du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO), particulièrement au plan de l'analyse chimique (voir l'annexe 4).

La présente synthèse se focalise sur les paramètres les plus significatifs du littoral Nord - Pas de Calais et sur les résultats marquants obtenus.

A noter que toutes les déterminations analytiques n'ont pas été effectuées en même temps sur la totalité

des prélèvements des différentes campagnes. On se reportera aux rapports de campagnes pour plus de précision.

1.3.1. Les paramètres hydrobiologiques

La température, le pH, la turbidité et la concentration en oxygène dissous ont été analysés à bord aussitôt après les prélèvements.

La chlorophylle*, les matières en suspension et les sels nutritifs ont été analysés au laboratoire après filtration.

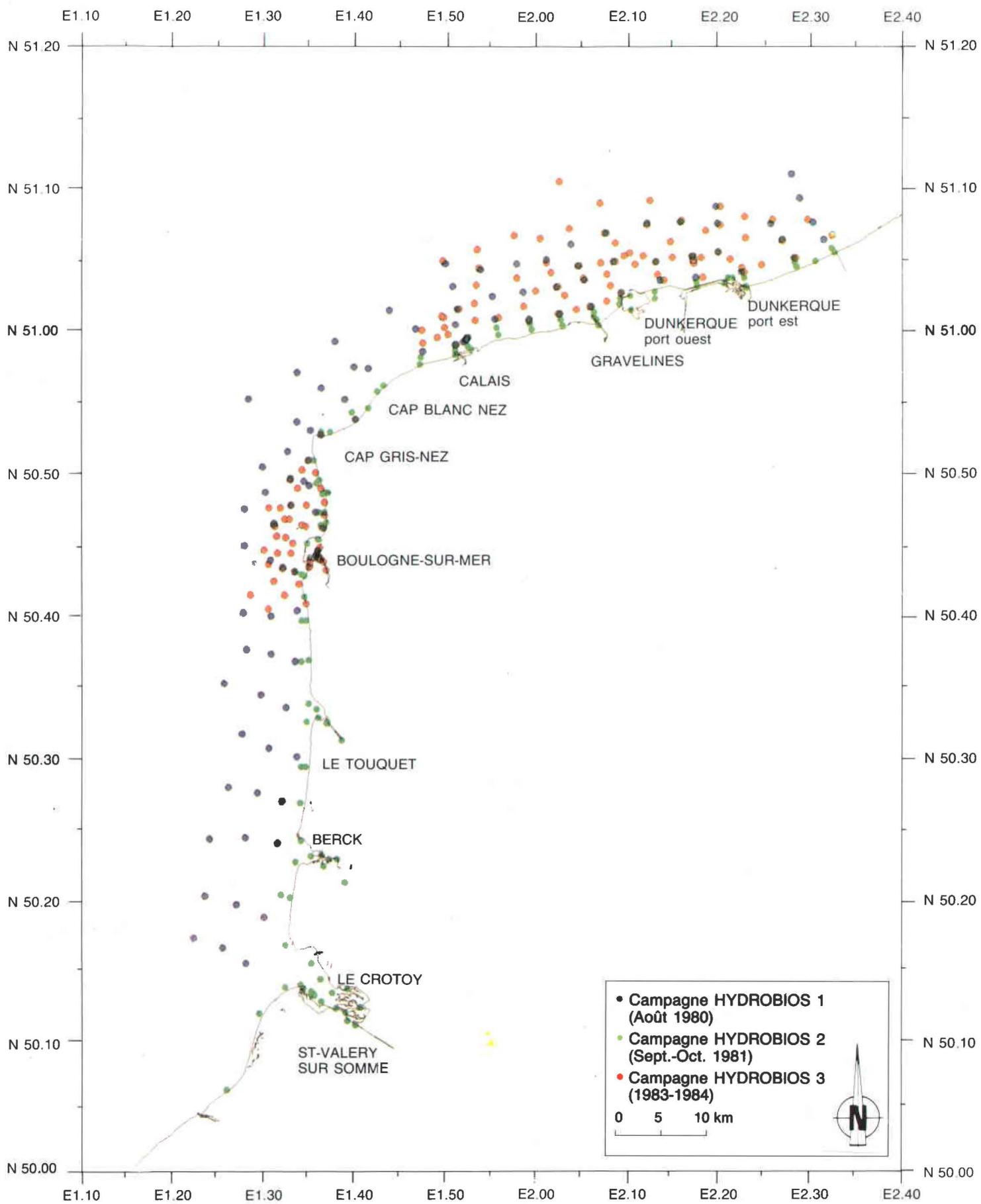


Figure 3 : Localisation des prélèvements de sédiments.

1.3.2. Les micropolluants métalliques

La présence éventuelle d'éléments métalliques dans le milieu marin a deux origines possibles :

- une origine endogène* naturelle, en tant qu'éléments constitutifs des minéraux,
- une origine exogène* liée aux activités humaines.

Le plus souvent les deux origines coexistent à des degrés divers. On peut néanmoins distinguer les métaux dont la fraction naturelle apparaît comme très largement supérieure à la fraction exogène. C'est le cas, par exemple, du fer où la fraction naturelle peut être exprimée en pourcentage du poids de sédiment, et non pas en parties par million comme c'est le cas pour la plupart des autres métaux. Dans ces conditions, l'apport de quelque ug de métal exogène est masqué par le "bruit de fond" naturel. Cependant, pour certains métaux qui s'avèrent être les plus toxiques pour l'environnement marin (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn), le "bruit de fond" est très faible et peut être exprimé en mg ou ug de métal par kg de sédiment.

Pour ces métaux, la fraction anthropique* est relativement plus importante, par rapport à la fraction naturelle, que pour le fer et le manganèse. Il apparaît de ce fait possible pour les métaux toxiques précités de porter, bien que subjective, une appréciation sur l'état de contamination des sédiments par comparaison des valeurs trouvées d'un sédiment à l'autre ou d'un site géographique à un autre.

L'analyse des métaux dans le sédiment et la matière vivante passe par une phase préalable qui consiste à isoler le ou les métaux proprement dits de leur support ou matrice (le sédiment, la matière organique).

1.4. Choix de la fraction granulométrique à analyser dans les sédiments

1.4.1. Le problème posé

Pour les métaux, toutes les analyses ont été réalisées sur la fraction fine des sédiments, ce qui correspond aux vases. Ce point de vue visant à normaliser les concentrations par rapport à la fraction fine du sédiment est de plus en plus reconnu au plan international. Par contre, pour les micropol-

Les techniques de préparation varient avec la nature de ces matrices :

Phase préparatoire

Pour le sédiment, deux matrices sont à considérer : la particule sédimentaire d'une part ; la matière organique liée à cette particule d'autre part.

Leur élimination s'effectue par minéralisation acide (élimination de la matière organique) suivie d'une filtration ou d'une centrifugation (élimination des particules).

Pour la matière vivante, l'élimination de la matrice organique est réalisée par une minéralisation acide, en milieu oxydant.

Phase analytique

L'analyse des métaux dans les solutions obtenues s'effectue pour le sédiment et la matière vivante au moyen de la spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme ou avec four selon les métaux et les niveaux de concentration à déterminer.

1.3.3. Les Micropolluants organiques

De nombreux micropolluants organiques ont été étudiés dans le cadre du programme intégré. Ils correspondent à des substances chimiques d'origine biogène* (hydrocarbures) ou de pure synthèse (organochlorés). Ils ont été recherchés dans les échantillons de sédiment et de mollusques prélevés lors des diverses campagnes.

Hydrocarbures

Que ce soit pour le sédiment ou la matière vivante, l'analyse des hydrocarbures exige en première étape une

luants organiques, les analyses sont généralement effectuées sur le sédiment total. Or les résultats des analyses de pesticides et d'hydrocarbures obtenus sur le sédiment total au cours de la campagne HYDROBIOS 1 ont révélé des concentrations très faibles, le plus souvent inférieures aux seuils de détermination analytiques. Dès lors, un choix s'imposait : soit prélever de plus grandes quantités de sédiments, ce qui entraîne des difficultés d'échantillonnage et d'analyse, soit ne prendre en compte que la fraction fine.

extraction par un solvant organique, suivie d'une phase de purification de l'extrait organique puis d'un dosage par spectrophotométrie infrarouge par exemple, pour apprécier ce que l'on appelle des "hydrocarbures totaux".

Cette technique est la meilleure approche pour l'estimation des hydrocarbures totaux dans le sédiment. Pour la matière vivante on lui préfère la spectrofluorimétrie ultraviolet.

Organochlorés

Cette classe de composés englobe les pesticides chlorés (DDT, lindane, heptachlore, aldrine, dieldrine,...) et les résidus industriels de polychlorobiphényles (PCB). Comme pour le dosage des hydrocarbures, une extraction et une purification de l'extrait sont effectuées avant la mesure proprement dite par chromatographie en phase gazeuse. Cette technique sélective sépare les différents composés présents dans l'extrait et les mesure par un détecteur spécifique aux composés halogénés (détecteur à capture d'électrons).

Produits résultant de la chloration de l'eau de mer

Dans le cadre de la surveillance du site électronucléaire de Gravelines, les paramètres suivants ont fait l'objet de dosages réguliers :

- le taux d'oxydant résiduel (méthode à la D.P.D.),
- les haloformes volatils dérivés de la chloration de l'eau de mer : dosage de 8 molécules légères (bromoforme, chlorobromométhane...) par chromatographie en phase gazeuse avec détection en capture d'électrons.

Au cours du programme intégré, une tentative de normalisation a été réalisée par le Service des Eaux de l'Institut Pasteur de Lille. Elle a permis de vérifier par des analyses portant simultanément sur des sédiments totaux et sur la seule fraction fine que les micropolluants organiques étudiés étaient presque exclusivement liés à cette fraction fine. Ainsi une relation simple lie les concentrations dans la fraction fine (Cf) à celles obtenues pour le sédiment total (Ct), tenant compte de la quantité de fraction fine (% FF).

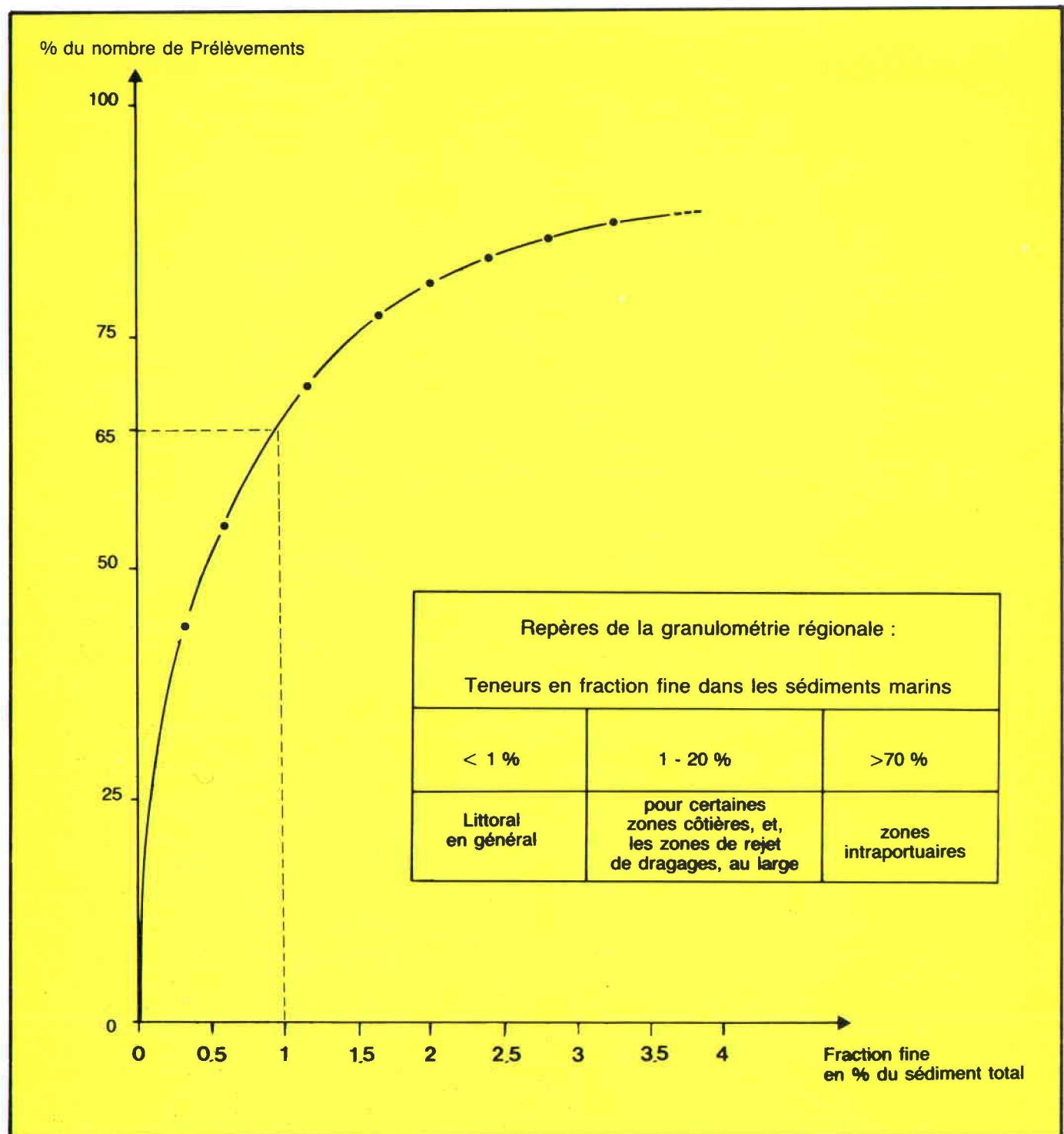


Figure 4 : Diagramme présentant les caractéristiques granulométriques du sédiment littoral (tous prélèvements et toutes campagnes confondus).

$$Ct = (Cf \times \% FF) / 100$$

En conséquence il a été décidé d'analyser les micropolluants organiques pour la suite du programme (campagnes HYDROBIOS 2 et 3) sur la seule fraction fine du sédiment. Pour pouvoir rapporter les concentrations trouvées au sédiment total,

le pourcentage de fraction fine a été systématiquement déterminé.

1.4.2. Caractéristiques granulométriques des sédiments du littoral Nord - Pas-de-Calais

Sur le littoral régional, dans leur ensemble, les sédiments ne sont pas

vaseux, puisque 65 % des prélèvements contiennent moins de 1 % (en poids sec) de fraction fine.

La figure 4 fournit quelques valeurs repères de la granulométrie des sédiments régionaux.

Ainsi que l'a déjà mentionné la première partie, les conditions natu-

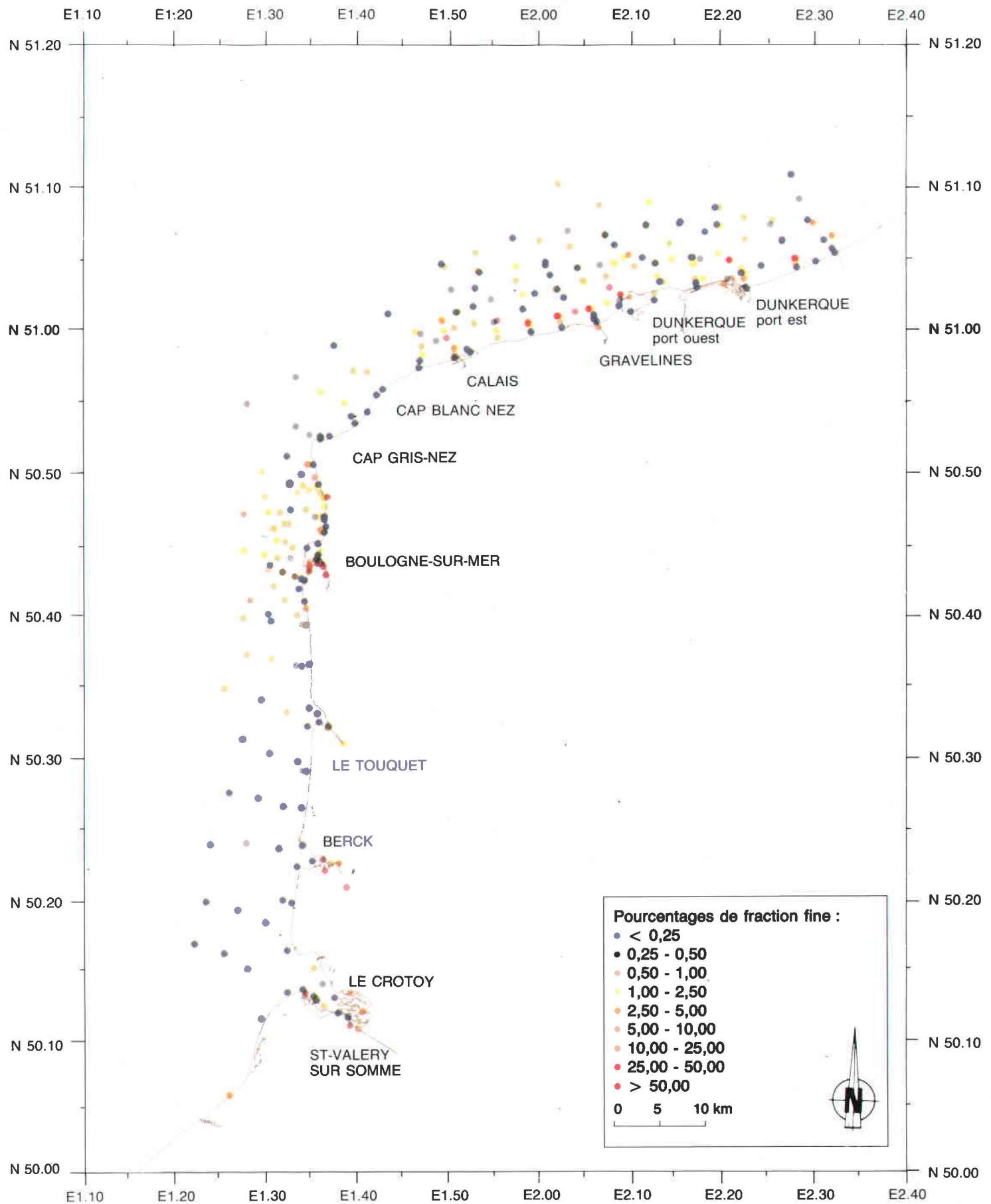


Figure 5 : Distribution géographique de la fraction fine.

relles locales et l'hydrodynamique littorale empêchent la sédimentation des particules les plus fines et contribuent à la formation des bancs de sable.

C'est dans les secteurs les plus abrités que les teneurs en fraction fine (%) sont les plus fortes, comme l'indique la figure 5.
On citera par exemple :

- le fond des estuaires (20 % en baie de Somme)

- les ports : Calais (76 %), Dunkerque (82 %), Boulogne (80 % en amont, 47 % dans l'avant-port et 16 % dans le chenal de navigation).
- la frange côtière, dans les secteurs juxta-portuaires en particulier à proximité de Boulogne (1 à 20 %).

On note d'autre part deux types de secteurs présentant des teneurs en fraction fine relativement élevées :

- les zones de rejet de boues de dragages portuaires au large, face à Bou-

logne, à Calais et à Dunkerque.

- de part et d'autre du cap Gris-Nez, où s'observent à la côte des surfaces très localisées de sédiments fins, probablement liées à des effets de cap.

Enfin, devant le port de Boulogne, le banc de sable de la Bassure de Baas qui correspond à des teneurs faibles en fraction fine, se présente comme une "barrière" entre la zone côtière et le large. Plus au nord, au large du site des caps, on trouve des sédiments plus grossiers avec cailloutis et galets.

2 - PARAMETRES GENERAUX DE LA QUALITE DES EAUX

Un certain nombre de résultats concernant les paramètres hydrobiologiques apparaissent particulièrement significatifs et caractéristiques de la région. Ils sont présentés ci-après selon une double approche, prenant en compte la variabilité saisonnière ou intra-annuelle (données du RNO à Dunkerque), et leur variabilité géographique sur l'ensemble du domaine littoral régional (campagne Hydrobios 1).

L'objectif poursuivi est de faire apparaître les caractéristiques principales des eaux du littoral, et leurs gammes de variations spatio-temporelles à grande échelle.

La qualité des eaux varie dans le temps, et dans l'espace, sous l'influence :

- des apports anthropiques,
- des conditions hydroclimatiques,
- de la production biologique en par-

ticulier phytoplanctonique et zooplanctonique.

2.1. Les variations saisonnières de la qualité des eaux

A Dunkerque, les paramètres hydrobiologiques caractéristiques de la qualité des eaux, suivis depuis dix ans par le RNO, montrent une grande variabilité temporelle comportant des cycles annuels.

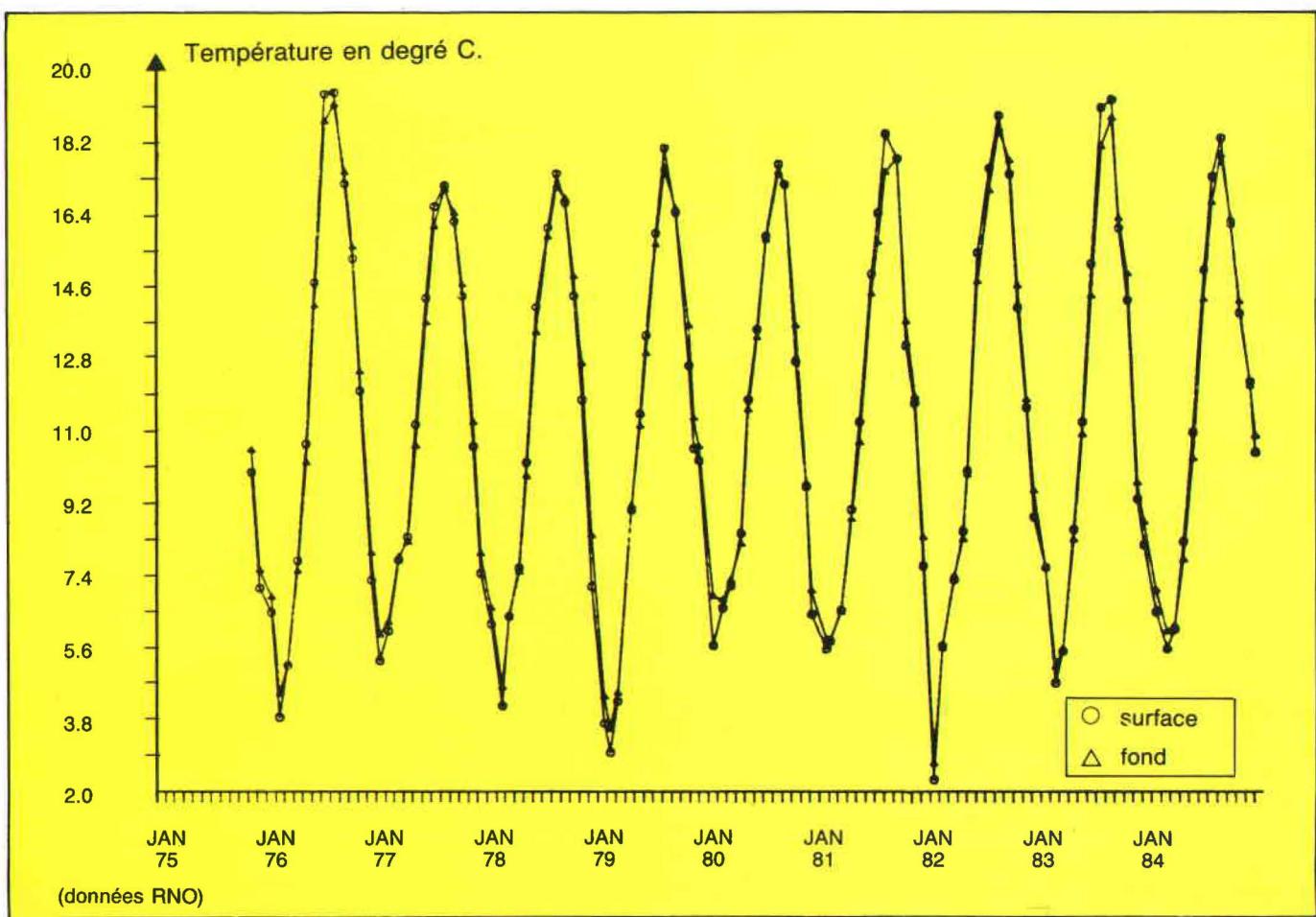


Figure 6 : Variations saisonnières pluriannuelles de la température des eaux littorales à Dunkerque en surface et en profondeur.

- la température des eaux littorales par exemple varie entre un minimum de 2 à 5°C en janvier-février et un maximum de 17 à 19°C en août, selon les années (figure 6).

- la salinité, plus faible en hiver (30 %) est peu variable. Elle est caractéristique d'une eau de type océanique, et révélatrice des faibles apports d'eaux douces d'origine continentale.

- les matières en suspension dans l'eau, sont particulièrement abondantes et constituent une des caractéristiques majeures de la qualité des eaux littorales régionales. Elles sont à l'origine de la turbidité des eaux (mesu-

rable par absorptiométrie lumineuse) et peuvent expliquer les variations de couleurs observables à l'oeil nu.

Dans un litre d'eau de mer, on trouve de 15 à 35 mg de matières particulières en suspension, de novembre à février, et près de trois fois moins en période estivale. La figure 7 illustre ces variations.

L'augmentation de la turbidité des eaux en hiver peut s'expliquer en grande partie par la plus grande fréquence des tempêtes qui ont pour effet de remettre en suspension les sédiments du fond. Inversement, les temps plus calmes de l'été favorisent leur sédimentation.

Ces phénomènes hydrosédimentaires sont importants à considérer pour eux-mêmes, mais aussi parce que les matières en suspension dans l'eau jouent un rôle important vis à vis de la fixation et du transport des micro-polluants minéraux et organiques adsorbés.

- L'oxygène dissous est à un niveau toujours proche de la saturation, le plus souvent supérieur à 90 %. Sa teneur est maximale en hiver (brassages) et en été (production primaire*) et peut atteindre des sursaturations de l'ordre de 120 %. Les eaux littorales apparaissent donc, dans l'ensemble bien oxygénées.

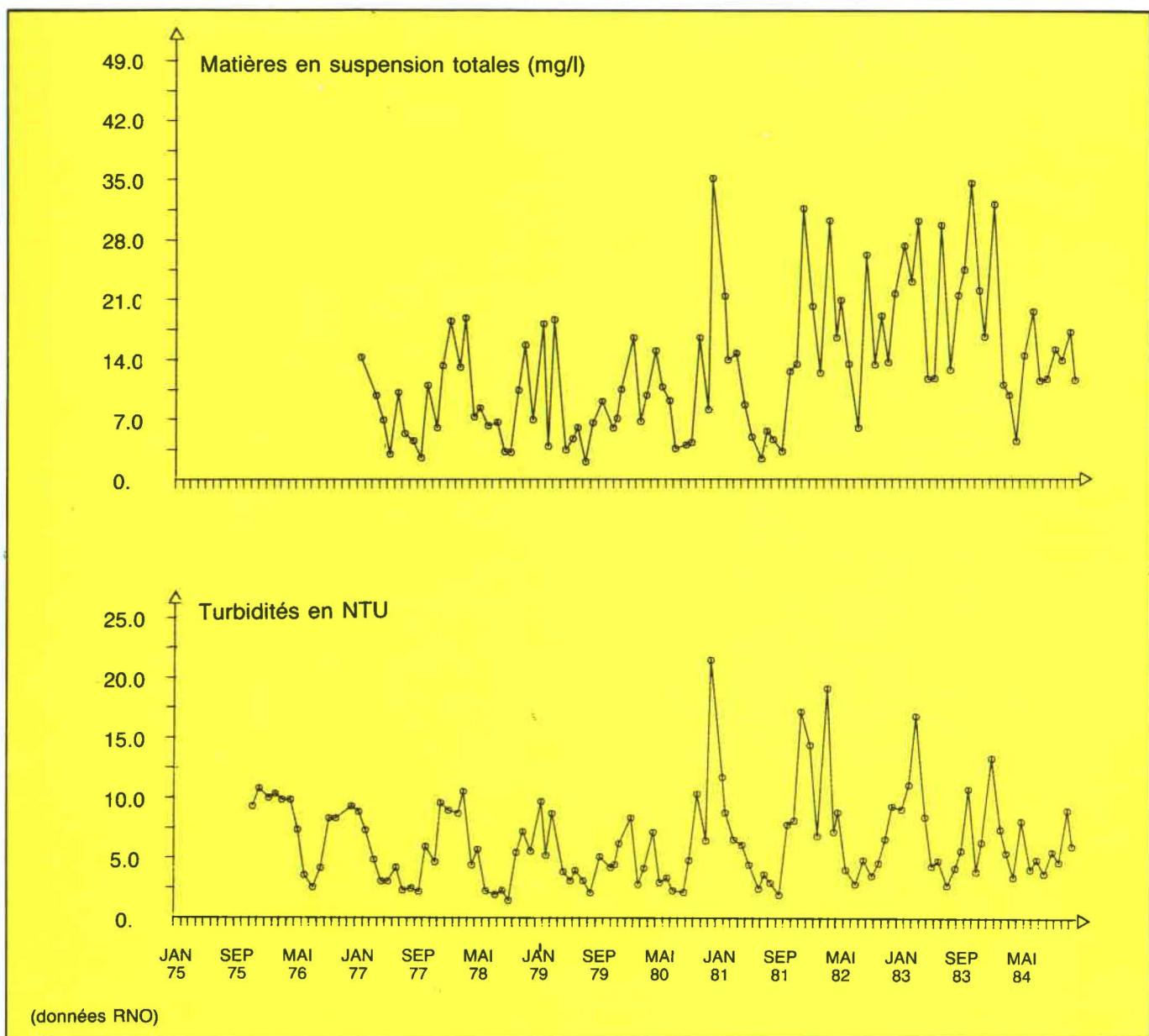


Figure 7 : Variations saisonnières et pluriannuelles des teneurs en matières en suspension totales et de la turbidité des eaux côtières à Dunkerque.

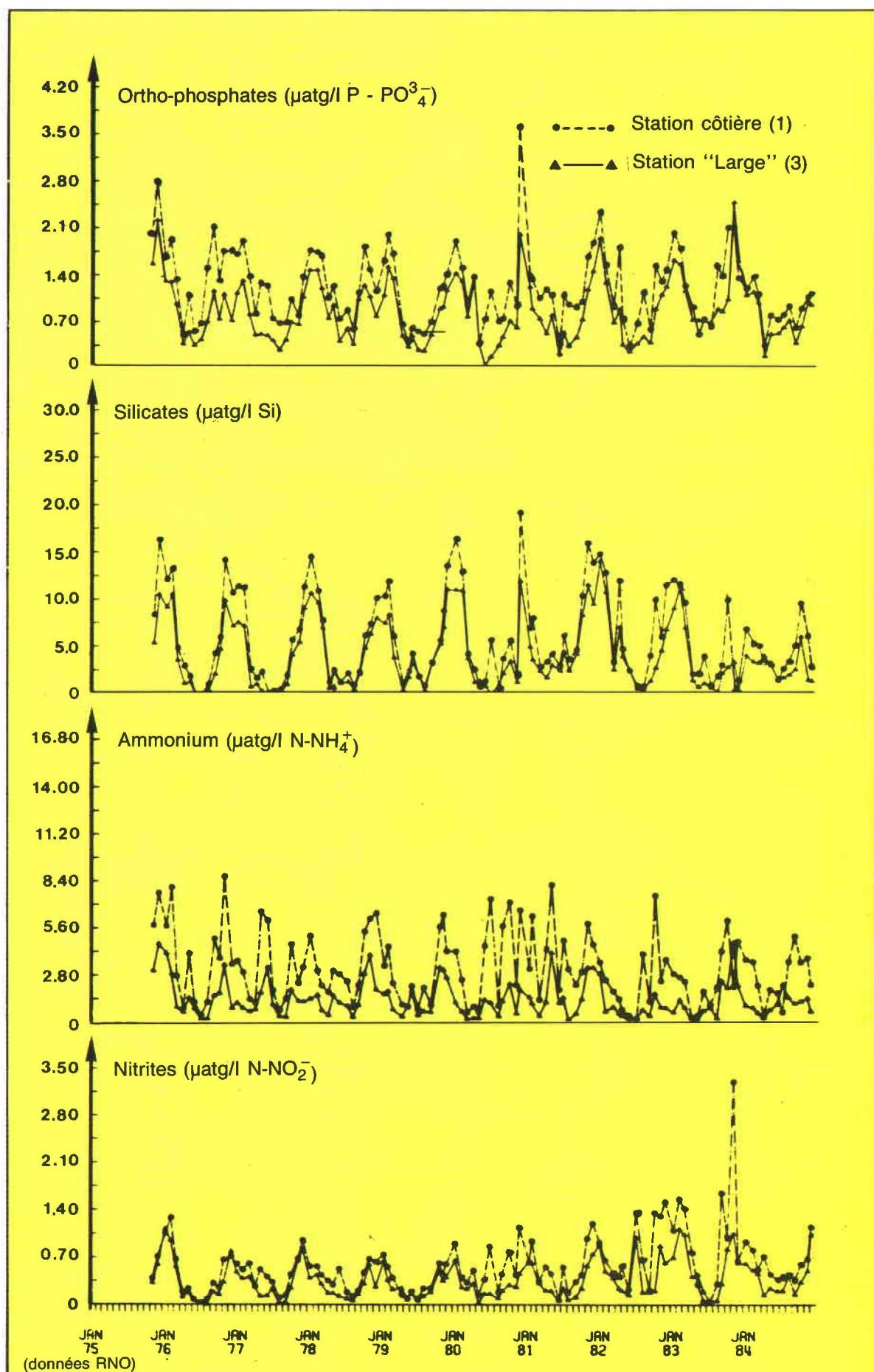


Figure 8 : Variations saisonnières et pluriannuelles des sels nutritifs dans les eaux côtières à Dunkerque.

- Les sels nutritifs présentent tous des cycles saisonniers, caractéristiques avec un maximum hivernal, et un minimum printanier et estival. Au printemps, la consommation de ces

composés par les organismes du phytoplancton en fort développement à cette époque de l'année (bloom*) peut conduire jusqu'à l'épuisement des silicates qui constituent alors le

facteur limitant ; ceux-ci rentrent dans la constitution des tests de diatomées, qui représentent dans la région plus de 90 % du phytoplancton.

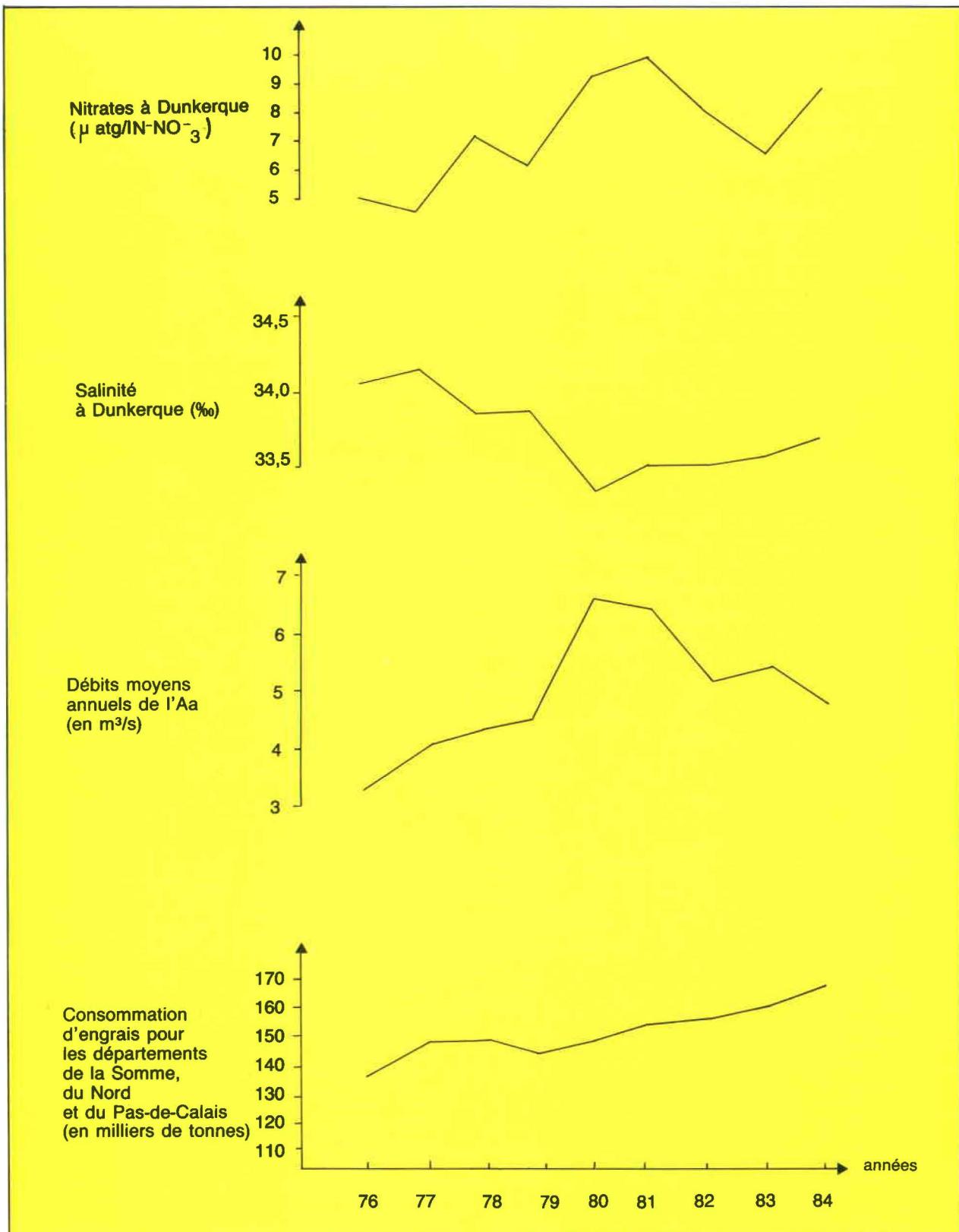


Figure 9 : Evolution chronologique des moyennes annuelles des teneurs en nitrate en relation avec les apports fluviaux et les utilisations d'engrais azotés.

Il en est de même pour les nitrates et nitrites également consommés et susceptibles de limiter, au moins temporairement, la production phytoplanctonique.

L'analyse de la période 1976-1984, révèle une tendance à l'augmentation des nitrates dans l'eau, en parallèle

avec l'augmentation des débits des fleuves régionaux, et la consommation d'engrais azotés, comme l'illustre la figure 9.

A l'inverse, et pour la même période, les phosphates dans les eaux de mer à Dunkerque, sont restés stables.

Ces observations préliminaires devront être confrontées aux résultats des calculs des flux d'azote et de phosphore, les mécanismes de restitution de ces éléments au milieu marin étant d'une grande complexité.

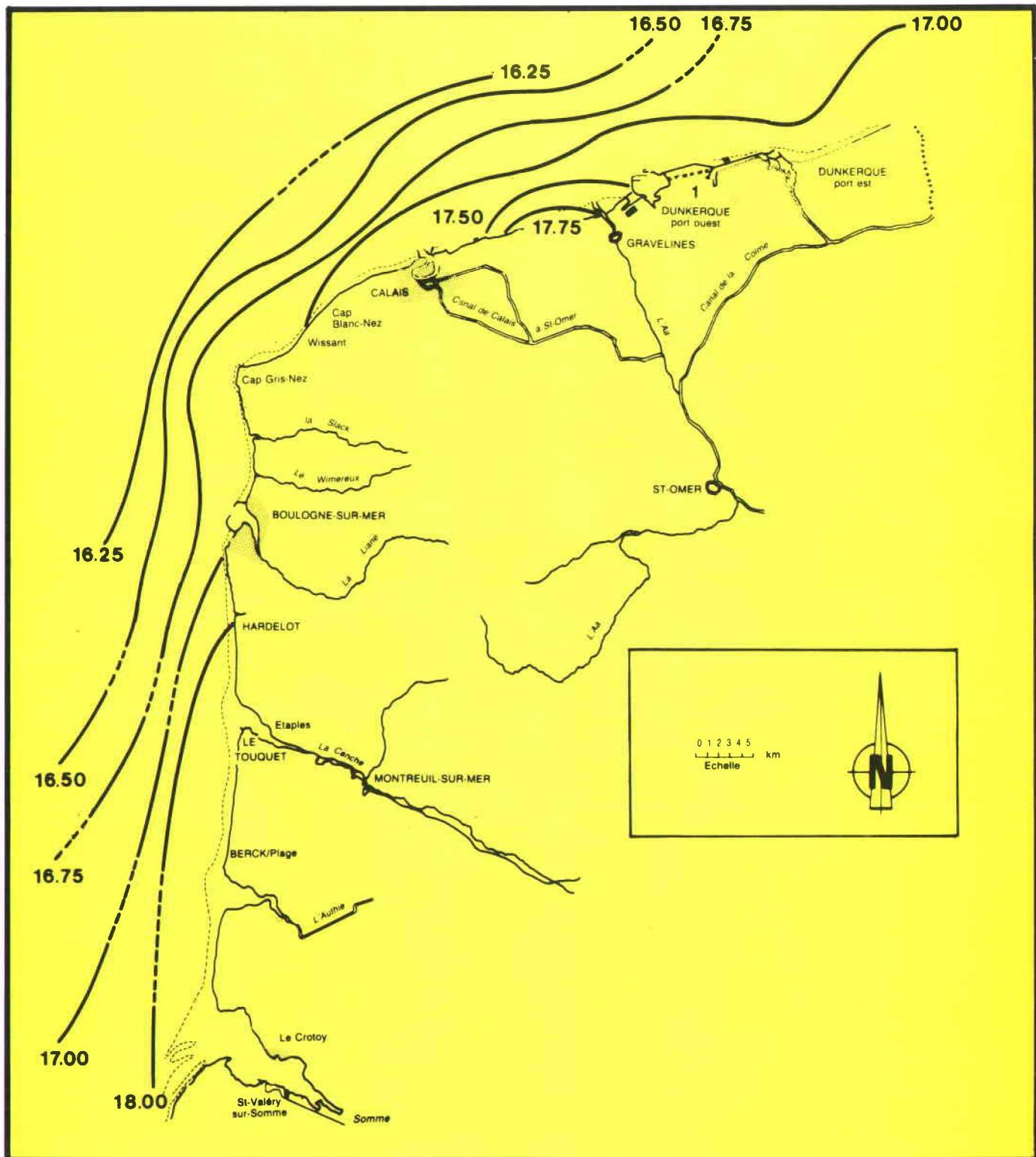


Figure 10 : Répartition géographique de la température des eaux de surface en °C (campagne HYDROBIOS 1, Juillet-Août 1980).

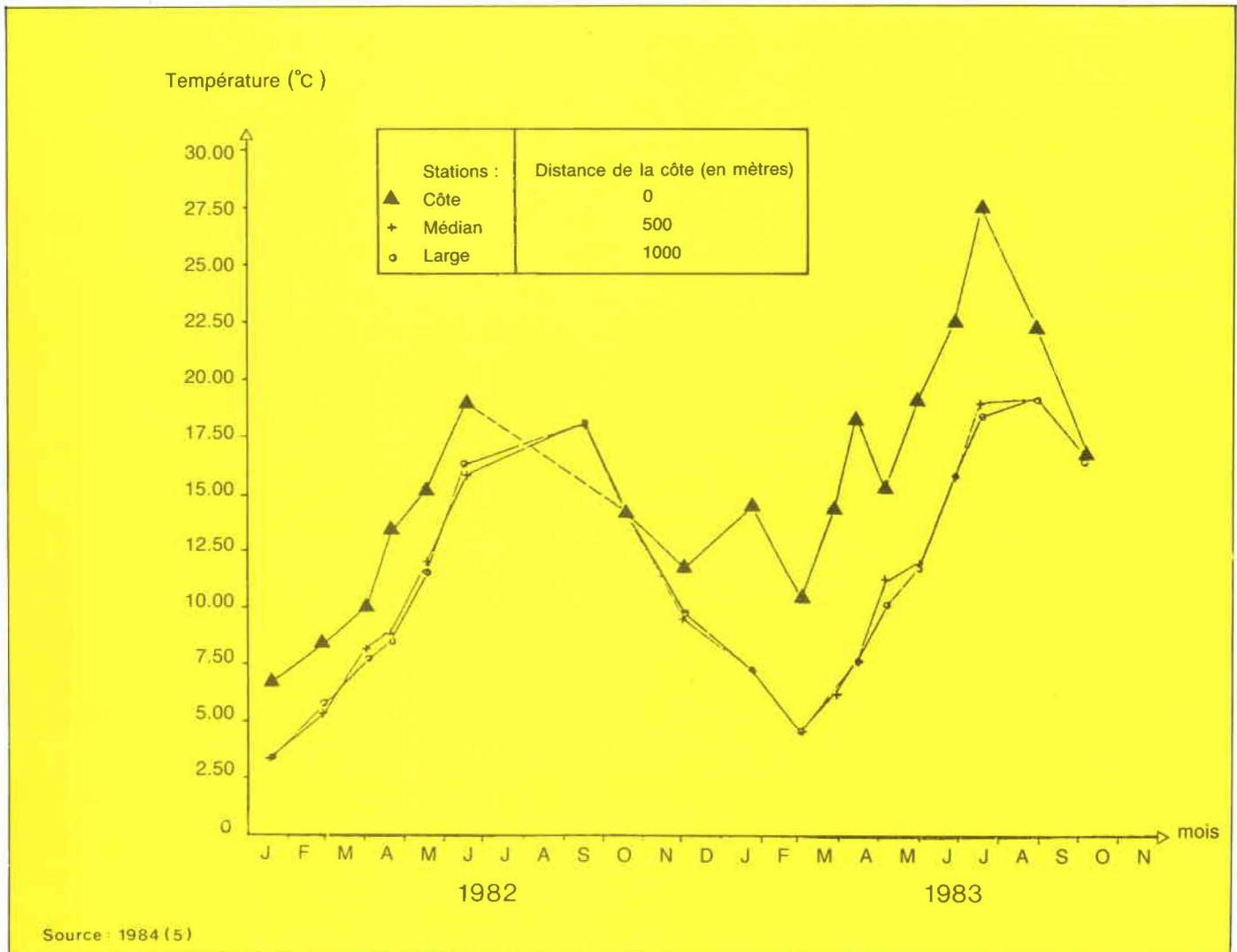


Figure 11 : Variations chronologiques de la température de l'eau de mer pour trois stations au droit du rejet de la centrale nucléaire de Gravelines.

Ceci rappelle néanmoins dès maintenant l'importance de l'ajustement rigoureux des épandages d'engrais aux besoins des plantes. A ce sujet, il convient de noter que les intérêts de l'agriculture et de l'environnement convergent car limiter les pertes d'éléments nutritifs à partir des surfaces agricoles signifie mieux valoriser les engrains épandus et donc diminuer les coûts de production.

2.2. Les variations spatiales

La répartition spatiale des caractéristiques principales des eaux littorales a été étudiée à partir de la campagne HYDROBIOS 1, effectuée en août 1980.

- La température varie peu du nord au sud comme l'illustre la figure 10,

les isothermes* sont parallèles à la côte et déterminent un gradient côte-large caractéristique du littoral régional, avec :

- une zone côtière
- une zone du "large"

Les isothermes sont plus rapprochées au niveau du cap Gris-Nez à cause de l'augmentation de la vitesse des courants.

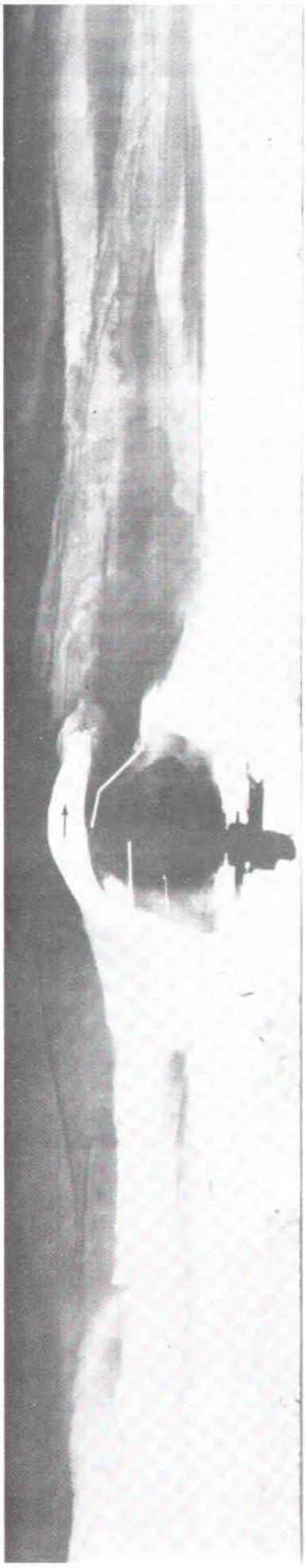
A l'époque de la campagne (août 1980) les eaux du "large" étaient plus froides de 1 à 2°C qu'à la côte. La température observée au niveau du site des caps, et en baie de Wissant, (environ 17°C), est la plus faible de la région par rapport aux secteurs Calais-Dunkerque (environ 17,5°C) et Pas-de-Calais-Sud (environ 18°C).

On constate que la température des eaux littorales varie relativement peu sur l'ensemble de la région, et que les variations côte-large l'emportent sur les variations Nord-Sud.

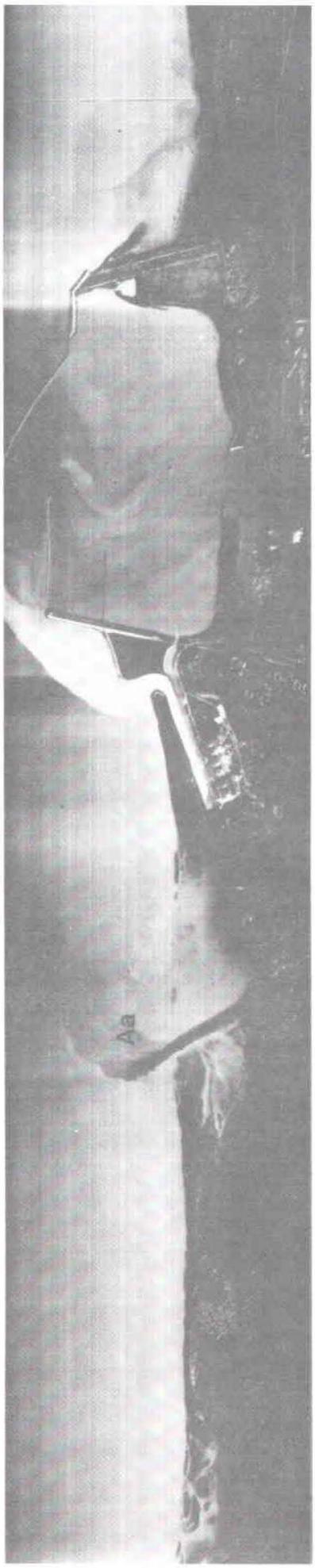
La centrale électrique de Gravelines, qui utilise l'eau de mer pour son refroidissement, fonctionne depuis 1980. L'eau de mer est réchauffée d'environ 10°C et est rejetée avec un débit de 240 m³/s en 1985.

La figure 11 fournit les variations de température des trois stations situées au droit du rejet de la centrale d'EDF.

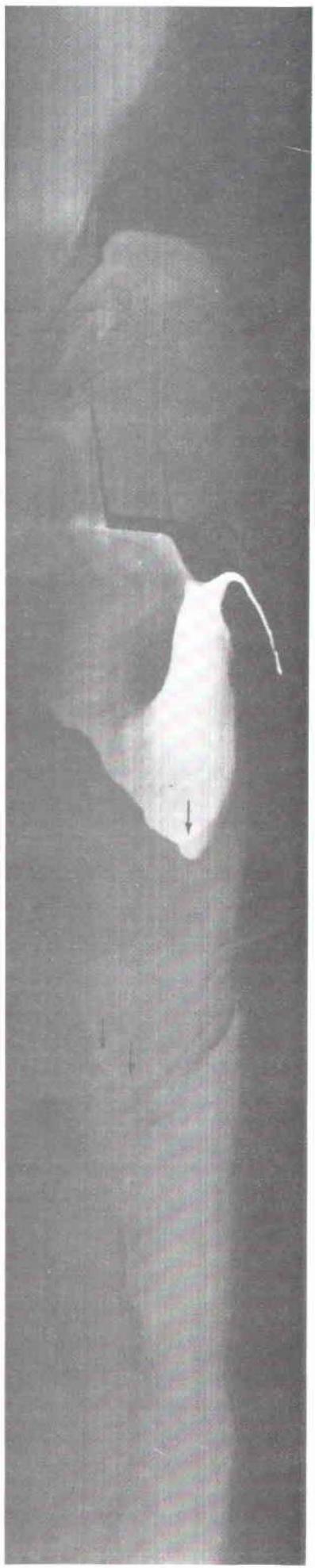
Les thermographies* aériennes (figure 12) réalisées sur ce secteur, montrent un panache thermique et un réchauffement de la zone côtière, pouvant s'étendre sur 20 km de part et d'autre du rejet.



1 - Le 10.07.1985 à Pleine Mer + 1 heure.



2 - Le 27.10.1984 à Pleine Mer + 1 heure.



3 - Le 27.10.1984 à Pleine Mer + 5 heures.

Figure 12 : Thermographies aériennes en frot (1,2) et en jusant (3) à la verticale de la centrale nucléaire de Gravelines.

Sur la verticale, il a été souvent montré une homogénéité de la température de la surface au fond des

masses d'eau. Au niveau du rejet de la centrale d'EDF, on ne peut toutefois exclure qu'une stratification

thermique* puisse exister, de façon temporaire, par exemple, aux étages de courant*.

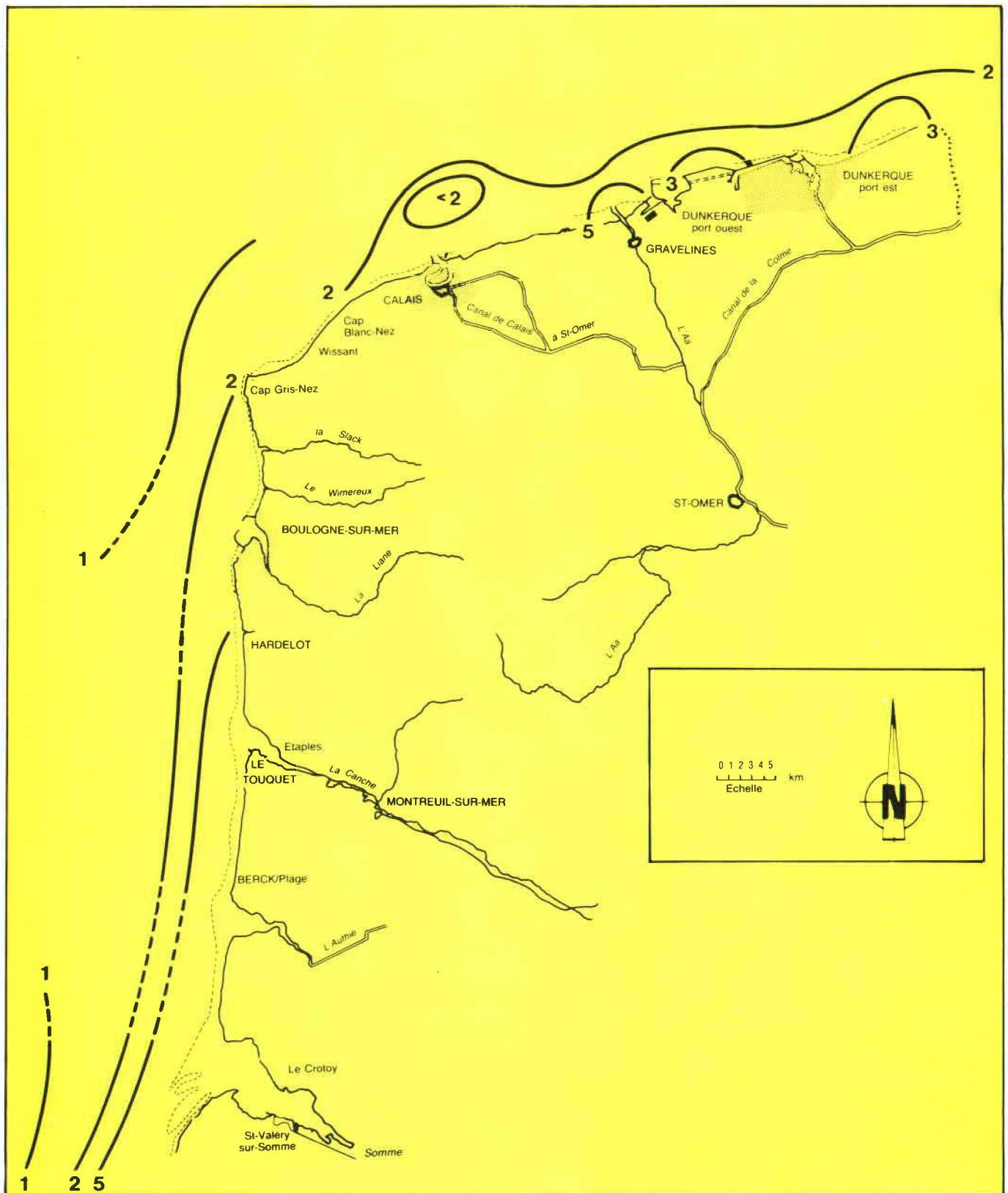


Figure 13 : Répartition géographique de la turbidité, en NTU (campagne HYDROBIOS 1, Juillet-Août 1980).

- La salinité présente le même type de répartition que la température caractérisée par un gradient côte-large, avec un resserrement au niveau du cap Gris-Nez et un écartement au droit des estuaires. L'influence locale des apports telluriques est ainsi mise en évidence, sur certaines zones proches de la côte.
- Les matières en suspension présentent les teneurs les plus élevées sur les secteurs sud (zone des estuaires) et nord (Calais-Dunkerque). La turbidité mesurée dans les eaux littorales

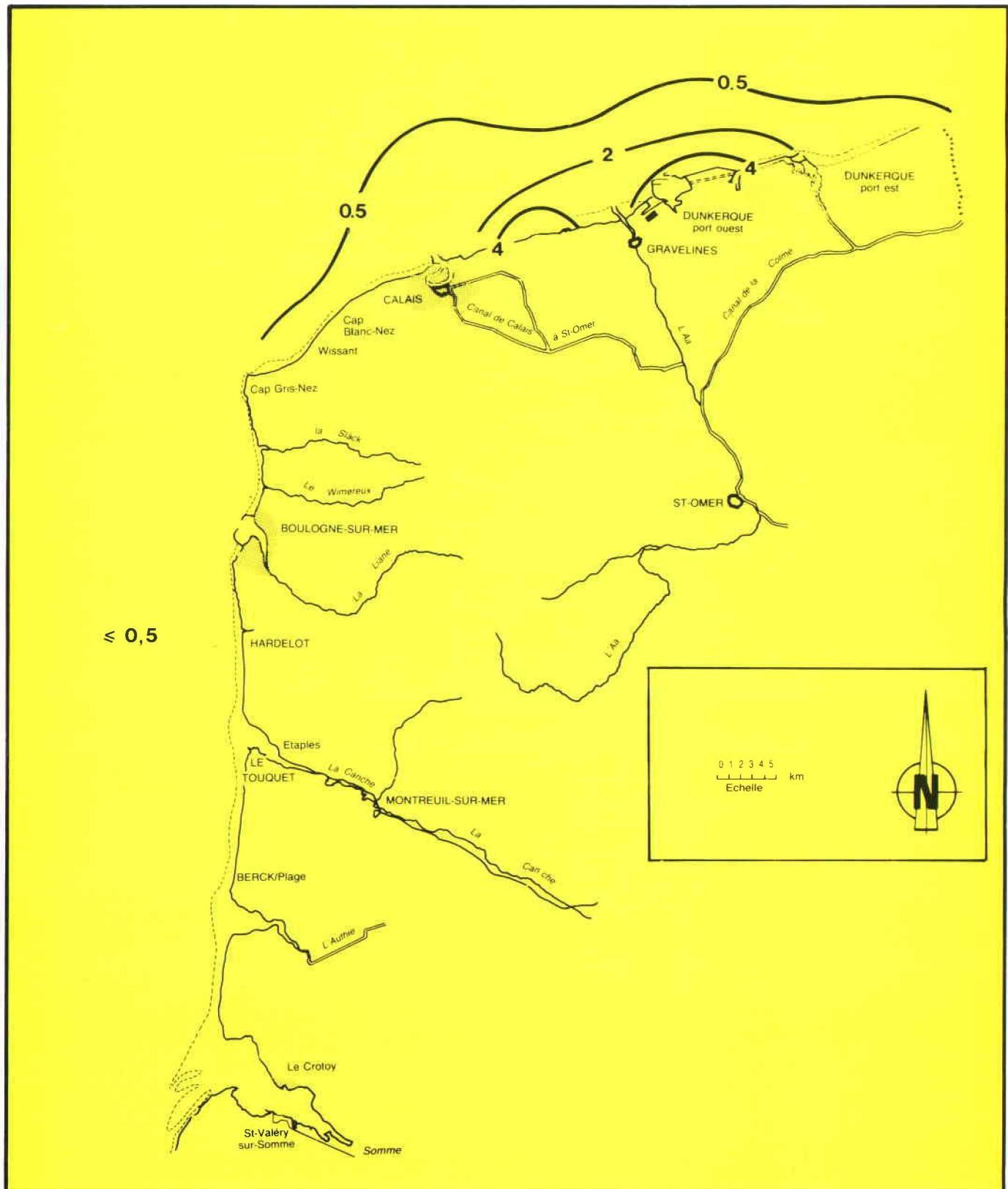


Figure 14 : Répartition géographique des teneurs en ammoniacal en $\mu\text{atg/l N} - \text{NH}_4^+$ (campagne HYDROBIOS 1, Juillet-Août 1980).

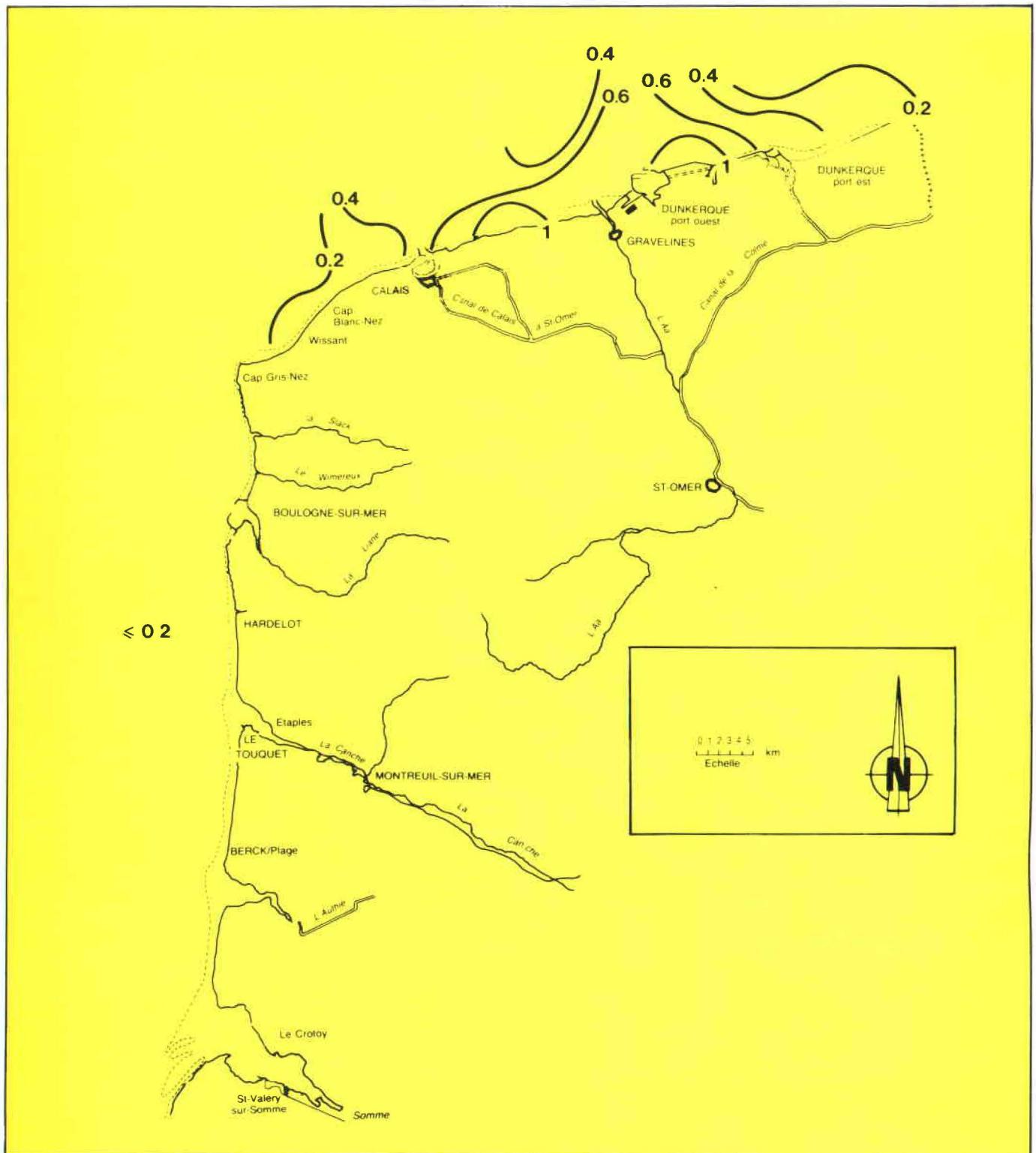


Figure 15 : Répartition géographique des teneurs en nitrates, en µatg/l N - NO_3^- (campagne HYDROBIOS 1, Juillet-Août 1980).

au niveau des estuaires (Somme : 5,8 NTU, Canche : 5,3 NTU, Aa : 5,0 NTU) est trois fois supérieure à celle mesurée au niveau du site des caps.

Sur ce dernier secteur, le renforcement des courants et la présence des sédiments plus grossiers expliquent en partie ces observations.

La figure 13 illustre la répartition géographique de la turbidité.

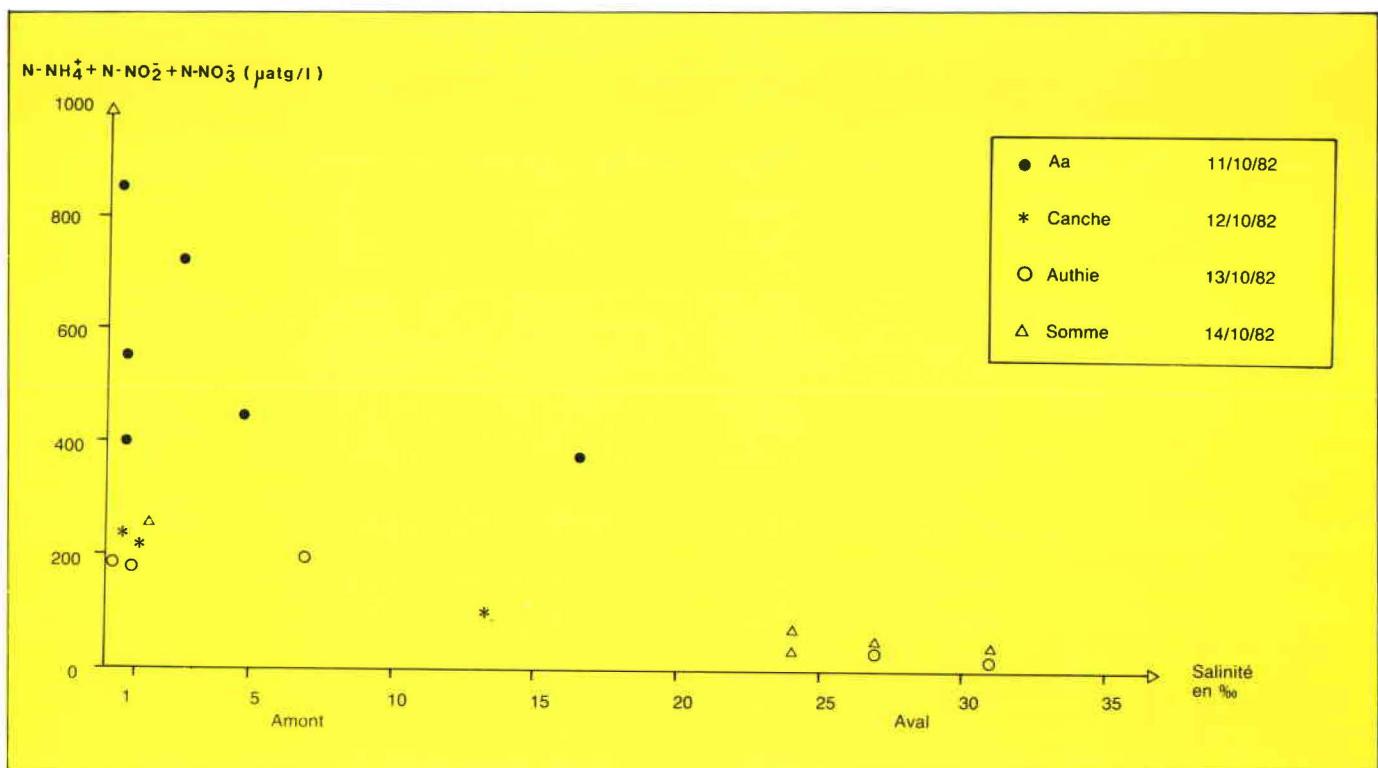


Figure 16 : Comparaison des teneurs en sels azotés pour 4 estuaires au mois d'octobre 1982.

- Les sels nutritifs azotés présents dans l'eau de mer sont l'ammonium (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-) et les nitrates (NO_3^-).

L'ion ammonium NH_4^+ peut être considéré comme un témoin des apports d'effluents urbains. La figure 14 présente les concentrations dans l'eau de mer ; elles sont élevées sur le secteur Calais-Dunkerque ($4,95 \mu\text{atg/l}$) et faibles sur la façade ouest ($0,30 \mu\text{atg/l}$). L'existence d'un gradient côte-large confirme l'origine continentale en provenance des grandes agglomérations.

En ce qui concerne les nitrates, on observe sur la figure 15 le même type de répartition, avec des teneurs fortes entre Calais et Dunkerque au droit de l'Aa.

A la figure 16 on a comparé les teneurs en azote total minéral dissous ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$) pour 4 estuaires (Aa, Canche, Authie, Somme). Il en ressort que les concen-

trations mesurées dans la zone d'apport de l'Aa sont bien plus élevées qu'ailleurs.

Ces composés azotés sont utilisés par les organismes végétaux pour la production primaire chlorophyllienne. La répartition de la chlorophylle confirme d'ailleurs cette dépendance : les concentrations en chlorophylle sont plus élevées à la côte qu'au large, et maximales devant l'Aa.

L'Aa apparaît ainsi comme une source bien identifiable de sels azotés et en particulier de nitrates sur le littoral de la région Nord-Pas de Calais. L'eutrophisation* des eaux à son débouché, et à proximité des effluents thermiques issus de la centrale nucléaire de Gravelines sont autant de facteurs favorables au développement du phytoplancton dans cette zone.

Les composés non azotés tels que phosphates et silicates présentent une répartition de même type, avec des concentrations plus élevées à la côte qu'au large. On trouvera à titre d'exemple, à la figure 17, la répartition géographique des orthophosphates. Les concentrations les plus élevées ont été observées dans le secteur Calais-Dunkerque. Les phosphates présents dans les eaux superficielles sont généralement pour une bonne part issus de rejets urbains (constituants des lessives), mais ils peuvent aussi provenir des zones agricoles en particulier en périodes de ruissellement. Les silicates, par contre, sont d'origine naturelle. Le fait que ces composés aient le même type de distribution géographique révèle la prédominance des apports d'eaux douces par les écoulements naturels. Toutes ces observations convergent et mettent clairement en évidence l'impact de l'Aa sur le milieu marin pour ce qui est des apports en sels nutritifs.

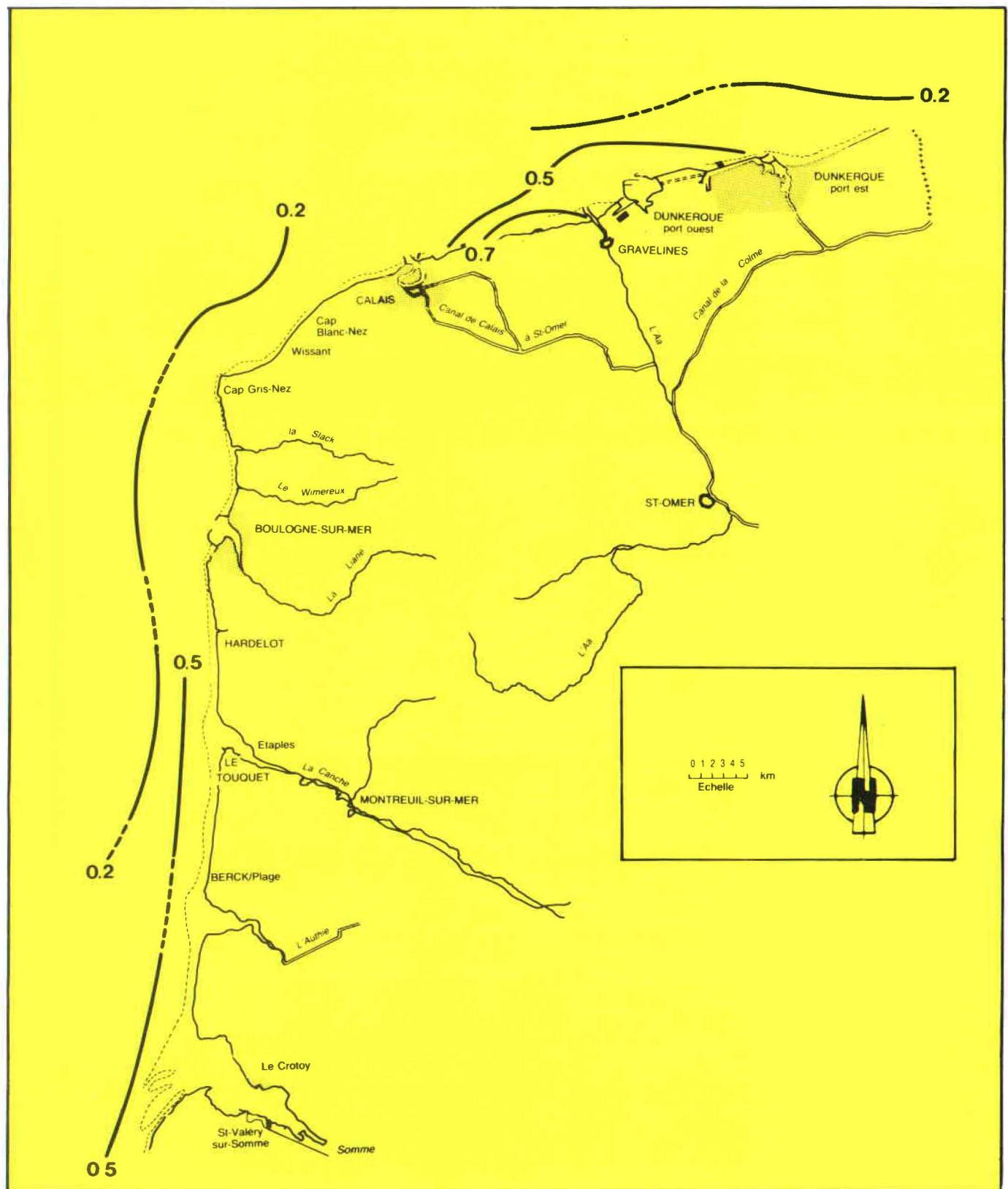


Figure 17 : Répartition géographique des teneurs en orthophosphates, en $\mu\text{atg}/1$ P - PO_4^{3-} (campagne HYDROBIOS1, Juillet-Août 1980).

2.3. CONCLUSION

Du point de vue des paramètres physico-chimiques, les eaux littorales de la région Nord-Pas de Calais sont dans l'ensemble bien oxygénées, et peu dessalées ; elles sont par ailleurs très chargées en matières en suspension. Ces eaux littorales se caractérisent par :

- un gradient côte-large et l'existence de deux zones distinctes : une zone côtière, sous l'influence des apports telluriques et une zone plus au large, éloignée de quelques kilomètres, à caractère nettement océanique,
- un cycle annuel, présentant des variations saisonnières marquées, dépendant des facteurs climatiques,
- une bonne homogénéité des isoplètes*, liée aux brassages par les courants des marées, tant horizonta-

lement, le long du littoral régional, que verticalement, sur la colonne d'eau.

Globalement, on peut distinguer quatre zones du Nord au Sud :

- **la zone Calais-Dunkerque**, au nord, se différencie par quelques grandes particularités parmi lesquelles on retiendra :
 - un enrichissement en sels nutritifs apportés par l'Aa (nitrates, phosphates, silicates) et par les rejets urbains (ammonium),
 - un réchauffement significatif des masses d'eaux par le rejet de la centrale nucléaire de Gravelines.
- **le site des caps** parcouru par les courants les plus forts de la région, appa-

raît comme une zone de transition entre les façades sud et nord très différentes en ce qui concerne la qualité des eaux littorales,

- **le secteur Boulogne-Gris-Nez** qui reçoit des apports urbains (Boulogne), agricoles (Liane, Wimereux, Slack) et industriels (agro-alimentaire,...). Ce secteur bénéficie dans une certaine mesure de l'accélération de la vitesse des courants qui favorise la dispersion rapide des apports.

- **le secteur des estuaires du sud** (Somme, Canche, Authie) présentant des enrichissements limités en sels nutritifs probablement dus pour une bonne part aux apports d'origine agricole.

3 - LES MACRODECHETS SUR LES PLAGES

On désigne par macrodéchets toutes les matières solides, débris divers de fabrication humaine qui, au gré de leurs déplacements en mer et des apports telluriques finissent par s'amonceler sur les plages. Il s'agit d'une pollution visible, dont l'impact est important sur le tourisme côtier, et telle, qu'elle oblige les municipalités concernées à nettoyer, à grands frais, les plages souillées. L'IFREMER a réalisé, pour le compte du Ministère de l'Environnement, une étude nationale (28) visant à mettre au point une méthodologie d'évaluation de cette pollution à partir de sites tests (figure 18).

Une plage de la région Nord - Pas de Calais a été sélectionnée dans le cadre de cette étude ; il s'agit de la plage d'HARDELLOT, à 15 km au Sud de Boulogne (figure 19).

La zone étudiée s'étend sur 2 650 mètres, orientée du Sud (rampe d'accès des chars à voile), au Nord (ruisseau de la Becque). La plage est constituée d'un estran très large (plus de 300 m) et plat. Le sédiment est du type sable fin (dunes et niveaux de haute mer), voire sablo-vaseux avec de nombreux débris coquilliers sur la partie plate de l'estran.

Presque tous les macrodéchets se concentrent de manière plus ou moins homogène et continue dans la laisse de haute mer. On les trouve aussi de manière hétérogène dans les couloirs d'accès séparant des dunes où ils peuvent remonter assez haut avec le vent.

L'analyse de macrodéchets a pris en compte des éléments quantitatifs (nombre de déchets, poids, volume), et qualitatifs (types, natures, origines géographiques).

D'un point de vue qualitatif, le site d'HARDELLOT présente un des plus forts indices de diversité spécifique

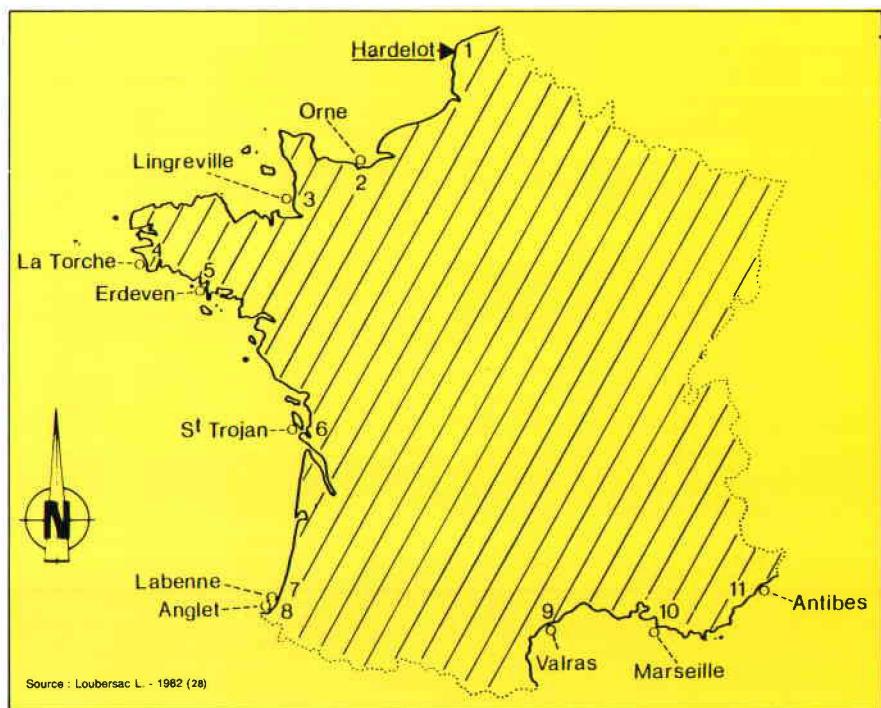


Figure 18 : Localisation des sites d'étude des macrodéchets.

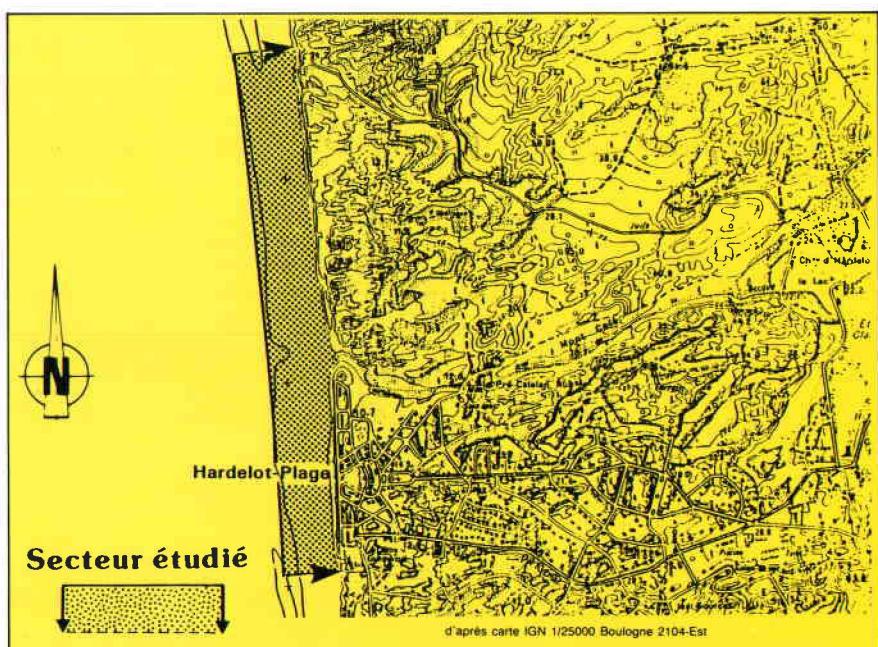


Figure 19 : Secteur étudié sur le site d'Hardelot (Pas-de-Calais).

concernant les origines des déchets : sur les 221 échantillons, 24 pays sont représentés. Cette richesse spécifique est à rapprocher de celle du site d'ERDEVEN en Bretagne (20 pays différents sur 278 échantillons).

Dans le tableau 4, on a reporté, par ordre décroissant d'importance, les pourcentages de déchets d'origine différente selon les 14 pays les plus représentés.

En ordre de grandeur, la moitié des déchets identifiés sont d'origine française. Un quart sont d'origine anglaise à HARDELOT et espagnole à ERDEVEN ; le deuxième quart se répartit entre une vingtaine de pays, d'une manière très comparable à HARDELOT et à ERDEVEN : ces deux sites sont typiquement des sites exposés aux nuisances dues au trafic maritime international.

A titre de comparaison, on a donné, dans le tableau 4, les résultats concernant deux autres plages en Manche et Atlantique : estuaire de l'ORNE en Normandie (94 % de déchets français et déchets d'origine étrangère peu représentés) et LABENNE en Aquitaine (22 % de déchets français, 74 % de déchets espagnols et autres origines étrangères peu représentées).

D'un point de vue **quantitatif**, le site d'HARDELOT, avec 0,5 kg de déchets par mètre linéaire de plage, est de relativement bonne qualité. On a rassemblé dans le tableau 5 les résultats obtenus sur cette zone. Ils sont comparés aux mêmes plages typiques. Tous les déchets répartis selon 9 grandes classes, ont été pesés. On note à HARDELOT l'importance des matières plastiques (43 % en poids), des déchets en bois travaillés, cageots, emballages (22 %), et de l'habillement, chaussures, vêtements (12 %). Ensuite sont signalés, à raison de 7 % chacun, le métal (aérosols, emballages alimentaires...), le verre (bouteilles, flacons de tous usages) et les bouts* et cordages.

Des estimations de volume des déchets ont également été réalisées dans cette étude. HARDELOT, avec un volume moyen de 0,9 litre par mètre linéaire, se place en position de bonne qualité par rapport aux autres sites testés du littoral français.

Pays d'origine	n	MANCHE		ATLANTIQUE	
		Hardelot	Estuaire de l'Orne	Erdeven	Labenne
France	50	94	45	22	
Grande Bretagne	23	3,4	7,9	1,2	
Espagne	3,6	0,8	28	74	
Italie	1,4	0,4	0,7	0,6	
USA	3,2	—	3,6	—	
Belgique	3,2	—	1,1	0,3	
Allemagne Fédérale	2,3	0,4	2,9	—	
Pays Bas	2,3	—	2,2	0,6	
Portugal	1,4	—	—	0,6	
Grèce	1,8	0,4	0,4	—	
Danemark	1,8	—	1,1	—	
Norvège	0,9	—	1,4	—	
Pologne	0,5	—	2,2	0,6	
URSS	0,5	—	0,7	—	
Divers autres	4,1	0,6	2,8	0,1	
TOTAL	100	100	100	100	

n : Nombre d'échantillons
Origine des données : LOUBERSAC, 1982 (28)

Tableau 4 : Pays d'origine des macrodéchets identifiés sur la plage d'HARDELOT et sur quelques autres plages typiques (valeurs données en pourcentage).

Types de déchets	MANCHE		ATLANTIQUE	
	Hardelot	Estuaire de l'Orne	Erdeven	Labenne
Plastique	186	411	1 012	959
Bois	95	658	216	814
Habillement	53	33	125	36
Métal	30	248	122	171
Verre	30	338	162	228
Bouts	27	2	1 833	62
Hydrocarbures	12	0	260	2
Caoutchouc	1	109	17	7
Papier	0	3	0	0
TOTAL (g/m)	434	1 802	3 747	2 279
Valeurs arrondies (en kg/mètres)	0,4	1,8	3,7	2,3

Origines des données : LOUBERSAC, 1982 (28)

Tableau 5 : Poids de macrodéchets par grandes classes sur la plage d'HARDELOT et sur quelques plages typiques (par mètre linéaire).

On ne peut extrapoler pour toutes les plages de la région Nord - Pas de Calais les observations réalisées sur le seul site d'HARDELOT, mais on peut admettre qu'il est représentatif des plages du secteur Somme - Cap d'Alprech. Pour conclure on peut

dire que, bien qu'influencé par le trafic maritime international, ce secteur littoral présente une charge en macrodéchets parmi les plus faibles de celles rencontrées sur les 12 sites étudiés au plan national.

4 - LES MICROPOLLUANTS METALLIQUES DANS LES SEDIMENTS MARINS ET LA MATIERE VIVANTE

Les métaux les plus courants (annexe 5) ont fait l'objet d'une recherche en vue de déterminer leurs concentrations dans le milieu marin littoral régional et d'identifier les zones géographiques de contamination. Ces concentrations se rapportent systématiquement à un poids sec de sédiments ou de mollusques.

4.1. Préambule méthodologique

Le nombre important de résultats analytiques relatifs aux micropolluants imposait la définition préalable d'une méthode d'exploitation et de présentation des données.

Le paramètre statistique descripteur d'une série de données le plus communément utilisé est la moyenne arithmétique et son emploi est particulièrement judicieux en cas de distribution gaussienne* des résultats analytiques. Le calcul des concentrations moyennes (\bar{x}) a été effectué mais, afin d'attirer l'attention du lecteur sur la distribution des résultats analytiques, l'écart-type* ($s(x)$) et le

coefficient de variation* ($(s(x)/\bar{x})$) ont été systématiquement adjoints. En effet, un écart-type supérieur à la moyenne (ce qui équivaut à un coefficient de variation supérieur à 100 %) caractérise une distribution de résultats analytiques dissymétrique qui peut aussi être révélée par la présentation d'histogrammes.

Dans une telle situation, la moyenne arithmétique* ne peut pas être considérée comme étant le paramètre central de la population des résultats analytiques étudiée ce qui, par contre, est le cas de la médiane* (quantile* 50 %).

De ce fait, nous avons aussi procédé à la définition des concentrations médianes du littoral régional auxquelles nous avons adjoint les concentrations correspondant au quantile 95 % ainsi que les minimum et maximum. Cet ensemble permet de caractériser les distributions de résultats analytiques obtenus pour les différents micropolluants étudiés.

En regard de ces descripteurs des données régionales, des valeurs de

référence provenant du RNO ont été portées autant que possible, afin de pouvoir situer les niveaux de contamination régionaux. Dans le cas du sédiment, ces valeurs de référence provenant du RNO permettent une classification en trois groupes :

- 1 - les teneurs habituelles du milieu naturel,
 - 2 - les teneurs intermédiaires,
 - 3 - les teneurs traduisant une situation de contamination,
- utilisée pour apprécier l'état de contamination du littoral régional.

Cette appréciation peut ensuite être exprimée visuellement par des couleurs que le lecteur trouvera lors de la présentation d'histogrammes* ou de cartes.

Quelques valeurs de référence relatives aux moules, fournies par les Conventions d'Oslo et de Paris, seront aussi présentées par la suite. Toutefois, de telles valeurs restent très rares, du fait de la quasi-absence de normes nationales et internationales.

METAUX (unités)	Nombre de résultats disponibles	Moyenne (\bar{x})	Ecart type $s(x)$	Coefficient de variation 100 $s(x)/\bar{x}$	Médiane	Quantile 95 %	Minimum	Maximum	VALEURS DE REFERENCE CNEXO-1981 (13)		
									10	70	500
Pb (mg/kg)	329	102	448	439	20	170	1,5	5 000			
Hg (mg/kg)	329	0,33	0,49	148	0,21	0,79	0,04	4,20	0,02	0,35	2,50
Cd (mg/kg)	329	0,9	1,1	126	0,5	2,7	0,05	12,1	0,1	2,0	10,0
Zn (mg/kg)	329	114	381	330	58	230	2,1	4 547	20	150	600
Cu (mg/kg)	206	8,9	8,4	95	5,0	26	0,7	66	5	30	300
Cr (mg/kg)	329	31, 9	39,6	120	18,5	85	3,9	373	gamme des teneurs habituelles du milieu naturel	gamme des teneurs intermédiaires	teneurs élevées : situation de contamination
Ni (mg/kg)	329	18,1	27,6	155	9,0	55	0,5	228			
Mn (mg/kg)	206	186	124	67	155	330	40	1 150			
Ti (mg/kg)	206	39,1	35,3	90	23	103	1,4	230			
Co (mg/kg)	206	1,5	1,1	77	1,2	2,8	0,5	14			
Fe (dg/kg)	206	0,7	0,9	131	0,6	1,3	0,1	12,9			

Tableau 6 : Présentation paramétrique des teneurs en métaux dans le sédiment littoral (fraction fine):

METAUX (unités)	Teneurs habituelles du milieu marin		Teneurs intermédiaires		Teneurs élevées situation de contamination	
	Nombre de stations	%	Nombre de stations	%	Nombre de stations	%
Pb (mg/kg)	277	84,2	44	13,4	8	2,4
Hg (mg/kg)	264	80,3	60	18,5	3	1,2
Cd (mg/kg)	298	90,6	30	9,1	1	0,3
Zn (mg/kg)	301	91,5	23	7	5	1,5
Cu (mg/kg)	200	97,1	6	2,9	0	0

Tableau 7 : situation régionale des concentrations en métaux dans le sédiment.

4.2. Les métaux dans la fraction fine du sédiment

4.2.1. La situation régionale dans son ensemble

Les figures 20 à 24 présentent les distributions des concentrations en micropolluants métalliques de la fraction fine du sédiment du littoral régional et le tableau 6 en fournit une présentation paramétrique. La dissymétrie de distribution des résultats analytiques s'observe pour tous les métaux, elle est particulièrement marquée dans le cas du plomb.

Le schéma suivant peut être appliqué à tous les métaux :

- une majorité de concentrations relativement faibles et regroupées,
- une minorité de concentrations élevées voire très élevées qui se détachent du groupe précédent.

Des valeurs de références provenant du RNO sont disponibles pour cinq métaux : Pb, Hg, Cd, Zn et Cu. Elles permettent de constater que, pour ces cinq métaux, plus de 80 % des résultats analytiques se situent dans le domaine des teneurs habituelles du milieu naturel et que les situations de contamination sont reconnues pour moins de 5 % des concentrations mesurées.

4.2.2. Les situations de contamination

En fait, moins de 3 % des résultats correspondent à des concentrations élevées (tableau 7) traduisant une situation de contamination. C'est le mercure qui présente globalement les

plus fortes teneurs puisque près de 20 % des résultats obtenus correspondent à une situation de contamination. Le plomb prend la seconde place avec près de 16 %, viennent ensuite le cadmium (9,5 %) et le zinc (8,5 %), puis le cuivre (3 %). A l'inverse, 80 à 97 % des résultats correspondent à des concentrations faibles, rencontrées habituellement dans le milieu naturel.

4.2.3. Répartition géographique des concentrations et micropolluants métalliques dans le sédiments.

4.2.3.1. Les contaminants prioritaires : Plomb, Mercure, Cadmium, Zinc et Cuivre.

Ces contaminants sont dits prioritaires car leur présence est liée aux activités humaines et leur toxicité reconnue.

Le plomb (figure 20)

Les aires géographiques présentant les concentrations les plus élevées de la région, supérieures à 500 mg/kg (8 valeurs), se répartissent en quatre secteurs correspondant aux zones de rejet de boues de dragages, au large des ports. Sur le secteur Boulogne - Gris-Nez (1 000 mg/kg) l'aire concernée est allongée dans le sens Sud-Nord, et assez bien délimitée. Devant Calais (5 000 mg/kg) et surtout Dunkerque Ouest (4 800 mg/kg) l'aire de contamination est très étendue. Le secteur de Dunkerque Est (1 611 mg/kg) est celui dont l'aire est la plus réduite. Les plus faibles concentrations régionales sont observées au

Sud du Pas de Calais entre Boulogne et l'Authie.

Le mercure (figure 21)

Les fortes teneurs en mercure sont rencontrées sur le secteur de Boulogne, au niveau du site de rejet de boues de dragages au large (2,88 et 3,00 mg/kg) et à proximité de Calais (4,02 mg/kg). Les concentrations sont également élevées en bordure côtière (> 1,00 mg/kg) à proximité des trois ports principaux ; les plus faibles contaminations se situent dans le secteur Sud, de Hardelot à l'Authie.

Le cadmium (figure 22)

Le cadmium présente une seule teneur considérée comme traduisant une situation de contamination située sur la zone de rejet de boues de dragages au large de Boulogne (12,1 mg/kg). Les concentrations sont généralement plus élevées au voisinage des ports, au large de Calais et dans une moindre mesure en bordure côtière, à proximité des ports de Dunkerque.

Le zinc (figure 23)

Les teneurs les plus élevées en zinc se situent au niveau des sites de rejets des boues de dragages et au niveau des ports. Les secteurs de Dunkerque-Est (4 546 mg/kg) et Dunkerque-Ouest (4 076 et 3 300 mg/kg) présentent les plus fortes teneurs régionales au large, mais aussi à la côte (955 mg/kg). Les teneurs observées sur le secteur de Boulogne sont plus faibles (< 600 mg/kg).

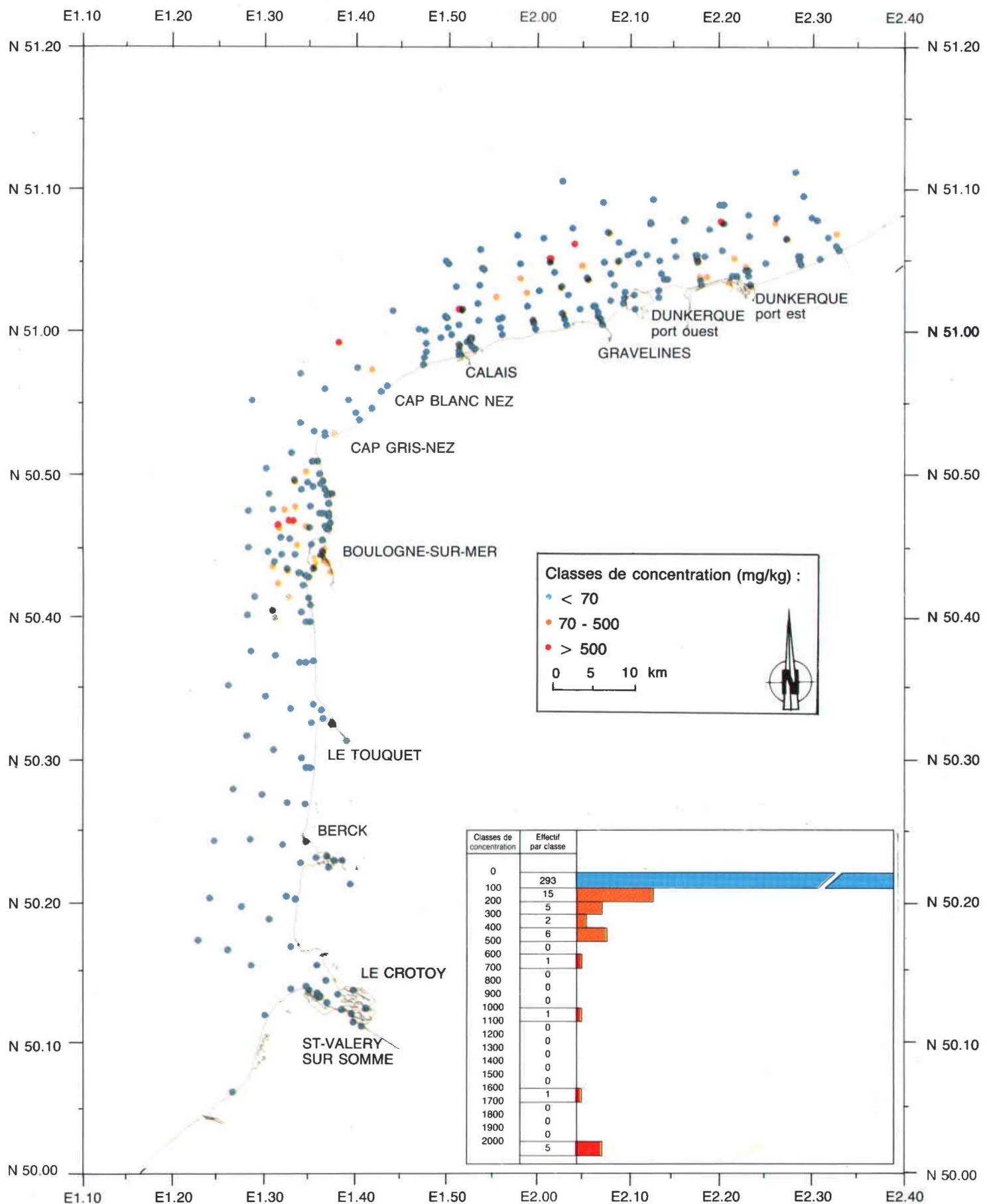


Figure 20 : Les teneurs en plomb dans le sédiment marin littoral (en mg/kg).

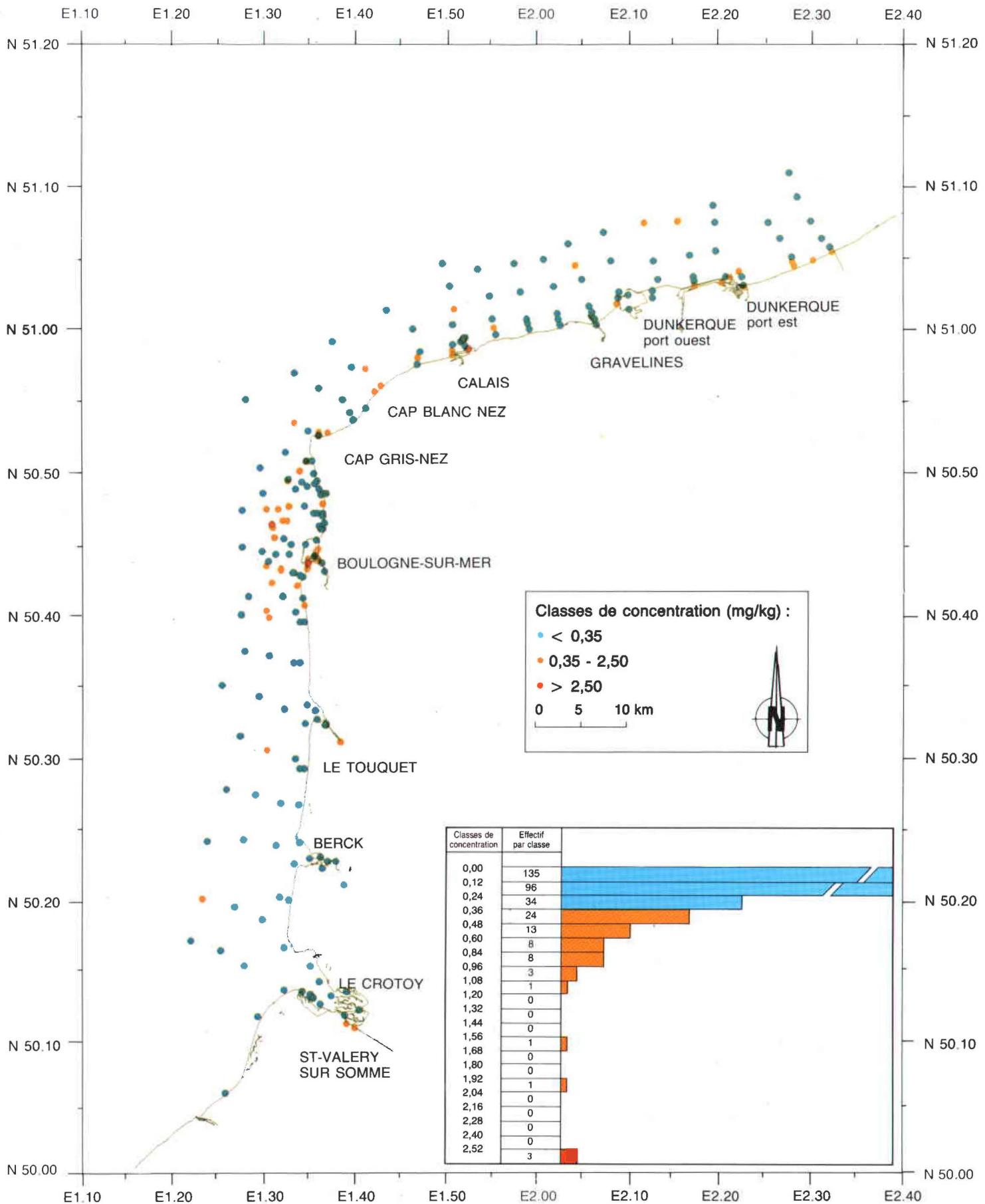


Figure 21 : Les teneurs en mercure dans le sédiment marin littoral (en mg/kg).

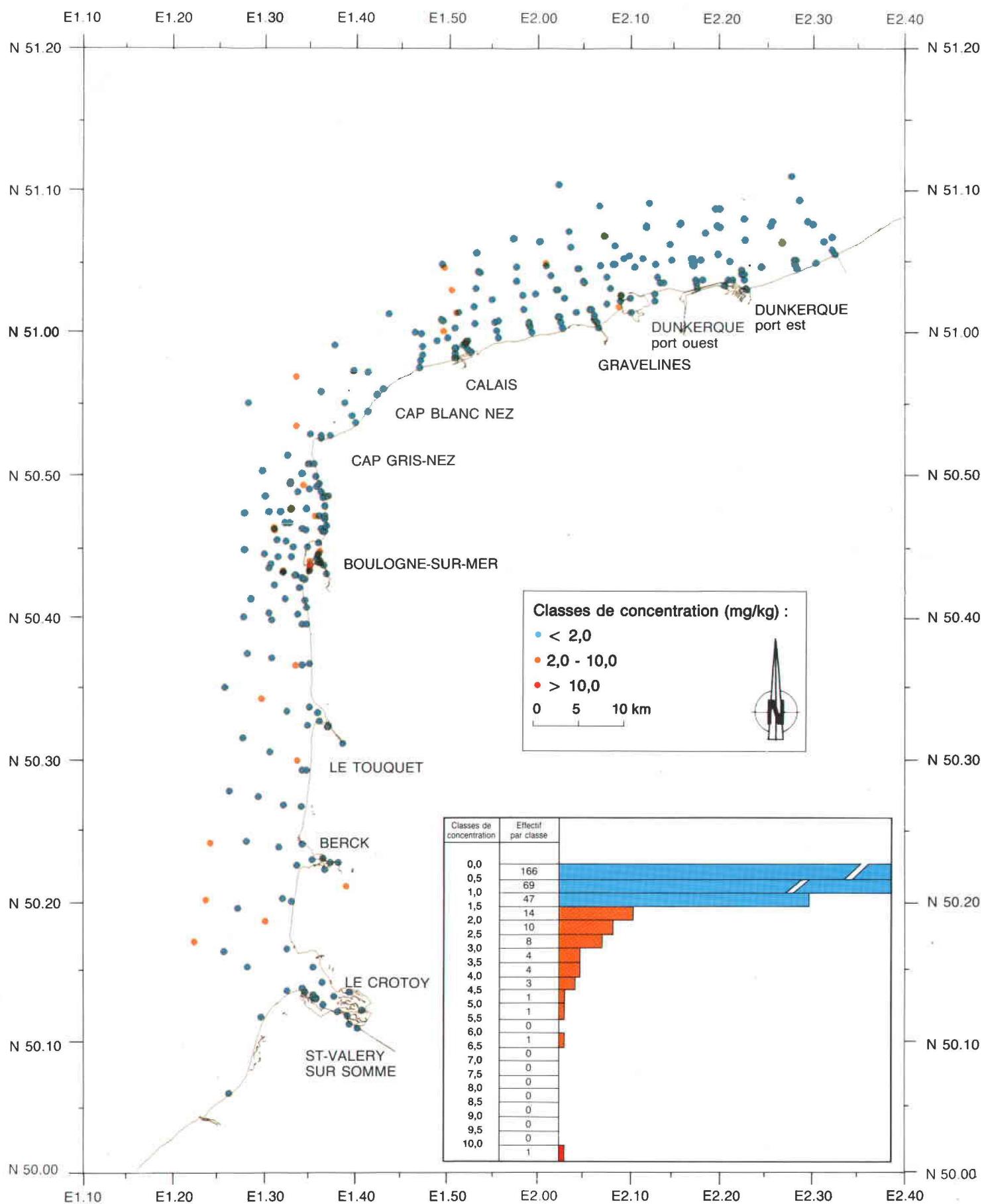


Figure 22 : Les teneurs en cadmium dans le sédiment marin littoral (en mg/kg).

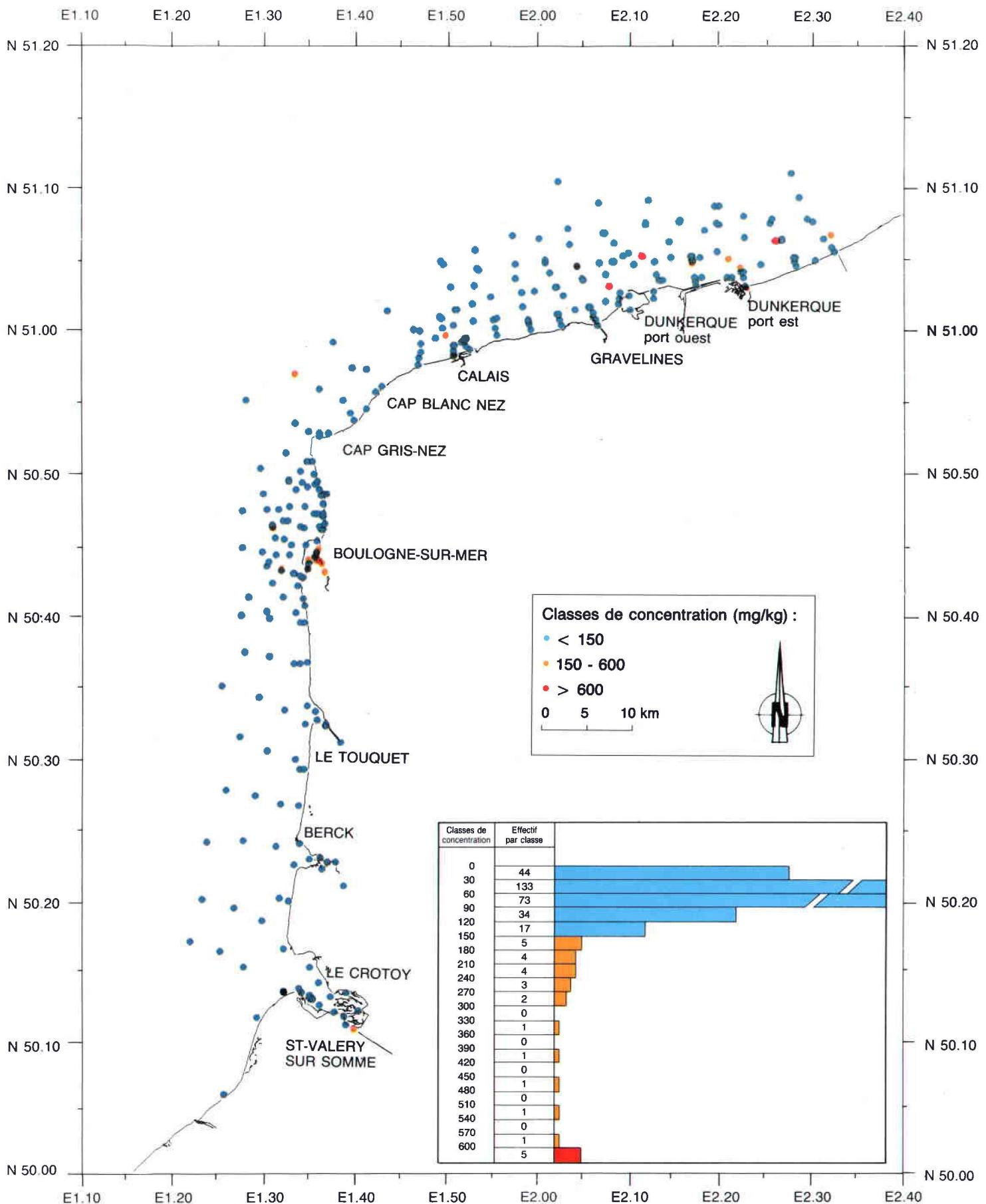


Figure 23 : Les teneurs en zinc dans le sédiment littoral (en mg/kg).

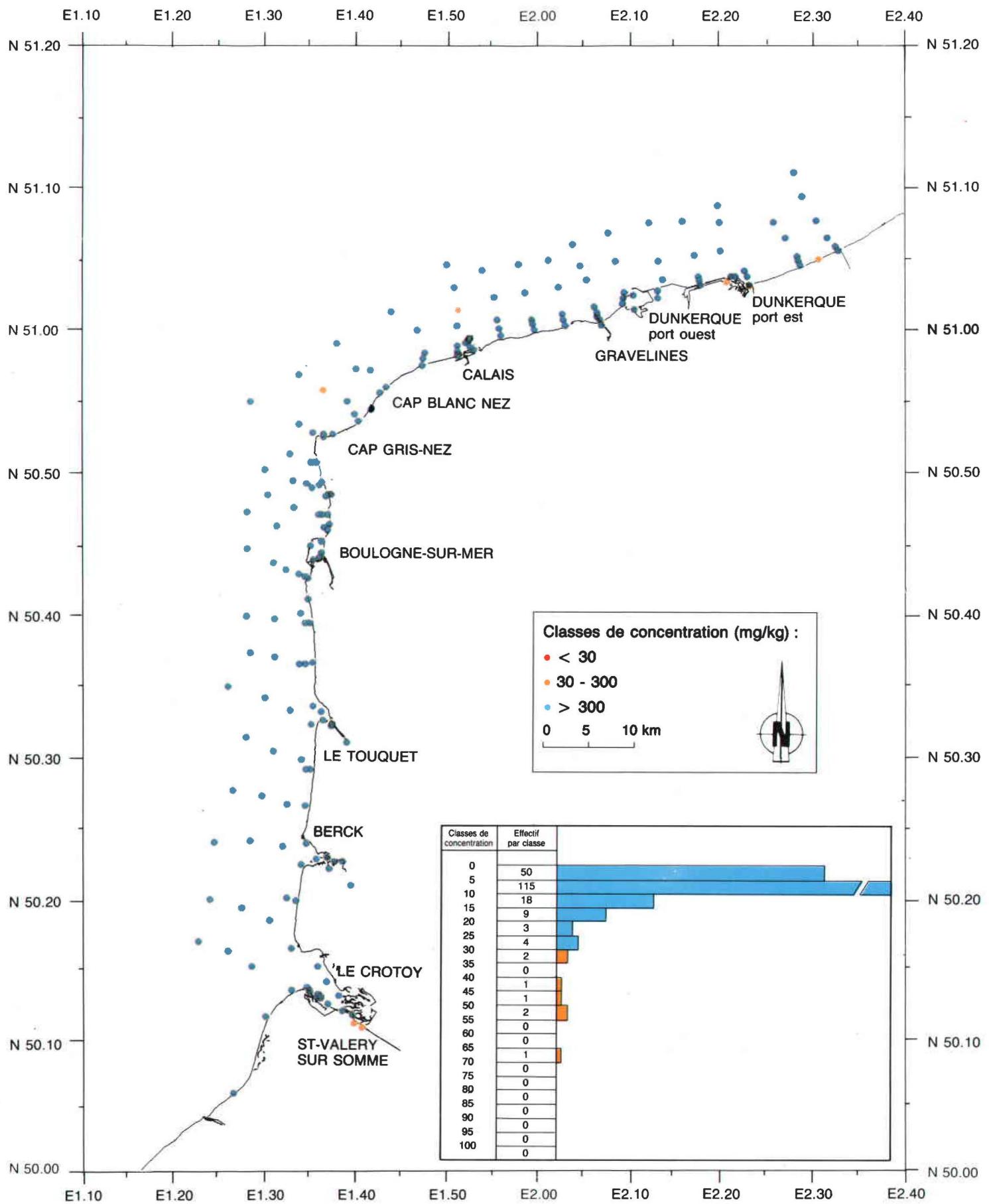


Figure 24 : Les teneurs en cuivre dans le sédiment marin littoral (en mg/kg).

Le cuivre (figure 24)

Aucune teneur considérée comme traduisant une situation de contamination n'a été mesurée sur le littoral de la région Nord - Pas de Calais ; toutefois, des concentrations élevées se retrouvent au voisinage des ports, dans le secteur Boulogne - Gris-Nez et surtout Calais - Dunkerque (30 à 60 mg/kg). La teneur la plus élevée de la région est d'ailleurs rencontrée à proximité du port de Dunkerque-Est (66 mg/kg).

Des teneurs élevées ont été également observées en baie de Somme, au niveau de Saint-Valéry sur Somme (33,5 et 48 mg/kg).

Les zones de contamination :

1°) Dans le domaine littoral et les estuaires : les teneurs métalliques les plus élevées de la région sont donc retrouvées dans les sédiments situés à proximité des zones (officielles) de rejets de boues de dragages portuaires. Celles-ci sont situées au large, à une distance de 4 à 9 km au droit des quatre ensembles portuaires de la région

(tableau 8). Les secteurs concernés présentent en outre des teneurs relativement élevées en fraction fine (vases) dans les sédiments.

2°) Les ports :

Les sédiments des quatre ports principaux (Dunkerque-Est, Dunkerque-Ouest, Calais, Boulogne) ont fait l'objet d'analyses complémentaires. Les concentrations en métaux sont toutes largement supérieures à ce qui est rencontré sur le domaine littoral proche. Les ports apparaissent donc comme des "réservoirs" de polluants métalliques.

En outre, il existe une certaine analogie qualitative et quantitative entre les métaux rencontrés dans les ports (figure 25) et ceux retrouvés au large sur les sites de rejets de produits de dragage (tableau 8). La contamination métallique du milieu marin littoral, apparaît donc liée aux ports et tout particulièrement aux activités de dragages portuaires. On peut ainsi distinguer trois secteurs et types de contaminations métalliques du milieu marin littoral régional correspondant aux spécificités portuaires (tableau 9).

METALLES (unités)	Nombre de résultats	SECTEURS CONCERNES
Pb (mg/kg)	8	- au large des 4 ports de Dunkerque Est, Dunkerque Ouest, Calais et Boulogne
Hg (mg/kg)	3	- au large de Boulogne
Cd (mg/kg)	1	- à la côte, à proximité de Calais
Zn (mg/kg)	5	- au large de Dunkerque-Est et Dunkerque-Ouest
Cu (mg/kg)	0	

Tableau 8 : Secteurs présentant les teneurs métalliques les plus élevées, considérées comme traduisant une situation de contamination.

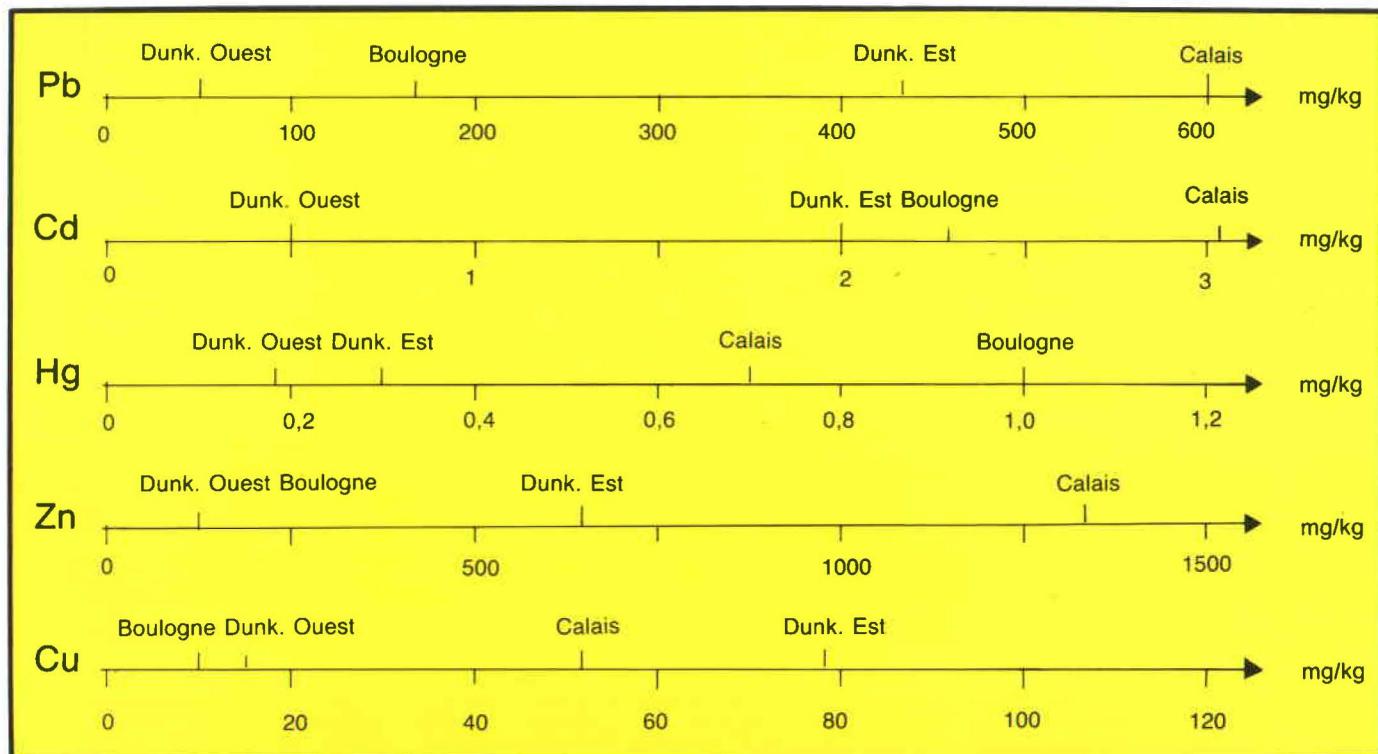


Figure 25 : Les teneurs métalliques moyennes dans la fraction fine des sédiments portuaires.

4.2.3.2. Les autres métaux

Pour les autres métaux, les concentrations régionales les plus élevées se retrouvent sur trois secteurs : Calais - Dunkerque, Boulogne Gris-Nez et aux débouchés des estuaires (tableau 10).

L'influence des ports (Fe, Cr, Ni, Mn, Ti) apparaît prépondérante, par rapport aux estuaires (Fe, Mn, Ti).

ZONES LITTORALES	POLLUANTS METALLIQUES
Dunkerque (Est et Ouest)	Pb, Zn
Calais	Pb, Hg
Boulogne	Pb, Hg, Cd

Tableau 9 : Secteurs et types de contamination métalliques du littoral régional.

METAUX	SECTEURS CONCERNES	Nombre de résultats analytiques élevés (*)
Fe	- ports : Dunkerque Est Calais Boulogne - estuaires : Aa Somme	7 1 1 1 3
Cr	- zones de rejet de boues de dragage, au large : Boulogne Calais-Dunkerque	15 20
Ni	- zones de rejet de boues de dragage, au large : Boulogne Calais-Dunkerque	9 6
Mn	- secteur Equihen - Le Portel - ports : Boulogne Dunkerque-Est - estuaires : Somme	1 5 3 1
Ti	- à proximité des ports de Calais et de Dunkerque - estuaires : Canche Somme	5 7 2 5
Co	Répartition sans relief particulier	

(*) En l'absence de valeurs de référence, sont considérées comme élevées les teneurs qui se détachent du groupe des faibles valeurs régionales, telles que révélées par les histogrammes caractérisant la distribution des résultats analytiques.

Tableau 10 : Secteurs géographiques présentant les teneurs métalliques les plus élevées.

4.3. Les métaux dans la matière vivante

Les moules (*Mytilus edulis*) et les coques (*Cardium edule*) sont les organismes vivants qui ont été utilisés comme indicateurs biologiques de la contamination métallique du milieu marin littoral régional.

4.3.1. Concentrations métalliques mesurées dans les mollusques vivants en zone littorale Nord - Pas-de-Calais

La méthode d'exploitation et de présentation des données présentée au

paragraphe 4.1. reste valable pour les mollusques mais contrairement au cas du sédiment, les valeurs de référence provenant du RNO sont des concentrations moyennes. Celles-ci seront donc comparés aux données régionales mais les conclusions resteront prudentes par défaut d'analyse statistique plus poussée.

4.3.1.1. Les teneurs en métaux mesurées dans les moules.

Les concentrations moyennes en micropolluants métalliques (tableau 11) rencontrées dans la région sont

généralement inférieures (Cd, Zn, Cu) ou égales (Pb) aux moyennes de la Manche (de Dunkerque à Brest). Seul, le mercure présente une concentration moyenne régionale supérieure.

Ces résultats confirment ceux obtenus pour le sédiment. Ils mettent en évidence un état général du littoral régional globalement satisfaisant et font ressortir le mercure comme étant le contaminant à surveiller en priorité.

Dans l'ensemble, les résultats analytiques obtenus pour les moules

METAUX (unités)	SÉRIE DES MOYENNES PAR SITE DE PRÉLEVEMENT (a)							SÉRIE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES (b)				VALEURS DE RÉFÉRENCE			
	Nombre de résultats	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation 100 s(x) / x̄	Nombre de résultats	Minimum	Maximum	Médiane	IFREMER 1984 (21)			CONVENTIONS D'OSLO DE PARIS
					x̄	s(x)						Minimum Manche	Moyenne Manche	Maximum Manche	
Pb (mg/kg)	33	0,7	19,0	2,1	2,7	3,00	110	77	0,7	19,0	1,9	1,0	2,7	5,4	
Hg (mg/kg)	33	0,06	0,55	0,25	0,26	0,13	50	77	0,06	1,12	0,19	0,07	0,15	0,43	0,6 1,0
Cd (mg/kg)	33	0,23	2,93	0,91	1,05	0,54	51	77	0,23	3,50	0,82	0,50	1,76	5,17	2 5 Niveau fort
Zn (mg/kg)	33	48	163	71	76	20	27	77	39	163	77	63	108	225	Niveau faible Niveau moyen Niveau fort
Cu (mg/kg)	33	5,0	8,0	6,1	6,4	0,7	11	48	5,0	10,0	6,3	6,0	7,3	9,9	
Cr (mg/kg)	33	0,07	2,54	0,82	0,84	0,60	71	77	0,07	6,90	0,75				
Ni (mg/kg)	33	0,2	62,0	1,0	5,2	13,4	258	77	0,2	146,0	0,9				
Mn (mg/kg)	33	5,0	26,5	11,0	12,1	5,1	42	48	5,0	26,5	10,5				
Fe (mg/kg)	33	70	490	205	227	99	44	48	70	580	190				

(a) dans la mesure où tous les sites n'ont pas fait l'objet du même nombre de prélèvements, les données moyennes par site ont été utilisées afin de ne disposer que d'un seul chiffre par site.

(b) dans la mesure où l'analyse des résultats vise à apprécier les situations extrêmes, en particulier en ce qui concerne la contamination du milieu, il convient de s'intéresser à tous les résultats analytiques et non aux moyennes par site de prélèvements.

Tableau 11 : Présentation paramétrique des teneurs en métaux dans les moules.

sont moins dispersés que ceux du sédiment. Le Cuivre et le Zinc sont les métaux qui montrent la plus grande homogénéité de concentration sur le littoral régional.

Pour chaque polluant métallique, les résultats obtenus répondent au schéma suivant :

- une majorité de concentrations relativement faibles et regroupées,
- une minorité de concentrations élevées se détachant du groupe précédent.

Hormis le cas du Mercure, plus de 50 % des résultats sont inférieurs à la moyenne de la Manche, calculée à

partir des données du RNO. Pour le plomb, le Mercure et le Cuivre, des concentrations supérieures aux valeurs maximales observées par le RNO en Manche ont été détectées, mais en nombre limité.

Comparées aux valeurs fournies par les Conventions d'Oslo et de Paris (UNESCO), la grande majorité des concentrations en Mercure et Cadmium observées dans la région Nord / Pas de Calais, correspondent à un "niveau faible". Cependant, quelques concentrations régionales plus élevées se situent dans les niveaux considérés comme "moyen" pour le Mercure et le Cadmium et "fort" pour le Mercure.

Pour conclure, on peut admettre que les teneurs en polluants métalliques des moules du littoral régional sont globalement faibles. Toutefois, quelques cas particuliers, en nombre limité dont la localisation géographique sera précisée dans les pages suivantes, échappent à cette règle générale.

4.3.1.2. Les teneurs en métaux mesurées dans les coques.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les coques ont été étudiées en complément des moules, en tant qu'indicateur biologique secondaire, les résultats analytiques obtenus sont présentés par le tableau 12. Ces mollusques sont moins souvent étudiés et en conséquence, nous ne disposons pas de valeurs de référence. Il sera toutefois possible de procéder à des comparaisons intra-régionales qui seront présentées dans les pages suivantes.

4.3.2. Répartition géographique des concentrations en micropolluants métalliques mesurées dans les mollusques.

4.3.2.1. Les contaminants prioritaires : plomb, mercure, cadmium, zinc, cuivre.

Le plomb (figure 26)

- Les concentrations maximales en plomb dans les moules ont été observées pour les échantillons provenant

METAUX (unités)	Nombre de résultats disponibles (1)	Concentration moyenne x̄	Ecart type s(x)	Coefficient de variation 100 s(x) / x̄	Médiane	Minimum	Maximum
Pb (mg/kg)	11	1,9	0,4	22	1,8	1,3	2,6
Hg (mg/kg)	11	0,22	0,04	17	0,21	0,16	0,29
Cd (mg/kg)	11	0,62	0,26	42	0,53	0,23	1,07
Zn (mg/kg)	11	86	10	11	80	70	101
Cu (mg/kg)	11	6,9	6,7	96	5,2	4,3	28,0
Cr (mg/kg)	11	0,77	0,67	87	0,49	0,17	2,35
Ni (mg/kg)	11	17,29	3,82	22	16,50	11,98	24,51
Mn (mg/kg)	11	20,7	6,1	29,5	19,0	10,8	28,0
Fe (mg/kg)	11	539	133	25	530	328	800

(1) Les résultats utilisés sont les concentrations moyennes calculées pour chaque site de prélèvement.

Tableau 12 : Présentation paramétrique des teneurs en métaux dans les coques.

de sites portuaires : sur la digue de Dunkerque Est (4 et 19 mg/kg), à Calais (3,6 mg/kg) et à Boulogne (3,5 mg/kg). Une concentration relativement importante a aussi été mesurée sur un échantillon prélevé à la sortie du canal de la centrale nucléaire de Gravelines (4,4 mg/kg).

- pour les coques, les concentrations les plus élevées ont été mesurées sur des prélèvements effectués à Bray-Dunes (2,2 mg/kg), aux environs de l'Aa (2,4 mg/kg) et en baie de Somme (2,6 mg/kg).

La présence de plomb dans les mollusques apparaît donc liée aux activités portuaires et est particulièrement notable pour le site de Dunkerque-Est. Les secteurs Sangatte - Blanc-Nez et Canche-Authie sont les moins contaminés.

Le mercure (figure 27)

Trois secteurs se caractérisent par des concentrations relativement élevées en mercure :

- le secteur Boulogne - Gris-Nez : de la Pointe aux Oies (0,55 mg/kg pour les moules) entre les estuaires de la Slack et du Wimereux, jusqu'à Audresselles (0,40 mg/kg pour les moules) ;

- le secteur de Dunkerque : 0,53 mg/kg pour les moules, à la sortie du

canal de rejet des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire de Gravelines (0,20 mg/kg pour les coques et 0,42 mg/kg pour les moules) sur la digue du port Est de Dunkerque (0,25 mg/kg pour les coques) ;

- et dans une moindre mesure, la Baie de Somme (0,36 mg/kg pour les moules et 0,28 mg/kg pour les coques).

Il convient de noter que les deux secteurs les plus contaminés ont déjà été identifiés lors de la présentation de la contamination métallique des sédiments du littoral régional.

Le cadmium (figure 28)

Les teneurs en cadmium les plus élevées ont été mesurées sur des échantillons de moules, prélevés entre Dunkerque-Est et Bray-Dunes (2,00 mg/kg) et au débouché de l'Aa (2,93 mg/kg) ainsi que, dans une moindre mesure, sur le secteur Canche-Authie (1 mg/kg).

Le site des caps présente les plus faibles concentrations régionales.

Le zinc (figure 29)

Ce métal est particulièrement présent au niveau des prélèvements portuaires.

Deux secteurs fournissent les concentrations les plus élevées :

- Dunkerque-Ouest au niveau du rejet des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire de Gravelines, d'une part, avec 163 mg/kg pour les moules et 126 mg/kg pour les coques ; ainsi que sur la digue ouest, d'autre part, avec 103 mg/kg pour les moules et 100 mg/kg pour les coques.

- Boulogne avec 100 mg/kg pour les moules au niveau de la digue portuaire Nord.

Les zones estuariennes quant à elles ne présentent pas de concentrations élevées.

Le cuivre (figure 30)

Les échantillons prélevés à proximité des ports présentent aussi de fortes teneurs en cuivre. Le secteur Boulogne-Equihen (8 mg/kg dans les moules au niveau de la digue nord du port de Boulogne et 7,5 mg/kg au niveau de la digue sud) présente les plus fortes teneurs. En ce qui concerne les coques, une forte teneur isolée (28 mg/kg) a été mesurée sur un échantillon prélevée à Bray-Dunes.

Les teneurs les plus faibles sont observées au niveau du site des deux caps.

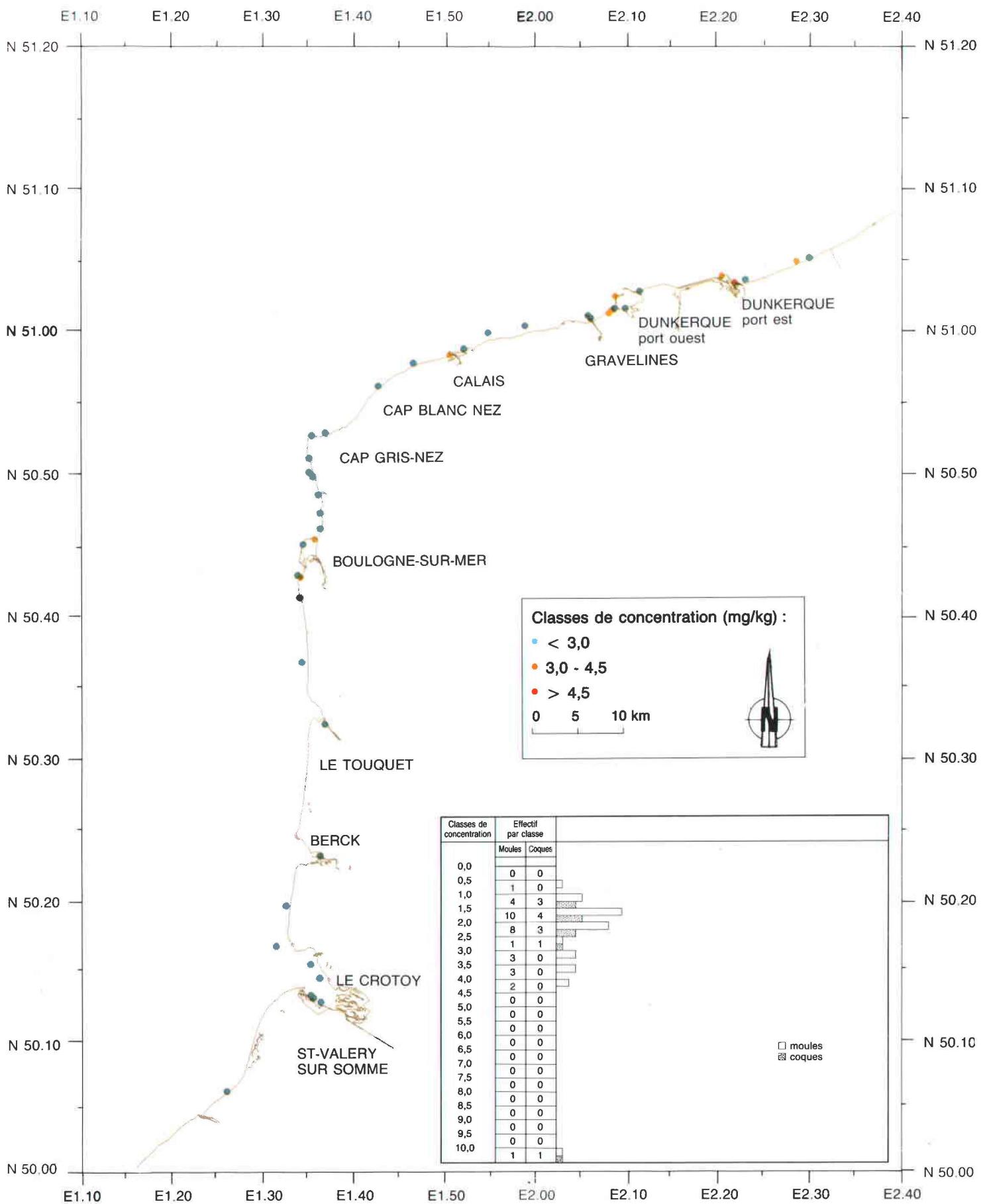


Figure 26 : Les teneurs en plomb dans les mollusques du littoral régional (en mg/kg).

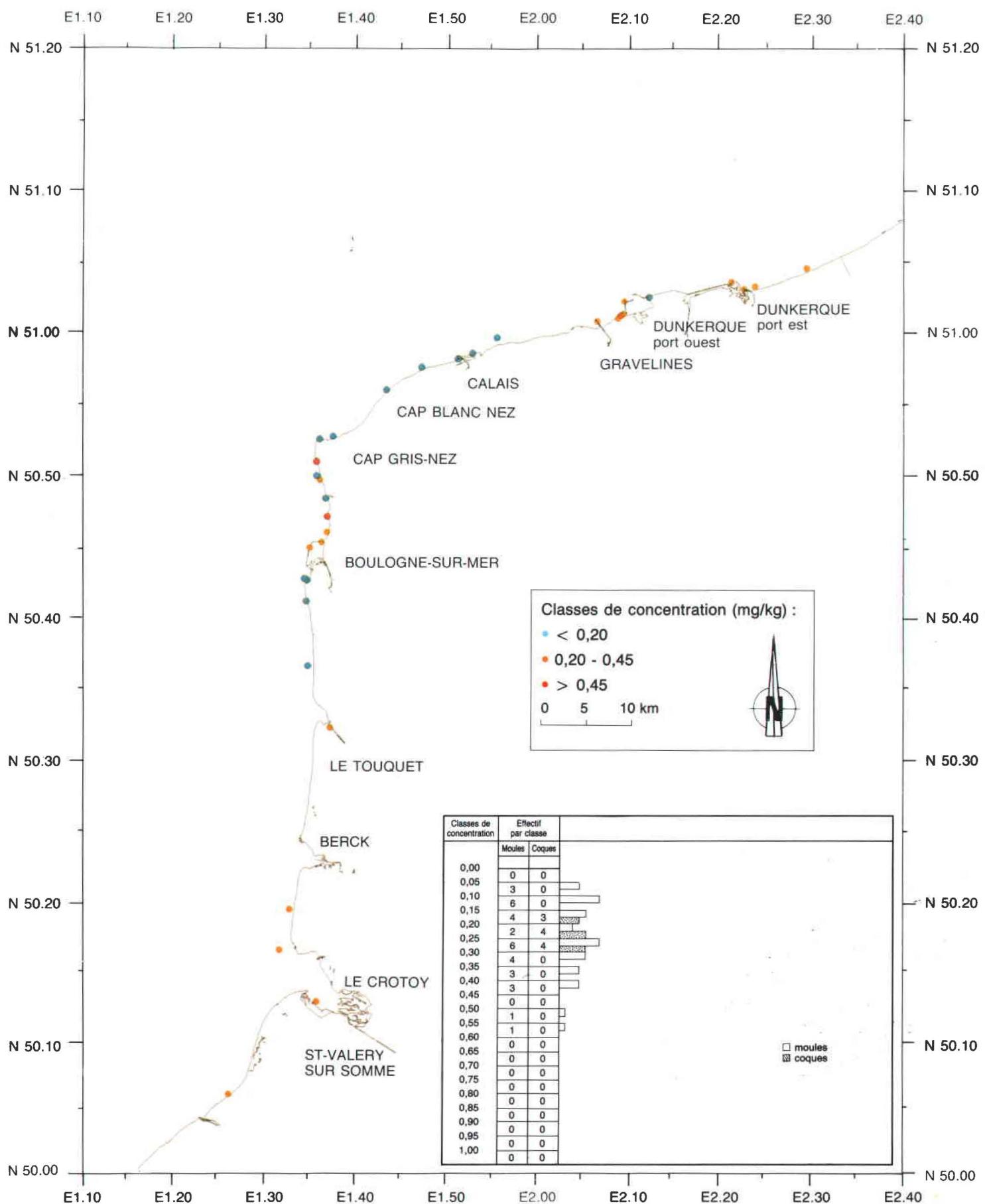


Figure 27 : Les teneurs en mercure dans les mollusques du littoral régional (en mg/kg).

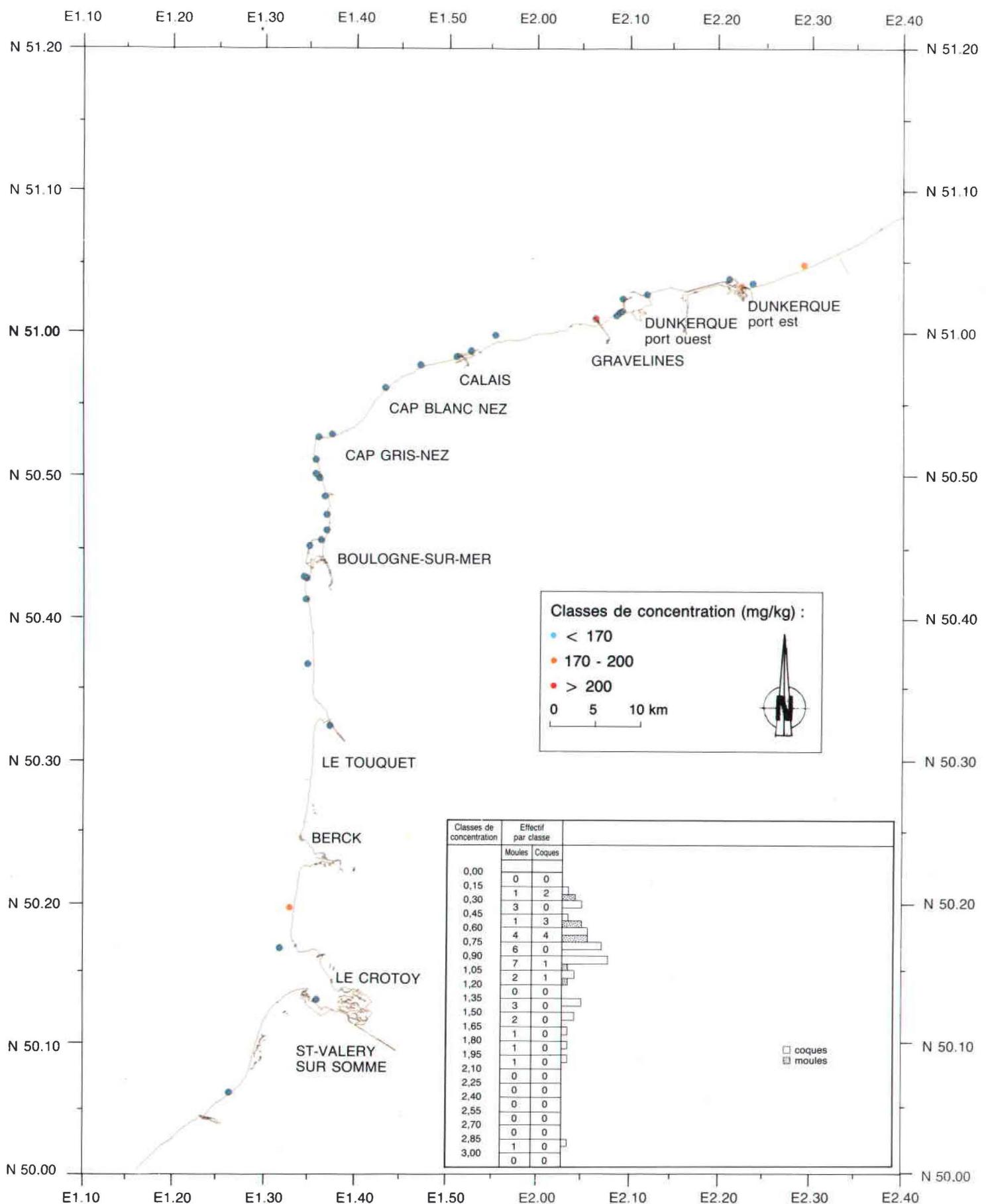


Figure 28 : Les teneurs en cadmium dans les mollusques du littoral régional (en mg/kg).

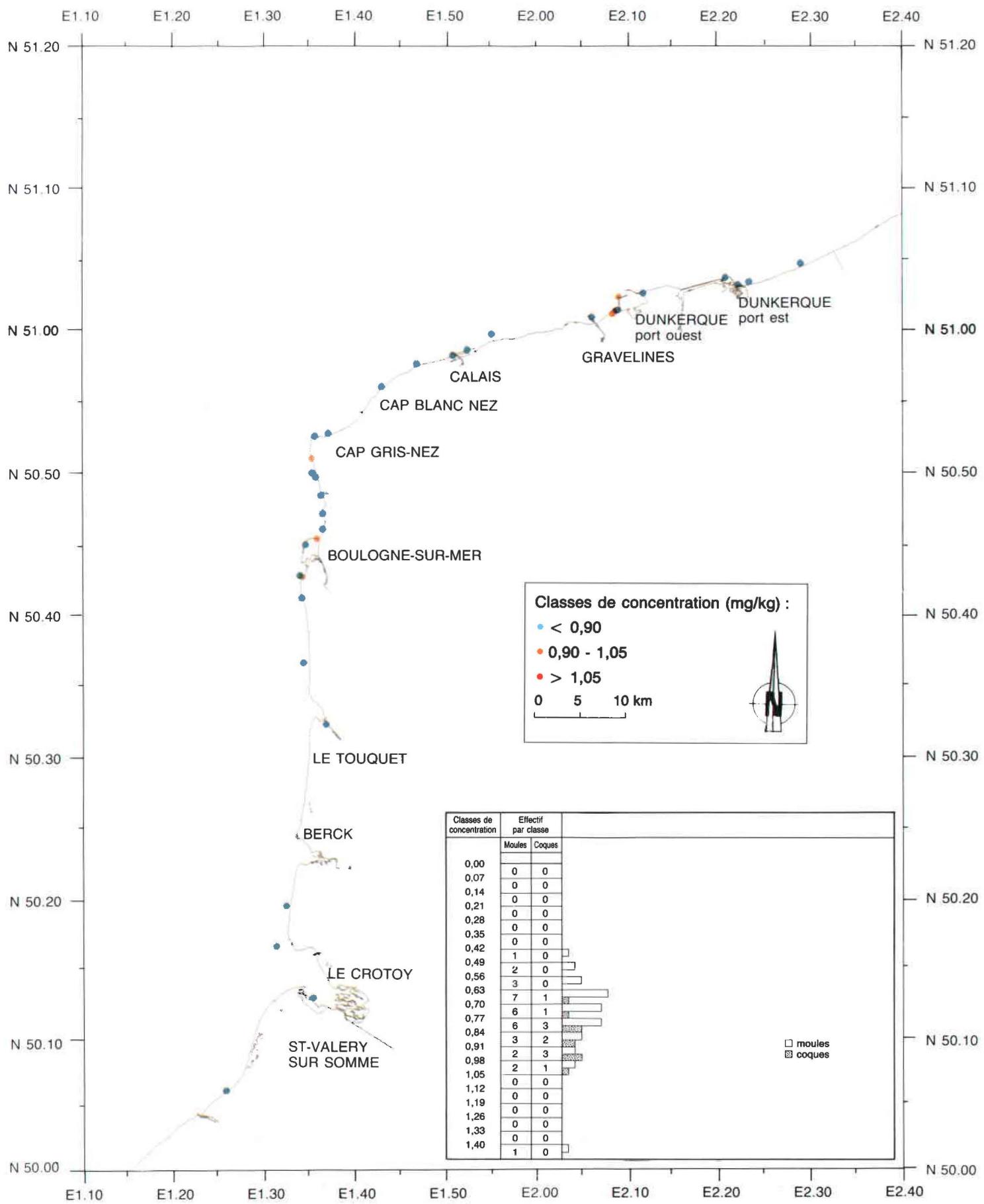


Figure 29 : Les teneurs en zinc dans les mollusques du littoral régional (en mg/kg).

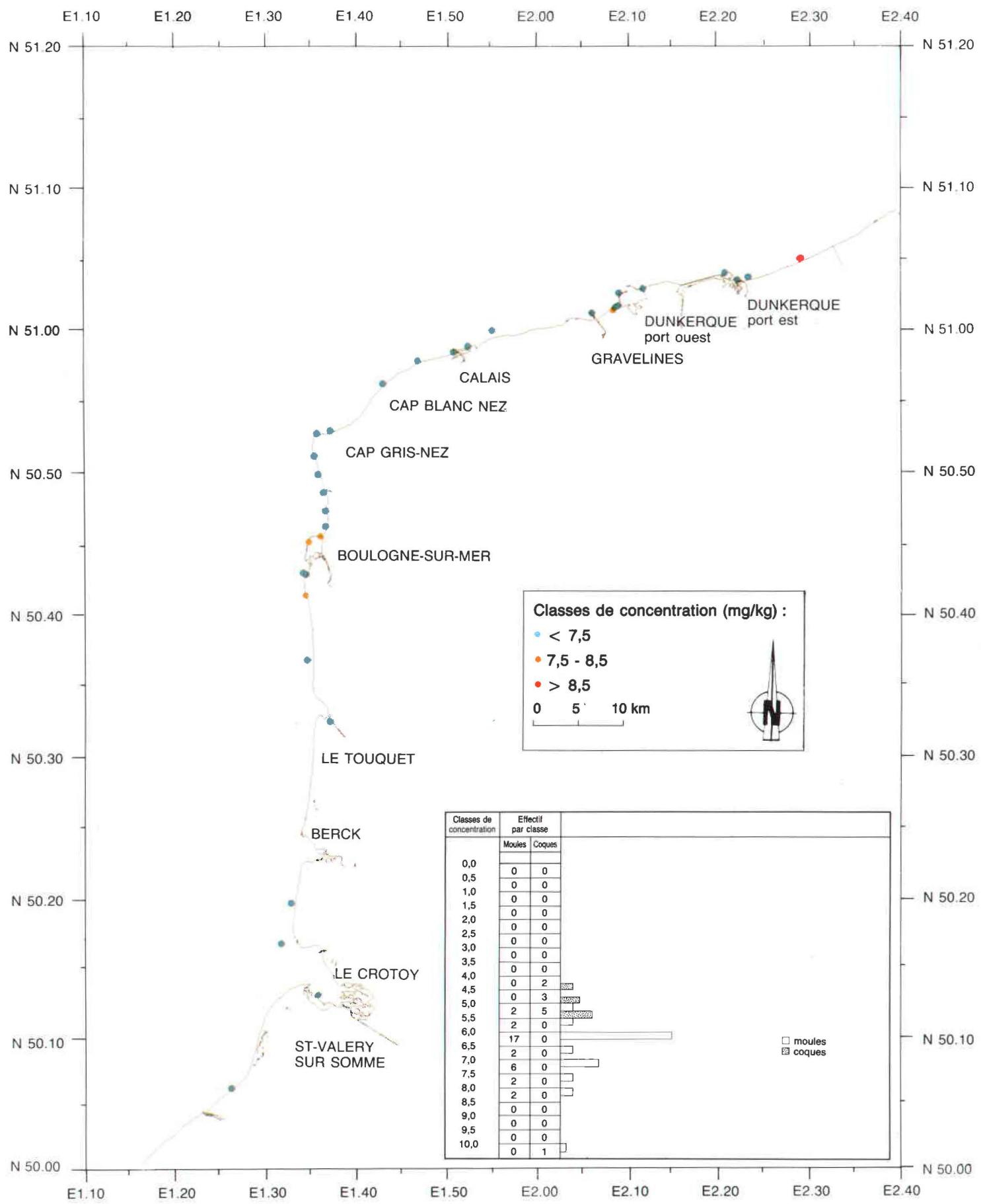


Figure 30 : Les teneurs en cuivre dans les mollusques du littoral régional (en mg/kg).

4.3.2.2. Les autres métaux (tableau 13)

Pour les autres métaux, les secteurs présentant les plus fortes teneurs sont aussi les zones portuaires (Dunkerque et Boulogne) et les zones estuariennes (Somme, Slack, Wimereux).

METAUX	SECTEURS CONCERNES	
	MOULES	COQUES
Ni	- Dunkerque-Ouest Digue-Ouest (6,2 mg/kg) - Calais (23 mg/kg) - Gris-Nez (49 mg/kg)	- Aa (20 mg/kg) - Somme (20 mg/kg)
Cr	- Dunkerque-Ouest (1,6 mg/kg) - Audresselles (2,5 mg/kg) - Slack (1,3 mg/kg)	- Bray-Dunes (2,3 mg/kg) - Somme
Mn	- rejet EDF (23 mg/kg) - Audresselles (26 mg/kg) - Boulogne (21 mg/kg)	- Bray-Dunes (30 mg/kg)
Fe	- Dunkerque-Ouest (400 mg/kg) - Calais (490 mg/kg) - Somme (400 mg/kg)	- Bray-Dunes (800 mg/kg) - Somme (700 mg/kg)

Tableau 13 : Secteurs présentant des concentrations métalliques les plus élevées.

4.4. CONCLUSION

Les résultats obtenus pour les sédiments et les mollusques sont cohérents entre eux. Ils permettent de caractériser l'état de contamination métallique du littoral régional. La majorité des concentrations mesurées sur le littoral Nord - Pas de Calais (plus de 80 % des résultats analytiques) sont faibles et correspondent à

des valeurs habituellement rencontrées dans le milieu naturel.

Cependant divers sites présentent des concentrations en métaux élevées. Ils sont situés dans les secteurs Calais - Dunkerque et Boulogne - Gris-Nez (figure 31). Les zones de contamination identifiées correspondent aux sites de rejet de boues de dragages

portuaires pour le large, et aux abords des grands ensembles urbains et portuaires, à la côte.

Au sud, le secteur des estuaires (Canche - Authie) présente les concentrations les plus faibles. De ce fait, il peut être considéré comme le secteur de référence au plan régional.

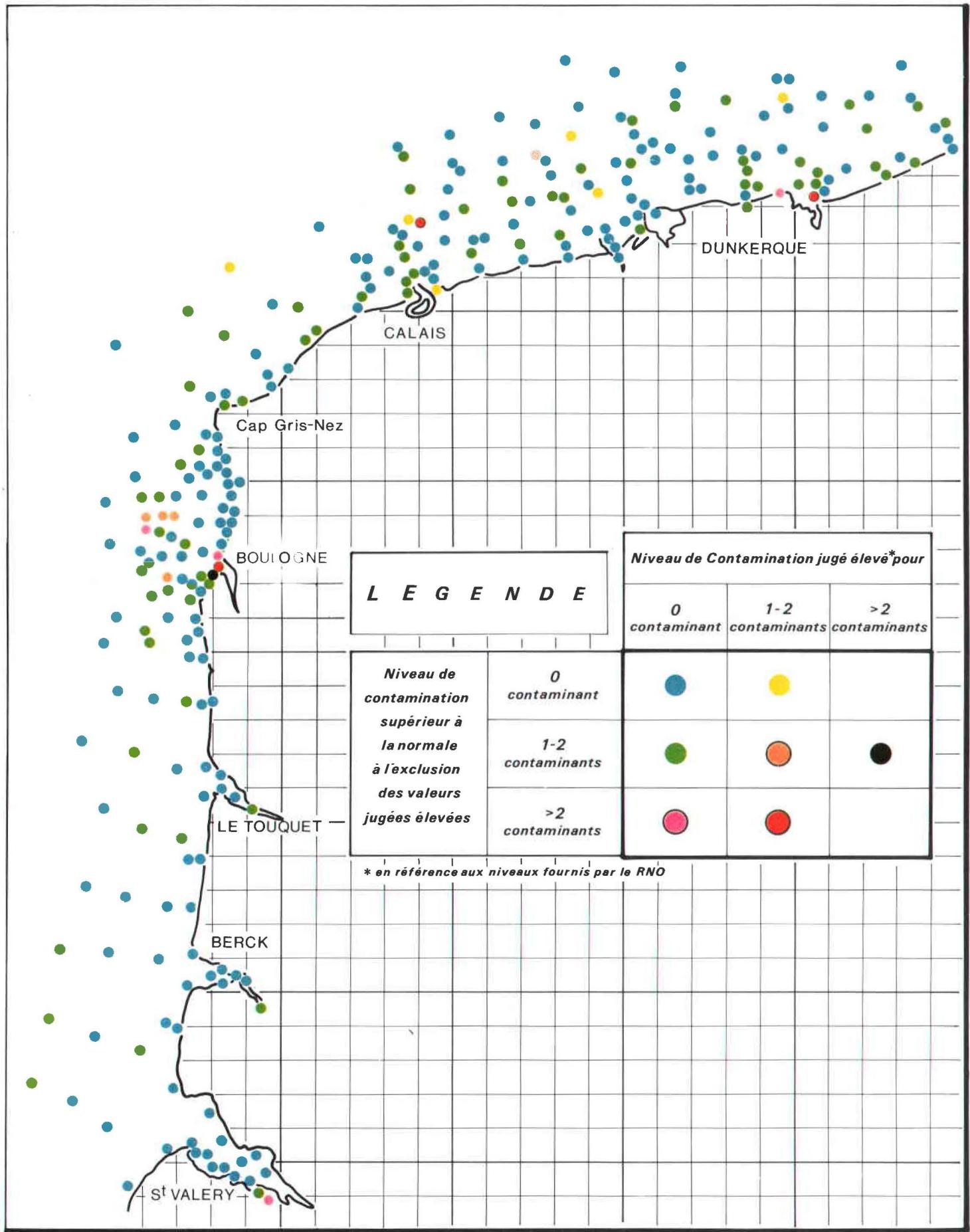


Figure 31 : Carte de synthèse de la contamination métallique (cadmium, cuivre, mercure, plomb, zinc) du sédiment du littoral Nord - Pas de Calais.

5 - LES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

A l'exception des hydrocarbures pétroliers, les micropolluants organiques sont souvent des produits de synthèse. Leur présence dans le milieu marin traduit donc l'existence d'une contamination d'origine anthropique. Parmi ceux-ci, les organochlorés, tels que les polychlorobiphényles (PCB) et les insecticides chlorés (lindane, DDT,...) sont les plus souvent surveillés, compte tenu de leur rémanence* dans l'environnement.

5.1. Les micropolluants organiques dans le sédiment

Compte tenu de l'évolution de la méthode d'étude du sédiment au cours des différentes campagnes, nous distinguerons les résultats obtenus sur le sédiment total et ceux correspondant à la seule fraction fine.

5.1.1. Les concentrations rencontrées dans le sédiment total (données du "large").

5.1.1.1. Les concentrations mesurées

Les données régionales (tableau 14) ont été comparées aux valeurs de réfé-

Ils ont été recherchés tout d'abord dans le sédiment total (campagne HYDROBIOS 1) puis dans la fraction fine (campagnes HYDROBIOS 2 et 3), ainsi que dans les organismes marins.

Nous limiterons notre analyse aux seuls composés prioritaires, habituellement étudiés. Pour les autres composés qui ont fait l'objet d'un effort d'investigation notable, parmi les

quels les plastifiants (phtalates) et les nitrosamines, le lecteur se rapportera aux documents d'origine. Notons toutefois que les résultats obtenus pour ces composés sont rassurants.

Remarque : qu'il s'agisse de sédiments ou de matière vivante, l'ensemble des concentrations qui seront fournies dans ce paragraphe se rapporteront au poids sec.

rence issues du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, IFREMER (24).

Les concentrations rencontrées en région Nord - Pas de Calais sont dans l'ensemble très faibles. La présence du DDT n'est pas détectée. Les concentrations moyennes pour la Région, correspondent à des valeurs habituellement rencontrées dans des zones exemptes de contamination. Seuls, les PCB présentent une concentration moyenne régionale relativement plus élevée, révélatrice d'une contamination chronique faible. Certaines concentrations en PCB sont en effet supérieures à 5 µg/kg.

Les PCB apparaissent donc comme un groupe de micropolluants à suivre en priorité.

Les concentrations très faibles observées pour les hydrocarbures ne permettent pas de savoir s'ils sont d'origine pétrolière ou biogène.

5.1.1.2. La localisation des secteurs de contamination

Les secteurs présentant les teneurs les plus élevées en PCB correspondent aux sites de rejet de boues de dragages au large de Calais (6 et 11 µg/kg) et Boulogne (5 et 7 µg/kg) et aux débouchés des estuaires de la Canche

MICROPOLLUANTS ORGANIQUES (unités)	Nombre de résultats	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne \bar{x}	Ecart type s (x)	Coefficient de variation 100 s (x)/ \bar{x}	VALEURS DE REFERENCE, IFREMER (24)		
								"bruit de fond"	Contamination chronique faible	Contamination forte
Hydrocarbures (mg/kg)	26	1,1	8,9	1,2	2,8	2,3	84		100	500
PCB (µg/kg)	26	0,0	11,0	3,3	4,7	2,8	58		5	50
Lindane (µg/kg)	26	0,02	0,14	0,09	0,06	0,04	67		1	10
Σ DDT (µg/kg)	26	Concentrations inférieures au seuil de détection (0,4 µg/kg)							5	50

Tableau 14 : Présentation paramétrique des concentrations en micropolluants organiques dans le sédiment total (données du "large", campagne HYDROBIOS 1).

(11 µg/kg) et de la Somme (7 et 9 µg/kg).

Pour ce secteur, les teneurs rencontrées indiquent la présence d'une contamination chronique faible.

Les hydrocarbures et le lindane se retrouvent également au large des ports de Calais et Dunkerque, ainsi qu'aux débouchés des estuaires principaux comme l'Aa, la Canche et surtout la Somme. Toutefois, les concentrations existantes sont très faibles

(moins de 9 mg/kg pour les hydrocarbures et de 0,14 µg/kg pour le lindane).

5.1.2. Les micropolluants organiques dans la fraction fine des sédiments côtiers (campagnes HYDROBIOS 2 et 3)

Les polluants qui présentent des propriétés d'adsorption sur le matériel particulaire se fixent généralement et potentiellement sur les parti-

cules fines. Les analyses ont été réalisées sur la fraction pélétique* des sédiments prélevés obtenue après tamisage. La relation entre la concentration mesurée dans le sédiment total et celle de la fraction fine, en tenant compte du pourcentage de cette fraction fine, a été vérifiée.

MICROPOLLUANTS ORGANIQUES (unités)	Nombre de résultats	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne \bar{x}	Ecart type s (x)	Coefficient de variation 100 s (x)/ \bar{x}
Hydrocarbures (mg/kg)	108	0	2 960	12	63,8	83,1	130
PCB (µg/kg)	160	10	3 290	260	364,5	501,1	137
Lindane (µg/kg)	155	0,1	72,5	7,8	10,8	12,8	118
Σ DDT (µg/kg)	155	0,1	69,4	5,4	7,5	9,1	121

REMARQUE : Absence de valeurs de référence pour les concentrations en micropolluants organiques mesurés sur la fraction fine du sédiment.

Tableau 15 : Présentation paramétrique des teneurs en micropolluants organiques mesurées dans la fraction fine du sédiment (campagnes HYDROBIOS 2 et 3).

5.1.2.1. Les concentrations mesurées.

Les faibles concentrations rencontrées dans le sédiment total ont conduit, pour les raisons évoquées ci-dessus, à les rechercher dans la seule fraction fine par la suite. Pour ce type d'échantillonnage et d'analyse, nous ne disposons pas de valeurs de référence. Les concentrations trouvées (tableau 15) sont toutes plus élevées, que pour le sédiment total. L'augmentation la plus forte est observée pour le lindane, la plus faible pour les hydrocarbures. L'analyse de la fraction fine des sédiments permet d'identifier la présence de résidus de DDT à des faibles niveaux.

La variabilité des concentrations appréciée par le coefficient de variation est du même ordre de grandeur

pour les quatre groupes de micropolluants organiques.

5.1.2.2. La localisation des secteurs de contamination.

Les secteurs présentant les concentrations les plus élevées ont été recherchés en priorité. Les teneurs ont été comparées aux valeurs de référence du sédiment total, en tenant compte du pourcentage de fraction fine.

Les PCB (figure 32)

Ce groupe de micropolluants est le plus représenté au niveau du sédiment marin régional. Les teneurs observées révèlent une contamination chronique faible au large (rejets de dragages portuaires de Calais et Boulogne) et forte à la côte. Ils se retrouvent aux abords des ports de Calais (3 320

µg/kg) et Dunkerque-Est (1 000 à 1 700 µg/kg) mais aussi devant les estuaires comme l'Aa (1 650 µg/kg), l'Authie (1 520 µg/kg) et la Somme (970 µg/kg).

La contamination est également observée pour le site des deux caps, au niveau de la Pointe aux Oies entre Slack et Wimereux (1 770 µg/kg) et à proximité des caps Gris-Nez (1 170 µg/kg) et Blanc-Nez (2 860 µg/kg).

Les PCB sont donc présents sur tout le littoral régional et leur répartition géographique est caractérisée par les taches de contamination discontinues le long du littoral, dans les secteurs urbanisés ou dans les estuaires. Ces deux influences peuvent d'ailleurs se cumuler comme à Boulogne, par exemple.

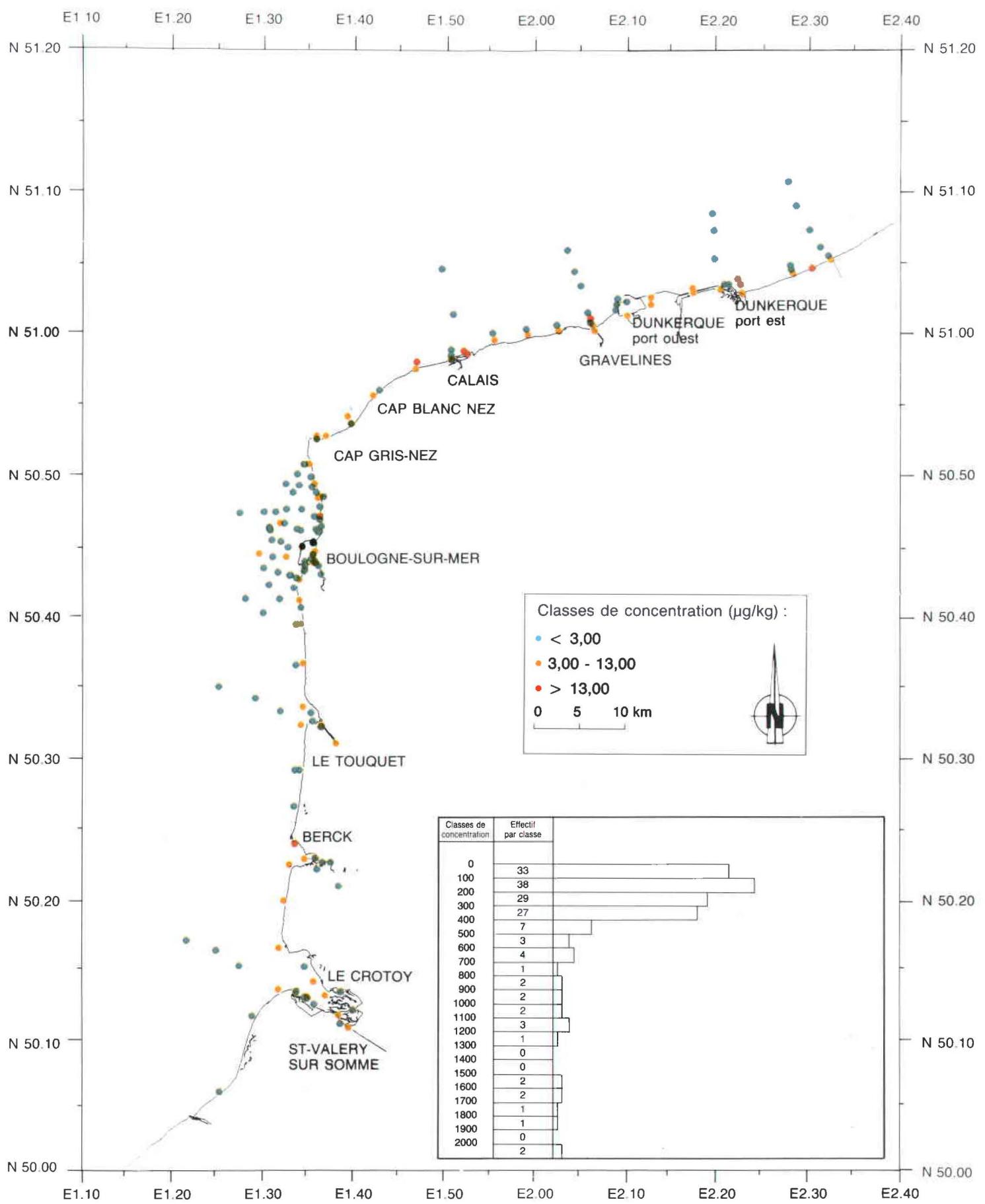


Figure 32 : Les teneurs en PCB du sédiment marin littoral (en $\mu\text{g}/\text{kg}$).

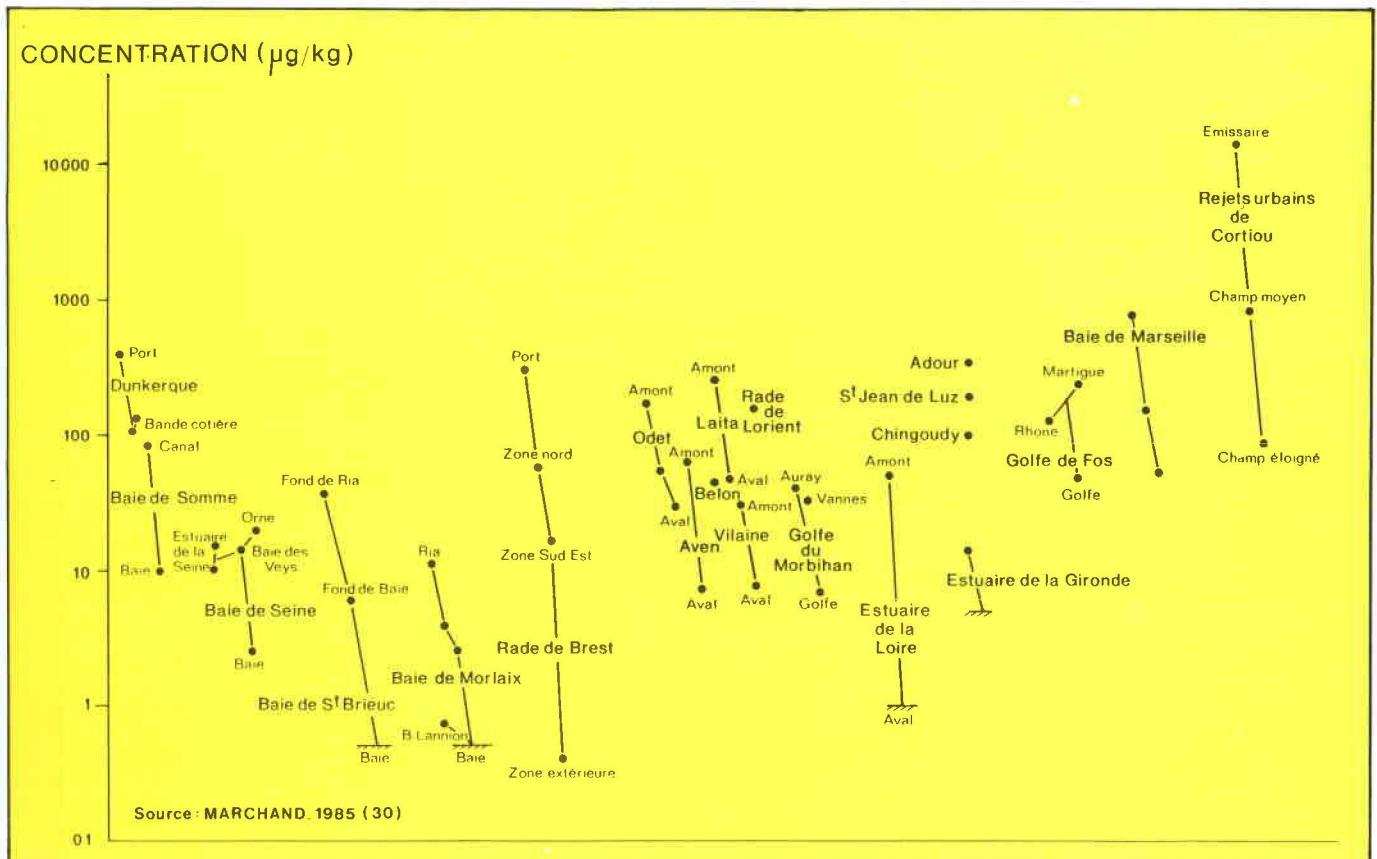


Figure 33 : Concentrations en PCB dans les sédiments littoraux français (en µg/kg). (La disposition sur l'axe des abcisses est arbitraire mais respecte l'ordre des sites le long des côtes du Nord au Sud de la France).

Les autres contaminants

Les autres contaminants (hydrocarbures, lindane, DDT) présentent des concentrations généralement plus faibles, en région Nord - Pas de Calais. Les teneurs les plus élevées se situent aux niveaux des grands ensembles urbains et portuaires et aux débouchés des estuaires. Ainsi, les hydrocarbures se retrouvent à Dunkerque-Est (2 960 mg/kg), Boulogne (160 mg/kg), en baie de Somme (280 à 564 mg/kg) et aux débouchés de la Slack (192 mg/kg) et de l'Aa (172 mg/kg).

Compte tenu des teneurs en fraction fine, toutes ces concentrations mettent en évidence une contamination chronique faible.

Le DDT est principalement identifié dans le secteur de Boulogne à des concentrations variant de 200 à 320 µg/kg pour environ 40 % de fraction fine. Ces teneurs rapportées au sédiment total atteignent et dépassent 80 µg/kg, elles traduisent un état de contamination chronique fort. Les concentrations rencontrées au niveau des estuaires du Boulonnais (20 à 50 µg/kg), de la Canche (69 µg/kg) et de la Somme (50 µg/kg) pour des teneurs en fraction fine comprises entre 5 et 20 %, correspondent à des contaminations chroniques faibles.

Enfin le lindane est retrouvé davantage aux abords de Calais (47 à 68 µg/kg) et en Baie de Wissant (42 µg/kg). Les sédiments concernés dont les teneurs sont inférieures à

10 % de fraction fine, sont le siège d'une contamination faible.

Notons ici que le lindane, à la différence des polluants tels que les PCB et le DDT, n'a pas un comportement géochimique qui le lie préférentiellement aux matières en suspension. Ceci résulte de sa solubilité relativement importante (de 0,1 à 6 mg/l selon les auteurs).

Ainsi, en ce qui concerne le sédiment, le groupe des PCB constitue le paramètre de pollution organique le plus préoccupant pour la région Nord - Pas de Calais. A titre d'information, la figure 33 permet de replacer la situation régionale dans le contexte national, tel qu'il est révélé par le R.N.O.

5.2. Les micropolluants organiques dans la matière vivante

Les mesures effectuées dans l'eau sont difficiles, car les polluants organiques n'y sont présents qu'à l'état de traces. En conséquence, les moules et les coques ont été utilisées comme indicateurs biologiques de la présence de micropolluants organiques dans le milieu aquatique.

5.2.1. Les concentrations rencontrées dans les mollusques

Les valeurs de référence disponibles concernent seulement les moules

et sont issues de la surveillance nationale - IFREMER (24).

5.2.1.1. Les moules

Les tableaux 16 et 17 présentent les résultats obtenus par comparaison à des valeurs de référence issues du RNO, sauf dans le cas des hydrocarbures. En effet, les mesures d'hydrocarbures totaux effectuées par spectrophotométrie infrarouge dans le cadre de cette étude ne sont pas comparables aux valeurs d'hydrocarbures aromatiques obtenues par chromatographie liquide haute pression dans le cadre du programme national de surveillance de la qualité du milieu marin (RNO).

Les PCB apparaissent bien comme le groupe de micropolluants organiques prioritaire au plan régional. En effet, 18 % des résultats obtenus traduisent une contamination forte. Les teneurs en lindane et en DDT révèlent l'existence de situations de contamination faible.

5.2.1.2. Les coques

Les teneurs moyennes dans les coques sont plus faibles que dans les moules, pour tous les micropolluants étudiés (tableau 18). Toutefois, il est difficile d'interpréter ces différences car ces deux espèces de mollusques n'ont pas les mêmes aires de répartition.

CONTAMINANTS (unités)	Nombre de valeurs	Moyenne \bar{x}	Ecart type s (x)	Coefficient de variation 100 s(x)/ \bar{x}	Médiane	Minimum	Maximum	VALEURS DE REFERENCE IFREMER (24)			CONVENTIONS D'OSLO ET DE PARIS		
Hydrocarbures* (mg/kg)	33	41	31	74	35	6,6	175	Bruit de fond	200	Contamination Chronique	500	Contamination Chronique	Niveau 20
PCB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	33	373	199	53	320	130	1 200	Faible	5	20	200	Forte	Niveau Moyen 100
Lindane ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	33	4,7	2,2	47	4,4	1,8	10,0						
Σ DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	33	21	17	82	19	5,7	101	50					

Données se rapportant au poids sec

* résultats non comparables à ceux du RNO, méthodes différentes.

Tableau 16 : Teneurs en micropolluants organiques dans les moules.

Données se rapportant au poids humide

MICROPOUILLANTS ORGANIQUES (unités)	“BRUIT DE FOND”		CONTAMINATION CHRONIQUE FAIBLE		CONTAMINATION FORTE	
	Nombre de résultats	%	Nombre de résultats	%	Nombre de résultats	%
PCB (mg/kg)	3	9	24	73	6	18
Lindane ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	21	64	12	36	0	0
Σ DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	31	94	2	6	0	0

Tableau 17 : Nombre de résultats dans les moules par classes de concentration définies à partir des valeurs de référence fournies par le RNO.

CONTAMINANTS (unités)	Nombre de valeurs	Concentration moyenne \bar{x}	Ecart type s (x)	Coefficient de variation 100 s(x)/ \bar{x}	Médiane	Minimum	Maximum
Hydrocarbures (mg/kg)	11	12,6	4,7	38	10,9	5,9	20,7
PCB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	11	97	3,1	32	85	54	165
Lindane ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	11	2,1	0,6	28	2,2	1,0	3,0
Σ DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	11	1,4	0,8	56	1,2	0,7	3,4

Tableau 18 : Teneurs en micropolluants organiques dans les coques.

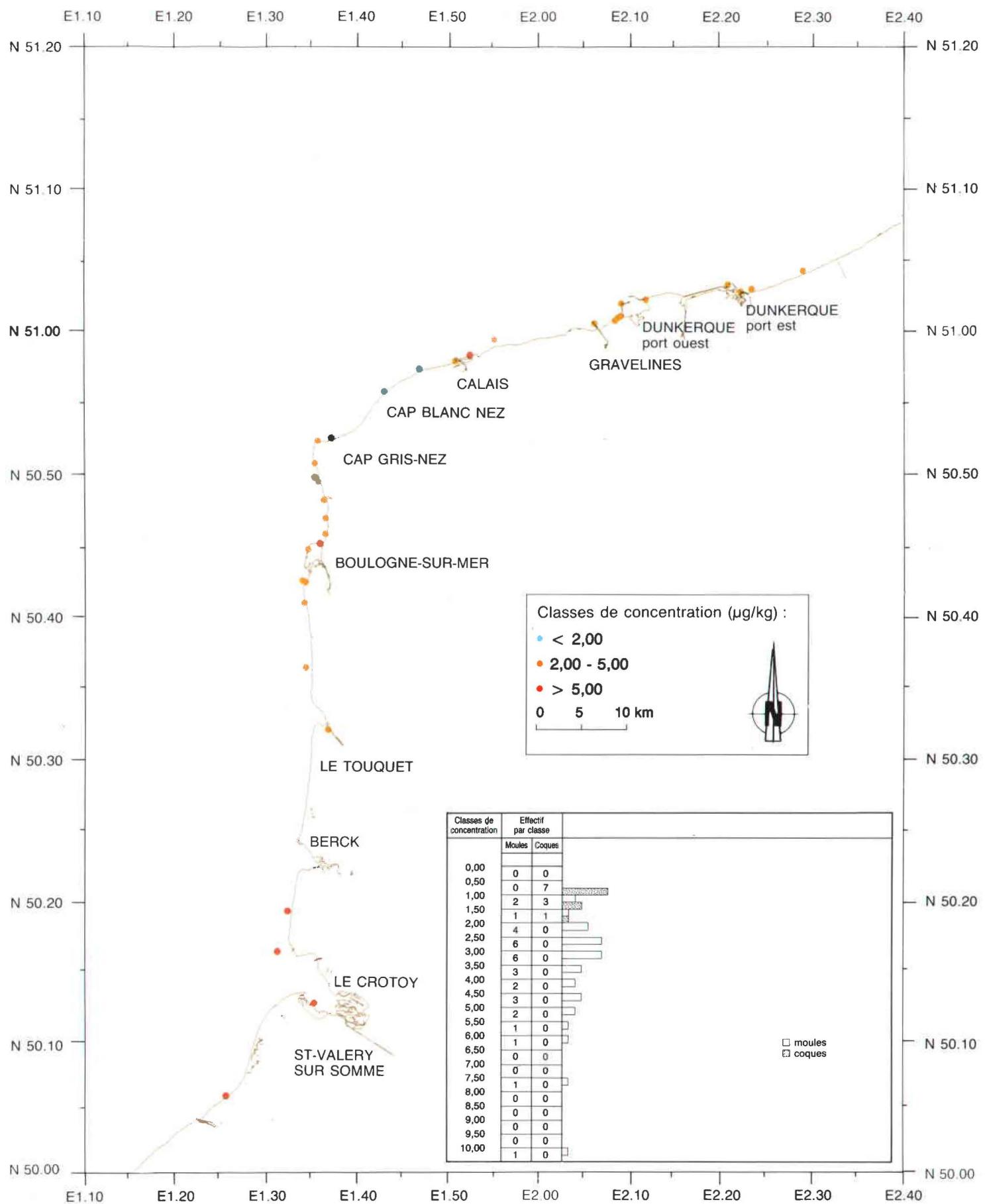


Figure 34 : Les teneurs en PCB dans les mollusques du littoral régional (en $\mu\text{g}/\text{kg}$).

5.2.2. La localisation des secteurs de contamination.

Les PCB (figure 34)

Les plus fortes teneurs en PCB sont retrouvées à proximité de Calais (56 µg/kg) et surtout en Baie de Somme (600 à 1 200 µg/kg).

- les autres contaminants sont également retrouvés aux abords des ports et dans les estuaires :

- les hydrocarbures sont présents surtout à Dunkerque-Ouest (2 960 mg/kg) et en Baie de Somme (230 à 564 mg/kg) mais aussi dans une moindre mesure à Calais (172 mg/kg) et Boulogne (160 mg/kg).

- le lindane est surtout présent sur le secteur allant de Equihen (9 µg/kg) à Gris-Nez. L'influence de Boulogne semble s'ajouter à celle des estuaires du Boulonnais au nord. Des teneurs élevées sont rencontrées à

Dunkerque-Ouest (7 µg/kg) et surtout en baie de Somme (5 à 9 µg/kg). Nous avons déjà mentionné que ce polluant est peu adsorbable et relativement soluble ; de plus, il présente un caractère lipophile* faiblement marqué et en conséquence, son accumulation par les mollusques reste limitée.

- le DDT se retrouve également à Boulogne (25 à 100 µg/kg) et Equihen - Le Portel (53 µg/kg) ainsi qu'en Somme (25 à 44 µg/kg).

5.3. Les produits résultant de la chloration de l'eau de mer au niveau du site électronucléaire de Gravelines

Pour le refroidissement des 6 condenseurs en opération depuis 1985, la centrale électronucléaire de Gravelines (la plus importante d'Europe) utilise 240 m³ d'eau de mer par seconde. Echauffé de 11°C environ, ce flux est de plus chloré à raison de 1 mg/litre pour lutter contre les salissures et notamment la prolifération des moules, entre Avril et Décembre.

Le "chlore" utilisé est obtenu sous forme d'hypochlorite par électrolyse d'eau de mer. Injecté à raison de 1 mg de chlore actif par litre d'eau de mer, il donne lieu à de nombreuses réactions chimiques dans les premières secondes, notamment :

- formation d'acide hypobromeux (HOBr/OBr^-) en raison de la concentration en bromure (65 mg/l) de l'eau de mer,
- puis réaction avec l'ammonium et d'autres cations (Fe^{2+} , Mn^{2+} , ...),
- puis, plus lentement, avec les matières organiques pour donner des déri-

vés organo-halogénés potentiellement toxiques, notamment bromoforme, chlorobromométhanes, etc...

Les observations effectuées au point "Digue" n'ont jamais révélé d'oxydant résiduel (au seuil de 0,015 mg/l), ce qui est compatible avec le temps de transit (maximal à pleine mer) dans le canal de rejet, et la dilution ultérieure entre le point de rejet et la digue.

En revanche, du bromoforme est détecté systématiquement en période de chloration. D'autres haloformes

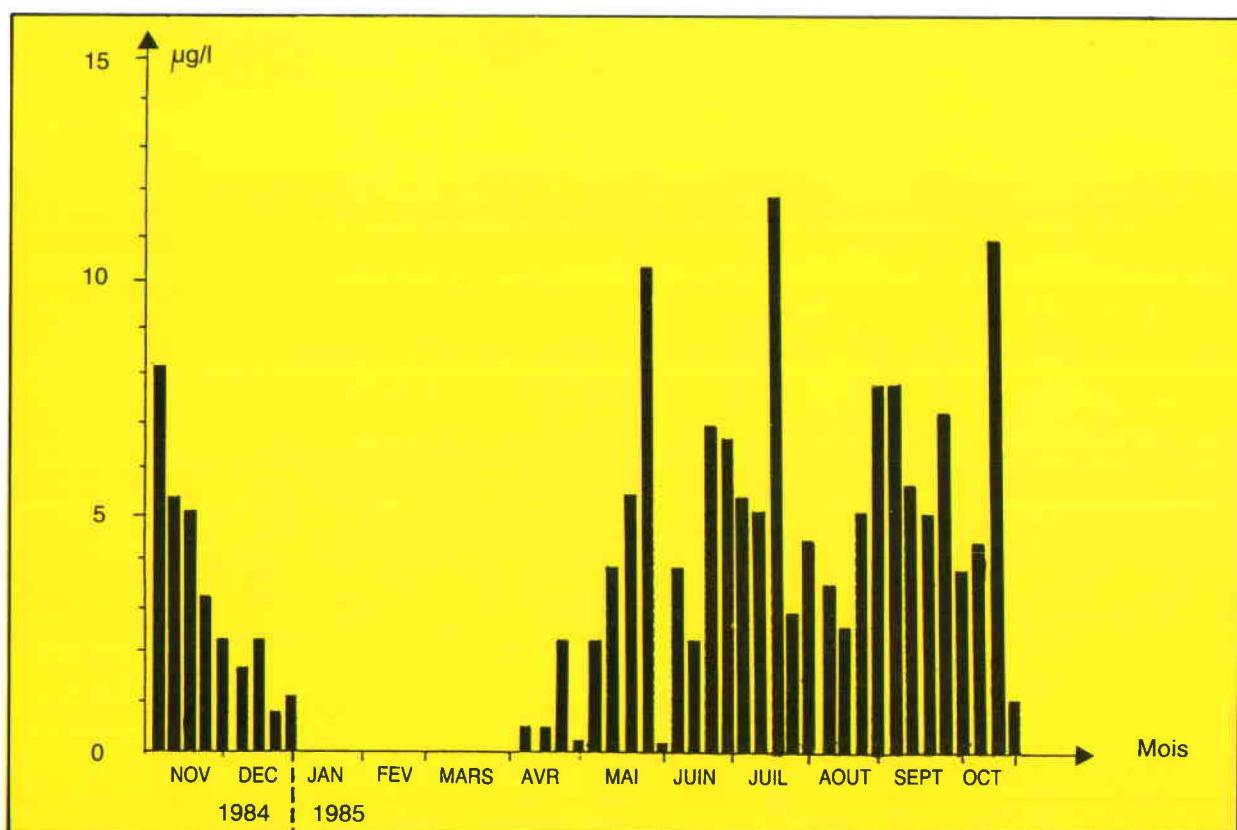


Figure 35 : Concentrations en bromoforme dans l'eau de mer à l'extrémité de la digue ouest de l'avant port de Dunkerque Ouest (point "Digue").

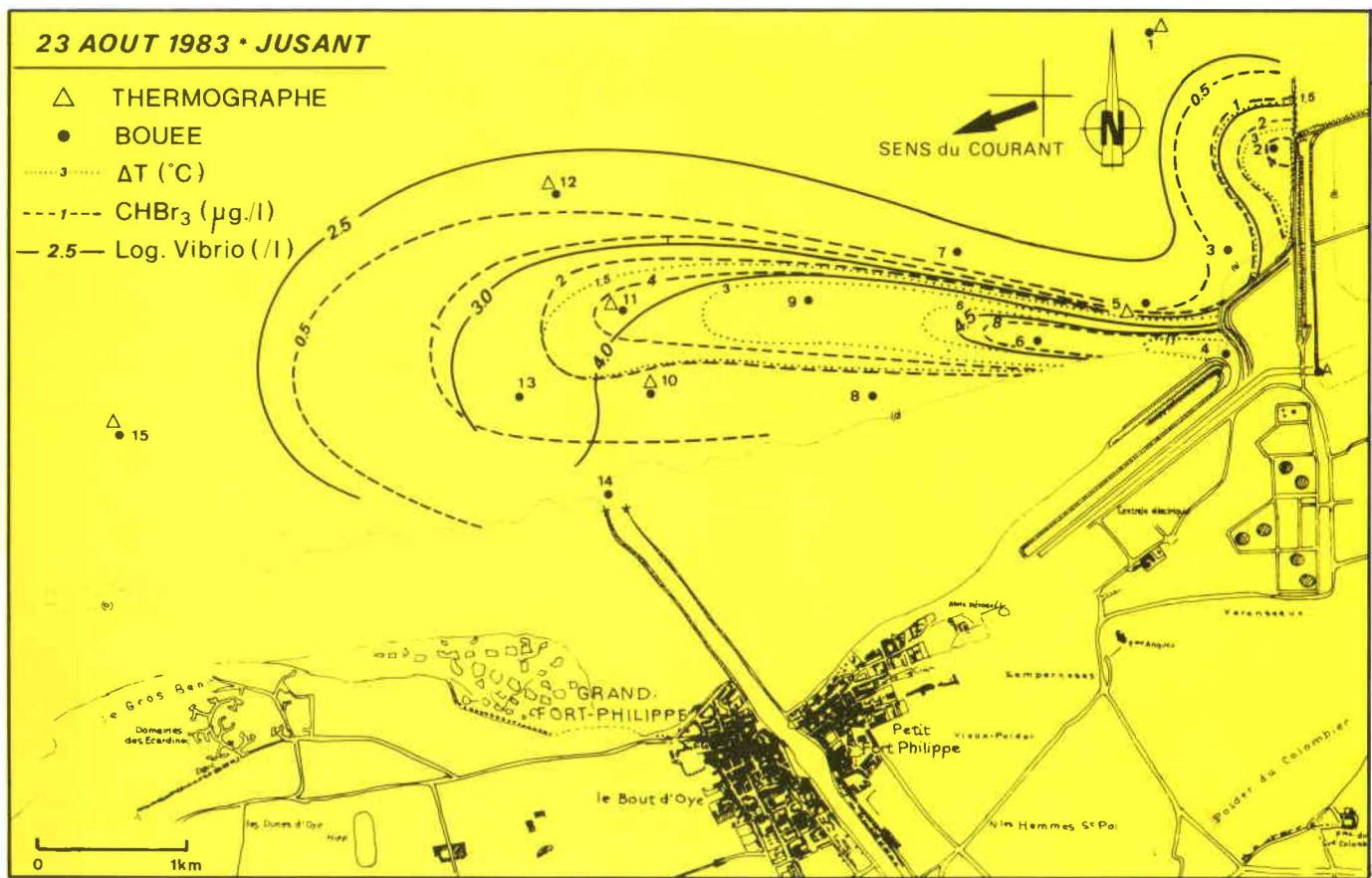


Figure 36 : Répartition géographique de l'échauffement (ΔT), du bromoforme (CHBr_3), et du nombre total de vibrons (logarithme décimal) dans le secteur littoral de Gravelines, le 23 Août 1983.

volatils sont détectés épisodiquement, lorsque le bromoforme est abondant.

Comme le montre la figure 35, la concentration de bromoforme varie assez largement : bien que le chlore soit injecté à taux constant (1 mg/l), la dilution varie, mais aussi le rendement de la réaction comme en témoigne l'absence de corrélation entre CHBr_3 et l'échauffement (ΔT) à la digue.

Par ailleurs, pour compléter les mesures réalisées à la digue à marée haute, des campagnes ont été menées pour suivre à basse mer l'extension du panache vers l'Ouest. La figure 36 représente les résultats obtenus pour le bromoforme et l'échauffement le 23 Août 1983.

Il apparaît que le panache peut être suivi au-delà de l'Aa, aussi bien par le taux de bromoforme que par l'échauffement résiduel.

En conclusion, l'activité de la centrale électronucléaire de Gravelines se manifeste par une production de produits organohalogénés. Le bromoforme, détectable dès qu'il y a chloration, est produit à raison d'environ 100 kg/jour. D'autres haloformes volatils sont également détectables, mais des produits plus lourds les accompagnent sans doute dont le devenir mérite d'être précisé, notamment pour les risques génotoxiques* qu'ils pourraient provoquer.

5.4. CONCLUSION

portuaires, et aux débouchés des estuaires :

Aussi bien au niveau du sédiment, qu'au niveau des mollusques, les teneurs en micropolluants organiques, excepté le groupe des PCB, restent faibles sur le littoral régional. Pour les sédiments, les teneurs les plus élevées s'observent en bordure côtière, où les teneurs en fraction fine sont les plus élevées.

Les zones géographiques les plus contaminées sont situées aux abords des principaux ensembles urbains et

organiques et en particulier en insecticides chlorés, ce qui traduit probablement le poids des activités agricoles dans l'arrière pays. La Somme présente les plus fortes contaminations, particulièrement en ce qui concerne les PCB ;

- les ports de la façade Nord sont surtout caractérisés par des teneurs élevées en hydrocarbures (trafic maritime) et en PCB auxquels s'ajoutent les insecticides chlorés à Boulogne ;

- les estuaires particulièrement ceux de la façade Ouest présentent des teneurs élevées en micropolluants

- enfin, le site électronucléaire de Gravelines se caractérise par la présence d'organochlorés résultant de la chloration de l'eau de mer utilisée par la centrale.

6. CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

L'ensemble des résultats obtenus, particulièrement nombreux pour les micropolluants, permettent de cerner les principales caractéristiques de l'état de la qualité physico-chimique du littoral de la région Nord - Pas de Calais.

En ce qui concerne la **qualité des eaux**, on constate tout d'abord une variabilité importante des résultats analytiques due à la mobilité permanente des masses d'eau sous l'effet des courants littoraux.

Pour tous les paramètres étudiés, un gradient côte-large séparant les eaux côtières qui reçoivent les apports telluriques des eaux situées plus au large, à caractère nettement océanique a été mis en évidence. Par contre, les données acquises ne révèlent pas de gradient régional parallèle à la côte. Cependant, des variations ponctuelles de qualité des eaux résultent des principaux apports telluriques localisés au niveau des estuaires et des ports. Ainsi, c'est sur la façade Nord, la plus urbanisée (deux agglomérations et trois ports) que l'on note le plus ces variations locales de la qualité des eaux.

Les eaux littorales régionales sont généralement chargées en matières en suspension et bien oxygénées. Les concentrations en sels nutritifs particulièrement élevées sur la façade Nord, retiennent l'attention. Dans cette zone, les ensembles urbains constituent probablement l'origine principale des relativement fortes teneurs en ammoniacal observées. D'autre part, les teneurs en nitrate observées dans le secteur de l'Aa laissent penser, compte tenu des salinités observées simultanément que ce cours d'eau apporte des flux importants d'azote nitrique au milieu marin. Il conviendra toutefois de valider cette idée lors de la synthèse des travaux réalisés sur les origines de dégradation de la qualité du milieu littoral régional.

En ce qui concerne les **micropolluants** de nombreux résultats disponibles précisent l'état de contamination chimique du milieu marin régional.

Pour plus de 80 % des échantillons recueillis, les concentrations des **contaminants métalliques** étudiés se situent au niveau du "bruit de fond" du milieu naturel. Cependant, pour les secteurs Boulogne-Gris-Nez et Calais-Dunkerque, des concentrations élevées traduisant un état de contamination, ont été identifiées au large, au niveau des sites autorisés de rejet des boues de dragages portuaires et à la côte, au voisinage des ports.

Le cortège des métaux rencontrés et la localisation des zones présentant de fortes teneurs conduisent à attribuer l'origine de cette contamination métallique aux activités portuaires ; les rejets de boues de dragage au large lui permettent ensuite de diffuser sur l'ensemble du littoral régional par le jeu des courants de marée.

L'état de contamination de certaines zones du littoral régional a été apprécié au regard de valeurs de référence disponibles (provenant du RNO en quasi-totalité). Il en ressort que le mercure est le métal pour lequel l'état de contamination apparaît le plus important au vu des données disponibles, suivi par le plomb et le cadmium.

Le secteur Canche-Authie et le site des deux caps présentent les plus faibles concentrations en polluants métalliques et, à ce titre, constituent des zones de référence intrarégionales.

De ces observations, il ressort que des actions visant à diminuer la contamination métallique du littoral régional pourraient s'orienter selon deux directions non-exclusives qui cependant restent à préciser : d'une part, diminuer les niveaux de conta-

mination intra-portuaires et d'autre part, aménager les activités de dragages portuaires de façon à réduire les effets des rejets de polluants métalliques sur l'environnement marin régional.

Globalement, les **micropolluants organiques** sont présents sur le littoral régional à des concentrations relativement faibles. Toutefois, le groupe des polychlorobiphényles (PCB) présente des concentrations relativement élevées, traduisant en divers sites du littoral régional (zones portuaires et estuariennes) un état de contamination. Le secteur Berck-Hardelot sur la façade Ouest présente les concentrations les plus faibles en PCB.

Du fait de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation, les PCB sont considérés comme polluants prioritaires de l'environnement et à ce titre une attention particulière leur a été portée. L'arrêt de leur fabrication a été prévue au plan national et leur utilisation est limitée aux systèmes clos (installations électriques essentiellement). De plus, la destruction des PCB doit se faire dans des installations contrôlées.

Cependant, un réel effort de gestion des déchets (matériels électriques déclassés) reste à poursuivre pour limiter effectivement l'émission des PCB dans l'environnement.

Ce constat relatif à la qualité physico-chimique du littoral régional ne serait pas complet sans mentionner les effets induits par la centrale nucléaire de Gravelines. Ceux-ci comportent un échauffement des eaux littorales qui peut être suivi bien au-delà de l'Aa et une chloration aboutissant à la formation de produits organohalogénés potentiellement toxiques. L'importance des flux rejetés en mer justifie pleinement les opérations de surveillance qui se déroulent sur ce site.

TROISIEME PARTIE



Photo IFREMER

**LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX
ET DES MOLLUSQUES MARINS DU LITTORAL
DE LA REGION NORD - PAS DE CALAIS**

INTRODUCTION

En matière de pollution microbienne, les préoccupations concernant le littoral Nord - Pas de Calais proviennent pour l'essentiel des résultats du contrôle sanitaire des eaux de baignade et des coquillages. Institué dans les années 70 sur une base nationale par le Ministère de la Santé pour les zones de baignade, et par l'ISTPM - devenu IFREMER - pour les zones conchyliocoles, ce contrôle a conduit à un mauvais classement de portions importantes du littoral régional. Ainsi, en 1980, la proportion des zones de baignade mal notées (catégories C ou D) atteignait 93 % en région Nord, contre 32 % en moyenne en France (Manche - Mer du Nord = 52 % ; Atlantique = 32 % ; Méditerranée = 20 %). Des interdictions de baignade ont aussi été décidées, temporaires (Dunkerque-Malo) ou permanentes (Baie de Somme).

La pollution microbienne a également été évoquée en d'autres occasions. Ainsi à la mise en chantier de la centrale électronucléaire de Gravelines s'est posée la question de l'influence sur les micro-organismes du réchauffement et de la chloration des eaux. Enfin, l'intervention de bactéries ou d'autres micro-organismes pathogènes (virus*, amibes*) a été évoquée à propos des ulcérations nécrotiques parfois observées sur les poissons.

Les micro-organismes susceptibles d'induire des risques sanitaires en milieu littoral sont de deux sortes :
- micro-organismes étrangers, en transit,
- micro-organismes marins, autochtones.

Les micro-organismes étrangers au milieu marin, constituent le premier groupe d'intérêt sanitaire. Les matières

fécales des animaux à sang chaud sont en effet susceptibles de contenir une grande variété d'organismes pathogènes : virus (ex = hépatite infectieuse), bactéries (ex = *Salmonella* de la typhoïde), champignons (ex = *Candida*), parasites animaux (ex = œufs de vers). Apportés par les rejets urbains, les rivières, les eaux de ruissellement en zone d'élevage, les rejets de bateaux et les oiseaux marins, ils sont dispersés par les courants et meurent en quelques heures, quelques jours ou quelques semaines. Ils restent infectieux pendant ce temps et induisent donc un risque pour les baigneurs. Mais surtout, ils sont concentrés par les mollusques filtreurs, les contaminent et peuvent, pour certains, y proliférer à nouveau après cueillette.

Le dénombrement ou même la recherche exhaustive de tous ces micro-organismes pathogènes, dans les eaux, les sédiments ou la chair des mollusques, est impraticable. La mesure de la pollution fécale consiste plus simplement à dénombrer d'autres bactéries intestinales, non pathogènes mais témoins de la contamination fécale : *Escherichia coli*, streptocoques* du groupe D,...

La relation entre l'abondance de ces micro-organismes "indicateurs" dans l'eau et le risque sanitaire pour les baigneurs a pu être vérifiée lors d'études épidémiologiques délicates mais plusieurs fois confirmées ces dernières années. La relation est plus manifeste encore pour la consommation des coquillages qui provoque sans doute dans la région un risque sanitaire plus important que la baignade.

Parmi les micro-organismes marins d'intérêt sanitaire, le groupe des vibrions* apparaît à l'échelle mon-

diale comme le plus préoccupant. On peut y ranger : *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, etc...

Vibrio cholerae, agent du choléra et divers vibrions apparentés (non - 01) sont susceptibles d'être mis en évidence jusqu'à des salinités presque nulles et sont surtout abondants dans certains estuaires (Gange, Chesapeake,...). Cependant, des souches de ce groupe ont été signalées dans le Kent. *Vibrio parahaemolyticus*, agent de gastro-entérites graves, affectionne aussi les estuaires.

Les produits de la mer constituent le vecteur principal des infections par les vibrions marins. Cependant *Vibrio vulnificus*, pathogène agressif et *Vibrio alginolyticus*, peu agressif, peuvent infecter les blessures, et déterminer des septicémies. Toutes ces espèces profitent des températures élevées et méritent donc d'être étudiées en présence des rejets thermiques (cas des centrales thermiques nucléaires).

Il n'y a pas eu jusqu'ici d'enregistrement systématique de ces maladies liées à la baignade et à la consommation des mollusques dans la région. D'autre part, les déclarations de maladie aux Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) n'ont pas fourni de données permettant d'étudier correctement l'impact sanitaire de la contamination microbienne.

Les études rapportées ci-après concernent les eaux de baignade et les coquillages. En réalité, les eaux de la baignade sont souvent aussi des eaux conchyliocoles du fait du va et vient incessant des courants de marée entre plages et moulières*.

1 - BACTERIOLOGIE DES EAUX LITTORALES

Les travaux réalisés sur la qualité bactériologiques des eaux littorales régionales répondent à plusieurs objectifs :

1 - déterminer la qualité des eaux de baignade pour l'évaluer au regard de normes disponibles. Ces travaux sont réalisées sous la responsabilité des DDASS ;

2 - apprécier la qualité bactériologique des eaux du littoral régional (campagne HYDROBIOS 1, juillet-août 1980) ;

3 - étudier la flore microbienne marine au niveau du rejet de la centrale thermonucléaire de Gravelines.

1.1. Campagnes et méthodes :

1.1.1. Qualité bactériologique des eaux de baignade

1.1.1.1. Surveillance estivale

Durant la saison estivale (fin mai à fin septembre), un prélèvement hebdomadaire est réalisé sur une ou deux plages dans chaque commune. Leur répartition a évolué sensiblement au cours des années (tableau 1) :

Jusqu'en 1983, les prélèvements avaient lieu partout entre 2 heures avant et 2 heures après la pleine mer (PM \pm 2h). Depuis 1984, dans le Nord - Pas de Calais, afin de procéder à un contrôle plus efficace, ils sont effectués pour chaque point à heure fixe, dans une fourchette allant de 10 H à 15 H (période de fréquentation maximale). Dans la Somme, ils sont effectués à PM + 2h.

Les dénominations pratiqués portent uniquement sur les bactéries témoins de contamination fécale : *E. coli*, streptocoques D, ainsi que sur les coliformes* "totaux". (Les méthodes utilisées sont présentées à l'annexe 5).

ANNEES	1976	1981	1982	1983	1984	1985
NORD (59)						
Nombre de communes concernées	7	8	8	8	9	9
Nombre de points de prélèvements	8	12	12	12	13	13
PAS-DE-CALAIS (62)						
Nombre de communes concernées	21	21	21	21	22	22
Nombre de points de prélèvements	34	35	31	30	28	28
REGION NORD - PAS-DE-CALAIS (59 + 62)						
Nombre moyen d'analyses par point de prélèvement	19	16	21	17	21	21
SOMME (80)						
Nombre de communes concernées	5	7	7	7	7	7
Nombre de points de prélèvements	5	10	12	11	11	11
Nombre moyen d'analyses par point de prélèvement	6	18	18	—	21	22

Tableau 1 : Evolution du contrôle sanitaire des plages.

La technique utilisée, dite du nombre le plus probable ("NPP", culture en milieux liquides) est la même depuis le début des contrôles dans la région Nord - Pas de Calais, ainsi que dans la Somme. Elle a également l'avantage d'être identique à celle utilisée pour les coquillages (voir en 3.), ce qui permet un maximum de comparaisons. Elle n'est en revanche pas

comparable à celle employée dans quelques autres départements français qui ont adopté une technique différente (filtration sur membrane et culture sur milieux sélectifs solides) dont le rendement est parfois bien plus faible, et qui n'est praticable qu'avec des eaux de relativement faible turbidité.

Département	Période	Points de prélèvement	Fréquence de prélèvement
NORD	1983 - 1984	Bray-Dunes - Perroquet - Gravelines Grande-Synthe	1 / mois
	1983 - 1985	Dunkerque - Secours Dunkerque - Malo-Centre Malo-Terminus	2 / mois
PAS-DE-CALAIS	1983 - Déc. 1984	Les 30 points de la surveillance estivale	1 / mois
	Déc. 1984 - 1986	7 points de la surveillance estivale entre Audresselles et Dannes	
SOMME	1983 - 1986	11 points	1 / mois

Tableau 2 : Surveillance sanitaire des plages hors saison.

1.1.1.2. Surveillance hors saison estivale

Initié par les Cellules Anti-pollution, puis concerté avec les DDASS, un programme de surveillance était réalisé jusqu'ici hors saison estivale, portant sur les mêmes mesures qu'en période estivale, mais en un nombre de points et à fréquence plus faible (tableau 2). Elles ont été supprimées en 1985 dans le Nord.

1.1.1.3. Etudes complémentaires

Divers compléments à la surveillance des plages ont été apportés certaines années, avec les mêmes méthodes et paramètres mesurés

a - En Juin 1982 et en Juin 1984 : étude la variabilité chronologique de la contamination en un point fixe (Bray-Dunes) (1 prélèvement toutes les 2 heures pendant 48 heures) ;

b - En Septembre 1982 : suivi de la pollution à Bray-Dunes : mesures chaque heure pendant 12 heures en 3 points au bord (Bray-Dunes Perroquet, Centre et Ouest) et 6 points au large ;

c - En 1983 : comparaison des contaminations à basse mer et à pleine mer en 16 points du littoral Nord - Pas de Calais (18 semaines d'été).

1.1.2. Etude de la contamination bactérienne des eaux littorales

Pour compléter vers le large les connaissances acquises sur la qualité bactériologique des eaux de baignade, des mesures ponctuelles ont été réalisées sur les eaux du large lors de la campagne HYDROBIOS 1, en 1980. Entre le 27 Juillet et le 6 Août 1980, une centaine de points distants de 3 à 10 km des côtes ont été visités, entre la frontière belge et la Baie de Somme, à bord du navire océanographique "NOROIT" de l'IFREMER. Les mesures ont porté sur la pollution fécale (*E. coli*, streptocoques du groupe D), mais aussi sur les coliformes, les bactéries totales en épifluorescence, les bactéries viables et enfin sur les vibrions marins.

1.1.3. Etude de la flore bactérienne marine, au niveau du rejet de Gravelines

De Septembre 1976 à Décembre 1985, des mesures hebdomadaires ont été effectuées à proximité du rejet des

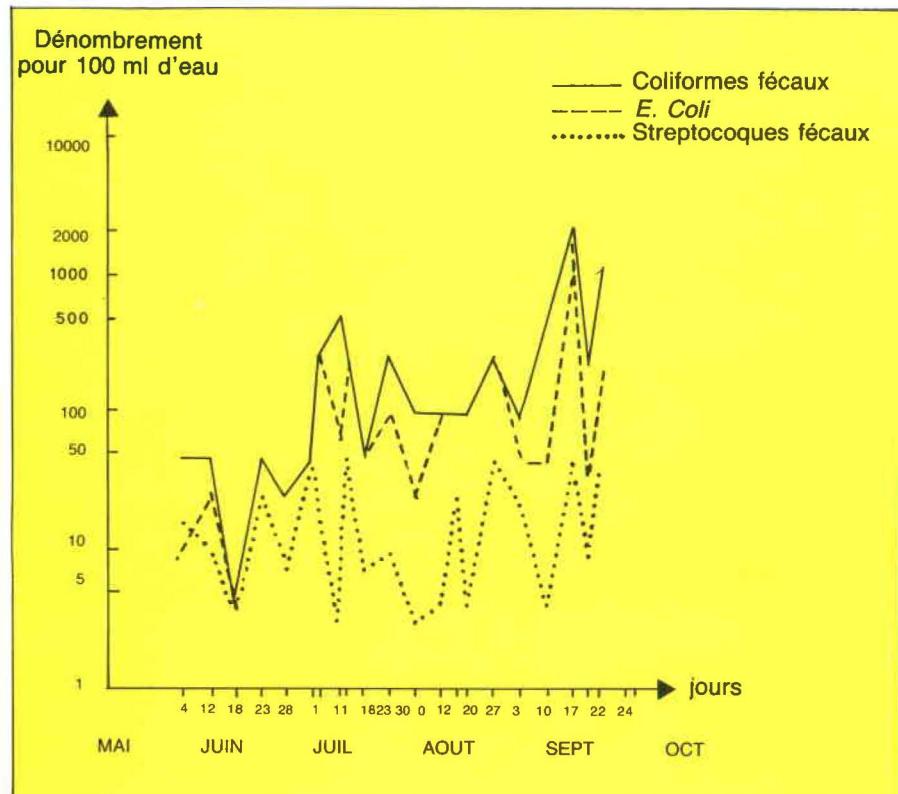


Figure 1 : Variations des nombres d'indicateurs fécaux à Dunkerque (poste de secours 01) durant l'été 1984.

eaux de refroidissement de la centrale électronucléaire de Gravelines. Pour étudier au mieux l'impact du rejet de la centrale, les prélèvements sont réalisés à marée haute, à l'extrémité de

la digue Ouest de l'avant-port de Dunkerque Ouest, car dans ces conditions, les rejets de la centrale sont plaqués contre la digue par le courant de flot.

1/ POINTS AYANT SUBI AU MOINS 10 PRELEVEMENTS

Catégorie A si : coliformes "totaux" $\leq = 500 / 100 \text{ ml}$
et coliformes "fécaux" $\leq = 100 / 100 \text{ ml}$
pour au moins 80 % des résultats

et si : coliformes "totaux" $\leq = 10\,000 / 100 \text{ ml}$
et coliformes "fécaux" $\leq = 2\,000 / 100 \text{ ml}$
pour au moins 95 % des résultats,

et si : streptocoques fécaux $\leq = 100 / 100 \text{ ml}$
pour au moins 90 % des résultats

Catégorie B si : coliformes "totaux" $\leq = 10\,000 / 100 \text{ ml}$
et coliformes "fécaux" $\leq = 2\,000 / 100 \text{ ml}$
pour au moins 95 % des résultats,

idem pour 67 à 95 % des résultats

Catégorie D : idem pour moins de 67 % des résultats

2/ POINTS AYANT SUBI 4 A 9 PRELEVEMENTS

Catégorie A-B : coliformes "totaux" $\leq = 10\,000 / 100 \text{ ml}$
coliformes "fécaux" $\leq = 2\,000 / 100 \text{ ml}$
dans tous les cas.

Catégorie C-D sinon.

Tableau 3 : Critères du classement des plages par le Ministère de la Santé (DDASS).

Evolution : 1975 - 1983

(A) MOYENNE DES MEDIANES ANNUELLES / 100 ml d'eau

Escherichia coli

0-30

31-300

> 300

Streptocoques fécaux

0-6

7-60

> 60

1

(B) TENDANCES : Zones de Dégradation

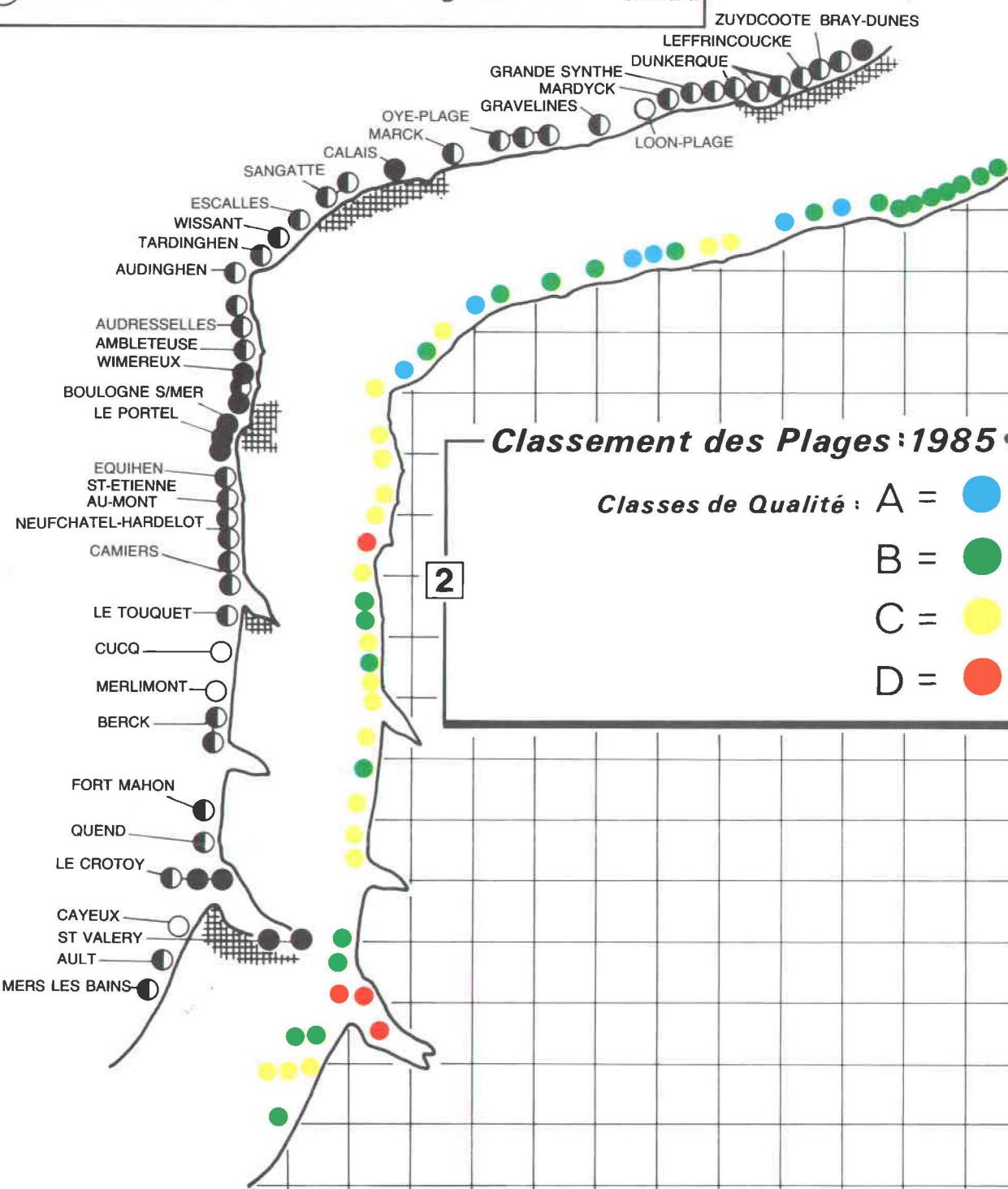


Figure 2 : Réseau de surveillance de la qualité des eaux de baignade en mer.

Les premières années, trois autres points étaient également surveillés mais à fréquence plus basse (6 prélèvements par an) : 1 point de référence théoriquement en dehors de la zone d'influence de rejet, et 2 points face au rejet (1 km et 2 km). Enfin, en 1984, ont eu lieu 4 campagnes de mesures pour cerner l'extension du panache de rejet à marée basse. Pour tous ces prélèvements, les paramètres microbiologiques mesurés ont été :

- les bactéries totales en épifluorescence,
 - les bactéries viables,
 - les bactéries sulfato-réductrices,
 - les vibrios marins,
 - l'activité hétérotrophe de la microflore bactérienne,
- et de plus :
- . la température,
 - . le taux de "chlore" et d'haloformes dérivés de la chloration (voir deuxième partie, paragraphe 5.3.).

1.2. Les résultats

1.2.1. La qualité des eaux de baignade

1.2.1.1. La surveillance estivale

Le plus grand nombre de données concernant la pollution fécale des eaux littorales provient de la surveillance estivale réalisée par les DDASS. La figure 1 est un exemple des résultats obtenus en un point de contrôle et illustre la variabilité considérable de la contamination d'une semaine à l'autre. C'est pourquoi le classement par les DDASS fait appel à une interprétation statistique dont les modalités sont résumées dans le tableau 3.

La figure 2 montre le classement ainsi obtenu pour les plages de la région à l'issue de la saison 1985.

On note que les changements intervenus entre 1984 et 1985 sont peu nombreux :

- Amélioration :
 - Grand-Fort-Philippe, Oye-Plage
 - Calais, Sangatte
 - Wissant
 - Wimereux
 - Le Touquet
- Dégradation :
 - Dunkerque
 - Petit-Fort-Philippe
 - Audinghen
 - Audresselles
 - Boulogne

La région Nord - Pas de Calais et la Somme sont ainsi parmi les plus mal classées de France (tableau 4).

Tendances à long terme :

Le classement réglementaire en catégorie A, B, C ou D présente plusieurs défauts. En particulier, il est sensible au nombre de prélèvements effectués en un point : ainsi on tolère le dépassement des nombres impératifs (2 000 *E. coli*/100 ml ou 10^4 col-

formes) dans 5 % des prélèvements, soit 1 sur 21 (4,8 %) mais pas 1 sur 19 (5,3 %), etc...

En conséquence, pour détecter d'éventuelles tendances, a-t-on effectué un traitement statistique des résultats permettant de s'affranchir de l'effet des variations du nombre de prélèvements par point (voir annexe 6). La figure 3 présente les résultats obtenus pour Dunkerque (poste de secours), à titre d'exemple.

Lieux	Fréquence de classement en C et D	Nombre de points contrôles
NORD	23 %	13
PAS-DE-CALAIS	61 %	28
REGION NORD/PAS-DE-CALAIS	49 %	41
SOMME	91 %	11
FAÇADE MANCHE / MER DU NORD	31 %	466
FAÇADE ATLANTIQUE	21 %	495
FAÇADE MEDITERRANEEENNE	12 %	603
FRANCE	20,5 %	1 564

Tableau 4 : Proportion de plages mal classées (catégories C et D, données 1984).

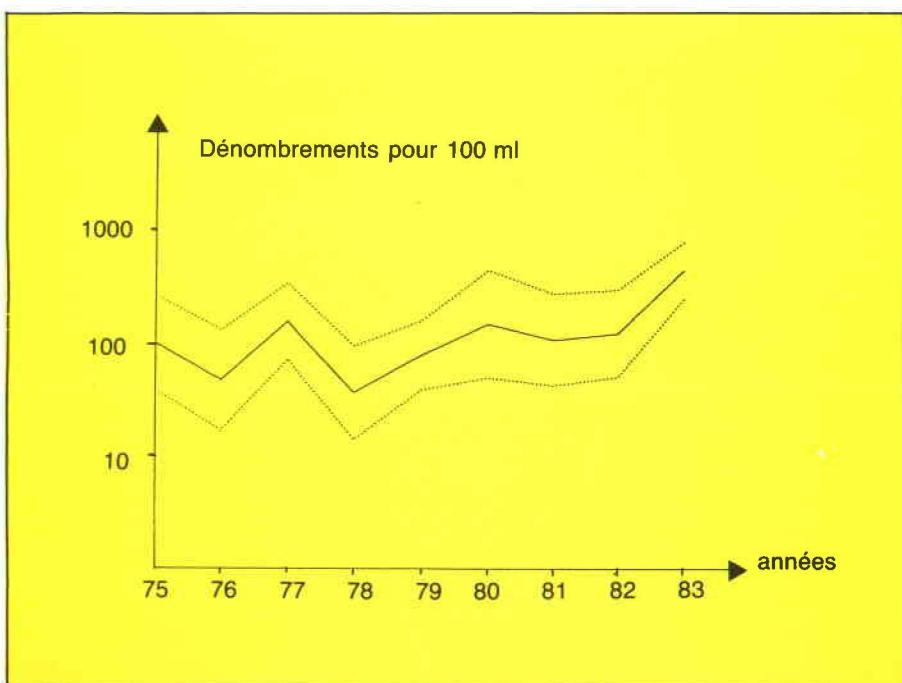


Figure 3 : Evolution de la contamination en *E. Coli* à Dunkerque Secours (médianes et intervalles de confiance* à 95 % des séries de mesures estivales).

Un changement étant intervenu (voir § 2.1.1.) dans la procédure d'échantillonnage dans le Nord - Pas de Calais, les années 1984 et 1985 ne peuvent être comparées aux précédentes. Pour la période 1975 - 1983, sur les 52 zones de baignade testées, on note :

- tendance significative à l'amélioration : Le Crotoy, La Maye
- tendance significative à la dégradation : 5 zones

- de Bray-Dunes à Dunkerque,
- Calais - Sangatte
- Boulogne-sur-Mer - Le Portel
- Le Touquet
- St-Valéry
- pas de tendance nette : partout ailleurs.

La figure 2 situe ces zones, et il faut bien constater que ces tendances ne viennent pas adoucir l'image des secteurs préoccupants ; ce sont même les secteurs les plus contaminés (les plus urbanisés) qui se dégradent (Dunkerque-Bray-Dunes, Calais-Sangatte, Boulogne-Le Portel).

Aucune tendance précise ne peut encore être décelé depuis la modification des conditions de prélèvement intervenue en 1984 (heure fixe et non plus $PM \pm 2$), la climatologie ne pouvant être considérée comme neutre dans une série de deux étés.

1.2.1.2. Surveillance hors saison estivale

Comme le montre le tableau 5, pour les plages contrôlées hors saison, le fait d'incorporer les résultats d'hiver n'améliore pas le classement administratif. Au contraire, l'analyse statistique le montre, les niveaux médians de pollution sont plutôt plus élevés en hiver qu'en été.

1.2.1.3. Etudes complémentaires

Comme il a été montré plus haut (figure 1), les résultats des contrôles hebdomadaires reportés en fonction du temps, forment une courbe en dents de scie. Les variations de la contamination ont en fait une périodicité bien plus courte. Ainsi à Bray-Dunes (figure 4) des variations cycliques importantes (de 1 à 100 et plus) ont été observées par deux fois en 1982 et 1984, avec une période de 12 heures environ, correspondant à l'alternance des courants de marée. En ce point, les maxima ont lieu à pleine mer, ce qui signifie que la pollution arrive avec le courant de flot (par l'Ouest).

ANNÉES	NOMBRE DE PLAGES EXAMINÉES	NOMBRE DE PLAGES PLUS CONTAMINÉES HORS SAISON QU'EN ÉTÉ	
		<i>E. Coli</i>	Streptocoques fécaux
1980	37	24 (65 %)	33 (89 %)
1982	40	20 (50 %)	23 (58 %)

Tableau 5 : Comparaison des résultats en saison et hors saison.

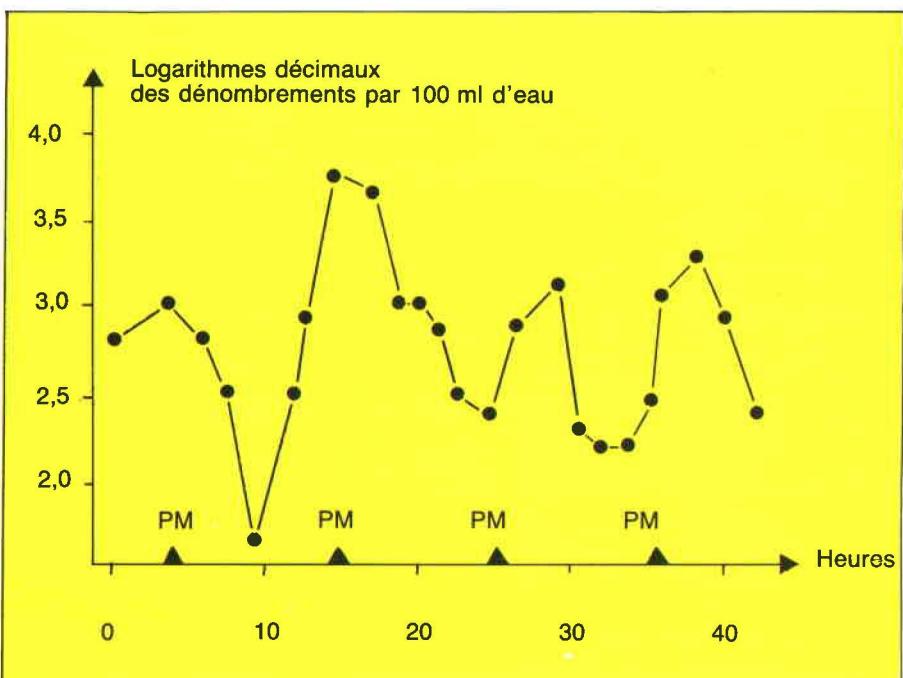


Figure 4 : Variations de la pollution fécale des eaux à Bray-Dunes les 14 et 15.05.1984.

Mais, en d'autres lieux, l'influence dominante peut se manifester au contraire à marée basse. Ainsi, le fait de prélever aux environs de la pleine mer peut-il être un biais, favorisant systématiquement certains points et en pénalisant toujours certains autres. C'est une des raisons de l'abandon de l'échantillonnage à $PM + 2h$ à partir de 1984.

Ce schéma n'est cependant pas généralisable à toutes les périodes. Entre autres, à Bray-Dunes, le 9 septembre 1982, aucun cycle n'a pu être mis en évidence parce que la contamination y est restée constamment négligeable. Ainsi, certains points (Wissant, Digue du Braek) situés au Sud-Ouest du rejet principal (ruisseau d'Herlen, port de Dunkerque-Est) ne se révèlent pas pour autant plus pollués à basse mer qu'à pleine mer. Une connaissance plus précise du milieu

et, en particulier de l'hydrodynamisme, serait nécessaire à l'interprétation de ces résultats.

1.2.2. Qualité bactérienne des eaux littorales

En matière de pollution fécale, la campagne Hydrobios 1 menée en Juillet-Août 1980 a essentiellement révélé que la contamination était limitée à la côte. À 3 ou 5 km du rivage elle est le plus souvent indécelable (figure 5).

En conclusion à ces données sur la pollution fécale des eaux, on peut faire les remarques suivantes :

1 - L'abondance des bactéries indicatrices de contamination fécale (*E. coli*, streptocoques du groupe D) en un point est très variable. En certains cas (2 fois sur 3 à Bray-Dunes); il a

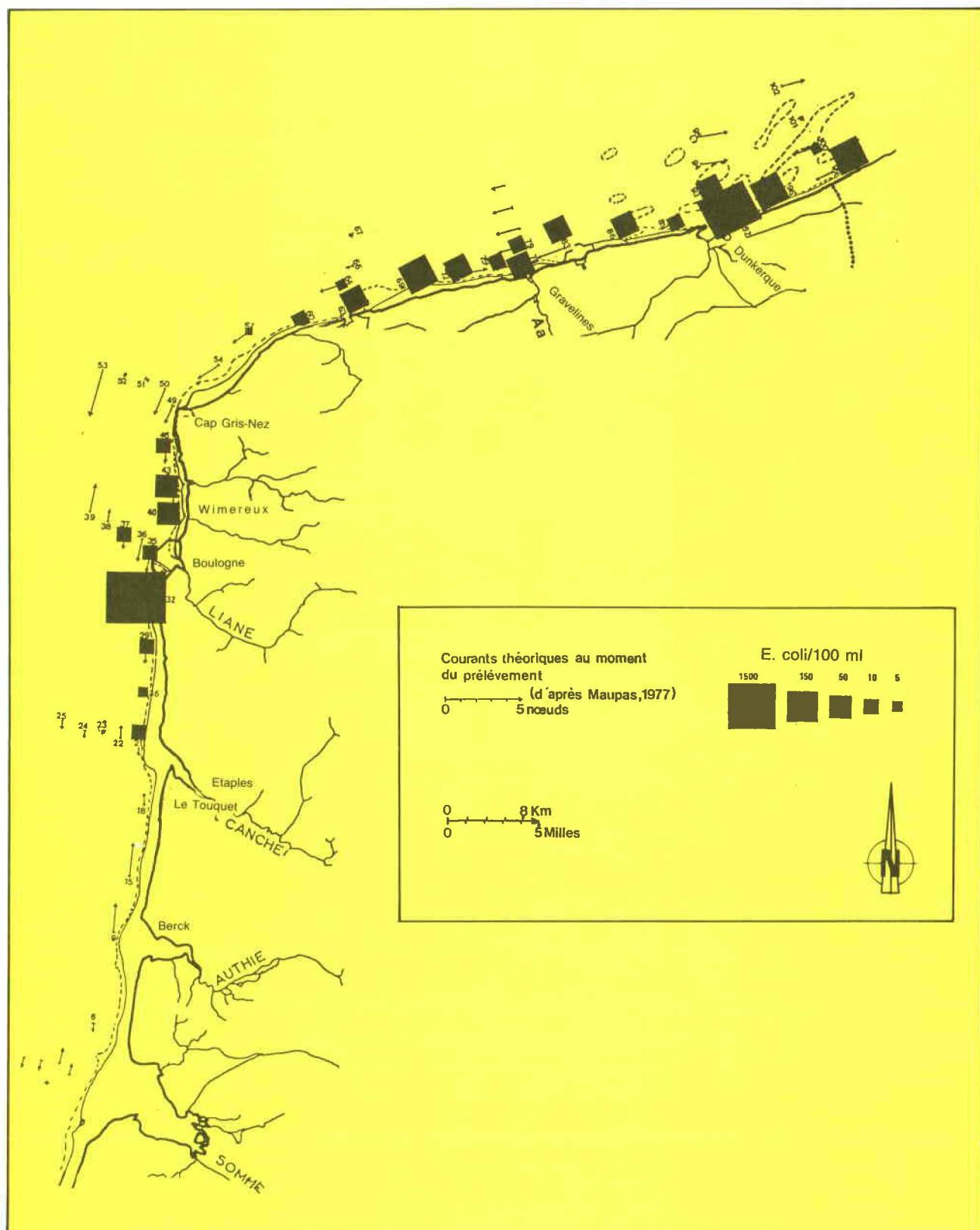


Figure 5 : Campagne HYDROBIOS 1 (Juillet-Août 1980) - Contamination fécale des eaux littorales.

été possible de montrer que ces variations sont cycliques, avec une période de 12 heures environ, comme l'alternance des courants de marée. Nos connaissances de ces cycles et de l'hydrodynamisme à l'échelle locale ne sont pas assez fines pour tirer des enseignements de toutes les données disponibles.

2 - Au point de vue réglementaire, le Nord - Pas de Calais est avec la Somme et le Calvados parmi les secteurs les plus mal notés dans le classement national des zones de baignade.

3 - L'étude statistique détaillée des tendances sur la période 1975-1983, pour 41 points de contrôle ne révèle d'amélioration pour aucun point mais révèle une aggravation pour 13 points, parmi lesquels figurent les plus contaminés. Pour des raisons méthodologiques évoquées précédemment, il n'est pas possible de fournir de tendances plus récentes.

4 - Les données hors-saison, limitées à quelques points témoignent d'une contamination généralement plus forte encore hors saison qu'en été. Ceci est sans conséquence pour la baignade mais concerne les coquillages, dont l'exploitation à surtout lieu pendant "les mois en R".

5 - Enfin, une série de mesures réalisées en 1980 entre la frontière belge et la Somme (campagne HYDRO-BIOS 1) a montré que la contamination est limitée au rivage. A quelques kilomètres du bord, elle est souvent indécidable. La pollution fécale n'est donc pas une caractéristique générale des eaux du détroit, mais bien le fait des rejets locaux, ce qui rend la lutte envisageable.

1.2.3. Etude de la flore bactérienne marine au niveau du rejet de Gravelines

Les eaux côtières sont caractérisées par une flore microbienne où l'on note la présence de vibrios halophiles*, certains étant pathogènes. Cette flore peut être décrite par divers moyens tels que le dénombrement de bactéries totales en épifluorescence, de bactéries viables, de vibrios halophiles et la mesure du potentiel hétérotrophe. Cette flore microbienne est susceptible de réagir rapidement à l'impact d'un rejet. Dans le cas de la centrale nucléaire de Gravelines, il importait donc d'étudier l'effet du réchauffement et de la chloration des eaux.

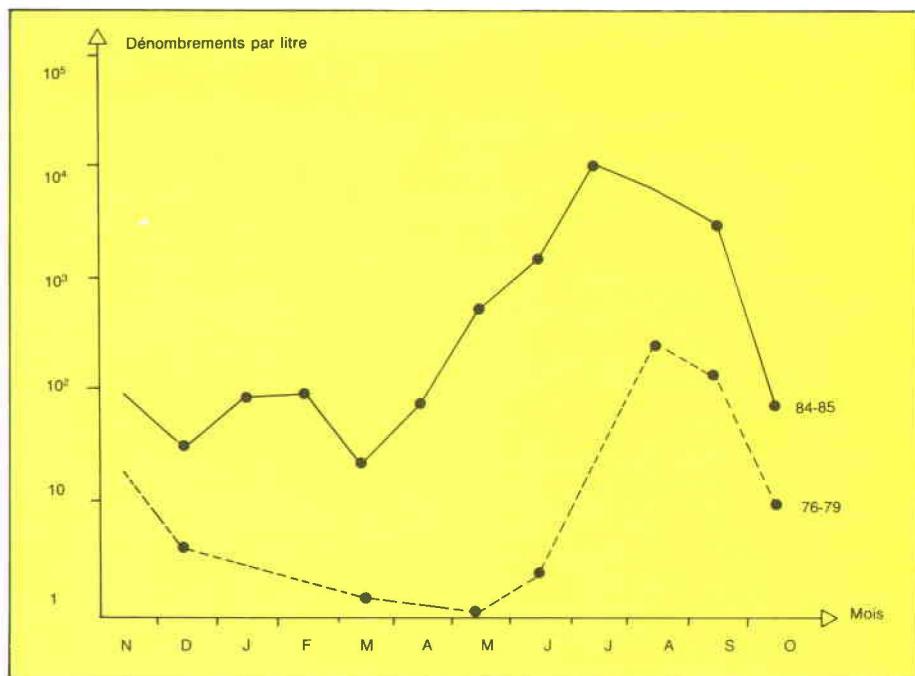


Figure 6 : Dénombrement des vibrios halophiles au point "digue" (moyenne annuelle).

Pour le refroidissement des 6 condenseurs en fonctionnement en 1985, la centrale électronucléaire de Gravelines utilisait 240 m³ d'eau de mer par seconde. Echauffé de 11°C environ, ce flux est de plus chloré à raison de 1 mg/l par litre pour lutter contre les salissures et notamment la prolifération des moules, entre Avril et Décembre. Deux types d'effets microbiologiques contradictoires peuvent donc s'opposer : mortalité due à la chloration, prolifération due à l'échauffement.

Le nombre total de bactéries dans l'eau prélevée à la digue, fluctue entre 4.10⁵ / ml en Février et 8.10⁶ / ml en été (moyennes mensuelles). Ce cycle s'est reproduit régulièrement entre 1976 et 1979 (avant la mise en service de la centrale) et encore jusqu'en 1982. Une diminution du nombre de germes totaux s'est ensuite manifestée. Cette divergence par rapport à l'état de référence se traduit dans les moyennes annuelles :

- 1976 - 79 : 2,0.10⁶ / ml
- 1979 - 80 : 2,2.10⁶ / ml
- 1980 - 81 : 2,3.10⁶ / ml
- 1981 - 82 : 2,1.10⁶ / ml
- 1982 - 83 : 6,0.10⁵ / ml
- 1983 - 84 : 9,8.10⁵ / ml
- 1984 - 85 : 7,4.10⁵ / ml

Le cycle est également perturbé : abondance plus forte en hiver, plus faible en été par rapport à l'état de référence (1976 - 1979).

Nombres de bactéries viables :

La microflore* viable (sur le milieu le moins sélectif possible, à base d'eau de mer) ne représente qu'une fraction minime (3 % en moyenne) et très fluctuante de la flore totale. Ses variations au cours du temps à la digue ne sont pas significatives d'une évolution depuis 1976. L'influence de la chloration n'est donc pas mise en évidence par cette mesure pourtant très sensible aux désinfectants. Ceci confirme l'absence de chlore résiduel en pleine mer à la digue, révélée par les dosages à la DPD (< 0,015 mg/l). Ceci se trouve également confirmé par les mesures de potentiel hétérotrophe : les activités enzymatiques participant à la bio-dégradation des matières organiques n'apparaissent ni freinées par des résidus de chlore, ni accélérées par l'échauffement, du moins à la digue (à marée haute).

Les nombres en **vibrios** en revanche, sont en augmentation très nette par rapport à la période de référence (figure 6).

Leur abondance a toujours été cyclique, et très liée à la température

de l'eau. La relation suivante est conservée en 1984 :

$$\log (\text{Vibrions/l}) = 0,27 T - 1,6$$

($r = 0,83$; $n = 52$)
(T = température en °C, r = coefficient de corrélation*, n = nombre d'observations)

mais l'échauffement des eaux conduit à en trouver maintenant toute l'année, alors qu'ils étaient absents (au seuil de 1/litre) en 1976-79 ; et des valeurs 100 fois plus élevées qu'alors sont maintenant relevées en été.

Par ailleurs pour compléter les mesures réalisées à la digue à marée haute, des campagnes ont été menées pour suivre à marée basse l'extension du panache vers l'Ouest. La figure 36 de la seconde partie de ce rapport présente les résultats obtenus pour trois paramètres : échauffement, vibrions, bromoforme (organohalogéné résultant de la chloration), le 23.08.1983.

Il apparaît que le panache peut être suivi au-delà de l'Aa aussi bien par le taux de bromoforme que par

l'échauffement résiduel. Les produits organohalogénés dérivés de la chloration sont pour certains, dotés d'activité mutagène*, mais n'ont pas de pouvoir désinfectant, et le panache est également caractérisé par un excès de vibrions, par rapport au milieu.

Sur le plan qualitatif de la nature des espèces présentes, tous les *Vibrio* isolés (à 37° C) dans le secteur jusqu'en 1984 étaient des *V. alginolyticus*. Les analyses menées en d'autres points du littoral (Boulonnais) et même dans les estuaires (Aa, Canche, Authie, Somme) n'ont jamais permis d'isoler l'espèce indésirable *V. parahaemolyticus*. Cependant depuis 1985 cette espèce a été isolée, de façon répétée, à la digue de Gravelines :

- le 8 janvier :
43 *V. parahaemolyticus*/litre
- le 21 janvier :
4 *V. parahaemolyticus*/ litre
- le 12 mars :
7 *V. parahaemolyticus*/litre

- le 3 mai :
10³ *V. parahaemolyticus*/litre
- le 23 octobre :
10² *V. parahaemolyticus*/litre
- le 27 décembre :
10 *V. parahaemolyticus*/litre

En résumé, l'étude des eaux affectées par le rejet de la Centrale de Gravelines révèle peu d'effets microbiologiques attribuables à la chloration au point Digue (1250 m du rejet).

On y observe en revanche une augmentation (x 100 environ) du nombre des vibrions halophiles, attribuable à l'échauffement, même en période de chloration, avec apparition depuis 1985 d'espèces indésirables (*Vibrio parahaemolyticus*) encore jamais trouvées jusqu'alors dans la région.

A basse mer, le panache échauffé et enrichi en haloformes peut aussi être caractérisé par sa concentration en vibrions halophiles, jusqu'au-delà de l'embouchure de l'Aa.

2 - BACTERIOLOGIE DES MOLLUSQUES

2.1. Campagnes et contaminants étudiés

2.1.1. Etat de la pollution bactérienne des coquillages :

D'avril 1982 à mars 1983, une étude a été menée afin de déterminer l'état de la pollution bactérienne des coquillages sur le littoral de Dunkerque à Ault. Les moules et les coques présentes sur tout le littoral, (33 stations, voir tableau 6) ont été analy-

sées chaque mois et ont donné lieu à la recherche des bactéries indicatrices de la contamination fécale (coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux) et, plus accessoirement à celle des salmonelles*.

2.1.2. Recherche de *Salmonella* et *Yersinia* dans les moules :

Avant d'aborder les problèmes épidémiologiques qui pourraient être liés

à la consommation des coquillages dans la région, des prélèvements de moules ont été effectués à la fréquence d'un par mois, de novembre 1983 à mai 1984, en 6 points du littoral entre Dunkerque et Le Portel pour évaluer le contenu en germes pathogènes au stade de la cueillette. La recherche de *Salmonella* et *Yersinia* a été effectuée sur ces prélèvements en même temps que le dénombrement des indicateurs de contamination fécale.

2.1.3. Mission de surveillance de la salubrité des coquillages :

Le contrôle des coquillages a été défini et mis en place par le décret du 20 août 1939 qui confiait à l'ISTPM la charge de garantir aux consommateurs la salubrité des coquillages quittant les lieux de production.

Cette mission, reprise par l'IFREMER pour le compte de l'Etat, implique notamment une surveillance constante de la qualité bactériologique des produits. C'est ainsi que pour le secteur de la frontière belge à la Baie de Somme, entre 500 et 700 prélèvements de coquillages selon les années sont analysés par les laboratoires chargés des contrôles sanitaires au Centre IFREMER de Boulogne-sur-Mer. On y recherche essentiellement des bactéries indicatrices de la contamination fécale. Les méthodes de dénombrement utilisées sont présentées en annexe 5.

2.2. Résultats

2.2.1. Le dénombrement des coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux, présente peu d'intérêt pour apprécier la contamination fécale des coquillages et n'est pas pris en compte dans les normes en vigueur. C'est cependant un indicateur des rejets terrestres.

NUMEROS DES SITES	LOCALISATION DES SITES	TYPES DE COQUILLAGES DES SITES
1	Dunkerque (jetée Est)	moules
2	Waldam (Calais)	coques
3	Cap Blanc-Nez (Sangatte)	moules
4	Cap Gris-Nez	moules
5	Audinghen (Camberlain)	moules
6	Audinghen (Le Nuet)	moules
7	Audinghen (Le Poissonnet)	moules
8	Audresselles (La Plat Ridain)	moules
9	Audresselles (Grosse Hure)	moules
10	Audresselles (Verdriette)	moules
11	Ambleteuse (Les Liettes)	moules
12	Ambleteuse (Les Langues de chiens)	moules
13	Ambleteuse (Le Platier)	moules
14	Ambleteuse (Les Fascines)	moules
15	Wimereux (La Pointe aux Oies)	moules
16	Wimereux (Parc 3 N)	moules
17	Wimereux (Parc 12 N)	moules
18	Wimereux (Parc 9 N)	moules
19	Wimereux (Ailette)	moules
20	Wimereux (Les Petits Cailloux)	moules
21	Wimereux (Parc 10 N)	moules
22	Wimereux (Parc 6 N)	moules
23	Le Portel (Fort de l'Heurt)	moules
24	Le Portel (Rieu de Cat)	moules
25	Le Portel (Alprech)	moules
26	Equihen (Ningles)	moules
27	Equihen (Sud)	moules
28	Baie de Canche (Cercle Nautique)	coques
29	Baie d'Authie (Groffliers)	coques
30	Quend (Bouchots)	moules
31	Baie de Somme (Voie de Rue)	coques
32	Baie de Somme (Cap Hornu)	coques
33	Ault (Bois de Cise)	moules

Tableau 6 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983). Localisation des sites de prélèvement.

Les figures 7 et 8 présentent l'état de pollution bactérienne des coquillages par les coliformes totaux pour les 33 points suivis lors de l'étude de l'ISTPM réalisée d'avril 1982 à mars 1983.

La localisation de ces points est présentée par la figure 9.

Le profil de variation des concentrations médianes du Nord au Sud de

la région est proche de celui que l'on obtient pour les coliformes fécaux.

La contamination bactérienne apparaît particulièrement élevée dans le Sud Boulonnais (Le Portel, Equihen-Plage) et dans les baies de la Canche et de l'Authie. Les zones les plus contaminées présentent dans leur ensemble une contamination relativement peu variable, ce qui laisse penser qu'elles sont soumises à des

apports polluants permanents.

Les sites les plus faiblement contaminés sont situés à Waldam, Audinghen et Ault.

2.2.2. Le dénombrement des coliformes fécaux

Les résultats concernant le dénombrement des coliformes fécaux dénommés également "Escherichia

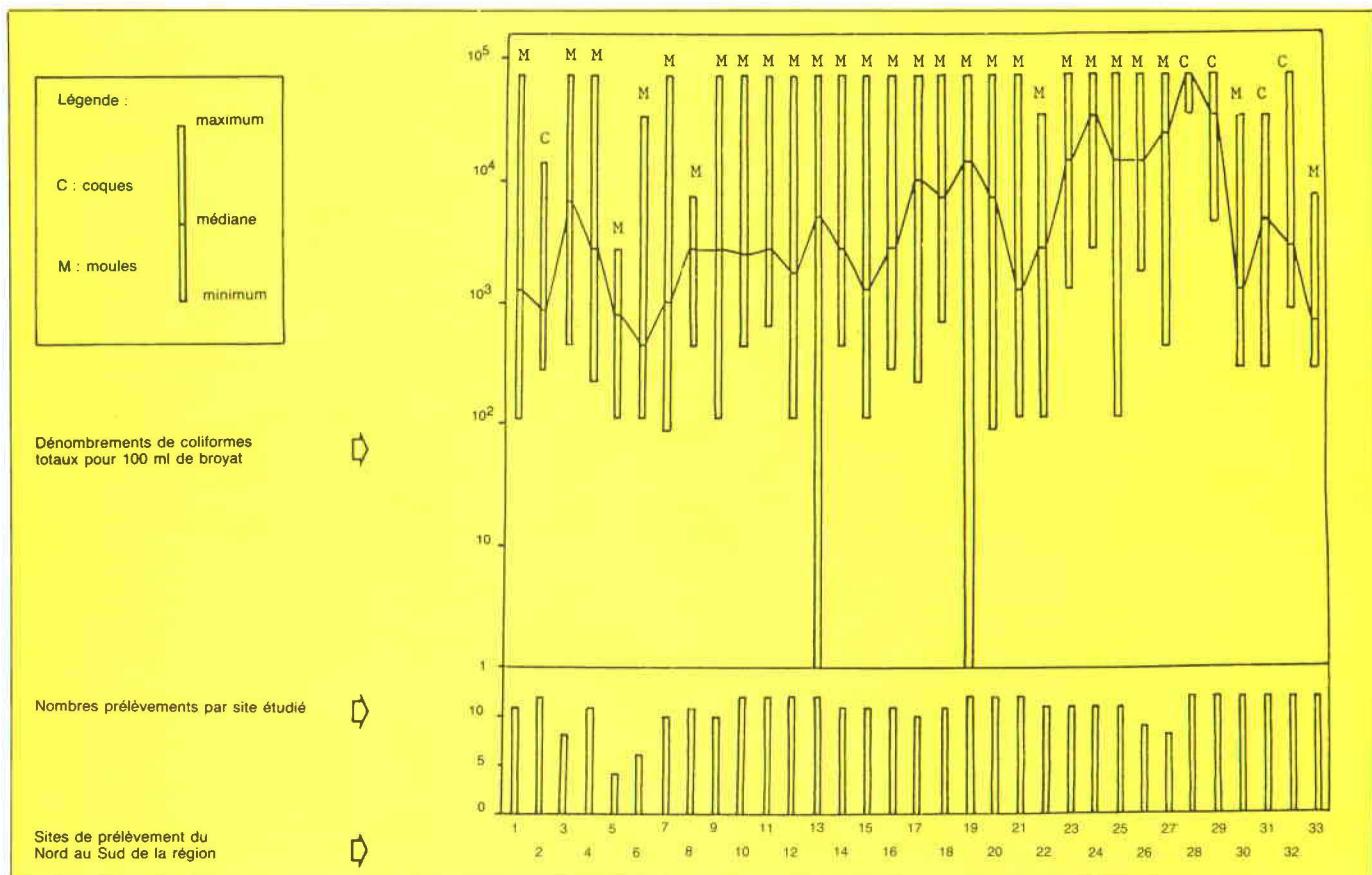


Figure 7 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982 - 1983) - cas des coliformes totaux.

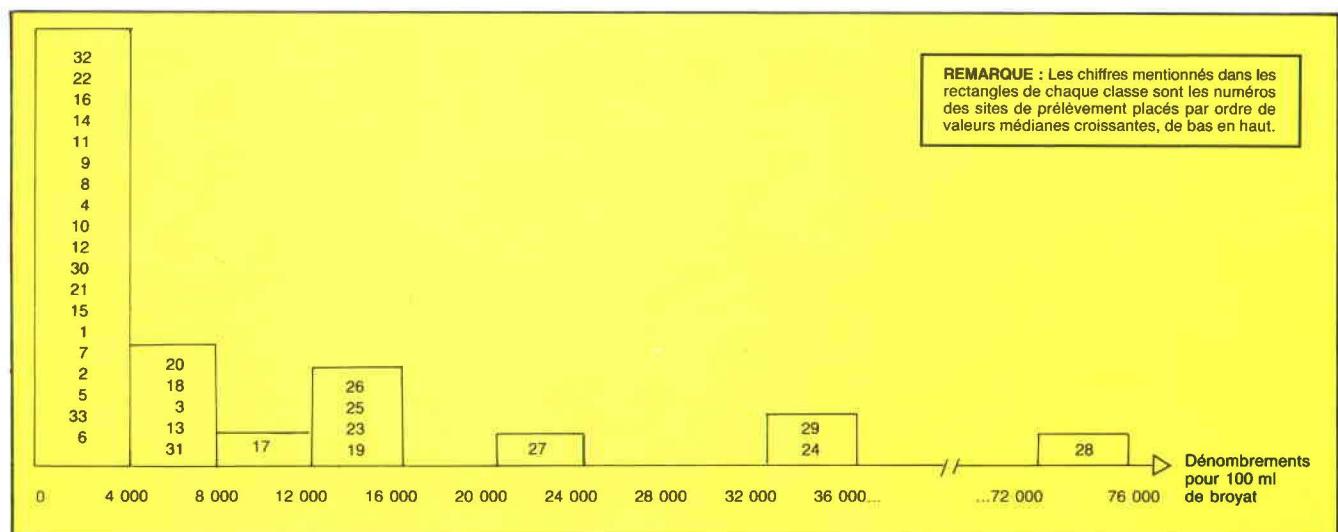


Figure 8 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983) - distribution des valeurs médianes dans le cas des coliformes totaux.

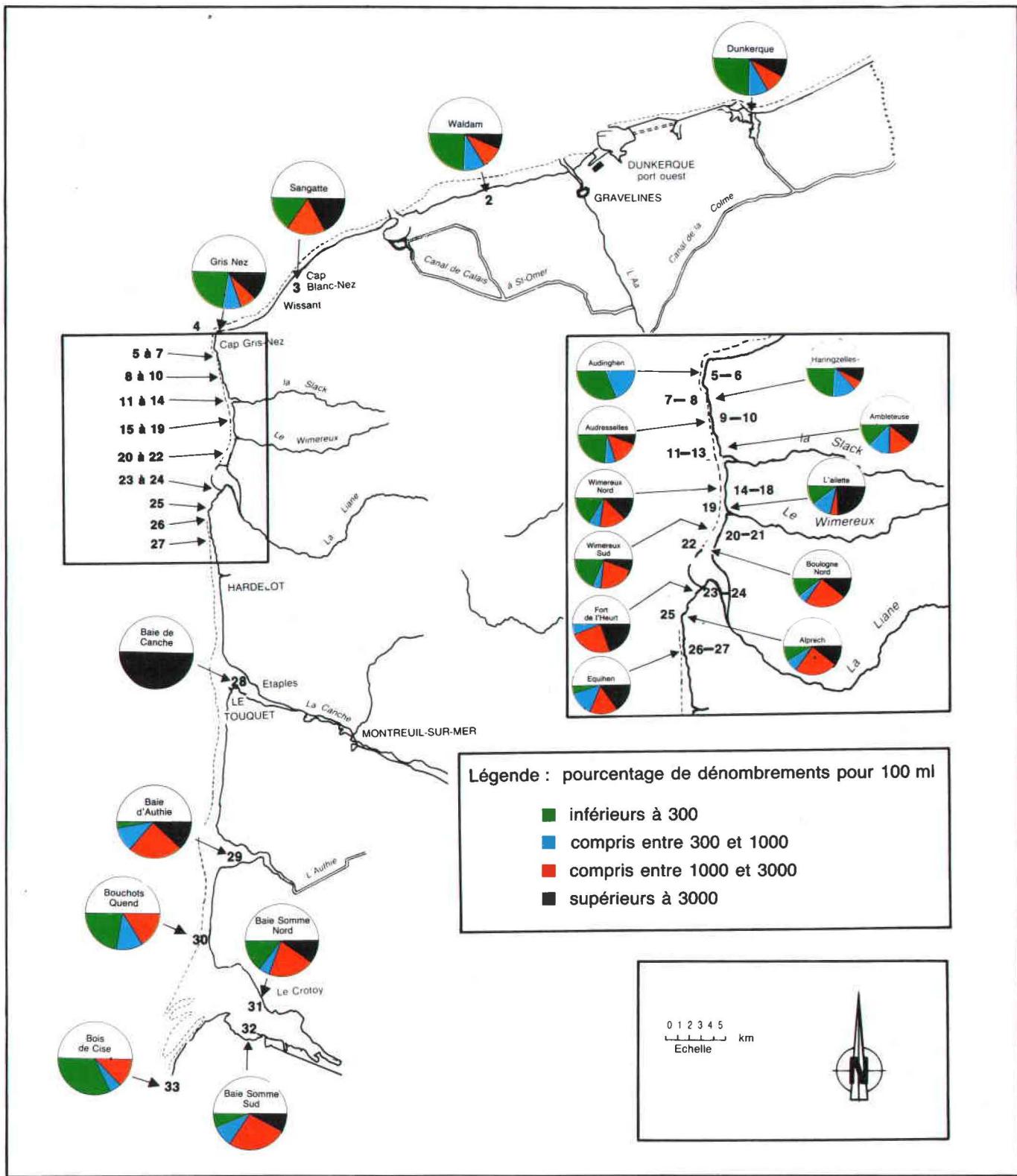


Figure 9 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983). Résultats des dénombremens de coliformes fécaux présentés en fonction des valeurs fournies par l'arrêté du 12 Octobre 1976.

"*coli* présumés" peuvent être appréciés en fonction des normes de salubrité des zones conchyliologiques fixées par l'arrêté interministériel du 12 octobre 1976. Cet arrêté précise que 80,8 % des dénombremens doivent être inférieurs ou égaux à 300 coliformes

fécaux pour 100 ml de broyat de mollusques et que, pour les 19,2 % en dépassement, 11,5 % doivent rester inférieurs à 1 000 et 7,7 % à 3 000.

De plus, la Directive du Conseil des Communautés Européennes du 30

octobre 1979 relative à la qualité des eaux conchyliologiques prévoit de reconnaître la conformité d'un site aux recommandations formulées au plan bactériologique si au moins 75 % des dénombremens pratiqués fournissent des résultats inférieurs à 300 colifor-

mes fécaux pour 100 ml de broyat de mollusques.

Les résultats obtenus lors de l'étude réalisée en 1982-1983 sont présentés par le tableau 7, ainsi que les figures 9, 10 et 11. Ils permettent de constater qu'il n'existe pas une seule zone salubre dans le secteur étudié au sens que l'arrêté de 1976 donne à ce terme ; par contre, deux points peuvent être considérés comme salubres au titre de la directive communautaire de 1979, il s'agit d'Audinghen (Camberlin) et d'Ault (Bois de Cise) (le cas d'Audinghen (Camberlin) doit cependant être observé en sachant que ce site a fait l'objet du plus faible nombre de prélèvements (4) ce qui limite quelque peu la fiabilité du classement pratiqué).

En fait, l'état de salubrité ne peut être reconnu qu'en un seul point de prélèvement sur l'ensemble des points suivis dans la région Nord - Pas de Calais lors de cette étude, puisque le second (Ault) est situé en Picardie.

Pour les autres secteurs, les pourcentages de résultats inférieurs à 300 coliformes fécaux pour 100 ml de broyat varient entre 57 % et 0 %.

Comme dans le cas des coliformes totaux, la qualité bactériologique des mollusques apparaît particulièrement dégradée dans le Sud Boulonnais (Le Portel et Equihen) et dans la baie de la Canche (Le Touquet). Là encore, pour ces sites contaminés on note une relative constance de la contamination qui laisse supposer l'exis-

tence d'apports polluants permanents.

Le tableau 8 présente pour 3 années successives, les moyennes arithmétiques et les écarts types associés des dénombremens pratiqués dans le cadre de l'exercice de la mission de surveillance de la salubrité des coquillages confiée initialement à l'ISTPM et reprise depuis par l'IFREMER. Du fait de la très forte variabilité des résultats analytiques nous devons conclure que nous ne mettons pas évidence d'évolution significative du niveau de pollution bactérienne au cours de ces trois années de contrôle, que ce soit en hausse ou en baisse.

Numéros des sites de prélèvement	0 à 300	301 à 999	1 000 à 2 999	≥ 3 000
1	55	27	9	9
2	42	25	17	17
3	25	0	50	25
4	45	18	18	18
5	75	25	0	0
6	57	43	0	0
7	50	20	10	20
8	36	27	18	18
9	50	20	20	10
10	50	8	25	17
11	42	17	33	8
12	42	8	25	25
13	25	33	25	17
14	0	45	36	18
15	45	0	36	18
16	36	36	9	18
17	30	0	40	30
18	36	9	27	27
19	25	17	8	50
20	25	8	50	17
21	57	7	29	7
22	27	9	36	27
23	0	18	55	27
24	0	0	36	64
25	18	18	36	27
26	11	22	33	33
27	0	25	25	50
28	0	0	0	100
29	8	17	58	17
30	42	25	33	0
31	17	8	67	8
32	8	25	58	8
33	75	8	17	0

Tableau 7 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983). Répartition des dénombremens de coliformes fécaux par classes de valeurs fournies par l'arrêté du 12 octobre 1976 (%).

ZONES	Septembre 1981 à Août 1982			Septembre 1982 à Août 1983			Septembre 1983 à Août 1984			
	Nombre de prélevements	Moyennes (coliformes féaux pour 100 ml)	Ecarts types	Nombre de prélevements	Moyennes (coliformes féaux pour 100 ml)	Ecarts types	Nombre de prélevements	Moyennes (coliformes féaux pour 100 ml)	Ecarts types	
Sangatte : Cap Blanc-Nez	9	10 310	23 005	4	845	494	6	1 043	934	
Nord : Les Pualardes à Haute Claire	26	1 477	2 508	21	1 654	2 544	11	1 876	4 236	
Audresselles - Ambleteuse : Le Rupt à Les Fascines	82	2 544	5 454	69	5 448	13 462	44	1 583	4 946	
Wimereux-Nord : La Pointe aux Oies à Ailette	71	4 191	14 177	76	4 695	10 780	102	2 425	5 031	
Wimereux-Sud : Les Petits Cailloux à la Crèche	54	5 515	11 866	53	3 479	5 427	64	6 306	14 199	
Boulogne-Sud : Alprech, Nyngles, Equihen	27	15 615	20 220	22	18 381	26 909	21	7 315	15 726	
Dannes (bouchots)	3	2 110	620	8	625	909	10	1 138	1 273	
TOTALS	par zone	272	5 966	4 811	253	5 018	5 722	258	3 098	2 401
	par prélevements	272	5 017	12 883	253	5 311	13 188	258	3 599	9 356

Tableau 8 : Comparaison sur 3 années des teneurs moyennes en coliformes féaux des moules du Boulonnais - Origine des données : IFREMER - Département "Contrôle et Suivi des Ressources et de leur Utilisation".

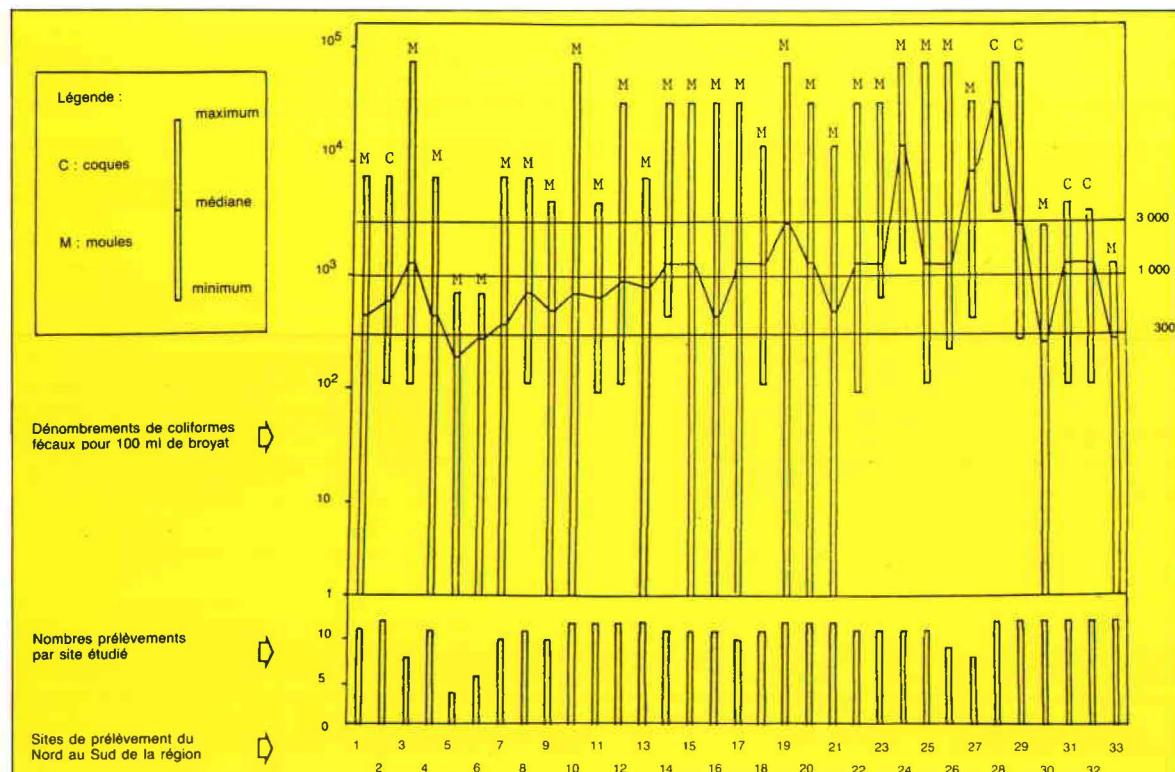


Figure 10 :
Etat de la
pollution
bactérienne des
coquillages
(1982-1983).
Cas des
coliformes
féaux.

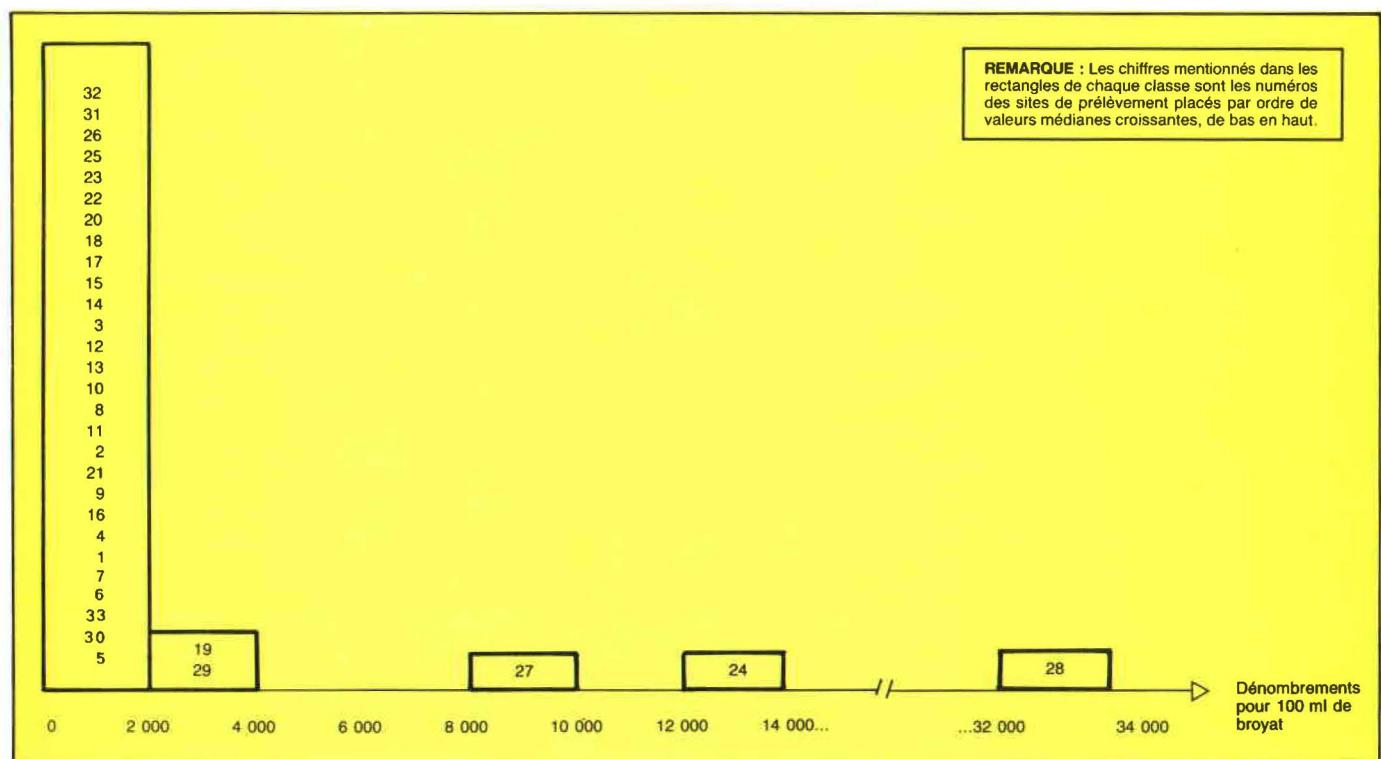


Figure 11 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983). Distribution des valeurs médianes dans le cas des coliformes fécaux.

2.2.3. Le dénombrement des streptocoques fécaux

Il n'existe pas, contrairement au cas des coliformes fécaux, de norme de salubrité pour les coquillages à la production.

Les figures 13 et 14 présentent l'état de pollution bactérienne des coquillages par les streptocoques fécaux pour les 33 points suivis lors de l'étude de l'ISTPM réalisée d'avril 1982 à mars 1983.

Le profil de variation des concentrations médianes du Nord au Sud de la région est sensiblement différent de ceux qui ont été présentés précédemment pour les coliformes. La contamination bactérienne médiane est particulièrement élevée dans le sud du Boulonnais (Le Portel - Alprech) et dans les baies de Canche, d'Authie et de Somme. A l'inverse, les sites de

faible contamination bactérienne se situent entre le Cap Blanc-Nez et Wimereux.

2.2.4. Recherche de bactéries pathogènes

2.2.4.1. Recherche de Salmonelles

Pour être consommé sans risque, un coquillage ne doit pas contenir de germes pathogènes et en particulier de salmonelles (Arrêté du 21.12.79).

Parallèlement au dénombrement des germes-témoin de contamination fécale, la recherche des salmonelles est donc effectuée dans les sites supposés les plus pollués.

Sur l'ensemble des recherches effectuées tant par l'Institut Pasteur que par l'IFREMER, seules deux recherches se sont avérées positives. Les coquillages avaient pour origine le site de Le Portel, près du rejet de

la station d'épuration. Il s'agissait de *S. typhimurium* et de *S. enteritidis*.

Dans les deux cas, les teneurs en germes indicateurs étaient très élevées (93 000 et 150 000 *E. coli*, 24 000 et 43 000 streptocoques pour 100 ml de broyat).

2.2.4.2. Recherche de *Yersinia*

Cette recherche a été menée par l'Institut Pasteur de Lille, de novembre 83 à mai 84, une fois par mois en 6 points du littoral de Dunkerque à Le Portel. Il a été trouvé un peu partout la présence de *Yersinia enterocolitica* et *Yersinia frederiksenii* en relation étroite avec la teneur en indicateurs fécaux. Cependant, les souches de *Yersinia* isolées dans les coquillages ne sont pas celles habituellement incriminées en pathologie humaine. Leur éventuel pouvoir pathogène reste à apprécier.

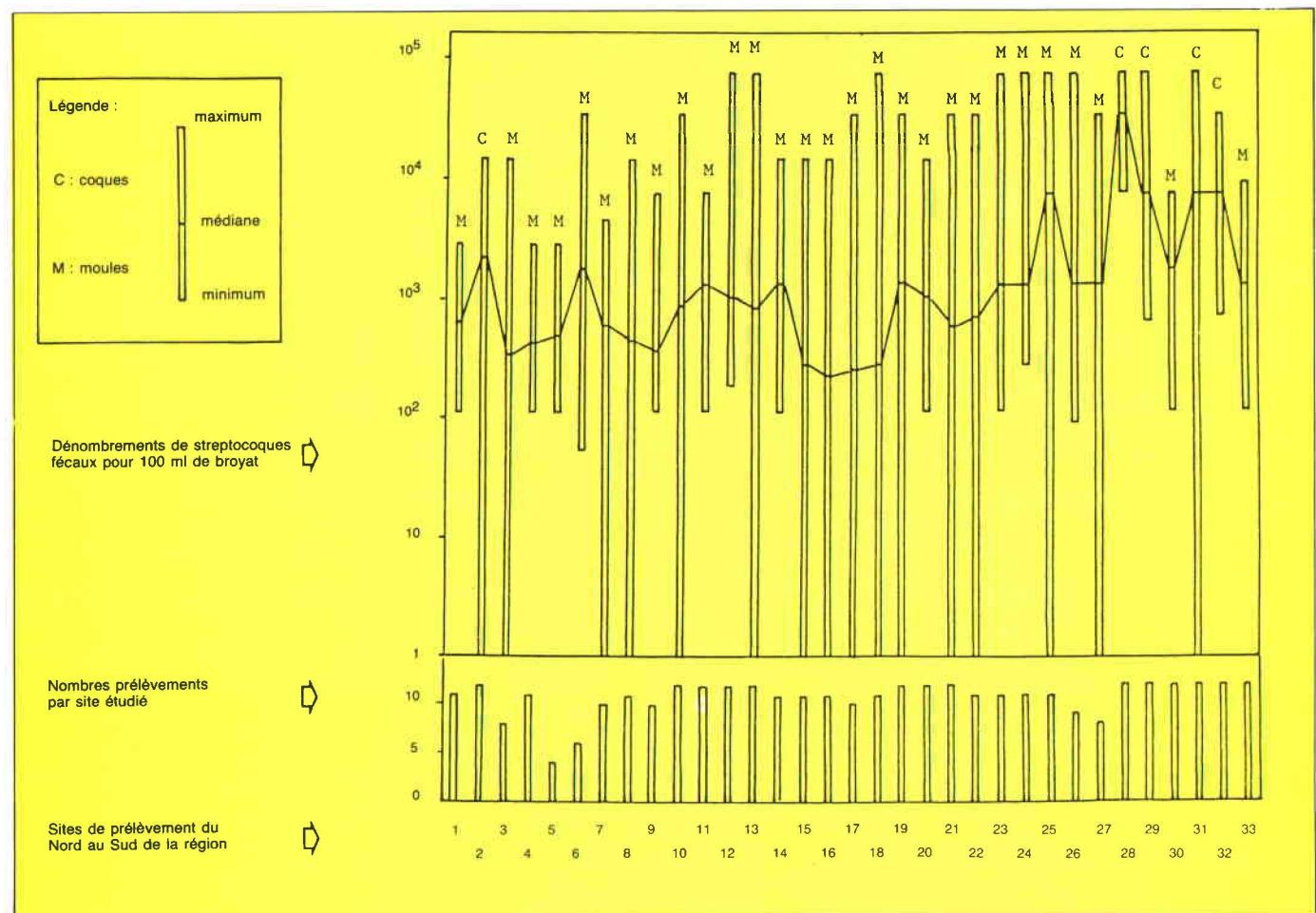


Figure 12 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983). Cas des streptocoques fécaux.

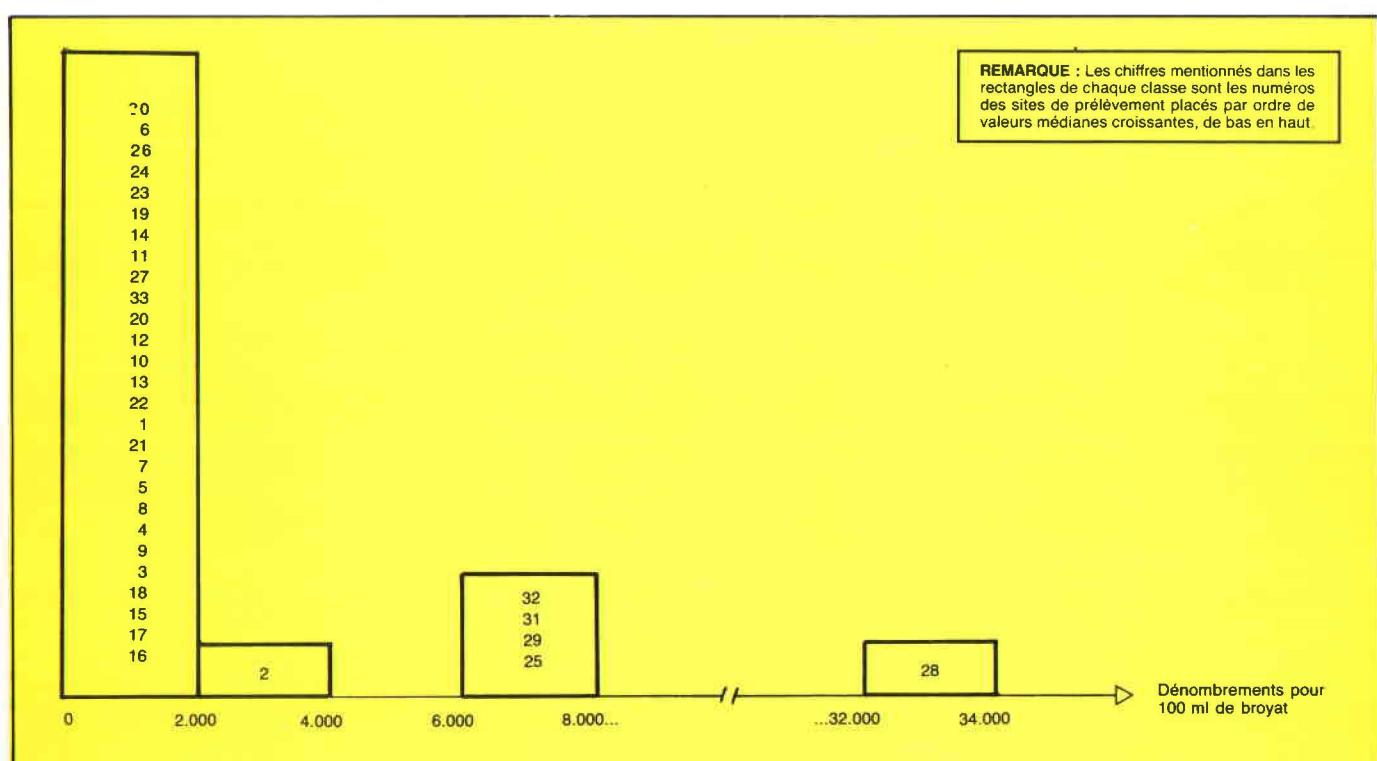


Figure 13 : Etat de la pollution bactérienne des coquillages (1982-1983). Distribution des valeurs médianes dans le cas des streptocoques fécaux.

2.3. CONCLUSION

La qualité bactériologique des mollusques présents sur le littoral de Dunkerque à Ault est dans l'ensemble mauvaise et insatisfaisante au regard des normes de salubrité applicables au niveau de la production.

Seuls deux sites, Audinghen (Camberlin) et Ault (Bois de Cise), sur les 33 suivis pendant un an peuvent être considérés comme salubres. Les secteurs les plus contaminés sont les baies et le Sud Boulonnais et dans cet ensemble la baie de Canche se distingue notamment par sa mauvaise qualité bactériologique.

Cette situation a déjà conduit l'IFREMER à faire classer insalubres les secteurs du Portel (en partie) et les baies de Canche, d'Authie et de Somme. Le littoral boulonnais, du cap Blanc-Nez à Equihen fait l'objet du même type de procédure.

Malgré ces teneurs élevées en bactéries indicatrices de contamination fécale, la présence de bactères pathogènes dans les coquillages paraît très rare. En conséquence, bien qu'aucune enquête épidémiologique relative à la consommation de coquillage n'ait été effectuée à ce jour dans la région, on peut espérer que les risques sanitaires pour les consommateurs restent limités.

La situation du littoral de la région Nord - Pas de Calais est comparable à celles que l'on observe sur le littoral Picard et Normand. Elle est cependant moins favorable qu'en Bretagne et sur la façade atlantique où, mis à part quelques points noirs, la qualité bactériologique des coquillages (huîtres et moules) est meilleure et permet le développement d'une activité conchylicole intense.

Afin de pouvoir développer la conchyliculture dans la région, il faudrait donc réduire la pollution bactérienne du milieu en portant l'effort d'assainissement en premier lieu sur les secteurs dont les eaux débouchent ou finissent par arriver dans les zones à vocation conchylicole.

Faute de réduire rapidement ces flux de pollution bactérienne, les coquillages ne pourront plus être utilisés pour la consommation humaine sans avoir été préalablement repiqués en zone salubre ou traités en station de désinfection.

De plus, il serait dommage, alors que se met en place la désignation des zones conchylicoles conformément à la directive européenne du 30 octobre 1979, que le littoral de la région Nord - Pas de Calais ne puisse disposer de zones pouvant être reconnues aptes à la conchyliculture.

3. CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

En ce qui concerne la contamination fécale du milieu marin littoral, on note, tant pour les eaux que pour les coquillages, une forte variabilité des résultats analytiques.

En conséquence, les différents secteurs étudiés ont été classés les uns par rapport aux autres en fonction de leurs niveaux de contamination médians. Dans ces conditions, on observe une bonne correspondance entre les résultats relatifs à la qualité bactériologique des eaux d'une part et à la qualité bactériologique des mollusques, d'autre part, pour les secteurs où ces deux types de données sont disponibles. Ainsi, les secteurs situés en catégorie D dans le cadre du classement des zones de baignade sont aussi ceux où les coquillages présentent une mauvaise qualité bacté-

riologique (Le Portel, par exemple).

Globalement, que ce soit pour les eaux de baignade ou pour les coquillages, le littoral de la région Nord - Pas-de-Calais se caractérise par une qualité bactériologique médiocre, qui le situe en très mauvaise position au plan national.

Cette situation, portée à la connaissance du public chaque année lors de la diffusion des résultats de la surveillance sanitaire des zones de baignade, ne peut que limiter la fréquentation touristique du littoral régional et s'avère défavorable au développement de la conchyliculture. Or, cette contamination bactérienne du littoral régional est limitée au rivage et de ce fait, peut être considérée comme d'origine locale.

Cette constatation rend donc envisageable la lutte contre la pollution bactérienne du littoral.

En ce qui concerne la microbiologie marine au sens strict, s'il est difficile de mettre en évidence des effets bactéricides de la chloration des eaux marines pratiquées au niveau de la centrale nucléaire de Gravelines, on observe, par contre, une nette augmentation du nombre de vibrions halophiles attribuable à l'échauffement des eaux. De plus, des espèces indésirables (*vibrio parahaemolyticus*) sont apparues depuis 1985.

Cette évolution conduit à recommander le maintien d'une surveillance attentive des populations microbiennes sur ce site.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS



Photo Jean-Luc CORNU

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les nombreux résultats acquis grâce au programme intégré développé dans le cadre de la convention liant la Région Nord - Pas de Calais et l'IFREMER, enrichis d'autres données régionales, ont permis d'établir un état de la qualité du milieu marin littoral régional. Ces données physico-chimiques et bactériologiques, collectées sur la période 1980 - 1985, constituent un ensemble remarquable tant au plan quantitatif que qualitatif, qui place la Région Nord - Pas de Calais en situation pilote au plan national quant à la connaissance de son environnement littoral marin. Cet état des lieux n'est évidemment pas exempt d'imperfections et ses limites résultent en particulier de celles des méthodes utilisées qui ont été présentées dans ce rapport.

Les résultats relatifs à la contamination fécale du milieu marin littoral ont été appréciés au regard des normes disponibles. L'existence de normes permet évidemment d'aboutir à des conclusions plus tranchées et ceci justifie la présentation dissociée des résultats physicochimiques, d'une part et bactériologiques, d'autre part.

- En ce qui concerne la qualité physico-chimique des eaux marines littorales de la région, deux secteurs s'individualisent :

- les eaux à caractère océanique du large et
- les eaux de la frange côtière résultant du mélange des divers apports telluriques avec les eaux marines.

Certaines informations disponibles (thermographiques aériennes, en particulier) conduisent d'ailleurs à pen-

ser que cette différence côte-large est très fortement marquée et constituerait donc une réelle spécificité régionale.

Globalement, les eaux littorales régionales ont une salinité assez élevée qui traduit simultanément l'importance des mouvements des masses d'eaux océaniques et la faiblesse relative des apports continentaux d'eaux douces.

Cependant, aux débouchés des principaux apports continentaux (estuaires, zones urbaines, industrielles et portuaires, centrale nucléaire de Gravelines), des modifications locales de la qualité des masses d'eaux ont été identifiées. Les faits saillants sont l'enrichissement en sels nutritifs (ammoniaque et nitrates) dans le secteur Calais-Dunkerque dont les origines sont probablement l'Aa et les rejets urbains ainsi que l'échauffement des eaux et la présence simultanée de composés organo-halogénés résultant du fonctionnement de la centrale nucléaire de Gravelines.

Pour toutes ces raisons, la zone du littoral qui se distingue quant à la qualité physicochimique de ses eaux est sans conteste le secteur Calais-Dunkerque.

- Pour ce qui est des **micropolluants**, il apparaît nettement que le littoral régional n'est pas contaminé dans son ensemble mais qu'au contraire, de nombreux résultats analytiques traduisent l'existence d'une situation habituelle pour le milieu naturel. Cependant, des secteurs s'individualisent nettement quant à leurs teneurs en micropolluants et traduisent des

situations de contamination chronique.

Notre analyse des résultats régionaux a porté avec insistance sur les polluants dits "prioritaires" et reconnus comme tels au plan national et international. Parmi ceux-ci, les polluants impliqués dans les situations de contamination du littoral régional sont des métaux lourds (plomb, cadmium, zinc et surtout mercure) ainsi que le groupe des polychlorobiphényles (PCB).

Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées au niveau des sites autorisés de rejets de boues de dragages portuaires et à la côte, à proximité et dans les ports, ainsi qu'au niveau des estuaires.

Les zones portuaires apparaissent comme étant la source principale de contamination chimique du littoral. Via les activités de dragages portuaires, des contaminants présents dans les vases sont exportés au large, puis repris par les courants marins, ils diffusent dans le milieu marin littoral régional à partir des sites de rejet. Cette dynamique n'exclut pas des risques de retour à la côte qui, en l'état actuel, n'ont pas été évalués.

En conséquence, il n'est guère surprenant de constater que les zones Boulogne - Gris-Nez et Calais - Dunkerque présentent les concentrations métalliques les plus élevées de la région.

Les zones estuariennes se caractérisent plus spécifiquement par la présence de micropolluants organiques

dont les insecticides chlorés employés en agriculture.

A l'inverse, le secteur Canche-Authie (hormis les estuaires) et le site des deux Caps, présentent les plus faibles concentrations et à ce titre, constituent des références régionales en matière d'objectifs de qualité chimique.

- Au plan bactériologique, la Région Nord - Pas de Calais se distingue par sa mauvaise position dans le classement national des zones de baignade.

La situation n'est guère plus brillante en matière de salubrité des coquillages, la plupart des zones conchyliques régionales potentiellement exploitables ou exploitées actuellement sont classées "insalubres".

La contamination fécale du milieu marin littoral est exclusivement localisée à la côte, ce qui traduit une origine locale.

Les secteurs de plus mauvaise qualité bactériologique correspondent aux zones urbaines et estuariennes (Dunkerque, Bray-Dunes, Calais-

Sangatte, Boulogne - Le Portel - Equihen, Le Touquet - Canche, Authie et Somme).

A l'issue de ces observations, le littoral régional peut être subdivisé en quatre secteurs géographiques :

1°) Le secteur Calais-Dunkerque, le plus préoccupant au plan de la qualité chimique. Ceci s'explique par les caractéristiques de l'infrastructure de cette zone :

- trois ports et deux ensembles industriels et portuaires de dimensions internationales ;
- quatre sites de rejet de boues de dragages portuaires au large ;
- un estuaire important, celui de l'Aa qui draine tout l'arrière-pays ;
- une centrale nucléaire de 6 x 900 mégawatts fonctionnels rejetant 240 mètres cubes par seconde d'eau de mer réchauffée et la plupart du temps chlorée.

Hormis, les zones portuaires, la qualité bactériologique des eaux de baignade de ce secteur est acceptable.

Il convient de noter toutefois qu'en l'état actuel, la fréquentation touristique et la production conchylicole y restent limitées.

2°) Le site des Caps :

C'est une zone de bonne qualité chimique et bactériologique à vocation touristique et potentiellement conchylicole, probablement protégée par les caps des influences portuaires, industrielles et urbaines des zones adjacentes.

3°) Le secteur cap Gris-Nez - cap d'Alprech :

Touristique et conchylicole, il est soumis à l'influence de Boulogne et aux apports estuariens ; il se caractérise par une contamination chimique notable et une mauvaise qualité bactériologique.

4°) Le Marquenterre (cap d'Alprech - Authie) :

De bonne qualité chimique, il est préoccupant au plan bactériologique du fait de sa double vocation touristique et conchylicole.

RECOMMANDATIONS

Les conclusions dégagées précédemment permettent de formuler les recommandations suivantes basées sur la confrontation des usages et de la qualité du milieu marin littoral régional.

Dans les **zones de mauvaise qualité bactériologique** dont la fréquentation touristique est effective ou recherchée et dont le potentiel conchylicole est exploité ou à développer, la maîtrise de la contamination fécale s'avère nécessaire eu égard aux normes et directives en vigueur.

Ceci suppose tout d'abord une identification des sources de contamination bactérienne puis des interventions techniques spécifiques et adaptées. En effet, les techniques d'assainissement habituellement mises en oeuvre restent peu efficaces vis-à-vis de cette forme de pollution qui ne peut être maîtrisée que par l'efficacité simultanée au niveau de la collecte et du traitement des eaux contaminées.

Par-delà les études, il s'agira donc de mettre en oeuvre des moyens techniques efficaces qui ne sont pas nécessairement les plus "technologiques". Des moyens rustiques, lorsqu'ils peuvent être utilisés selon les règles de l'art fournissent en la matière d'excellents résultats (lagunage et infiltration dans le sol des eaux contaminées, par exemple). L'expérience pilote prévue

pour l'assainissement de l'agglomération de Wissant, a pour objet la validation expérimentale de ces recommandations.

En matière de conchyliculture, il convient de faire preuve de réalisme. Des coquillages de mauvaise qualité bactériologique sont effectivement consommés et l'amélioration de la qualité bactériologique des eaux de littoral régional ne peut pas être instantanée. En conséquence, à court terme et de façon provisoire, la protection sanitaire des consommateurs pourrait être obtenue par le passage des coquillages contaminés en station de purification avant commercialisation.

Les actions de lutte contre la **contamination chimique** du littoral régional sont moins aisées à justifier avec fermeté que dans le cas précédent, du fait de l'absence de normes déjà évoquée. Toutefois, les polluants prioritaires qui ont été pris en compte dans ce rapport sont connus pour leurs effets (toxicité, mutagénicité...) et ceci conduit dans un contexte de production de ressources vivantes destinées à la consommation humaine, à recommander que soient limitées au maximum les situations de contamination.

Le devenir de ces contaminants dans le milieu marin littoral régional

reste d'ailleurs à préciser par des travaux visant à améliorer les connaissances disponibles sur les mouvements des masses d'eaux et des charges particulières associées. De tels travaux sont d'ores et déjà prévus.

La prévention de la contamination chimique du littoral régional pourrait s'orienter dans deux directions complémentaires :

D'une part, aménager les activités de dragages portuaires de façon à favoriser une dilution rapide des rejets opérés dans le milieu et à éviter simultanément les retours à la côte en direction de gisements conchylicoles exploités en particulier.

D'autre part, réduire les rejets polluants par des actions de prévention spécifique. Ceci suppose en un premier temps, une identification précise des sources et puis très certainement, en un second temps, des actions ponctuelles. Elles s'attacheront à réduire les rejets dans les zones industrielo-portuaires en particulier en accroissant l'effort d'assainissement et d'épuration pour les rejets industriels, et à limiter la diffusion des polychlorobiphényles dans l'environnement. Ce dernier point suppose que la réglementation en vigueur qui impose l'incinération de ces substances soit respectée.

ANNEXES

ANNEXE 1 : organismes et laboratoires régionaux.

ANNEXE 2 : liste des contrats passés dans le cadre de la Convention IFREMER / Région Nord - Pas de Calais.

ANNEXE 3 : liste des rapports scientifiques produits dans le cadre de la convention IFREMER / Région Nord - Pas de Calais.

ANNEXE 4 : assurance de qualité des mesures dans les laboratoires de la Région Nord - Pas de Calais.

ANNEXE 5 : paramètres étudiés, méthodes analytiques et unités.

ANNEXE 6 : méthode de traitement des données bactériologiques issues de la surveillance sanitaire des eaux de baignade.

ANNEXE 1

ORGANISMES ET LABORATOIRES REGIONAUX :

1 - Région Nord - Pas de Calais - Lille

2 - Espace Naturel Régional (E.N.R.) - Lille

3 - Service Maritime Boulogne - Calais (S.M.B.C.)

4 - Port Autonome de Dunkerque (P.A.D.)

5 - Agence de l'Eau Artois-Picardie - Douai

6 - Université de Lille 1 (U.S.T.L.) - Villeneuve d'Ascq

7 - Institut Pasteur de Lille - Service des Eaux - (I.P.L.)

8 - Station Marine de Wimereux - Université des Sciences et Techniques de Lille I (S.M.W.)

9 - Service Hydrographique Centralisateur (S.H.C.) - Lambersart

10 - Station d'Essai et de Formation Aquacole (S.E.F.A.) - Gravelines

ANNEXE 2

CONTRATS SIGNES DANS LE CADRE DU PROGRAMME REGIONAL SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN

OBJET DU CONTRAT	LABORATOIRES CONTRACTANTS
1980 - 1981	
1) Etude par télédétection des eaux de la région Nord - Pas de Calais	Université des Sciences et Techniques de Lille (U.S.T.L.) Laboratoire d'Optique Atmosphérique
2) Synthèse des mesures de courantométrie et d'hydrodynamique	Université de Grenoble
3) HYDROBIOS 80 : • pollution chimique des sédiments et bactériologie des eaux • analyses hydrobiologiques • interprétation des résultats	Institut Pasteur de Lille (I.P.L.) Laboratoire de Biologie Médicale de Dunkerque U.S.T.L. Station Marine de Wimereux (S.M.W.)
TOTAL : 5 contrats	
1982	
1) Etude de la pollution chimique du sédiment	I.P.L.
2) Influence du dragage des ports sur la pollution marine en région Nord-Pas de Calais	I.P.L.
3) Contamination chimique des mollusques	I.P.L.
4) Etude des apports atmosphériques	U.S.T.L. - Laboratoire de Chimie Analytique et Marine
Programme Estuaires :	
5) Hydrologie	U.S.T.L. - S.M.W.
6) Sédimentologie	U.S.T.L. - Laboratoire de Sédimentologie et de Géochimie
7) Bactériologie	I.P.L.
8) Bibliographie	U.S.T.L.
9) Contamination bactérienne des mollusques	I.S.T.P.M. Boulogne
TOTAL : 9 contrats	

1983

- | | |
|--|--|
| 1) Pollution bactérienne des mollusques - Origine des germes | I.S.T.P.M. Boulogne |
| 2) Influence des apports atmosphériques | U.S.T.L. - Laboratoire de Chimie Analytique et Marine |
| 3) Estuaire de la Canche - Apports sédimentaires | U.S.T.L. - Laboratoire de Sédiméntologie et de Géochimie |
| 4) Estuaire de la Canche - pollution chimique | I.P.L. |
| 5) Etude complémentaire sur les polluants prioritaires dans les sédiments et les mollusques | I.P.L. |
| 6) Etude des risques liés à la consommation des mollusques - Pré-enquête épidémiologique | I.P.L. |
| 7) Pollution chimique du littoral Nord - Pas de Calais - Etudes spécifiques de secteurs contaminés | I.P.L. |
| 8) Devenir des germes entériques en Mer du Nord - Etude en pilote et in situ | I.P.L. |

TOTAL : 8 contrats

1984

- | | |
|---|--|
| 1) Inventaire des rejets et des flux bactériens | Agence de Bassin Artois-Picardie |
| 2) Dispersion et transfert des rejets dans le milieu | IFREMER - Laboratoire National d'Essais |
| 3) Qualité des eaux portuaires à Boulogne | IFREMER - I.P.L.
U.S.T.L. (S.M.W.) |
| 4) Impact des rejets de dragage de sédiments portuaires | U.S.T.L. (S.M.W.) |
| 5) Relation entre structure des peuplements et pollution métallique dans les fonds sableux de la zone littorale | U.S.T.L. (Ecologie Numérique) I.P.L. |
| 6) Impact des pollutions sur les peuplements benthiques littoraux | U.S.T.L. (S.M.W.)
I.P.L. |
| 7) Mécanismes de bioaccumulation des germes par les mollusques | IFREMER -
I.P.L. |
| 8) Effets des polluants métalliques sur les poissons | U.S.T.L. (S.M.W.) |
| 9) Evolution du trait de côte | U.S.T.L. - Laboratoire de Sédiméntologie et de Géochimie |
| 10) Recherche de gisements de granulats marins : prospection, inventaire et qualité des ressources | IFREMER |
| 11) Etude des effets liés à l'exploitation des granulats marins | IFREMER |

TOTAL : 12 contrats

1985

1) Etat de la qualité du milieu marin littoral Nord - Pas de Calais et de sa pollution - synthèse des résultats acquis depuis 1980	IFREMER
2) Inventaire des apports bactériens	Agence de l'Eau Artois-Picardie
3) Pollutions portuaires	I.P.L. et U.S.T.L. Laboratoire de Chimie Analytique et Marine
4) Impact de l'environnement sur les communautés benthiques	U.S.T.L. - S.M.W.
5) Influence des rejets de dragage sur les fonds sableux	U.S.T.L. - Laboratoire de Sédimen-tologie et de Géochimie
6) Relations hydrosédimentaires entre l'évolution du trait de côte et l'évolu-tion des fonds sous-marins au large du site des Caps	U.S.T.L. - Laboratoire de Sédimen-tologie et de Géochimie
7) Suivi sur le milieu marin récepteur d'une opération de réhabilitation de la qualité des eaux littorales	IFREMER - Agence de l'Eau - I.P.L.
8) Granulats - Etude géologique	IFREMER
9) Granulats - Etude économique	IFREMER et DRE
10) Granulats - Etude d'impact sur le benthos - Analyse de la producti-vité de la zone au large du site des Caps	U.S.T.L. - S.M.W.
11) Effet de l'exploitation des granulats marins sur les ressources halieutiques	IFREMER

TOTAL : 11 contrats

ANNEXE 3

RAPPORTS PRODUITS DANS LE CADRE DU PROGRAMME REGIONAL SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN

1980 :

- CHABERT d'HIERES G. et MARION A., Synthèse des mesures de courant et des modèles existants dans le Nord - Pas de Calais, Institut de Mécanique de Grenoble (I.M.G.)
- DELATTRE J.M. et al, HYDROBIOS 80 - Microbiologie des eaux - Micropolluants des sédiments, Institut Pasteur de Lille (I.P.L.), Service des Eaux.

1981 :

- BENTLEY D., DUPONT J. et RICHARD A., HYDROBIOS 80 - Hydrologie, Station Marine de Wimereux (U.S.T.L.)
- VIOLLIER M. BENTLEY D. et RICHARD A., Etude par télédétection des eaux du littoral Nord - Pas de Calais, Université des Sciences et Techniques de Lille (U.S.T.L.)

1982 :

- BOEUF M. CORTOIS F., DEPRIESTER O., DUCEUX V. et MARTIN F., Bibliographie des études de pollution marine sur le littoral Nord - Pas-de-Calais, U.S.T.L.
- L'HOPITAULT J.C., MOLLUSQUES 82 : pollution chimique des moules et des coques du littoral Nord de la France - Cartes et commentaires, I.P.L., Service des Eaux
- WARTEL M. et al, Apports atmosphériques en milieu marin littoral Nord - Pas de Calais, U.S.T.L., Laboratoire de Chimie Analytique et Marine

1983 :

- CHAMLEY H. et DESPEYROUX Y., Estuaires : sédimentologie, 2 tomes (texte et cartes), U.S.T.L., laboratoire de Sédimentologie et de Géochimie
- DELESMONT R., DELATTRE J.M., L'HOPITAULT J.C., PHILIPPO A. et THOMAS P. Estuaires : microbiologie, micropolluants des eaux, I.P.L., Service des Eaux
- L'HOPITAULT J.C., Influence du dragage des ports sur la pollution marine dans la région Nord - Pas de Calais, I.P.L. Service des Eaux

- L'HOPITAULT J.C. et DELATTRE J.M., HYDROBIOS II : Micropolluants des sédiments - Cartes et commentaires, I.P.L. Service des Eaux
- MOREL M., Pollution bactérienne des moules et coques du littoral Nord - Pas-de-Calais, I.S.T.P.M. Boulogne-sur-Mer
- RICHARD A. et al, Estuaires : hydrologie, U.S.T.L., Station Marine de Wimereux

1984 :

- HERNANDEZ J.F., OGÉR C. et DELATTRE J.M., Etude microbionique des moules de la région Nord - Pas de Calais, Recherche de *Salmonella* et *Yersinia* au stade de la cueillette, I.P.L., Service des Eaux
- MOREL M., Origine des germes responsables de la pollution bactérienne des mollusques sur le littoral Nord - Pas de Calais, I.S.T.P.M., Boulogne-sur-Mer
- OUDART E., L'HOPITAULT J.C., PHILIPPO A. et DESPEYROUX Y., Dynamique et pollution de l'estuaire de la Canche. Chimie - sédimentologie, I.P.L., Service des Eaux - U.S.T.L., Laboratoire de Sédimentologie et des Géochimie
- PHILIPPO A., L'HOPITAULT J.C. et DELATTRE J.M., Mollusques 83/84 : Etude complémentaire sur les polluants dans les sédiments et les mollusques du littoral Nord de la France - Commentaires et cartes, I.P.L., Service des Eaux
- WARTEL M. et al, Retombées atmosphériques sur le littoral Nord - Pas de Calais, U.S.T.L., Laboratoire de Chimie Analytique et Marine

1985 :

- Anonyme, Devenir des germes entériques en Mer du Nord, I.P.L., Service des Eaux
- ARNAL O., AUGRIS C. et DELPECH J.P., Recherche de sites pour l'extraction de granulats marins dans le Nord - Pas de Calais, IFREMER, Centre de Boulogne-sur-Mer
- BURKHALTER R. et ARNAL O., Suivi de l'évolution et de la dispersion des rejets à la mer sur le littoral Nord

- Pas de Calais, par thermographie aérienne, IFREMER, Centre de Boulogne-sur-Mer

- CHAMLEY H., CLABAUT P. et BECK C., Baie de Wissant : évolution du trait de côte, U.S.T.L., Laboratoire de Sédimentologie et de Géochimie

- DELESMONT R., Bioaccumulation des bactéries entériques par les mollusques - Etude *in vitro*, I.P.L., Service des Eaux

- DESSAINT F. et FRONTIER S., Relation entre la structure des peuplements et la pollution métallique dans les fonds sableux de la zone littorale : aspects méthodologiques, U.S.T.L., Station Marine de Wimereux

- HERNANDEZ J.F., Qualité des eaux portuaires de Boulogne-sur-Mer et rôle de la matière en suspension dans le transport de contaminants bactériens, I.P.L., Service des Eaux
- L'HOPITAULT J.C., PHILIPPO A., THOMAS P., OUDART E. et DELATTRE J.M., HYDROBIOS III : pollution chimique du littoral Nord - Pas de Calais - Etude spécifique de secteurs contaminés : Calais, Dunkerque et Boulogne, I.P.L., Service des Eaux

- MOREL M., Mécanismes de bioaccumulations des germes par les mollusques - Etudes *in situ*, IFREMER, Centre de Boulogne-sur-Mer

- PRYGIEL J. et RICHARD J.C. et WARTEL M., Qualité des eaux portuaires de Boulogne-sur-Mer et rôle des particules dans le transport des contaminants métalliques, U.S.T.L., Laboratoire de Chimie Analytique et Marine

- Région Nord - Pas de Calais et IFREMER - Compte rendu du séminaire "Etude intégrée du littoral" organisé à Ambleteuse, les 19 et 20 septembre 1985

1986 :

- BOURGAIN J.C., DEWEZ S., RICHARD A. et BECK C., Effet des rejets de vases portuaires sur les sédiments et les peuplements benthiques au large de Boulogne-sur-Mer, U.S.T.L., Station Marine de Wimereux.

ANNEXE 4

ASSURANCE DE QUALITE DES MESURES DANS LES LABORATOIRES DU NORD - PAS DE CALAIS

Tout programme destiné à dresser un état de la pollution dans une zone côtière donnée doit s'appuyer sur des laboratoires expérimentés. La fourniture de résultats fiables, reproductibles et comparables aux résultats obtenus dans le cadre de programmes similaires est un gage de réussite pour le programme en même temps qu'une nécessité pour assurer une interprétation optimale des variations analytiques, géographiques et temporelles.

La première phase du programme sur l'environnement du littoral Nord - Pas de Calais consistait à dresser un état de pollution. Trois laboratoires locaux d'analyses chimiques ont été mobilisés sur cette action :
FLA : FLANDRES ANALYSES à DUNKERQUE
SMW : STATION MARINE de WIMEREUX
IPL : INSTITUT PASTEUR à LILLE

Ces trois laboratoires ont été régulièrement associés aux travaux **d'assurance de qualité des mesures** lancés durant une décennie sous l'égide du RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN (R.N.O.).

Ces actions d'assurance de qualité du R.N.O. sont de deux types : exercices d'intercalibration (IC) et contrôles croisés (CC). Pour obtenir des renseignements complémentaires sur les paramètres intercalibrés ou contrôlés, les années d'exécution, le patronnage sous lequel l'exercice est réalisé, le compartiment analysé (eau, sédiment, matière vivante) on se rapportera aux travaux du R.N.O.

Dans le tableau 1 ci-après, on a récapitulé la participation des laboratoires du Nord - Pas de Calais (N.P.C.) à ces exercices. Globalement, sur un total d'environ 200 exer-

paramètres	Laboratoires	Institut Pasteur de Lille	Flandres analyses	Station marine de Wimereux
Paramètres généraux de qualité des eaux	IC CC	.	20 11	17
Polluants minéraux	IC CC	7 4	.	.
Polluants organiques	IC CC	5 4	.	.
Totaux		20	31	17

Tableau 1 : Nombre d'exercices d'assurance de qualité.

cices, les laboratoires NPC ont participé à une cinquantaine d'entre eux : une vingtaine d'exercices sur les polluants et une trentaine d'exercices sur les paramètres généraux de qualité des eaux.

1. Paramètres généraux de qualité des eaux

Les paramètres physicochimiques et hydrobiologiques ont été mesurés lors d'une campagne NPC (HYDRO-BIOS I) et contrôlés régulièrement dans le cadre de la surveillance RNO du point d'appui de Dunkerque. Au plan national, le RNO a organisé de nombreux exercices d'intercomparaison sur ces paramètres : turbidité, matières en suspension, nitrite, nitrate, phosphate, silicate, carbone organique particulaire, chlorophylle. Les laboratoires du NPC, FLA et SMW ont été associés à presque tous ces travaux de comparaison.

Les intercalibrations réalisées entre 1976 et 1980 ont été publiées dans les bulletins du RNO n° 7 (exercice 1977), n° 11 et n° 12 (exercice 1978) et n° 13 (exercices 1979 et 1980).

En 1976 et 1977 on a utilisé plusieurs solutions d'eau de mer de concentrations certifiées, achetées au Japon (Sagami Chemical Research Center). En 1978, 1979 et 1980, plusieurs échantillons naturels ont été prélevés et conditionnés et le cas échéant dopés par l'IFREMER Centre de Brest, qui a procédé à la certification des concentrations en utilisant divers standards et contrôles croisés.

On donne à titre d'exemple, dans les tableaux 2 (nitrite), 3 (nitrate) et 4 (phosphate), les résultats des deux laboratoires du NPC comparés aux valeurs de référence. Globalement à l'issue de ces travaux on note un bon accord d'ensemble entre les résultats des laboratoires FLA et SMW et les valeurs certifiées ou probables des échantillons testés.

Des contrôles croisés ont été par ailleurs réalisés lors de la campagne INTERSITE I entre le 7 et le 20 octobre 1983, et publiés avec les résultats de cette campagne. On a pu y comparer, sur des échantillons naturels les résultats du laboratoire côtier réalisant les analyses du RNO avec les résultats de l'IFREMER.

Pour les paramètres physicochimiques et hydrobiologiques, les méthodes d'analyse sont quasiment standardisées et on constate en général une concordance satisfaisante entre les résultats du laboratoire local (FLA) et ceux de l'IFREMER (ICB). La cause des décalages observés est à rechercher au niveau de l'étalonnage : une mauvaise qualité de l'eau de mer de référence "appauvrie" pourrait expliquer un décalage systématique pour le silicate et pour le nitrate.

Par ailleurs, l'absence de préfiltrations entraînerait des valeurs de phosphate très légèrement surestimées.

Quant au pH, il est vraisemblable que le vieillissement des électrodes et des solutions tampon peut entraîner un décalage de 0,1 unité. Pour tous les autres paramètres physicochimiques et hydrobiologiques, la concordance est très bonne.

	Années et codes des échantillons	Valeur de référence	FLA	SMW
1976	Ni	0,00	0,00	0,004
	Ni ¹	0,25	0,42	0,21
	Ni ²	1,00	1,00	0,87
	Ni ³ 4	0,50	0,38	0,43
1977	C	1,99	1,95	1,97
	C ¹	0,25	0,15	0,26
	C ² 3	0,50	0,35	0,50
1978	.E	0,03	0,00	.
	.E ¹ 2	0,93	0,92	.
1979	.E	0,03	0,12	0,03
	.E ¹ 2	1,13	1,20	0,77
1980	.E	1,12	1,0	1,14
	.E ³ 4	2,06	2,08	2,09

Tableau 2 : Assurance de qualité des mesures - NITRITE ($\mu\text{atg 1}^{-1}$)

	Années et codes des échantillons	Valeur de référence	FLA	SMW
1976	Na	39,9	48,8	37,1
	Na ¹	20	25,2	18,7
	Na ²	5	6,8	4,7
	Na ³ 4	0	0,4	0,09
1977	C	15,0	15,0	15,3
	C ¹	39,9	39	40,4
	C ² 3	15,0	14,6	15,1
1978	E	0,37	0,68	.
	E ¹ 2	10,7	10,4	.
1979	E	0,42	1,54	0,55
	E ¹ 2	12,29	11,4	9,15
1980	.E	12,4	8,9	13,6
	.E ³ 4	92,7	66,7	82,4

Tableau 3 : Assurance de qualité des mesures - NITRATE ($\mu\text{atg 1}^{-1}$)

	Années et codes des échantillons	Valeur de référence	FLA	SMW
1976	.Ph	0,998	1,1	0,97
	.Ph ¹	1,996	2,15	1,96
	.Ph ²	0,000	0,07	0,01
	.Ph ³ 4	0,499	0,55	0,48
1977	.C	0,499	0,58	0,54
	.C ¹	2,995	2,95	3,06
	.C ² 3	0,499	0,64	0,55
1978	.E	0,08	0,34	.
	.E ¹ 2	2,26	2,56	.
1979	.E	0,005	0,13	0,00
	.E ¹ 2	0,82	0,85	0,65
1980	.E	0,78	0,62	0,76
	.E ³ 4	1,46	1,50	1,47

Tableau 4 : Assurance de qualité des mesures - PHOSPHATE ($\mu\text{atg 1}^{-1}$)

2. Polluants minéraux

Les métaux habituellement analysés dans le milieu marin, Mercure, Cadmium, Plomb, Cuivre, Zinc, ont fait l'objet d'intercalibrations et de contrôles croisés sur des échantillons d'eau de mer, de sédiments et de matière vivante (mollusques).

Cinq tableaux récapitulatifs ont été constitués ; dans chacun d'eux, on trouvera à côté des résultats du laboratoire local, la valeur dite de référence, c'est-à-dire la valeur probable calculée statistiquement à partir de l'ensemble des résultats des laboratoires participants ou la valeur fournie par le laboratoire désigné de "référence" (IFREMER, UBO) ou également, dans le cas des exercices croisés, la valeur moyenne arithmétique des quelques laboratoires ayant analysé une partie aliquote* de l'échantillon.

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (mg/kg poids sec) MX/84/120 (2)- BIO		
moules	0,10 ± 0,03	0,13 ± 0,06
huîtres	0,26 ± 0,13	0,27 ± 0,11
SEDIMENTS (mg/kg poids sec) 80/MX/SED-RNO		
MS	0,943 ± 0,114	0,860
MS ¹	1,685 ± 0,272	2,007
MS ²	0,052 ± 0,047	0,022
83/MX/SED-RNO		
MS	0,274 ± 0,082	0,240
MS ⁴	0,637 ± 0,235	0,720
EAU DE MER (µg/l)		
80/HG/EAU-RNO		
HG	0,065 ± 0,005	0,086
HG ¹	0,267 ± 0,008	0,206
HG ²	0,116 ± 0,004	0,113
3 ³		
MX/80/30 (5)		
brute	0,023	0,05
filtrée	0,021	0,17
MX/81/120 (2)		
brute	0,22	< 0,05
filtrée	0,14	< 0,05
MX/83/120 (2)		
brute	0,022 ± 0,002	0,033 ± 0,020

Tableau 5 : Assurance de qualité des mesures - MERCURE

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (mg/kg poids sec) MX/84/120 (2)- BIO		
moules	0,95 ± 0,33	0,8 ± 0,1
huîtres	3,76 ± 2,46	3,55 ± 2,17
SEDIMENTS (mg/kg poids sec) 80/MX/SED-RNO		
MS	8,80 ± 1,82	11,0
MS ¹	0,437 ± 0,180	0,35
MS ²	0,065 ± 0,030	0,07
83/MX/SED-RNO		
MS	0,48 ± 0,15	0,40
MS ⁴	1,52 ± 0,40	1,40
EAU DE MER (µg/l)		
76/MY/EAU-RNO	0,12 ± 0,007	0,19
79/CD/EAU-PCCSC		
CD	5,68 ± 0,67	4,00
CD ¹	0,78 ± 0,14	0,60
CD ²	0,10 ± 0,03	0,14
82/MX/EAU - CIEM	0,021 ± 0,004	0,035
MX/80/30 (5)		
brute	6,45 ± 1,53	6,5
filtrée	4,80 ± 1,19	4,3
MX/81/120 (2)		
brute	0,07	< 0,10
filtrée	0,06	< 0,10
MX/83/120 (2)		
brute	0,17	0,050
filtrée	—	0,029

Tableau 6 : Assurance de qualité des mesures - CADMIUM

MOLLUSQUES

Des échantillons de moules et d'huîtres prélevés sur le littoral Nord - Pas de Calais ont été analysés courant 1984, à la fois par l'IFREMER Centre de Nantes (ICN) et par l'Institut Pasteur de Lille (IPL).

Trois couples de valeur ont été obtenus pour les moules et neuf pour les huîtres. Les gammes de concentration sont larges, les échantillons ayant été sélectionnés dans des sites très différents. Par exemple, pour l'huître :
 - le zinc varie de 1400 mg/kg à plus de 6000 mg/kg,
 - le cuivre varie de 40 mg/kg à 400 mg/kg
 aussi les écarts types correspondants aux moyennes arithmétiques calculées sont-ils grands.

La concordance entre les valeurs brutes de l'IPL et celles de l'IFREMER est excellente pour tous les métaux analysés dans les mollusques.

SEDIMENTS

Deux exercices de calibration portant sur l'analyse des métaux dans les sédiments ont été organisés par l'IFREMER (Centre de Brest) : 30 laboratoires de dix pays d'Europe ont participé ; pour le seul premier exercice 1 700 résultats ont été traités (3 échantillons, 4 méthodes et plus de 10 métaux analysés par la plupart des laboratoires).

On a sélectionné dans le 1er exercice (échantillons MS1, MS2 et MS3) les résultats obtenus par la méthode habituellement pratiquée par le laboratoire IPL. Pour le deuxième exercice, on a retenu les résultats obtenus par la méthode propre au laboratoire appliquée sur la fraction fine (< 63 µ m). La gamme des concentrations couvertes par les différents échantillons est très large, par exemple :
 - pour le zinc : 20 (MS3) ; 70 (MS4) ; 190 (MS2) ; 410 (MS5) ; 700 (MS1)
 - pour le mercure : 0,05 (MS3) ; 0,3 (MS4) ; 0,6 (MS5) ; 0,9 (MS1) ; 1,7 (MS2).

On note globalement un très bon accord entre les valeurs de référence et les valeurs données par le laboratoire IPL pour tous les niveaux de concentration testés.

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (mg/kg poids sec) MX/84/120 (2)- BIO		
moules	1,73 ± 0,15	2,00 ± 0,61
huîtres	1,70 ± 0,83	1,19 ± 0,92
SEDIMENTS (mg/kg poids sec) 80/MX/SED-RNO		
MS	688 ± 59	690
MS ¹	52,4 ± 13,3	69
MS ²	4,5 ± 0,6	8,3
MS ³		
83/MX/SED-RNO		
MS	23,6 ± 7,8	33
MS ⁴	238,4 ± 43	265
MS ⁵		
EAU DE MER (µg/l)		
76/MX/EAU - RNO	0,61 ± 0,46	0,70
79/MX/EAU - RNO	0,44 ± 0,18	0,56
82/MX/EAU - CIEM	0,040 ± 0,008	0,319
MX/80/30 (5)		
brute	2,63 ± 0,95	4,2
filtrée	0,44 ± 0,31	0,38
MX/81/120 (2)		
brute	2,0	1,9
filtrée	0,6	1,0
MX/83/120 (2)		
brute	1,68 ± 1,04	1,68 ± 0,81
filtrée	0,63 ± 0,39	0,38 ± 0,07

Tableau 7 : Assurance de qualité des mesures - PLOMB

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (mg/kg poids sec)		
MX/84/120 (2)- BIO		
moules	8,5 ± 2,2	7,8 ± 1,9
huîtres	165,1 ± 139,8	171,4 ± 141,2
SEDIMENTS (mg/kg poids sec)		
80/MX/SED-RNO		
MS	108 ± 6,5	106
MS ¹	39 ± 3,9	43
MS ²	1,68 ± 0,76	0,96
MS ³		
83/MX/SED-RNO		
MS	13,4 ± 3,9	15,0
MS ⁴	22,9 ± 3,4	25,0
MS ⁵		
EAU DE MER (µg/l)		
76/MX/EAU - RNO	1,64 ± 0,69	2,87
79/MX/EAU - RNO	1,02 ± 0,37	1,3
82/MX/EAU - CIEM	0,117 ± 0,017	0,582
MX/80/30 (5)		
brute	8,49 ± 1,82	6,6
filtrée	6,95 ± 2,9	3,0
MX/81/120 (2)		
brute	0,7	1,3
filtrée	0,6	1,1
MX/83/120 (2)		
brute	1,5 ± 0,4	1,29 ± 0,27
filtrée	1,1 ± 0,2	0,85 ± 0,1

Tableau 8 : Assurance de qualité des mesures - CUIVRE

EAU DE MER

Les mesures de traces métalliques dans l'eau de mer sont beaucoup plus difficiles : les concentrations sont très faibles et les risques de contamination des échantillons lors des diverses étapes de l'analyse sont très élevés. Ceci explique que de nombreux exercices nationaux et internationaux aient été faits durant cette dernière décennie.

Des eaux de mer dopées à plusieurs niveaux de concentration pour le mercure (HG1, HG2, HG3) pour le cadmium (CD1, CD2, CD3), des eaux de mer naturelles brutes ou filtrées ont été expédiées à des fins de calibrations ou de contrôles croisés.

Les valeurs de référence présentent en général une variabilité élevée. La comparaison des résultats du laboratoire IPL avec les valeurs de référence est toutefois globalement satisfaisante. Hormis le cas de l'exercice international du CIEM de 1982, les ordres de grandeur sont dans tous les cas très comparables. Le laboratoire IPL discerne parfaitement les niveaux de concentrations hauts et bas et fournit des résultats tout à fait acceptables compte tenu de la variabilité propre à ces analyses de traces.

3. Polluants organiques

L'analyse des polluants organiques est difficile : les concentrations existantes dans le milieu naturel sont extrêmement faibles et le problème de la quantification de familles de composés chimiques, par exemple les polychlorobiphényles, n'est pas véritablement résolu. De plus, pour une même famille, par exemple les hydrocarbures, les méthodes globales d'analyses disponibles reposent sur des principes analytiques différents (spectrophotométrie infrarouge (IR), spectrofluorimétrie ultraviolet (UV)) et donnent de fait des résultats différents.

On a sélectionné trois polluants organiques particulièrement recherchés dans les études d'environnement marin. Chaque polluant fait l'objet d'un tableau synthétique (**tableau 10 : Polychlorobiphényles**, **tableau 11 : Lindane**, **tableau 12 : Hydrocarbures**) dans lequel figurent les valeurs de référence des divers exercices d'assurance de qualité et les résultats du

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (mg/kg poids sec) MX/84/120 (2)- BIO moules huîtres	136 ± 57 2 878 ± 1 638	138 ± 55 3 156 ± 1 693
SEDIMENTS (mg/kg poids sec) 80/MX/SED-RNO MS MS ¹ MS ² MS ³ 83/MX/SED-RNO MS MS ⁴ MS ⁵	1 680 ± 93 185 ± 8,7 21,9 ± 2,3 72,4 ± 18 412 ± 67	1 750 185 19,8 78 435
EAU DE MER (µg/l) 76/MX/EAU - RNO 79/MX/EAU - RNO 82/MX/EAU - CIEM MX/80/30 (5) MX/81/120 (2) MX/83/120 (2)	11,3 ± 4,4 21,7 ± 10,0 0,398 ± 0,073 brute filtrée brute filtrée brute filtrée	10,0 12,9 1,735 11 7,4 6,0 6,0 4,04 ± 1,20 2,17 ± 1,00

Tableau 9 : Assurance de qualité des mesures - ZINC

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (µg/kg poids sec) OC/84/120 (2) - BIO moules huîtres	363 ± 289 257 ± 290	364 ± 401 478 ± 341
SEDIMENTS (µg/kg poids sec) 80/OC/SED - RNO	131 ± 22	115
EAU DE MER (ng/l) 80/OC/EAU OC/83/120 (2)	81 ± 6 4,3 ± 3,7	85 10

Tableau 10 : Assurance de qualité des mesures - POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB)

laboratoire local pratiquant ces analyses, l'INSTITUT PASTEUR DE LILLE (IPL).

Les analyses des échantillons dans l'eau de mer sont relativement concordantes, le cas du Lindane étant remarquable. Toutefois, pour les PCB, le seuil de détection dans l'eau de IPL est de 10 ng/l. Ce seuil ne permet pas la comparaison avec les niveaux naturels, en général de l'ordre de quelques ng/l.

Par ailleurs, les valeurs d'hydrocarbures aromatiques mesurées dans l'eau lors du contrôle croisé INTER-SITE I HYD/83/120 (2) ne sont absolument pas comparables à celles de l'IFREMER sans que l'on puisse trouver d'explication plausible.

En ce qui concerne les analyses dans les échantillons de sédiment et de matière vivante, on peut être satisfait des résultats de IPL avec les valeurs de référence. Pour les intercalibrations d'hydrocarbures, on note que, aux niveaux des concentrations testées sur les échantillons dopés* A et B, on obtient des résultats cohérents par deux méthodes d'analyses différentes (IR et UV).

EN CONCLUSION GENERALE

Les laboratoires FLA et SMW pratiquant les analyses physicochimiques et hydrobiologiques d'une part, et d'autre part, le laboratoire IPL pratiquant les analyses des micropolluants (minéraux et organiques à l'état de traces dans l'eau, le sédiment et la matière vivante) se révèlent être à l'issue de multiples exercices de comparabilité, de très bons laboratoires d'analyses chimiques et d'excellents outils analytiques pour les programmes d'environnement marin de la région Nord - Pas de Calais. Ils fournissent, dans le domaine particulièrement difficile de l'analyse de traces, des résultats d'une bonne sûreté.

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES ($\mu\text{g}/\text{kg}$ poids sec) OC/84/120 (2) - BIO moules huîtres	1,33 \pm 0,6 1,55 \pm 1,01	1,7 \pm 1,1 1,6 \pm 1,1
SEDIMENTS ($\mu\text{g}/\text{kg}$ poids sec) 80/OC/SED - RNO	3,8 \pm 3,0	1,7
EAU DE MER (ng/l) 80/OC/EAU - RNO OC/83/120 (2)	4,4 \pm 0,1 2,9 \pm 2,5	4,3 2,8 \pm 2,0

Tableau 11 : Assurance de qualité des mesures - LINDANE (δ HCH)

Désignation des exercices	Valeurs de référence	IPL
MOLLUSQUES (mg/kg poids sec) HYD/84/120 (2) - BIO moules huîtres	7,6 \pm 4,1 7,6 \pm 11	10,8 \pm 10,8 10,6 \pm 13,9
81/HYD/B10 - RNO		
Méthode IV		
A	82,2 \pm 14	78
B	31,9 \pm 2,5	23,8
SEDIMENTS (mg/kg poids sec) 81/HYD/SED - RNO		
Méthode IR		
A	1 700 \pm 420	1 545
B	290 \pm 130	210
Méthode UV		
A	2 040 \pm 1 530	5 290
B	300 \pm 160	590
EAU DE MER 81/HYD/EAU - RNO ($\mu\text{g}/\text{l}$)		
Méthode IR		
A	0,234 \pm 0,168	0,160
B	0,060 \pm 0,037	0,080
Méthode UV		
A	0,256 \pm 0,164	0,110
B	0,024 \pm 0,011	0,025
HYD/83/120 (2) ($\mu\text{g}/\text{l}$)	9,4 \pm 4,9	0,04 \pm 0,02

A = niveau fort
B = niveau faible

UV = spectrofluorimétrie UV
IR = spectrophotométrie IR

Tableau 12 : Assurance de qualité des mesures - HYDROCARBURES (aromatiques)

ANNEXE 5

PARAMETRES ET METHODES

Paramètres :	Symbole ou abréviation commune :	Méthode utilisée :	Unités :
1. Paramètres physico-chimiques étudiés dans l'eau			
Température	T	Thermomètre	Degré Celcius (°C)
Salinité	S	Conductimétrie (salinomètre)	%
Potentiel hydrogène	pH	Electrochimique à électrode de verre	Unité pH
Oxygène dissous	(O ₂)	Titrimétrie (méthode de Winkler)	mg/l ou % saturation
Matières particulières en suspension	MES	Double pesée d'un filtre (0,45 µm) avant puis après filtration de l'échantillon à analyser et séchage à 105°C jusqu'à poids constant	mg/l
Turbidité		Néphéломétrie (mesure de la dispersion et de l'absorption de la lumière)	NTU (unité de turbidité néphéломétrique)
Azote Ammoniacal	N-NH ₄ ⁺	Colorimétrie (méthode de Koroleff)	µatg/l
Azote nitreux	N-NO ₂ ⁻	Colorimétrie (méthode à la sulfanilamide)	µatg/l
Azote nitrique	N-NO ₃ ⁻	Colorimétrie (dosage des nitrites après réduction sur colonne de Cadmium traitée au cuivre)	µatg/l
Phosphore minéral	P-PO ₄ ³⁻	Colorimétrie (méthode de Murphy et Riley)	µatg/l
Silicium dissous	Si-SiO ₄	Colorimétrie (méthode de Mullin et Riley)	µatg/l
Chlorophylle		Spectrophotométrie après filtration et extraction	mg/m ³
Carbone organique total	COT	Chromatographie en phase gazeuse après calcination (dosage du CO ₂).	mg/l
Chlore	Cl ⁻	Méthode à la D.P.D.	mg/l
2. Micropolluants minéraux (sédiment et matière vivante)			
Plomb	Pb	Spectrophotométrie d'absorption atomique (four ou flamme)	mg/kg de matière sèche
Cadmium	Cd	"	"
Cuivre	Cu	"	"
Chrome	Cr	"	"
Nickel	Ni	"	"
Cobalt	Co	"	"
Zinc	Zn	Spectrophotométrie d'absorption atomique (flamme)	"
Fer	Fe	"	"
Manganèse	Mn	"	"
Arsenic	As	"	"
Selenium	Se	"	"
Beryllium	Be	Spectrophotométrie d'absorption atomique (four)	"
Mercure	Hg	Spectrophotométrie d'absorption atomique (vapeur froide après réduction)	"
Titane	Ti	Colorimétrie (méthode à l'acide chromotropique)	mg/kg de matière sèche
Aluminium	Al	Colorimétrie (méthode à l'éryochromecyanine)	"

3. Micropolluants organiques

3.1. Sédiment et matière vivante

Hydrocarbures	HYD	Spectrophotométrie infrarouge	mg/kg
Hexachlorobenzène	HCB	Chromatographie en phase gazeuse après extraction et purification	µg/kg
Hexachlorocyclohexane	alpha-HCH	”	”
Hexachlorocyclohexane	bêta-HCH	”	”
Hexachlorocyclohexane (lindane)	gamma-HCH	”	”
Hexachlorocyclohexane	delta-HCH	”	”
Heptachlore	HEPTA	”	”
Heptachlore époxy	HEPTE	”	”
Aldrine	ALDRI	”	”
Dieldrine	DIELD	”	”
pp' - Dichlorodiphényldichloréthylène	PP'DDE	”	”
pp' - Dichlorodiphényldichloréthane	PP'DDD	”	”
op' - Dichlorodiphényletrichloréthane	OP'DDT	Chromatographie en phase gazeuse après extraction et purification	µg/kg
pp' - Dichlorodiphényletrichloréthane	PP'DDT	”	”
Somme des DDT	DDX	”	”
Polychlorobiphényles DP5	DP5	”	”
Polychlorobiphényles DP6	DP6	”	”
Somme des polychlorobiphényles (PCB)	PCBT	”	”
Diméthylphtalate	DMP	”	”
Diéthylphtalate	DEP	”	”
Dibutylphtalate	DBP	”	”
Diméthoxyethylphtalate	DMEP	”	”
Di (2-étyl hexyl) phtalate	DEHP	”	”
Somme des phtalates	SIG-P	”	”
Nitrosamines	NA	”	”

3.2. Eau

Haloformes volatils	Chromatographie en phase gazeuse	µg/kg
---------------------	----------------------------------	-------

4. Bactériologie

4.1. Bactériologie des eaux

• Bactéries totales	Microscopie en épifluorescence	Bactéries/ml
• Bactéries viables	1) culture sur gélose de Zobell à base d'eau de mer 2) culture sur gélose de Zobell à base d'eau douce (arrêté en 1978)	UFC/100 ml (1) idem
• Coliformes totaux	Culture en milieu liquide, 3 tubes par dilution : a) enrichissement : bouillon lactosé au BCP (48 H à 30°C) b) confirmation : bouillon lactosé bilié au vert brillant (24 - 48 H à 37°C)	NPP/100 ml (2)
• <i>Escherichia coli</i>	1) Culture en milieu liquide, 3 tubes par dilution a) enrichissement bouillon lactosé au BCP (48 H à 30°C) b) confirmation : milieu de Schubert (24 H à 44,5°C) 2) Culture sur gélose lactosée au Tergitol et au TTC (24 H à 44,5°C)	NPP/100 ml UFC/100 ml

• Streptocoques du groupe D	1) Culture en milieu liquide, 3 tubes par dilution : a) culture présumptive, bouillon de Rothe (48 H à 37°C) b) culture confirmative, bouillon de Litsky (48 H à 37°C)	NPP/100 ml
• Bactéries sulfato-réductrices	2) Culture sur gélose de Slanetz à l'azide et au TTC (48 H à 37°C) Inclusion dans la gélose, milieu de Posgate (3 semaines à 30°C) (arrêté en 1978)	UFC/100 ml
• Vibrios halophiles stricts	a) enrichissement en milieu liquide d'Akimaya (24 H à 37°C) b) isolement sur gélose TCBS (24 H à 37°C)	NPP/100 ml
• Activité hétérotrophe de la microflore bactérienne	Mesure de l'Absorption et de la dégradation du glucose marqué au ^{14}C	$\mu\text{g de glucose/l.h}$
4.2. Bactériologie des mollusques :		
• Coliformes totaux	Norme NFV 45-110 de Juin 1981 Culture en milieu liquide sélectif, 3 tubes par dilution, bouillon lactosé au vert brillant (48 H à 37°C)	NPP/100 ml
• Coliformes fécaux	Norme NFV 45-110 de Juin 1981 Culture en milieu liquide sélectif, 3 tubes par dilution, repiquage des tubes "lactose positifs" (24 H à 44°C)	NPP/100 ml
• Streptocoques fécaux	Culture en milieu liquide, 3 tubes par dilution a) culture présumptive : bouillon de Rothe (48 H à 37°C) b) culture confirmative : bouillon de Litsky (48 H à 37°C)	NPP/100 ml
• Salmonelles	a) incubation dans un bouillon au Sélénite (48 H à 37°C) b) isolement sur gélose DCL et Hecktoen c) identification sur galeries API 20 E et éventuellement confirmation sérologique	présence/absence
• Yersinia	a) incubation dans NOY (48 H à 26°C) b) traitement à la potasse c) isolement sur gélose Mc Conkey d) identification sur galeries API 20 E et confirmation sérologique	présence/absence

Pour de plus amples informations sur les méthodes utilisées (conditions de prélèvement, transport, stockage et analyse des échantillons), le lecteur pourra se reporter aux différents rapports mentionnés en annexe 3.

(1) UFC : Unité Formant Colonie

(2) NPP : Nombre le Plus Probable

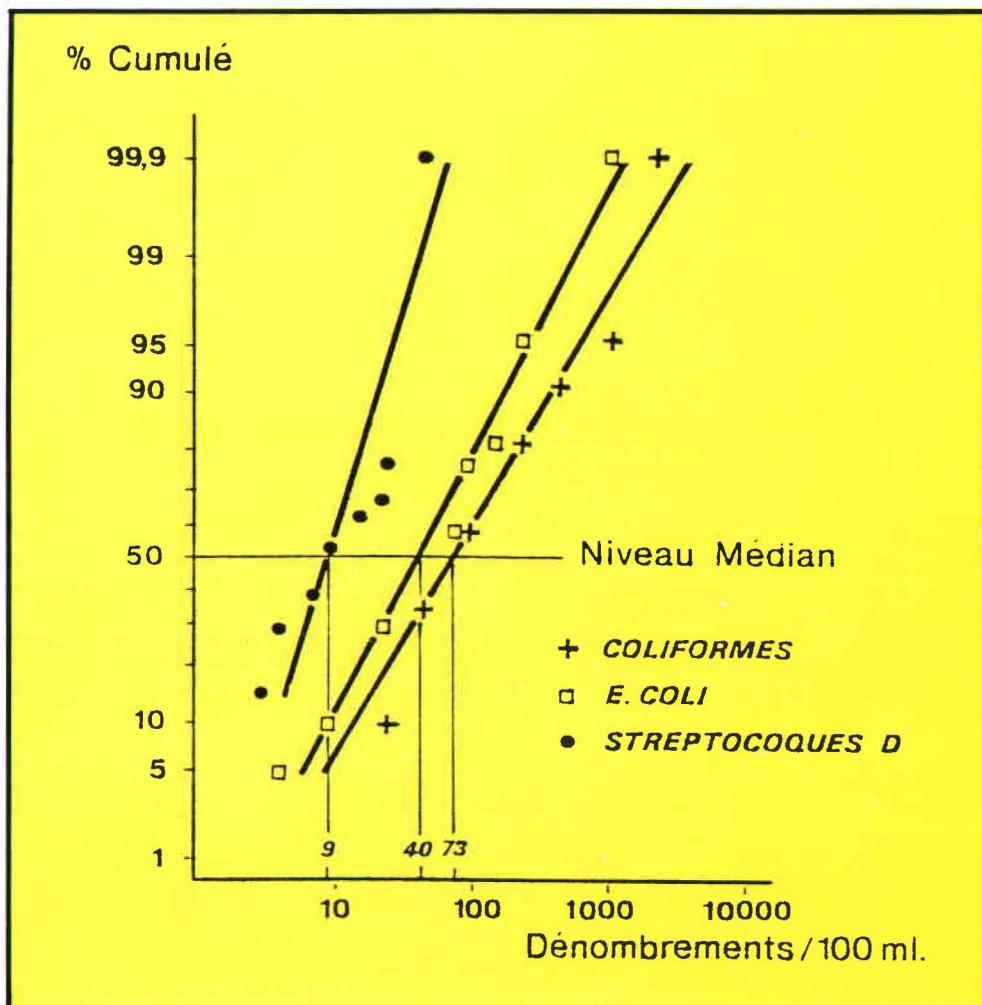
ANNEXE 6

METHODE DE TRAITEMENT DES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE SANITAIRE DES EAUX DE BAIGNADE (IPL)

Un programme informatique a été mis au point qui permet :

- l'ajustement des données à une droite de Henry (régression log-normale), pour chaque année ;
- le calcul pour chaque indicateur fécal, d'une valeur médiane (préférable à une moyenne géométrique dans les séries où existent des résultats nuls ou inférieurs au seuil de détection) ;
- le calcul d'intervalles de confiance à 95 % autour de ces médianes ;
- l'impression sur table traçante des régressions d'une part, et de l'évolution entre 1975 et 1985 d'autre part ;
- et enfin le calcul du niveau de signification de la tendance.

Le graphique présenté ci-dessous, fourni à titre d'exemple, concerne Dunkerque - Poste de Secours.



BIBLIOGRAPHIE

- 1 - A.D.E.R., 1984, Région Nord - Pas-de-Calais, 4ème fascicule, Conseil Régional Nord - Pas de Calais, Lille
- 2 - Agence de l'Eau Artois-Picardie, 1973, Livre blanc du bassin Artois-Picardie, 109 p., Agence de l'Eau, Douai
- 3 - ALZIEU C., 1976, Lutte contre les organohalogénés et autres biocides, *Oceanis*, vol. 2, fasc. 9, pp. 411-428
- 4 - AMIARD-TRIQUET C., METAYER C., AMIARD J.C., 1984, Technical recommandations for studying the biochemical cycle of trace metals - *Rev. Int. Oceanogr. Med*, tome LXXIII
- 5 - Anonyme, 1984, Surveillance écologique sur le site de Gravelines - rapport CNEXO - SMW - IPL pour EDF, CNEXO-COB, Brest
- 6 - Anonyme, 1986, Document interne, I.P.L., Lille
- 7 - ARNAL O., AUGRIS C. et DELPECH J.P., 1985, Recherche de sites pour l'extraction de granulats marins dans le Nord - Pas-de-Calais, 104 p., IFREMER
- 8 - BACROT S., 1983, La Région Nord - Pas de Calais - Vue d'ensemble analytique, *Nord-Nature*, fasc. 33, pp. 5-25
- 9 - BENQUE J.P., DALSECCO S., ESPOSITO P., 1985, Une méthode d'éléments finis pour le calcul des marées et des surcotes - Communication présentée au 21ème Congrès de l'AIRH (E.D.F. - L.N.H., Direction des Etudes et Recherches, Chatou)
- 10 - B.R.G.M. - CNEXO, carte des sédiments superficiels de la Manche au 1/500 000, B.R.G.M., Orléans
- 11 - CIPLINOR, Bilan des apports telluriques sur trois années de mesures sur le littoral du Nord (1976 - 1977 - 1978), 11 pages + annexes, Port Autonome de Dunkerque
- 12 - CNEXO, 1983, Manuel des analyses chimiques en milieu marin, 395 p., CNEXO - C.O.B., Brest
- 13 - CNEXO - MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1981, Synthèse des travaux de surveillance (1975 - 1979) du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin, 358 p., CNEXO - C.O.B., Brest
- 14 - CNEXO - MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1983, Bulletin du R.N.O. n° 19, 144 p., CNEXO - C.O.B., Brest
- 15 - CNEXO - SECRETARIAT D'ETAT A L'ENVIRONNEMENT, 1983, Bulletin du R.N.O. n° 20, 147 p., CNEXO - C.O.B., Brest
- 16 - DESPREZ M., DUCROTOY J.P., SYLVAUD B., 1985, Fluctuations naturelles et évolution artificielle des biocénoses macrobenthiques intertidiales de trois estuaires des côtes françaises de la Manche, Colloque COST 647, Bruxelles (sous presse dans Hydrobiologia)
- 17 - D.R.A.S.S., 1985, Etat sanitaire du littoral Nord - Pas de Calais - Bilan 1984, 82 p., D.R.A.S.S., Lille
- 18 - FALICON M., 1981, La protection de l'environnement marin par les Nations-Unies, rapport économique et juridique n° 9 - 1981, CNEXO-COB, Brest
- 19 - FORSTNER V., WITTMANN G.T.W., 1979, Metal Pollution in the aquatic environment, 486 p., Springer Verlag, Berlin
- 20 - GARAND, 1982, "Le trafic dans le détroit" dans "Site national des deux Caps, n° 2 - Le Milieu Marin", 96 p., Espace Naturel Régional, Lille
- 21 - IFREMER - MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1984, Bulletin du RNO n° 21, 160 p., IFREMER, Centre de Brest
- 22 - IFREMER - MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1985, Résultats de la campagne à la mer INTERSITE 1 - 7-20 octobre 1983, 94 p., IFREMER, Centre de Brest
- 23 - IFREMER - MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1985, Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, Dix années de surveillance (1974-1984), IFREMER, Centre de Brest
- 24 - IFREMER - MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (sous presse) Réseau National de Surveillance de la qualité du milieu marin, Dix années de surveillance (1974-1984), Document technique, IFREMER, Centre de Brest
- 25 - LAMOTTE M., 1967, Initiation aux méthodes statistiques en biologie, 144 p., MASSON, Paris
- 26 - LCHF, 1976, Géomorphologie et hydrodynamique du littoral entre le Havre et Dunkerque - Etude réalisée pour E.D.F., 54 p., CNEXO-C.O.B., Brest
- 27 - LNH, 1971, Nouvel avant-port de Dunkerque : mesures en nature, rapport n° 3, E.D.F., Direction des Etudes et Recherches, Chatou
- 28 - LOUBERSAC L., 1982, Pollution par macrodéchets du littoral français, tome 1 : méthodologie - état de référence, rapport CNEXO - Ministère de l'Environnement, CNEXO - C.O.B., Brest
- 29 - MARCHAND M., MARTIN J.L., CHANTRAINE J.M., 1983, Détermination de la pollution chimique de la lagune d'Abidjan par l'étude des sédiments, CNEXO - C.O.B., Brest
- 30 - MARCHAND M., 1985, Polluants chimiques organiques dans l'eau, les sédiments et la matière vivante - Surveillance R.N.O. 1975-1982, IFREMER, Centre de Brest

- 31 - MARTIN J.L., MARCHAND M., LE GELLEC A.M. et CAPRAIS J.C.,** 1983, Détermination de la pollution chimique des baies de Jakarta, Banten et Cilacap (Indonésie), 57 p., CNEXO - C.O.B., Brest
- 32 - MARTIN J.L., MEYBECK M., SALVADORI F. et THOMAS A.,** 1976, Pollution chimique des estuaires - Etat actuel des connaissances (Juin 1974), Rapports scientifiques et techniques n° 22 - 1976, CNEXO - C.O.B., Brest
- 33 - NOUNOU P., MARTOJA R. et ORCEL L.,** 1980, Ulcération des poissons et mammifères marins pêchés dans les eaux côtières françaises, Rapport Scientifique et Technique n° 43, 94 p., CNEXO, Brest
- 34 - OGER C.,** 1983, Qualité microbiologique des eaux de plages à BRAY-DUNES. Rapport à la D.D.A.S.S., I.P.L., Lille
- 35 - PODAMO J.,** 1973, Aspects of dynamic biology in the Southern Bight of the North Sea and the Slince Dock of Ostend - Math. mod. annual report III - chap. VI.I. - Belgian National R.D. Program on the Environment Water Sea Project
- 36 - RAMADE F.** 1979, Ecotoxicologie, 228 p., MASSON, Paris
- 37 - SECADU,** 1976, Pollution du littoral Calais-Gravelines-Dunkerque - Estimation des apports telluriques au milieu marin - Port autonome de Dunkerque
- 38 - SHOM,** 1968, SH n° 550, Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique, EPSHOM, Brest
- 39 - SHOM,** 1982, De la frontière belge aux casquets - Instructions nautiques, série C, EPSHOM, Brest
- 40 - SHOM,** 1983, Guide du navigateur - Ouvrage n° 1, vol. 1, 2, 3, EPSHOM, Brest
- 41 - STEGEMAN J.J., HEATH G.W.,** 1983, Responses of marine organisms to pollutants, 547 p., Elsevier, London
- 42 - THIBAUD Y.,** 1976, La contamination du milieu marin par le mercure, le plomb et le cadmium, Oceans, vol. 2, fasc. 9, pp. 429-446

GLOSSAIRE

AEROSOL :

Particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère.

AGAR :

Mucilage (substance d'origine végétale) fabriqué à partir d'algues utilisé pour des applications scientifiques et industrielles.

ALIQUOTE :

Qui est contenu un nombre entier de fois dans un tout.

AMIBE :

Protozoaire présent dans les eaux salées, les eaux douces et la terre humide. Certaines espèces parasitent l'homme.

AMPLITUDE (de marée) :

Synonyme de marnage.

ANTHROPIQUE :

Se dit de phénomènes dus à l'action humaine.

ANTICLINAL :

Pli où les éléments situés à l'intérieur de la courbure étaient, à l'origine, les plus bas.

APPORTS :

Matériaux, substances et/ou éléments amenés par un courant d'air ou d'eau.

AQUACULTURE :

Culture ou élevage en milieu aquatique à des fins commerciales.

BACTERIE :

Etre vivant unicellulaire, ayant une structure cellulaire très simple et se diviser par scissiparité*.

BASSIN VERSANT :

Ensemble des pentes inclinées vers un même cours d'eau et y déversant leurs eaux de ruissellement. Ces bassins sont séparés par des lignes de partage des eaux.

BENTHIQUE :

Qualifie les organismes qui vivent et les processus qui se déroulent au niveau des fonds marins.

BENTHOS :

Ensemble des organismes aquatiques vivant au niveau des fonds marins.

BIOACCUMULATION :

Accumulation de polluants par les organismes vivants.

BIOGENE :

Qui se forme ou s'est formé par voie biologique.

BLOOM PHYTOPLANCTONIQUE :

Forte élévation de la densité du phytoplancton.

BOUCHOTS :

Pieux ou alignements de pieux utilisés pour la mytiliculture*.

BOUTS :

Cordages employés dans la marine.

CAPACITE D'ECHANGE IONIQUE :

Aptitude d'un milieu solide à échanger des ions avec une solution environnante ; c'est le cas du sol.

CEPHALOPODE :

Classe de mollusques* exclusivement marins, à symétrie bilatérale dont les bords du pied, transformés en appendices allongés appelés bras ou tentacules, sont disposés autour de la bouche.

CHAINE ALIMENTAIRE :

Synonyme de chaîne trophique. Ensemble des organismes qui assurent successivement le transfert de la matière dans un cycle biogéochimique. Une chaîne alimentaire comporte des producteurs secondaires (animaux phytophages) et des carnivores ainsi que des décomposeurs qui assurent la minéralisation des déchets organiques.

CHLORATION :

Traitement de l'eau par le chlore en vue de la désinfecter, voire de la stériliser.

CHLOROPHYLLE :

Pigment assimilateur vert contenu dans les végétaux qui permet la photosynthèse*.

COEFFICIENT DE CORRELATION :

Nombre exprimant la netteté de la liaison existant entre deux séries de données appariées, pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

COEFFICIENT DE MAREE :

Rapport, en un lieu donné, du marnage au marnage moyen en vive eau d'équinoxe. Ce nombre, exprimé en centimètres, est appliqué aux marées des côtes de France. Il permet une prédiction très approximative des hauteurs de pleines et basses mers.

COEFFICIENT DE VARIATION :

Ecart-type rapporté à la moyenne pour une série d'observations données. Le coefficient de variation est indépendant de l'unité de mesure utilisée et permet donc de comparer la variabilité de séries d'ordres de grandeur différents.

COLIFORME :

Qui ressemble à *Escherichia coli*.

COLIFORMES FECAUX :

Bactéries coliformes thermorésistantes considérées comme d'origine fécale.

COMPARTIMENT :

Partie du milieu marin (eau, sédiment, matière vivante).

CONCENTRATION :

Masse d'un paramètre donné (un polluant, par exemple) au sein de l'unité de volume ou de masse d'un compartiment étudié (eau, sédiment ou matière vivante).

CONCHYLICULTURE :

Elevage de coquillages.

CONTAMINATION :

Addition au milieu par l'activité humaine d'énergie ou de substances naturelles ou artificielles.

CORDON :

Remblai naturel allongé de la zone côtière.

CORIOLIS (force de) :

Voir force de Coriolis.

COURANT DE MAREE :

Composante horizontale du vecteur vitesse des particules liquides dans le mouvement lié à la marée. On distingue les courants de flot et les courants de jusant.

DEBIT SPECIFIQUE :

Débit d'un cours d'eau rapporté à l'unité de surface de son bassin versant.

DEMERSALE :

Qualifie les espèces qui vivent sur le fond ou à son voisinage.

DIATOMEE :

Classes d'algues unicellulaires à squelette externe siliceux et de taille comprise entre 2 et 400 um.

DINOFLAGELLES :

Classe de végétaux unicellulaires généralement marins, libres, planctoniques ou benthiques, parfois parasites, caractérisés par la présence de deux flagelles battant dans deux plans perpendiculaires.

DISTRIBUTION DE FREQUENCES :

Série de fréquences d'appartenance à des classes de valeurs ou d'observation de valeurs constituée à partir d'une série de données.

DOPES :	<i>Se dit d'échantillons recevant un ajout dosé d'un paramètre à analyser.</i>	FLUX :	<i>Débit d'un apport (au sens où ce dernier terme est défini dans ce glossaire) exprimé en unité de masse par unité de temps.</i>
EAUX COLOREES :	<i>Eau de mer colorée par la présence d'espèces planctoniques en quantités importantes.</i>	FORCE DE CORIOLIS :	<i>Force résultant de la rotation de la terre. Elle dévie les masses en mouvement vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud.</i>
EAUX VANNES :	<i>Eaux résiduaires contenant des matières fécales.</i>	FRACTION FINE :	<i>Fraction du sédiment dont la taille des particules est inférieure à 63 µm.</i>
ECART TYPE :	<i>Racine carrée de la variance*, caractérise la dispersion des valeurs d'une série autour de la moyenne.</i>	FRAYERES :	<i>Lieu où des animaux marins, poissons principalement, se reproduisent.</i>
ECOSYSTEME :	<i>Ensemble du milieu physicochimique (biotope) et des êtres vivants qui le peuplent (biocoenose).</i>	GAUSSIEN :	<i>Se dit d'une distribution de résultats correspondant à une distribution statistique théorique appelée loi normale ou encore de loi de Gauss et caractérisée par sa forme en cloche et une symétrie par rapport à la moyenne.</i>
ECOTOXICITE :	<i>Toxicité vis-à-vis des êtres vivants qui peuplent les écosystèmes.</i>	GENOTOXIQUE :	<i>Susceptible d'altérer le patrimoine génétique des êtres vivants.</i>
ENDOGENE :	<i>Qui se forme à l'intérieur d'un espace défini.</i>	GEOMORPHOLOGIE :	<i>Etude descriptive et explicative des formes du relief.</i>
EPIDEMIOLOGIE :	<i>Traditionnellement, c'est l'étude des maladies épidémiques, mais le champ d'action est beaucoup plus large aujourd'hui et concerne, en particulier, l'étude des déterminants de l'état de santé.</i>	GEOMORPHOLOGIQUE :	<i>Relatif à la géomorphologie*.</i>
ESTRAN :	<i>Partie du littoral alternativement couverte et découverte par la mer.</i>	GRADIENT :	<i>Rapport de la variation continue ou approximativement continue d'une grandeur entre deux points à la distance de ceux-ci.</i>
ETALE DE MAREE :	<i>Moment où la mer ne monte ni ne baisse.</i>	GRANULOMETRIE :	<i>1^o) étude de la répartition des éléments non agrégés d'une phase solide (roche, sol, sédiment...) selon leur taille 2^o) cette répartition elle-même.</i>
EUTROPHISATION :	<i>Phénomène caractérisé par une multiplication de végétaux dont la décomposition diminue la teneur en oxygène des eaux profondes, dû à une surfertilisation artificielle des eaux résultant d'apports d'origine agricole, urbaine et/ou industrielle.</i>	GRANULOMETRIQUE :	<i>Relatif à la granulométrie*.</i>
EXOGENE :	<i>Qui se forme à l'extérieur d'un espace défini.</i>	HALIEUTIQUE :	<i>1^o) Art de la pêche, tend à désigner les disciplines traitant des problèmes de la pêche. 2^o) Qualifie tout ce qui se rapporte à la pêche.</i>
FACIES :	<i>Catégorie définie par un ou plusieurs caractères dans laquelle peuvent être rangées des observations possédant ce ou ces caractères.</i>	HALOPHILE :	<i>Qualifie une espèce terrestre qui vit dans un milieu riche en sels.</i>
FILTREUR :	<i>Qualifie une espèce qui se nourrit de particules flottant en pleine eau grâce à un dispositif filtrant.</i>	HAUTEUR DE LA HOULE :	<i>Distance verticale de crête à creux.</i>
FLOT :	<i>Intervalle de temps pendant lequel le courant de marée est dirigé approximativement dans le même sens que le courant à pleine mer ; pendant cette période, le courant est de flot. Lorsque le courant à pleine mer est nul, la direction du courant de flot est fixée par la coutume.</i>	HISTOGRAMME :	<i>Représentation graphique d'une distribution de fréquences composée de rectangles contigus dont les intervalles de classes sont les bases et les fréquences les hauteurs, de sorte que les aires des rectangles soient proportionnelles aux fréquences.</i>
		HOULE :	<i>Oscillation régulière de la surface de la mer, indépendante du vent local, dont la période est de l'ordre de la dizaine de secondes. La houle résulte de la propagation des vagues hors de la zone de génération.</i>
			HYDROBIOLOGIE : <i>Biologie aquatique.</i>
			HYDROBIOLOGIQUE : <i>Relatif à l'hydrobiologie.</i>
			INTERFACE : <i>Surface séparant deux milieux de propriétés physiques différentes.</i>
			INTERVALLE DE CONFIANCE : <i>Intervalle susceptible de contenir à un niveau de probabilité fixé la valeur d'un paramètre statistique donnée.</i>
			ISOHALINE : <i>Ligne joignant des points où la salinité est la même.</i>
			ISOPLETE : <i>Ligne joignant des points où un paramètre prend la même valeur.</i>
			ISOTHERME : <i>Ligne joignant des points où la température est la même.</i>
			JUSANT : <i>Intervalle de temps pendant lequel le courant dit de jusant est dirigé approximativement dans le même sens que le courant à basse mer. Lorsque le courant à basse mer est nul, la direction du courant de jusant est alors fixée par la coutume.</i>
			LIPOPHILE : <i>Qui se laisse mouiller par les liquides huileux.</i>
			MACRO-DECHETS : <i>Matières solides, débris divers de fabrication humaine qui, au gré de leurs déplacements en mer et des apports telluriques, finissent par s'ammonceler sur les plages.</i>
			MAREE : <i>Mouvement périodique de montée et descente de la mer de période proche de 12 heures dans nos régions due essentiellement à l'attraction exercée par la lune et le soleil sur la terre en rotation.</i>
			MARNAGE : <i>Déférence des hauteurs d'eau d'une pleine mer et d'une basse mer successive.</i>
			MEDIANE : <i>Valeur d'une série statistique telle que les autres observations lui sont inférieures pour moitié et supérieures pour moitié.</i>
			MEIOFAUNE : <i>Ensemble des organismes constitutifs de la faune de taille comprise entre 0,1 et 1 mm.</i>
			MICROFLORE : <i>Flore microbienne d'un lieu donné.</i>
			MICROORGANISME : <i>Organisme invisible à l'œil nu du fait de ses faibles dimensions. Ce terme, qui tend à se substituer à microbe dans le</i>

langage scientifique, s'applique à tous les organismes microscopiques.

MICROPLANCTON :

Ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre 50 µm et 1 mm.

MICROPOLLUANT :

Élément ou substance susceptible de créer une pollution même à dose infime. Les micropolluants sont généralement répartis en deux classes : les micropolluants minéraux et les micropolluants organiques.

MILLE :

Unité de longueur correspondant à une minute d'arc de méridien et fixée à 1852 mètres par la Conférence Internationale de Monaco en 1929.

MOLLUSQUE :

Animal au corps mou portant dorsalement un manteau souvent couvert d'une coquille et plus ou moins ventralement un pied.

MORTE-EAU :

Epoque à laquelle le marnage est minimal, de fréquence environ bimensuelle, correspondant aux moments où la lune est dans ses premier et troisième quartiers.

MOULIERE :

Gisement naturel de moules.

MOYENNE :

Signifie implicitement "moyenne arithmétique", c'est-à-dire somme des valeurs d'une série statistique divisée par leur nombre.

MUTAGENE :

Susceptible de provoquer des mutations chez les êtres vivants.

MYTILICULTURE :

Elevage des moules.

NAISSAIN :

Jeunes mollusques entrés dans leur phase benthique. Se dit principalement des jeunes huîtres et moules destinées à l'ensemencement des parcs.

NANOPLANCTON :

Ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre 5 µm et 50 µm.

NAPPE (phréatique) :

Nappe d'eau souterraine libre, peu profonde et accessible aux puits habituels.

NECROSE :

Mortification, gangrène d'un tissus.

NITRIFICATION :

Formation de nitrates à partir d'ammoniaque, ce dernier étant éventuellement issu de la minéralisation de matières organiques.

NOEUD :

Unité de vitesse utilisée en navigation et en océanographie correspondant à 1 mille par heure, soit environ 50 centimètres par seconde.

NOURRICERIE :

Zone marine littorale où les individus juvéniles d'une espèce passent les premières phases de leur vie.

PATHOGENE :

Qui provoque les maladies.

PELAGIQUE :

Qualifie tout ce qui se trouve en pleine eau sans relation avec le fond.

PELITIQUE :

Sédimentaire et détritique à grains très fins.

PHOTOSYNTHÈSE :

Synthèse par les plantes vertes de la totalité des substances biochimiques fondamentales à partir d'eau, de gaz carbonique et de sels minéraux grâce à l'aptitude qu'elles ont à capturer une fraction de l'énergie solaire.

PHYSICOCHIMIQUE :

Qui tient à la fois de la physique et de la chimie.

PHYTOBENTHOS :

Ensemble des organismes du benthos appartenant au règne végétal.

PHYTOPLANCTON :

Ensemble des organismes du plancton appartenant au règne végétal (les Diatomées et les Dinoflagellés en constituent la plus grande partie).

PLANCTON :

Ensemble des organismes, animaux et végétaux de faible capacité natatoire vivant en pleine eau.

PLUIE EFFICACE :

Fraction de la pluie qui participe effectivement à l'alimentation des nappes phréatiques par infiltration et à celle des cours d'eau par ruissellement. La pluie efficace est donc la quantité totale d'eau apportée par les précipitations diminuée de la quantité d'eau évaporée à partir du sol, transpirée par les végétaux et retenue par la réserve en eau du sol.

POLLUTION :

Introduction directe ou indirecte par l'homme, de substances ou d'énergie, dans le milieu marin (y compris les estuaires) lorsqu'elle a des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques, risques pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément (GESAMP, 1972). La notion de pollution ajoute donc à celle de contamination une notion d'effet délétère pour l'environnement.

PRODUCTION PRIMAIRE :

Quantité de matière organique élaborée par les végétaux photosynthétiques d'une surface ou d'un volume défini, pendant une période donnée.

PRODUIT PHYTOSANITAIRE :

Produit utilisé pour la protection des végétaux cultivés.

QUANTILE :

Valeurs qui divisent une série statistique ou une distribution de fréquences en classes d'effectifs identiques. Le quantile (ou percentile) 50 % est la médiane. Le quantile (ou percentile) 95 % est la valeur telle que 95 % des observations lui sont inférieures et 5 % lui sont supérieures.

RECRUTEMENT :

Phase pendant laquelle les éléments d'un stock accèdent à la pêcherie. Par extension, le contingent de recrues lui-même.

REMANENCE :

Persistante d'un contaminant dans l'environnement.

R.N.O. :

Abréviation de Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin.

RUISELLEMENT :

Ecoulement superficiel ou subsuperficiel (hypodermique) des eaux de pluies.

SALINITE :

Expression conventionnelle de la teneur en sels de l'eau de mer. C'est la quantité totale, en grammes, de résidu solide contenu dans un kilogramme d'eau de mer quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacés par le chlore et que toute la matière organique a été complètement oxydée.

L'apparition de salinomètres à induction qui mesurent directement un rapport de conductivité à conduit depuis 1978 à une définition de la salinité à partir d'un nombre k qui correspond au rapport de conductivité à 15°C sous une pression d'une atmosphère d'un échantillon d'eau de mer et d'une solution étalon de chlorure de potassium.

SALMONELLE :

Bacille de la famille des Enterobacteriaceae. Les salmonelles pathogènes sont responsables de maladies appelées salmonelloses dont la fièvre typhoïde.

SCISSIPARITE :

Forme de multiplication ou de génération dans laquelle l'organisme se divise en deux parties.

SELS NUTRITIFS :

Formes assimilables par les végétaux marins de l'azote, du phosphore et de la silice dissous dans l'eau de mer.

SILLON :

Dépression étroite et allongée de la zone côtière.

STRATIFICATION THERMIQUE :

Structure océanique caractérisée par l'existence d'un gradient vertical de température.

STREPTOCOQUES FECAUX :

Bactéries du groupe Streptococcus, d'origine fécale.

SUBTIDAL :

Caractérise la partie du littoral submergée en permanence.

TELLURIQUE :

Qualificatif employé pour caractériser une origine continentale.

THERMOGRAPHIE :

Photographie dans le domaine infrarouge permettant de mettre en évidence des différences de température de surface.

TURBIDITE :

Teneur en troubles d'une eau.

ULCERATION :

Formation d'ulcère ou l'ulcère lui-même.

VARIANCE :

Moyenne arithmétique des carrés des écarts à la moyenne. Elle caractérise la dispersion des valeurs d'une série autour de la moyenne.

VIBRIONS :

Bacille mobile à corps incurvé. Certains vibrions sont pathogènes et l'on compte le choléra parmi les maladies provoquées.

VIRUS :

Particule infectieuse parasite intracellulaire absolu de cellules hôtes. A titre d'exemple, l'hépatite virale est une maladie provoquée par un virus.

VIVE-EAU :

Epoque à laquelle le marnage est maximal, de fréquence environ bi-mensuelle, correspondant aux périodes de pleine lune et de nouvelle lune.

ZOOBENTHOS :

Ensemble des organismes du benthos appartenant au règne animal.

ZOOPLANCTON :

Ensemble des organismes du plancton appartenant au règne animal.

IFREMER
66 avenue d'Iéna
75116 PARIS

Région Nord - Pas de Calais
CONSEIL REGIONAL
B.P. 2035 - 59014 LILLE CEDEX