

43555

OEL Ø2992

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

**STATION MARINE
de
WIMEREUX**

DÉPARTEMENT ENVIRONNEMENT
LITTORAL ET GESTION DU MILIEU
MARIN

HYDROBIOLOGIE

CONTRAT EPR/USTL N° 147



28, avenue Foch - B. P. 41 - 62930 WIMEREUX

ETUDE INTEGREE DU LITTORAL

ESTUAIRES

(Aa . Canche . Authie . Somme)

HYDROBIOLOGIE

CONTRAT EPR / USTL N° 147

Financement

**Etablissement Public Régional
Nord - Pas de Calais**

et

**Centre National pour
l'Exploitation des Océans**

SOMMAIRE

| | Pages |
|--|-------|
| I - INTRODUCTION | 2 |
| II - PRESENTATION DES SITES | 2 |
| A. Localisation | 2 |
| B. Géomorphologie | 2 |
| C. Hydrodynamique - Climatologie | 3 |
| D. Moyens logistiques - Lieux de prélèvement | 5 |
| CHAPITRE I : HYDROBIOLOGIE | |
| I - METHODOLOGIE DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE | 10 |
| II - PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS | 11 |
| A. Exposé des travaux | 11 |
| B. Interprétation | 11 |
| 1 - Température | 11 |
| 2 - pH | 18 |
| 3 - Salinité | 21 |
| 4 - Oxygène dissous | 23 |
| 5 - Sels nutritifs | 26 |
| 6 - Chlorophylle et phaeopigments | 30 |
| 7 - Matières en suspension | 34 |
| C. Présentation et discussion des résultats du quadrillage au large | 38 |
| III - DISCUSSION - CONCLUSION | 43 |
| IV - BIBLIOGRAPHIE | 46 |
| V - LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX | |

CHAPITRE II : SEDIMENTOLOGIE

| | |
|--|-----|
| II-I - INTRODUCTION | 49 |
| II-II - TECHNIQUES D'ETUDE | 51 |
| II-III - RESULTATS RELATIFS AUX STATIONS PLURIDISCIPLINAIRES | 56 |
| - Canche | 56 |
| - Aa | 56 |
| II-IV - ETUDE DE LA CANCHE - CARTES DE DISTRIBUTION . | 69 |
| 1 - Généralités | 69 |
| 2 - Faciès | 72 |
| 3 - Teneurs en sable | 83 |
| 4 - Teneurs en fraction fine | 85 |
| 5 - Modes | 86 |
| 6 - Grain moyen | 87 |
| 7 - Teneurs en carbonates de calcium | 88 |
| 8 - Teneurs en carbone organique | 90 |
| 9 - Minéraux argileux | 91 |
| 10 - Conclusion | 94 |
| II-V - ETUDE DE L'AA - CARTES DE DISTRIBUTION | 95 |
| 1 - Généralités | 95 |
| 2 - Teneurs en sable | 95 |
| 3 - Teneurs en fraction fine | 99 |
| 4 - Modes | 100 |
| 5 - Grain moyen | 101 |
| 6 - Teneurs en carbonate de calcium | 102 |
| 7 - Teneurs en carbone organique | 103 |
| 8 - Minéraux argileux | 104 |
| 9 - Conclusion | 105 |
| II-VI - CARACTERES SEDIMENTOLOGIQUES PROPRES AUX DEUX ESTUAIRES - CONCLUSION | 107 |

CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE

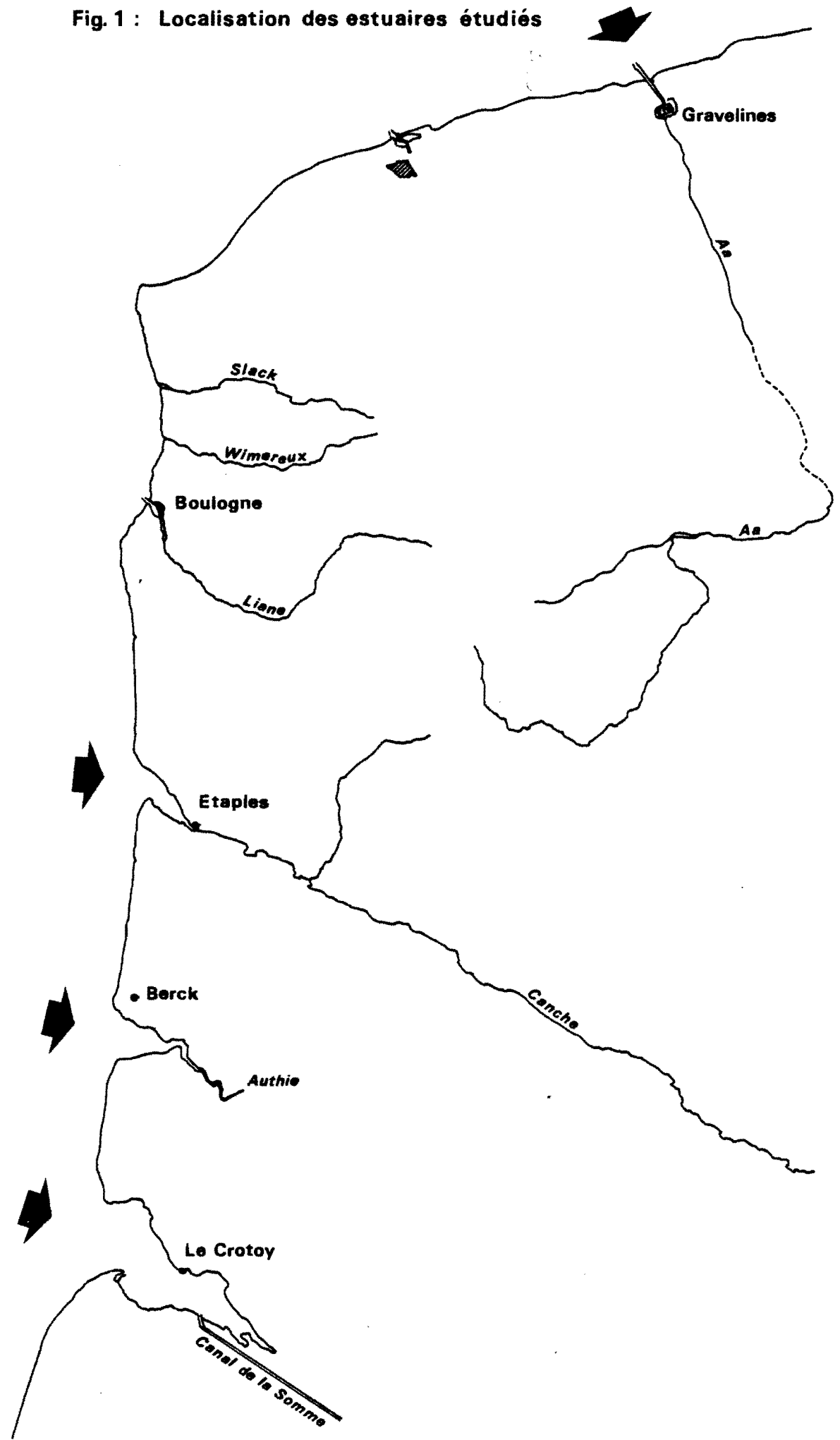
| | |
|---|-----|
| III-I - INTRODUCTION | 112 |
| III-II - TECHNIQUES D'ETUDE | 112 |
| - Prélèvements | 114 |
| - Analyses microbiologiques | 114 |
| III-III - RESULTATS | 117 |
| - Aa | 117 |
| - Canche | 122 |
| - Authie | 128 |
| - Somme | 135 |
| III-IV - DISCUSSION | 140 |
| - Nombre de germes totaux | 140 |
| - Structure de la microflore | 142 |
| - Vibrions halophiles | 144 |
| - <i>Salmonella</i> | 144 |
| - Indicateurs fécaux et flux de pollution | 145 |
| - Conclusions | 147 |

CHAPITRE IV : MICROPOLLUANTS CHIMIQUES

| | |
|--|-----|
| IV-I - INTRODUCTION | 150 |
| IV-II - PRELEVEMENTS | 151 |
| IV-III - METHODOLOGIE ANALYTIQUE | 156 |
| IV-IV - RESULTATS | 158 |
| - Aa | 159 |
| - Canche | 164 |
| - Authie | 167 |
| - Somme | 171 |
| IV-V - FLUX DE POLLUTION | 176 |
| IV-VI - CONCLUSIONS | 180 |
| BIBLIOGRAPHIE | 181 |

| | | |
|---------|---|----------|
| ANNEXES | 1 : Aa : concentrations de métaux toxiques | 183 |
| | 2 : Aa : concentrations de pesticides et plastifiants | 184-185 |
| | 3 : Canche : métaux | 186 |
| | 4 : Canche : pesticides et plastifiants | 187-188 |
| | 5 : Authie : métaux | 189 |
| | 6 : Authie : pesticides et plastifiants | 190-191 |
| | 7 : Somme : métaux | 192 |
| | 8 : Somme : pesticides et plastifiants | 193-194. |

Fig. 1 : Localisation des estuaires étudiés



I - INTRODUCTION

L'étude effectuée en 1982 sur les environnements estuariens du Nord Pas-de-Calais repose sur quatre contrats, considérés dans un contexte pluridisciplinaire, signés entre le C.N.E.X.O.-E.P.R. d'une part, l'Université de Lille I* et l'Institut Pasteur de Lille** d'autre part, et relatifs aux aspects hydrobiologiques, sédimentologiques, bactériologiques et molysmologiques de quatre estuaires.

Suite à l'étude du littoral Nord/Pas-de-Calais dans le cadre de la campagne HYDROBIOS 80 (R.N.O.), l'importance des rejets estuariens sur les caractéristiques des eaux côtières s'est révélée indéniable. Les paramètres physicochimiques observés lors des campagnes "Car-Ferry" 1979-1980 (BENTLEY D. - DUPONT J.) ont montré que les eaux de la frange littorale présentaient certaines particularités liées aux apports telluriques.

Depuis, (1973) le suivi du site de Gravelines (centrale E.D.F.), avant et pendant les travaux de génie civil, a montré, dans l'influence des courants de marée, l'impact des rejets de l'Aa sur la zone côtière s'étendant de Calais à la frontière belge. De plus l'ensemble de la littérature scientifique montre l'importance biologique, écologique et molysmologique des estuaires. Cette importance a été prouvée dans le travail de synthèse réalisé en 1976 par MARTIN J.M. et coll. Ceux-ci ont mis notamment en évidence le rôle de la structure et de la circulation estuarienne dans le transfert des polluants. C'est pourquoi cette première phase de l'étude a tenté de caractériser les types d'estuaires de notre région, d'inventorier les différents paramètres qui leurs sont liés et, d'estimer les flux de polluants. L'approche effectuée concerne d'une part un petit nombre de stations fixes étudiées dans chaque estuaire par des méthodes interdisciplinaires, d'autre part une étude généralisée des sédiments superficiels de deux estuaires sélectionnés (Canche et Aa) et donnant lieu à des cartes de distribution. Une seconde phase doit permettre d'étudier les mécanismes et tendre vers une modélisation.

Des travaux avaient été précédemment réalisés sur la Canche mais couvraient essentiellement les domaines de la biologie (DESAUNAY, 1973 - DUVAL, 1973). Pour la Somme des études sédimentologiques dans le cadre du programme Greco-Manche visant à l'établissement d'une carte sédimentologique de la Manche Orientale (MOMMERIL P., 1980) et des travaux ponctuels de biosédimentologie (DUPONT J.P., 1981) ont été réalisés.

* N° U.S.T.L. 137 - Délibération E.P.R. 81275 du 21.XII.81 - Laboratoires de Monsieur RICHARD et Monsieur CHAMLEY

** Délibération 81 275 du 21.XII.81
82 054 du 8.III.82

Pour la microbiologie, des données ont été obtenues par la cellule antipollution du Pas-de-Calais (rapport interne). Les travaux s'appuient également sur les données de l'inventaire national de la qualité des eaux superficielles (Agence de Bassin).

II - PRESENTATION DES SITES

A) Localisation

Parmi les estuaires de la région (Fig. 1), le choix a porté sur deux grands types d'estuaires canalisés et non canalisés. Pour le premier groupe, l'Aa a été préférée à la Liane, du fait d'une zone portuaire moins complexe et d'un rejet vers l'aval plus direct (absence de rade). Dans le second ensemble, la Somme, l'Authie et la Canche sont apparues plus intéressantes du fait de l'importance de leur bassin versant, de leur débit et par là de leur capacité à véhiculer tout type d'élément (polluant ou non) vers le domaine marin. La Slack et le Wimereux ayant de leur côté un bassin versant au débit faible, n'ont pas été pris en compte en attendant les résultats des campagnes en cours Hydrobios II et Mollusques 82 (cf. Chapitres III et IV).

B) Géomorphologie

Le courant de marée et l'orientation de la houle dominante induisent une morphologie particulière, typique des estuaires dits Picards (Fig. 5, 6 et 7).

Au Sud, la sédimentation provoque l'avancée d'une langue de sable, le poulrier, qui tend à fermer l'estuaire, ne laissant en communication avec la mer qu'un étroit chenal. A l'opposé, au Nord de l'estuaire, le littoral est érodé, formant un cap très arrondi dénommé musoir. Ces caractéristiques "morphologiques" provoquent lors du montant une barre de déferlement à l'entrée de l'estuaire sur les hauts fonds que constitue le banc de sable.

L'ensemble de ces estuaires découvrent à marée basse. Seul persiste un ou plusieurs chenaux d'importances inégales, entrecoupés de bancs totalement ou partiellement émergés, constituants de faux chenaux ou des "bâches". Dans la mesure du possible, en tenant compte des difficultés de repérage et de la relative mobilité des chenaux, les prélèvements ont été réalisés au-dessus de ces chenaux où le courant est maximum. Même l'Aa, pourtant très aménagé, présente à marée basse des méandres au milieu de son lit envasé.

C) Hydrodynamique - Climatologie

Les débits mesurés par les services de l'Agence de Bassin ne sont dépouillés que dans le courant de l'année suivant les relevés. Nous avons dû nous contenter pour ce travail de données moyennes obtenues sur une quinzaine d'années.

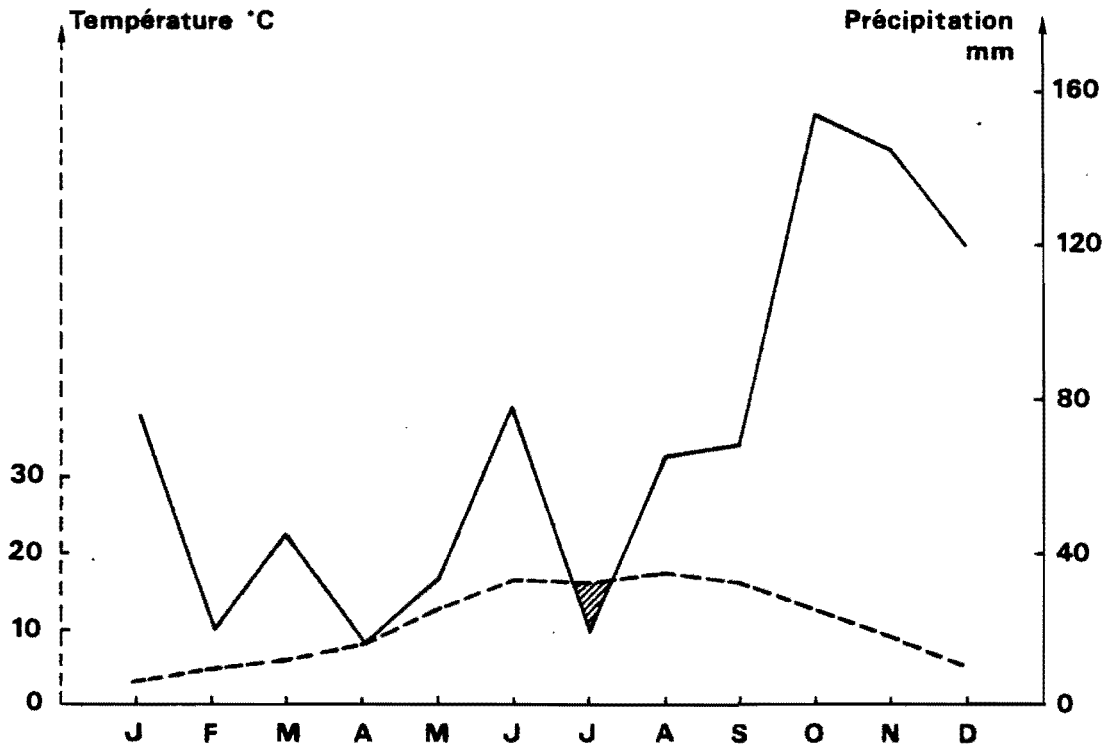


Fig. 2 : Diagramme ombrothermique (1982)

station météorologique du Touquet

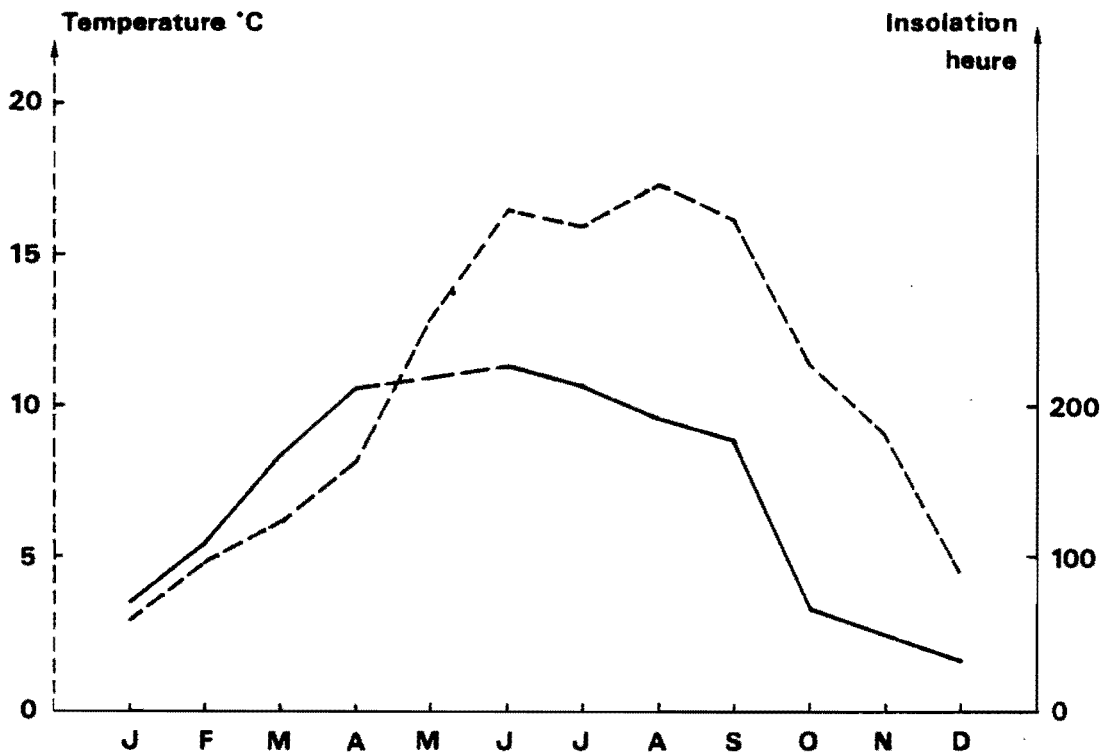


Fig. 3 : Température et Insolation

station météorologique du Touquet

Tableau 1 : Débits annuels et mensuels moyens, superficie du bassin versant des fleuves étudiés.

| Cours d'eau | Station | Bassin versant (km ²) | Débit annuel moyen (m ³ /s) | Débit mensuel moyen (m ³ /s) | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------------------------------|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Aa (1964-1977) | Wizernes | 392 | 4,48 | 5,74 | 6,09 | 5,95 | 5,66 | 4,88 | 4,15 | 3,51 | 2,96 | 2,87 | 2,98 | 3,99 | 5,10 |
| Canche (1962-1977) | Brimeux | 894 | 10,9 | 12,5 | 13,1 | 12,7 | 12,5 | 11,9 | 10,7 | 9,85 | 8,83 | 8,57 | 8,74 | 10,2 | 11,5 |
| Authie (1963-1977) | Dompiere | 726 | 6,80 | 7,40 | 7,69 | 7,67 | 7,65 | 7,53 | 7,03 | 6,55 | 5,96 | 5,79 | 5,64 | 5,93 | 6,65 |
| Somme (1963-1977) | Abbeville | 5560 | 31,1 | 34,7 | 37,0 | 37,7 | 36,2 | 34,2 | 30,4 | 28,2 | 25,1 | 24,0 | 25,4 | 29,1 | 31,6 |

Cependant une approche des débits de l'année d'observation peut être faite en tenant compte des précipitations (Fig. 2).

Les précipitations sont en effet dans notre région les causes principales des variations de débit. L'aspect de ce diagramme correspond bien au climat tempéré océanique avec une courbe de précipitations bien au-dessus de celle des températures. Il faut cependant remarquer que le mois de juillet 82 peut être considéré comme un mois sec. La comparaison avec les valeurs des précipitations des années précédentes montre que l'année 1982 a été très pluvieuse. Durant le dernier trimestre 82 les précipitations ont été de 419 mm, alors que la moyenne pour la même période sur 25 ans est de 288 mm.

Un paramètre climatologique non négligeable est la durée horaire d'ensoleillement (Insolation). Les valeurs peuvent être obtenues à la station météorologique de l'aéroport du Touquet, elles intéressent donc les trois estuaires "Sud" de l'étude. (Fig. 3).

D) Moyens logistiques - Lieux de prélèvement *

Les sorties ont été effectuées à bord du Zodiac "TEMORA" de la Station Marine de Wimereux pour l'ensemble des stations effectuées dans l'estuaire lui-même. Les prélèvements amont ont été réalisés "à pied" soit depuis la berge (station 2 - Canche) soit depuis des ponts (station 1 - Authie, 1 Canche) soit encore en amont d'écluses (station 1 et 2 sur l'Aa). L'ensemble des points de prélèvement et leur répartition sont présentés sur les cartes (Fig. 4, 5, 6 et 7). Les stations des prélèvements sédimentologiques sont portées sur les cartes II - 5 et II - 17 du chapitre II.

* Nous tenons à remercier le personnel de la Station qui nous a aidé à réaliser une partie des prélèvements et analyses de ce contrat.

Fig. 4 : Estuaire de l'Aa
stations de prélèvement : 1 - 6

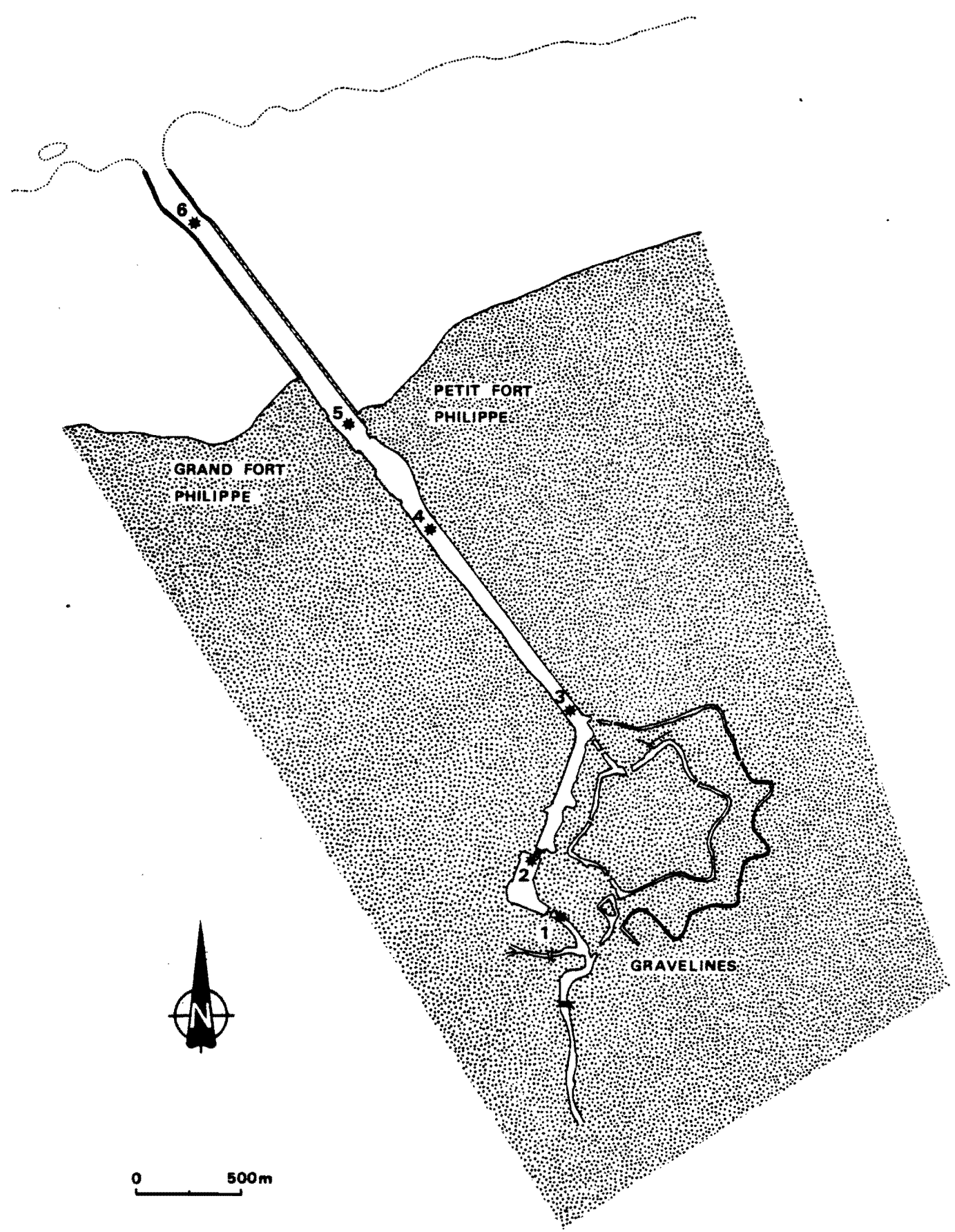


Fig. 5 : Estuaire de la Canche
stations de prélèvement : 1 - 7

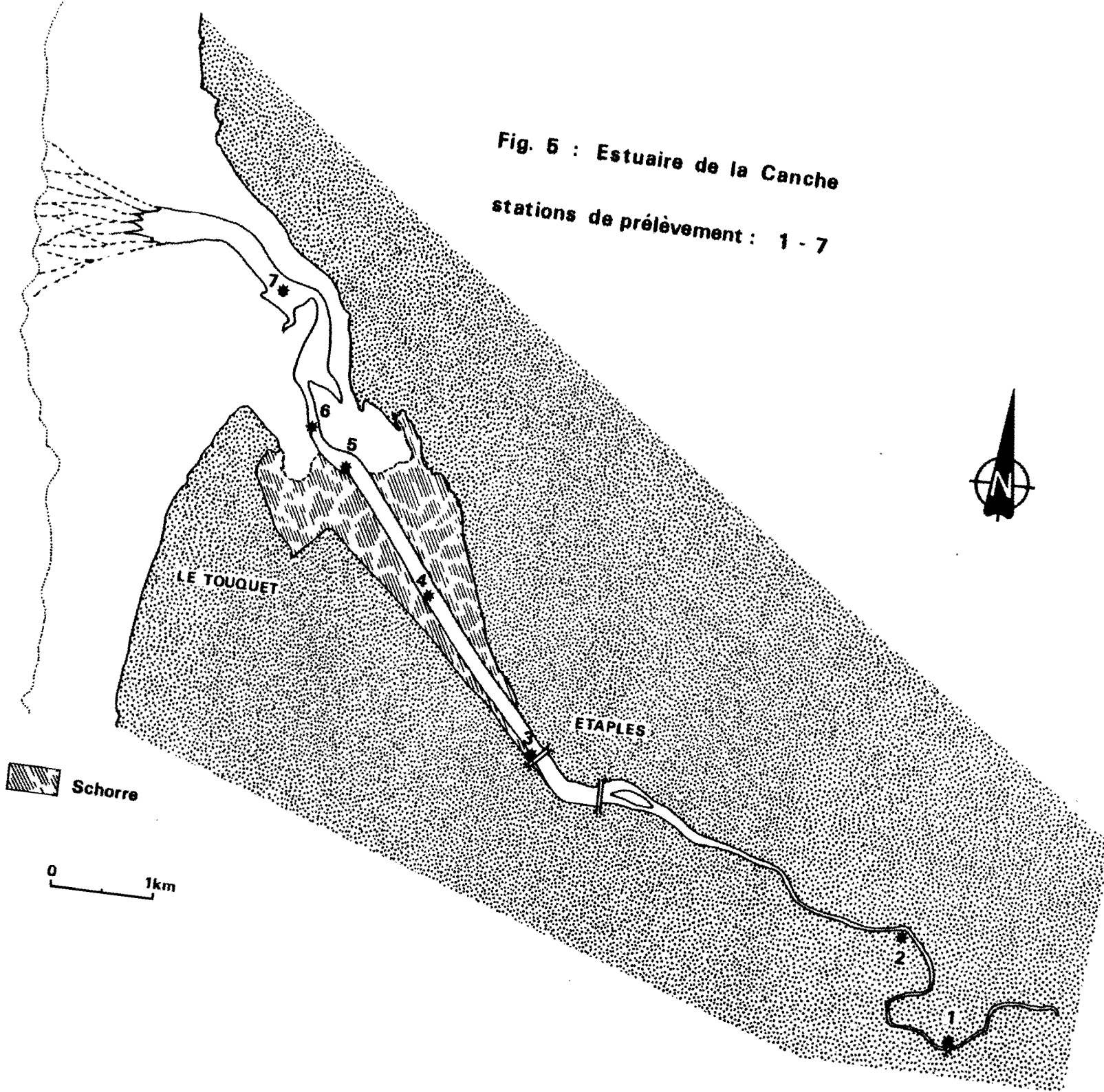
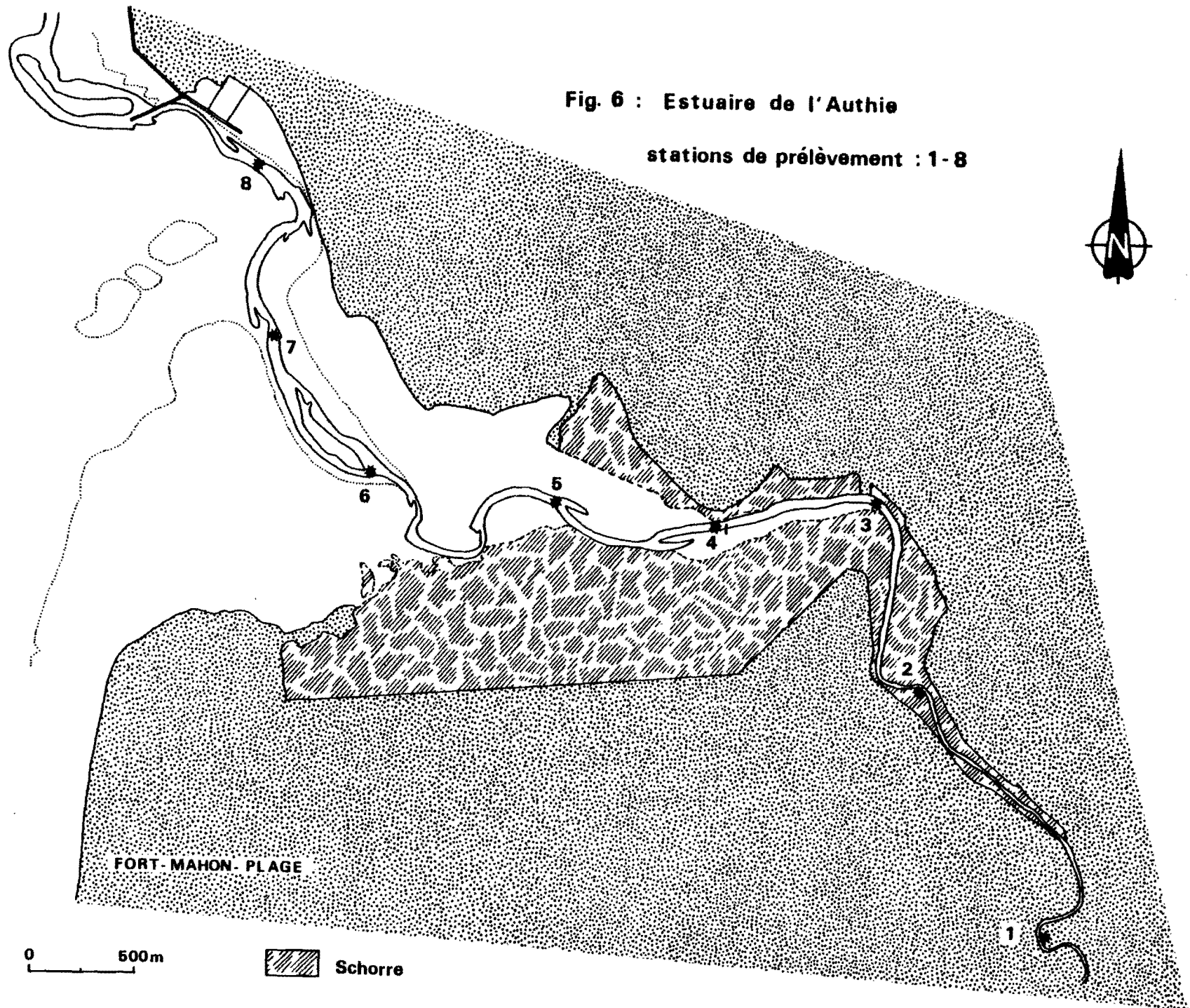


Fig. 6 : Estuaire de l'Authie

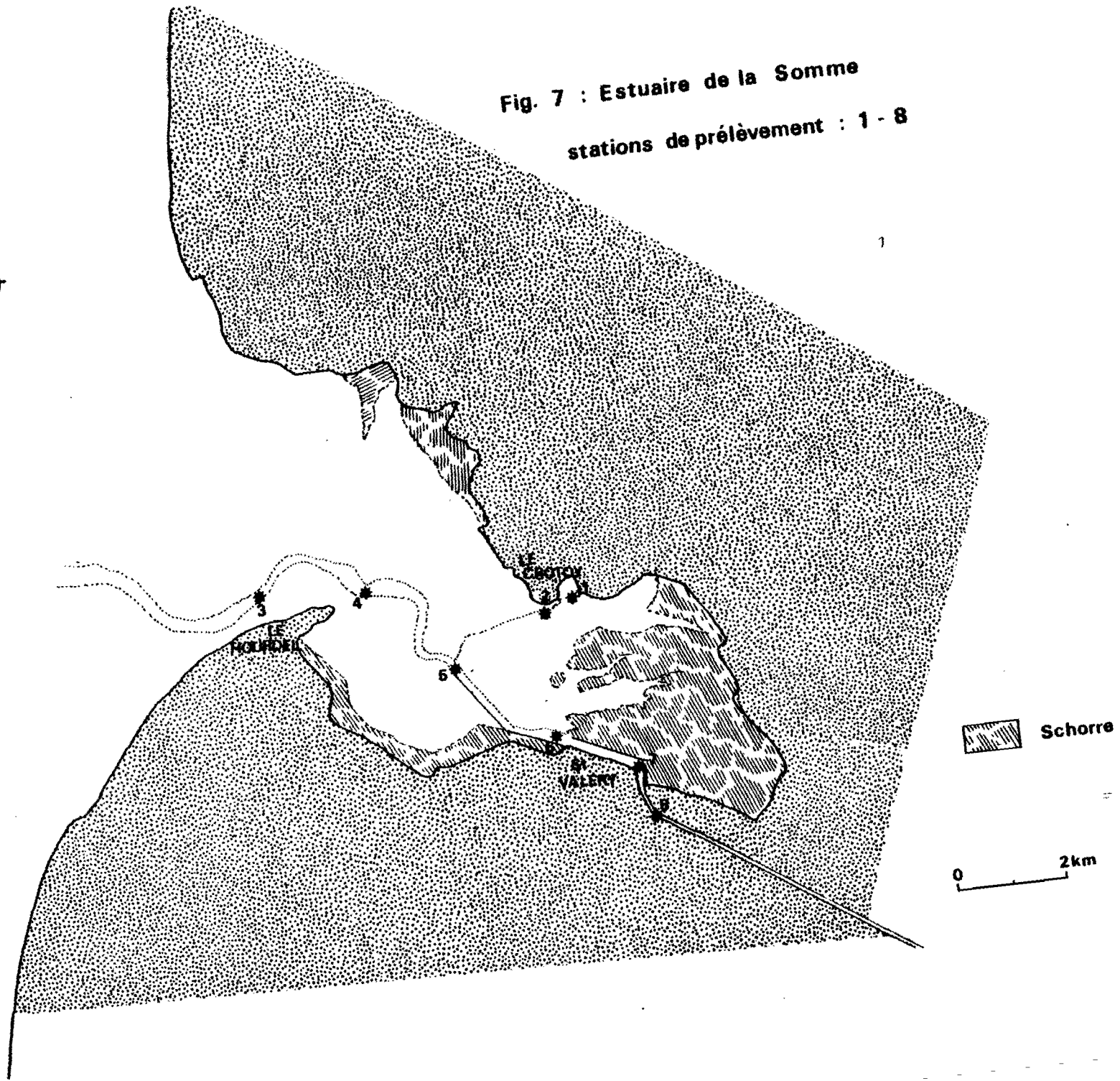
stations de prélèvement : 1-8



0 500m

 Schorre

Fig. 7 : Estuaire de la Somme
stations de prélèvement : 1 - 8



Schorre
0 2km

RAPPORT "ESTUAIRES"

CHAPITRE I : HYDROBIOLOGIE

Daniel BENTLEY

Jérôme ORANGE

SOMMAIRE

CHAPITRE I : HYDROBIOLOGIE

| | Pages |
|--|-------|
| I - METHODOLOGIE DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE | 10 |
| II - PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS | 11 |
| A. Exposé des travaux | 11 |
| B. Interprétation | 11 |
| 1 - Température | 11 |
| 2 - pH | 18 |
| 3 - Salinité | 21 |
| 4 - Oxygène dissous | 23 |
| 5 - Sels nutritifs | 26 |
| 6 - Chlorophylle et phaeopigments | 30 |
| 7 - Matières en suspension | 34 |
| C. Présentation et discussion des résultats du quadrillage au large | 38 |
| III - DISCUSSION - CONCLUSION | 43 |
| IV - BIBLIOGRAPHIE | 46 |
| V - LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX | |

CHAPITRE I : HYDROBIOLOGIE

I - Méthodologie de prélèvement et d'analyse

Les prélèvements ont été effectués, à pied, à l'aide d'un seau, en limitant au maximum les turbulences lors de l'immersion et de la remontée. Les autres stations ont été réalisées à l'aide d'une bouteille à clapets immergée, une vingtaine de centimètres en dessous de la surface.* Les températures sont dans les deux cas relevées dès la remontée du prélèvement à l'aide d'un thermomètre au 1/10ème.

Les filtrations destinées aux mesures du taux de chlorophylle, du poids de matière en suspension et à la préparation des échantillons pour l'analyse des sels nutritifs, est effectuée dès le retour à terre à l'aide de dispositifs sous pression (mis au point par A. RICHARD).

Les différentes analyses ont été conduites selon les méthodologies conseillées par le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (Bulletin R.N.O. n° 1).

Un néphélomètre HF instruments (modèle DRT 1000) a permis l'évaluation de la turbidité optique. L'ammoniac, la chlorophylle et les phaeopigments ont été dosés sur spectrophotomètre Beckman (model 24).

La salinité est mesurée par un salinomètre Beckman à induction. Les teneurs en sels nutritifs sont évaluées à l'aide d'un autoanalyseur Technicon II.

* Les prélèvements en profondeur n'ont pu être réalisés du fait de l'absence de treuil à bord du Zodiac. Le courant très fort lors des prélèvements nécessitait un lestage important de la bouteille pour obtenir le déclenchement du système de fermeture.

II - PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

A) Exposé des travaux

Les résultats de l'ensemble des analyses effectuées aux différentes stations sont regroupés dans les tableaux : 3, 4, 5 et 6. Les valeurs pour les différents paramètres sont données dans les unités suivantes :

- . Température en degrés Celsius
- . Salinité en mg de chlorures/litre
- . Oxygène dissous en ml/l
- . Ammoniac, nitrates, nitrites, phosphates, silicates en $\mu\text{atg/l}$
- . Chlorophylle et phaeopigments en $\mu\text{g/l}$
- . Matière en suspension en mg/l
- . Turbidité en N T U.

B) Interprétation

L'interprétation des résultats sera exposée pour chaque paramètre afin de mettre en évidence les similitudes et différences entre les estuaires étudiés.

1 - Température
.....

Les variations saisonnières entre les points amont et aval des estuaires mettent en évidence l'importance des interventions humaines sur le débit.

Tableau 2 : Limites saisonnières des températures (°C)
pour les quatre estuaires

| | AMONT | | AVAL | |
|--------|-------|------|-------|------|
| | Hiver | Eté | Hiver | Eté |
| Aa | 7,9 | 21,5 | 7,7 | 21 |
| Canche | 7 | 15,2 | 5 | 18,2 |
| Authie | 6,9 | 15,5 | 4,9 | 17,4 |
| Somme | 5,4 | 17,8 | 4,9 | 17,3 |

TABLEAU 3 : RESULTATS DES ANALYSES POUR L'ESTUAIRE DE L'AA

| N° STATION | Date/Heure | Marée | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | SiO ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|------------|---------------|------------------------|------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|--------|--------|------|
| 1 | 11-2/15 H 50 | PM : 15 H 18 C : 96 | 7,9 | 0,40 | 7,6 | 5,41 | 65 | 179,60 | 15,01 | 421 | - | 149 | 5,37 | 0,03 | 9,7 | - |
| 3 | 11-2/15 H 00 | | 7,6 | 6,78 | 7,7 | 4,85 | 60 | 168,37 | 6,3 | 206 | 2,1 | 129 | 5,18 | 2,08 | 18,9 | - |
| 5 | 11-2/14 H 30 | | 7,7 | - | 7,7 | 5,20 | - | 151,40 | 3,3 | 234 | - | 128 | 5,35 | 2,26 | 22,89 | - |
| 1 | 5-3/11 H 30 | PM : 8 H 39 C : 48 | - | 0,45 | - | 5,92 | - | 353,6 | 12,94 | 334 | 0 | 77 | 15,73 | 2,91 | 17,43 | 5,5 |
| 2 | 5-3/11 H 00 | | - | 0,53 | - | 6,12 | - | 460,81 | - | - | - | - | - | - | 21,47 | 6 |
| 3 | 5-3/10 H 00 | | 7,5 | 1,33 | - | 6,21 | 75 | 506,48 | 14,54 | 336 | 1,9 | 126 | - | - | - | 8 |
| 4 | 5-3/ 9 H 30 | | - | 1,04 | - | 6,27 | - | 420,72 | 14,46 | 345 | 0 | 140 | 22,54 | 6,96 | 13,28 | 7,5 |
| 5 | 5-3/ 9 H 00 | | 7,2 | 1,93 | - | 6,53 | 78 | 443,51 | 12,60 | 300 | 4,8 | 127 | 22,83 | 12,16 | 15,66 | 7,5 |
| 6 | 5-3/ 8 H 15 | | 7,1 | 29,76 | - | 7,13 | 100 | 190,75 | 0,68 | 35,7 | - | 10,6 | 13,16 | 10,20 | 68,69 | 17,5 |
| 1 | 5-3/14 H 45 | PM : 8 H 39 C : 48 | - | 0,32 | - | 6,53 | - | 51,71 | 16,35 | 363 | 0 | 131 | 18,41 | 31,26 | 6,56 | 4,5 |
| 3 | 5-3/16 H 10 | | 8,1 | 0,40 | - | 7,01 | 85 | 392,70 | 14,35 | 381 | 3,3 | 60 | 22,69 | 17,94 | 25,63 | 11 |
| 5 | 5-3/15 H 45 | | 7,8 | 0,81 | - | 6,97 | 84 | 385,85 | 14,17 | 340 | 0 | 143 | 22,92 | 12,48 | 34,02 | 15 |
| 1 | 7-4/13 H 30 | PM : 13 H 41 C : 88 | 12 | 0,40 | 7,85 | 6,10 | 81 | 94,60 | 10,66 | 418 | 9,1 | 78 | 51,78 | 11,15 | 16,63 | 7,5 |
| 3 | 7-4/12 H 00 | | 11,8 | 1,15 | 7,90 | 6,66 | 88 | 131,60 | 9,33 | 348 | 9,1 | 115 | - | - | 28,52 | 13 |
| 5 | 7-4/11 H 20 | | 10,5 | 30,70 | 8,05 | 7,13 | 111 | 15,96 | 0,83 | 28,4 | - | 5,9 | 53,05 | 45,01 | 135,98 | 56 / |
| 1 | 7-5/12 H 32 | PM : 13 H 51 C : 86 | 11,7 | 0,51 | 8,10 | 2,27 | 30 | 67,40 | - | - | - | - | 77,26 | 71,73 | - | 7 |
| 2 | 7-5/12 H 50 | | 11,6 | 0,71 | 8,10 | 4,12 | 54 | 58,40 | - | - | - | - | 178,07 | - | - | 9,4 |
| 3 | 7-5/14 H 25 | | 11,6 | 4,05 | 8,55 | 2,12 | 28 | 49,00 | - | - | - | - | 58,61 | 58,54 | - | 8 |
| 4 | 7-5/14 H 05 | | 11,7 | 2,49 | 8,65 | 3,63 | 48 | 53,20 | - | - | - | - | 142,26 | - | - | 8,5 |
| 5 | 7-5/13 H 50 | | 11,8 | 3,26 | 8,70 | 4,21 | 57 | 44,80 | - | - | - | - | 111,41 | 33,53 | - | 10 |
| 6 | 7-5/13 H 30 | | 11,9 | 32,81 | 8,70 | 1,97 | 31 | 1,17 | - | - | - | - | 39,22 | 13,39 | - | 17 |
| 1 | 20-7/14 H 15 | PM : 13 H 25 C : 89 | 21,5 | 0,53 | 8,62 | 6,32 | 102 | 41,35 | 23,33 | 437 | 0,22 | 69 | 146,28 | 34,16 | 22,54 | 7,6 |
| 3 | 20-7/13 H 00 | | 21 | 4,97 | 8,60 | 8,37 | 138 | 41,15 | - | - | 0,09 | 50 | 70,41 | 71,32 | 22,54 | 8 |
| 5 | 20-7/12 H 35 | | 21 | 33,86 | 8,58 | 5,06 | 99 | 4,09 | 0,3 | 11 | - | 4 | 11,43 | 10,46 | 41,29 | 6,8 |
| 1 | 6-8/15 H 45 | PM : 15 H 09 C : 80 | 22 | 0,58 | - | 6,56 | 107 | 101 | 66,33 | 575 | 0 | 57 | 119,84 | - | 13,05 | - |
| 2 | 6-8/15 H 20 | | 21,7 | 1,07 | - | 5,17 | 84 | 95,5 | 67,33 | 587 | 0,28 | 41 | 91,50 | 53,06 | 23,12 | - |
| 3 | 6-8/14 H 40 | | 21,7 | 3,13 | - | 5,00 | 82 | 112 | 23,17 | 223 | 0,26 | 44 | 61,82 | 42,44 | 18,22 | - |
| 4 | 6-8/14 H 25 | | 21,5 | 2,28 | - | 6,42 | 105 | 105 | 63,67 | 584 | 0,22 | 37 | 62,07 | 24,16 | 18,36 | - |
| 5 | 6-8/14 H 10 | | 21,6 | 7,05 | - | 6,25 | 105 | 100 | 50,33 | 412 | 0,29 | 52 | 32,35 | 42,54 | 19,09 | - |
| 6 | 6-8/14 H 00 | | 20,9 | 32,80 | - | 4,40 | 85 | 11,6 | 0,44 | 76 | - | 8 | 6,28 | 8,70 | 38,85 | 8,7 |
| 1 | 14-9/10 H 45 | PM : 11 H 12 C : 59 | - | 0,41 | 8,91 | 6,74 | - | - | 15,83 | 390 | 1,8 | 91 | 9,04 | 60,08 | 28,9 | 7,5 |
| 3 | 14-9/10 H 05 | | 18 | 8,72 | 8,69 | 5,34 | 85 | - | 8,42 | 215 | 4,6 | 71 | 69,32 | 228 | 25,15 | 8 |
| 5 | 14-9/ 9 H 45 | | 18,2 | 33,98 | 8,89 | 4,56 | 84 | - | 5,3 | 4,5 | - | 59 | 43,12 | 108,28 | 44,86 | 14,5 |
| 1 | 11-10/8 H 55 | PM : 7 H 02 C : 45 | 12,5 | 0,42 | 7,55 | 1,83 | 22 | 111,43 | 1,75 | 741 | 5,1 | 145 | 18,96 | 24,92 | 22,39 | 5,5 |
| 2 | 11-10/8 H 35 | | 12,5 | 0,62 | 7,3 | 2,14 | 28 | 95,23 | 1,92 | 450 | 2,9 | 97 | 13,82 | 17,97 | 19,46 | 5,5 |
| 3 | 11-10/7 H 55 | | 12,8 | 0,61 | 7,6 | 3,49 | 47 | 77,97 | 1,42 | 313 | 6,9 | 144 | 21,37 | 27,49 | 15,72 | 7 |
| 4 | 11-10/7 H 45 | | 12,5 | 2,62 | 7,5 | 3,76 | 51 | 86,64 | 2,37 | 649 | 4,6 | 156 | 19,65 | 27,99 | 24,83 | 6,5 |
| 5 | 11-10/7 H 30 | | 12,5 | 4,75 | 7,7 | 3,77 | 52 | 47,5 | 1,92 | 393 | - | 93 | - | - | 26,36 | 7,5 |
| 6 | 11-10/7 H 15 | | 12,5 | 16,51 | 7,9 | 4,42 | 65 | 38,38 | 2,08 | 343 | 7,8 | 95 | 12,69 | 17,46 | 22,73 | 10,5 |
| 1 | 15-11/15 H 00 | PM : 12 H 49 C : 89 | 9,8 | 0,55 | 7,9 | 4,8 | 60 | 232 | 8,39 | 323 | 7,7 | 164 | 8,73 | - | 14,32 | 5,8 |
| 3 | 15-11/14 H 05 | | 9,4 | 5,33 | 8 | 5,51 | 71 | 258 | 4,20 | 183 | 7,6 | 124 | 10,93 | 1,04 | 23,59 | 10,3 |
| 5 | 15-11/13 H 45 | | 9,3 | - | 8 | 6,61 | - | 284 | 5,3 | 207 | - | 187 | 5,67 | 2,87 | 24,84 | 13,5 |

PM : Heure + 1 de la Pleine Mer à Boulogne

C : Coefficient de la marée.

TABLEAU 4 : RESULTATS DES ANALYSES POUR L'ESTUAIRE DE LA CANCHE

| N° STATION | Date/Heure | Marée | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | SiO ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|------------|---------------|--------------|-------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|-------|--------|------|
| 1 | 4-2/ - | | - | 0,23 | 7,9 | - | - | - | 1,68 | 264 | 0,3 | 29,4 | - | - | 8,07 | |
| 2 | 4-2/ - | | - | 0,23 | 7,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25,41 | |
| 3 | 4-2/11 H 30 | PM : 7 H 57 | 7,1 | 0,37 | - | 6,31 | 75 | 1,63 | 1,46 | 260 | traces | 1,98 | 0,98 | 1,26 | 37,52 | |
| 4 | 4-2/11 H 20 | C : 55 | 7,1 | 0,37 | - | 6,34 | 75 | 1,57 | - | - | - | - | 0,90 | 1,61 | 29,98 | |
| 5 | 4-2/11 H 00 | | 6,8 | 0,51 | - | 6,37 | 75 | 1,29 | - | - | - | - | 5,69 | 6,71 | 242,76 | |
| 6 | 4-2/10 H 15 | | 5,0 | 22,50 | - | 6,94 | 90 | 4,01 | - | - | - | - | 6,62 | 2,40 | 101,68 | |
| 2 | 26-3/15 H 30 | PM : 12 H 54 | - | 0,23 | 7,85 | 6,57 | - | 5,10 | - | - | - | - | 6,27 | - | 47,03 | |
| 4 | 26-3/14 H 10 | C : 102 | - | 21,26 | 7,9 | 6,86 | - | 4,42 | 0,91 | 62 | 0,6 | 42 | 4,13 | 1,59 | 32,25 | |
| 6 | 26-3/12 H 45 | | 7,8 | 30,85 | 8 | - | 104 | 0,85 | 0,38 | 35,92 | 22,1 | 11,2 | 7,79 | 1,01 | 51,45 | |
| 2 | 22-4/14 H 00 | PM : 12 H 08 | 12,3 | 0,34 | 8 | 6,78 | 90 | 3,53 | - | - | - | - | 14,91 | - | 72,11 | 14 |
| 4 | 22-4/12 H 43 | C : 84 | 10,6 | 30,56 | 8,4 | 6,93 | 108 | 0,70 | - | - | - | - | 22,36 | 18,62 | 31,63 | 7 |
| 6 | 22-4/11 H 20 | | 9,6 | 33,17 | 8,4 | 9,54 | 147 | 0,55 | - | - | - | - | 24,55 | 4,77 | 30,30 | 10 |
| 1 | 18-5/11 H 30 | PM : 8 H 49 | 14,2 | 0,25 | - | 2,47 | 34 | 8,36 | - | - | - | - | 7,07 | 5,08 | 41,83 | 8 |
| 2 | 18-5/11 H 10 | C : 44 | 13,85 | 0,25 | - | 2,79 | 39 | 7,10 | - | - | - | - | 8,48 | 13,18 | 52,35 | 9,6 |
| 3 | 18-5/ 9 H 45 | | 14,1 | 0,26 | - | 0,39 | 5 | 7,82 | - | - | - | - | 6,99 | 3,21 | 18,63 | |
| 4 | 18-5/ 9 H 30 | | 13,6 | 0,63 | - | 0,73 | 10 | 12,16 | - | - | - | - | 6,60 | 4,05 | 12,27 | |
| 5 | 18-5/ 9 H 15 | | 13,1 | 5,33 | - | 3,34 | 47 | 13,64 | - | - | - | - | 4,82 | 5,50 | 17,34 | 5 |
| 6 | 18-5/ 9 H 00 | | 12,7 | 12,61 | - | 2,97 | 43 | 7,48 | 2,82 | 150 | 1,3 | 66,9 | 6,48 | 3,04 | 61,84 | 4,6 |
| 7 | 18-5/ 8 H 35 | | 12,7 | 28,12 | - | 3,80 | 61 | - | 0,6 | 42,3 | traces | 10,1 | 15,92 | 4,24 | 100,44 | 5,5 |
| 2 | 8-7/16 H 30 | PM : 14 H 26 | 16,7 | 0,47 | 8,06 | 6,5 | 118 | 0,83 | 2,79 | 248 | 0,1 | 90,8 | 5,05 | 4,45 | - | 5 |
| 4 | 8-7/15 H 15 | C : 74 | 19,9 | 28,45 | 8,50 | 9,3 | 172 | 0,18 | 0,56 | 15,1 | - | 7,1 | 61,91 | 12,18 | 13,21 | 16,5 |
| 7 | 8-7/13 H 20 | | 17,8 | 32,55 | 8,39 | 6,87 | 125 | 0,00 | 0,04 | 0,1 | 0,20 | 0,9 | 40,62 | 13,00 | 52,70 | 21 |
| 1 | 16-8/12 H 30 | PM : 10 H 15 | - | 0,33 | 8,13 | 5,87 | - | 7,2 | 3,46 | 220 | 1,1 | 21 | 6,07 | 2,85 | 40,61 | 6,5 |
| 2 | 16-8/12 H 00 | C : 62 | 15,2 | 0,33 | 7,99 | 5,84 | 83 | - | 3,43 | 252 | 0,5 | 26,5 | 7,72 | 9,33 | 24,26 | 5 |
| 3 | 16-8/11 H 05 | | 15,8 | 6,53 | 8,03 | 7,18 | 107 | - | 3,51 | 206 | 1,4 | 67,7 | 5,48 | 5,41 | 22,25 | 7 |
| 4 | 16-8/10 H 45 | | 17,6 | 25,58 | 8,09 | 7,06 | 122 | 2,41 | 1,08 | 54 | 0,29 | 18,8 | 62,42 | 48,54 | 68,35 | 15,5 |
| 5 | 16-8/10 H 25 | | 18,4 | 30,49 | 8,53 | 5,64 | 103 | 2,24 | 0,31 | 8,6 | - | 5,8 | 35,25 | 14,88 | 49,99 | 10 |
| 6 | 16-8/10 H 00 | | 18,6 | 31,09 | 8,52 | 5,75 | 106 | 5,03 | 0,22 | 4,4 | 0,34 | 3,9 | 36,83 | - | 52,10 | 9,5 |
| 7 | 16-8/ 9 H 40 | | 18,2 | 31,83 | - | 6,09 | 111 | 4,15 | 0,67 | 1,2 | - | 0,5 | 75,07 | 44,30 | 76,92 | 23 |
| 2 | 30-9/10 H 51 | PM : 10 H 32 | 13 | 0,29 | 8,27 | 5,75 | 78 | 6,15 | 2,17 | 203 | 0,5 | 52,4 | - | - | 12,26 | 5,5 |
| 4 | 30-9/10 H 00 | C : 61 | 15,3 | 22,53 | 8,33 | 6,21 | 101 | 13,52 | 1,09 | 64 | 0,46 | 36,9 | - | - | - | 26 |
| 6 | 30-9/ 9 H 35 | | 16,6 | 32,24 | 8,33 | 5,33 | 94 | 54,33 | 0,29 | 8,1 | 0,41 | 5,9 | - | - | - | 22,5 |
| 2 | 12-10/ 7 H 25 | PM : 9 H 07 | 11,5 | 0,27 | 7,75 | 5,71 | 75 | 10,14 | 3,65 | 227 | - | 14,95 | 3,18 | 2,43 | - | 13 |
| 4 | 12-10/ 8 H 10 | C : 59 | 11,5 | 0,95 | 7,9 | 5,64 | 74 | 17,80 | 3,78 | 188 | - | 174,7 | 2,47 | 3,80 | 21,19 | 11,5 |
| 6 | 12-10/ 8 H 25 | | 11,7 | 12,76 | 8,2 | 6,94 | 98 | 26,53 | 1,74 | 66 | 3 | 76,8 | 11,57 | 0,48 | 30,26 | 12 |
| 2 | 5-11/15 H 15 | PM : 14 H 23 | 11 | 1,18 | 7,65 | 6,21 | 81 | 21 | - | 227 | 0,5 | 127,2 | 2,06 | 2,37 | 20,5 | 8 |
| 4 | 5-11/14 H 40 | C : 89 | 12,5 | 30,72 | 8,4 | 4,43 | 96 | 5,98 | 0,86 | 14,4 | 1 | 9,6 | 10,36 | 10,34 | 50,43 | 12,5 |
| 6 | 5-11/14 H 10 | | 12,7 | 31,47 | 8,4 | 5,68 | 93 | 4,83 | 0,74 | 14,1 | 0,84 | 8,6 | 7,12 | 9,04 | 48,21 | 11 |
| 1 | 2-12/14 H 45 | PM : 12 H 42 | 6,9 | 0,32 | 7,7 | 6,75 | 79 | 10,62 | 2,10 | 230 | 0,60 | 34,8 | - | - | 61,47 | 10 |
| 2 | 2-12/14 H 30 | C : 102 | 7 | 0,50 | 7,7 | 6,65 | 78 | 10,54 | 2,98 | 280 | 0,98 | 47,3 | 2,47 | - | 44,14 | 14 |
| 3 | 2-12/13 H 15 | | 7,3 | 26,78 | 7,8 | 6,34 | 89 | 8,43 | 1,30 | 51 | 1,73 | 28,6 | - | - | 35,37 | 10 |
| 4 | 2-12/13 H 00 | | 8,2 | 31,14 | 7,9 | 6,23 | 92 | 6,15 | 1,01 | 26 | 1,40 | 16,8 | 2,42 | 0,93 | 36,58 | 8,5 |
| 5 | 2-12/12 H 40 | | 8,9 | 32,39 | 7,95 | 6,03 | 91 | 4,20 | 0,93 | 16 | 1,24 | 11,4 | 2,54 | 0,53 | 35,01 | 9 |
| 6 | 2-12/12 H 20 | | 9,1 | 32,52 | 7,95 | 6 | 91 | 3,16 | 0,88 | 14,5 | 1,51 | 10,1 | 3,04 | 0,92 | 40,9 | 12,5 |
| 7 | 2-12/11 H 55 | | 8,7 | 32,39 | 7,95 | 6,05 | 91 | 4,27 | 0,89 | 15,7 | 1,12 | 11,1 | 3,21 | 1,52 | 46,92 | 16 |

PM : Heure de la Pleine Mer à Boulogne sur mer
C : Coefficient de la marée.

TABLEAU 5 : RESULTATS DES ANALYSES POUR L'ESTUAIRE DE L'AUTHEIE

| N° STATION | Date/Heure | Marée | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | Z O ₂ | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | SiO ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|------------|---------------|------------------------|-------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|-------|--------|------|
| 1 | 21-2/12 H 15 | PM : 10 H 51 C : 57 | 6,9 | 0,49 | 7,95 | 7,80 | 92 | 4,76 | 0,83 | 18,2 | 0,3 | 3,4 | 2,87 | 2,16 | 45,75 | 11 |
| 3 | 21-2/11 H 10 | | - | 0,29 | 7,95 | 7,73 | - | 10,67 | 1,08 | 17 | traces | 3,7 | 2,83 | 1,80 | 30,94 | 9 |
| 6 | 21-2/10 H 40 | | 4,9 | 25,73 | 7,90 | 7,84 | 104 | 4,48 | 0,81 | 63,3 | 0,46 | 33,5 | 17,52 | 7,19 | 50,60 | 19 |
| 1 | 25-3/14 H 45 | PM : 12 H 19 C : 94 | 10,4 | 0,21 | 7,75 | 7,37 | 95 | 2,31 | 1,1 | 261 | 0,7 | 51,2 | 3,49 | 1,23 | 15,04 | |
| 2 | 25-3/13 H 30 | | 10,1 | 0,61 | 7,8 | 7,13 | 91 | 8,25 | 2,04 | 252 | 0,5 | 65,8 | 5,47 | 2,42 | 43,21 | |
| 3 | 25-3/12 H 55 | | 9,3 | 8,10 | 7,9 | 7,13 | 94 | 13,70 | 1,94 | 183 | 2,1 | 82,9 | 3,53 | 1,67 | 33,19 | |
| 4 | 25-3/12 H 40 | | 8,9 | 27,84 | 8,05 | 7,18 | 106 | 1,64 | 0,66 | 58,2 | 0,5 | 26,2 | 4,91 | 1,23 | 38,14 | |
| 5 | 25-3/12 H 25 | | 8,3 | 30,50 | 8,1 | 7,29 | 108 | - | 0,34 | 28,7 | traces | 10,7 | 4,77 | 0,74 | 40,83 | |
| 6 | 25-3/12 H 05 | | 7,8 | 31,82 | 8,1 | 7,13 | 105 | 2,07 | 0,31 | 24,8 | traces | 7 | 8,88 | - | 53,57 | |
| 7 | 25-3/11 H 45 | | 7,5 | 31,72 | 8,1 | 7,01 | 103 | 1,95 | 0,28 | 23,1 | 0,6 | 6,7 | - | - | 59,65 | |
| 1 | 23-4/14 H 15 | PM : 12 H 47 C : 97 | 12,1 | 0,34 | 7,95 | 7,18 | 96 | 4,48 | - | - | - | - | - | - | 21,69 | 5 |
| 3 | 23-4/13 H 15 | | - | 27,45 | 8,20 | 8,40 | - | 2,33 | - | - | - | - | 20,58 | 3,85 | 55,68 | 9 |
| 6 | 23-4/12 H 35 | | 10,2 | 32,57 | 8,35 | 8,39 | 131 | 1,35 | - | - | - | - | 56,50 | - | 72,11 | 17 |
| 1 | 21-5/12 H 50 | PM : 11 H 31 C : 83 | 13,2 | 0,27 | - | - | - | 5,68 | - | - | - | - | 6,07 | 1,39 | 17,09 | 6 |
| 3 | 21-5/11 H 45 | | 13,5 | 4,62 | 8 | 1,96 | 28 | 18,40 | - | - | - | - | 5,52 | 4,05 | 20,34 | 7 |
| 6 | 21-5/11 H 30 | | 13,4 | 28,40 | 8,4 | 3,18 | 52 | 0,94 | - | - | - | - | 23,05 | 1,15 | 118,45 | 7 |
| 1 | 7-7/15 H 10 | PM : 13 H 52 C : 74 | 15,5 | 0,33 | 8,2 | 6,73 | 96 | 3,01 | 1,07 | 220 | 0,5 | 125,2 | - | - | 16,60 | 3 |
| 2 | 7-7/14 H 30 | | 15,3 | 0,69 | 8,3 | 6,71 | 96 | 8,40 | 1,17 | 214 | 0,3 | 117,2 | 61,79 | 7,59 | 32,61 | 14,5 |
| 3 | 7-7/14 H 10 | | 17 | 8,02 | 8,3 | 9,03 | 140 | 0 | 1,68 | 160 | 0,5 | 90,9 | 165,56 | 37,52 | 41,68 | 16 |
| 4 | 7-7/13 H 55 | | 17,8 | 22,28 | 8,5 | 9,16 | 157 | 0 | 0,96 | 56,14 | traces | 25 | 131,67 | 19,94 | 68,58 | 24,5 |
| 5 | 7-7/13 H 35 | | 17,8 | 26,76 | 8,5 | 7,42 | 131 | 0 | - | - | - | - | 75,90 | - | 53,98 | 17 |
| 6 | 7-7/13 H 10 | | 17,4 | 32,37 | 8,4 | 6,31 | 114 | 0 | - | - | - | - | 40,06 | 8,99 | 58,40 | 18 |
| 7 | 7-7/12 H 55 | | 17,4 | 31,77 | 8,5 | 5,18 | 94 | 0 | - | - | - | - | 47,75 | 9,48 | 72,57 | 28 |
| 1 | 17-8/12 H 00 | PM : 11 H 21 C : 74 | 14,7 | 0,30 | 8,5 | 6,14 | 86 | 7,18 | 1,46 | 239 | 0,5 | 35,9 | 21,32 | 8,35 | - | 3,5 |
| 3 | 17-8/11 H 05 | | - | 2,52 | 8,4 | 6,60 | - | 37,6 | 1,13 | 101 | 1,1 | 62,8 | - | - | 47,08 | 23 |
| 5 | 17-8/10 H 45 | | 30,93 | 8,5 | 5,73 | 5,73 | - | 0 | 0,19 | 4,9 | 0,2 | 4,6 | 50,87 | 13,14 | 69,61 | 27 |
| 1 | 13-10/10 H 15 | PM : 9 H 07 C : 59 | 11,7 | 0,26 | 7,8 | 5,51 | 72 | 14,94 | 2,35 | 159 | 2,1 | 91 | 2,75 | - | 24,34 | 8,5 |
| 2 | 13-10/ 9 H 30 | | 11,5 | 0,27 | 7,9 | 5,41 | 71 | 14,34 | 2,12 | 156 | 2 | 75,9 | 2,58 | 3,22 | 27,45 | 14,5 |
| 3 | 13-10/ 9 H 10 | | 11,6 | 0,79 | 8,1 | 6,01 | 79 | 34,49 | 2,86 | 134 | 3,4 | 82,3 | 3,67 | 3,14 | 33,63 | 16 |
| 4 | 13-10/ 8 H 40 | | 12,1 | 6,94 | 8,2 | 6,38 | 88 | 30,78 | 1,70 | 163 | 4 | 77,7 | 3,14 | 3,02 | 30,92 | 17 |
| 5 | 13-10/ 8 H 30 | | 13,1 | 27,67 | 8,4 | 5,81 | 93 | 16,81 | 0,66 | 20 | 1,47 | 24,9 | 8,76 | 9,71 | 75,09 | 22 |
| 6 | 13-10/ 8 H 15 | | 13,5 | 31,28 | 8,4 | 5,78 | 96 | 14,25 | 0,37 | 7,5 | 0,83 | 8,2 | 11,89 | 13,37 | 82,6 | 24 |
| 7 | 13-10/ 8 H 00 | | 13,5 | 31,31 | 8,4 | 5,85 | 97 | 24,53 | 0,42 | 8,1 | 0,6 | 8,7 | 9,73 | 9,54 | 68,05 | 23 |
| 1 | 17-11/13 H 45 | | 8,9 | 0,33 | 7,9 | 6,42 | 79 | 7,82 | 2,76 | 193,3 | 2 | 191,3 | 2,83 | 1,32 | 59,14 | 25 |
| 3 | 17-11/12 H 45 | | 9,2 | 22,36 | 8,2 | 6,75 | 96 | 7,60 | 0,86 | 44 | 2,56 | 48 | 6,96 | 1,71 | 56,23 | 29 |
| 5 | 17-11/12 H 25 | | 9,9 | 30,22 | 8,2 | 6,49 | 99 | 5,59 | 0,60 | 24,1 | 1,40 | 22,6 | 10,26 | 1,79 | 114,21 | 44 |
| 1 | 6-12/16 H 35 | PM : 12 H 58 C : 68 | 7,9 | 0,32 | 7,8 | 6,91 | 83 | 13,30 | 1,50 | 193,6 | 1,29 | 176,1 | 2,84 | 1,55 | 46,60 | 9 |
| 2 | 6-12/16 H 00 | | 7,9 | 1,82 | 7,8 | 6,67 | 81 | 22,4 | 2,64 | 213 | 1,84 | 206,5 | 3,31 | 1,48 | 59,03 | 22 |
| 3 | 6-12/15 H 49 | | 8 | 12,24 | 7,5 | 6,54 | 85 | 24,3 | 1,39 | 104,3 | 3,45 | 110,9 | 3,25 | 1,71 | 41,32 | 17,5 |
| 4 | 6-12/15 H 38 | | 8,2 | 19,82 | 7,9 | 6,42 | 88 | 15,2 | 1,03 | 66,3 | 2,27 | 41,2 | 4,37 | 1,44 | 41,62 | 16,5 |
| 5 | 6-12/15 H 28 | | 8,3 | 31,52 | 7,9 | 6,15 | 91 | 3,93 | 0,90 | 30,5 | 1,67 | 19,2 | 7,85 | 2,03 | 74,72 | 27 |
| 6 | 6-12/15 H 19 | | 8,6 | 31,27 | 7,8 | 6,39 | 95 | 3,85 | 0,66 | 21,1 | 1,44 | 14,2 | 8,10 | 3,08 | 99,21 | 32 |
| 7 | 6-12/15 H 07 | | 8,5 | 31,85 | 7,9 | 6,33 | 94 | 3,54 | 0,68 | 16,2 | 1,34 | 11,8 | - | - | 56,65 | 18,5 |

PM : Heure de la Pleine Mer à Boulogne sur mer

C : Coefficient de la marée.

TABEAU 6 : RESULTATS DES ANALYSES POUR L'ESTUAIRE DE LA SOMME

| N° STATION | Date/Heure | Marée | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | SiO ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|------------|---------------|-------------------------|------------------------|-------|-------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|-------|--------|-------|
| 2 | 22-2/12 H 05 | PM : 11 H 33 C : 69 | 3,9 | 16,36 | 7,8 | 7,76 | 94 | 18,30 | 0,76 | 60,2 | 1,16 | 33 | 7,03 | 1,12 | 24,73 | 10 |
| 4 | 22-2/11 H 00 | | 4,9 | 31,20 | 7,9 | 7,62 | 105 | 4,48 | 0,35 | 21,35 | 0,48 | 7,6 | 15,40 | 5,66 | 50,22 | 17 |
| 7 | 22-2/11 H 40 | | 5,4 | 0,41 | 8 | 7,96 | 90 | 31,93 | 1,94 | 273,6 | 0,39 | 127,2 | 10,76 | 2,35 | 13,22 | 5 |
| 2 | 27-3/14 H 05 | PM : 13 H 29 C : 106 | - | 28,11 | 8,1 | 7,08 | - | 5,40 | 0,27 | 56 | 0,5 | 17,3 | 8,81 | - | 44,67 | - |
| 4 | 27-3/13 H 00 | | - | 30,99 | 8,1 | 7,54 | - | 1,30 | 0,41 | 24,3 | 1,8 | 5,1 | 10,58 | 12,44 | 84,55 | - |
| 6 | 27-3/12 H 10 | | - | 1,34 | 8,1 | 8,86 | - | 17,88 | 3,91 | 261 | 2,5 | 60,9 | 37,11 | 48,41 | 37,99 | - |
| 1 | 21-4/10 H 20 | PM : 11 H 28 C : 69 | - | 14,90 | 8,1 | 7,76 | - | 6,66 | - | - | - | - | 57,13 | 24,36 | 76,54 | 23 |
| 2 | 21-4/13 H 00 | | 10,3 | 25,91 | - | 8,31 | 125 | 1,55 | - | - | - | - | 43,38 | 18,10 | 83,92 | 17 |
| 4 | 21-4/11 H 05 | | 9,5 | 32,11 | 8,4 | 8,70 | 133 | 0,70 | - | - | - | - | 58,38 | 29,70 | 144,56 | 44 |
| 5 | 21-4/11 H 20 | | 9,6 | 31,02 | 8,5 | 8,98 | 137 | 0,46 | - | - | - | - | 36,88 | 4,76 | 59,58 | 9 |
| 6 | 21-4/12 H 35 | | 10,9 | 10,75 | 8,3 | 7,62 | 105 | 6,56 | - | - | - | - | 41,55 | 7,23 | 57,94 | 12 |
| 7 | 21-4/11 H 45 | | 11,9 | 0,41 | 8,6 | 9,97 | 132 | 2,00 | - | - | - | - | 91,77 | 69,83 | 70,18 | 8,5 |
| 2 | 19-5/10 H 25 | PM : 9 H 55 C : 55 | 15,9 | 11,44 | - | - | - | 14,56 | 5,69 | 125,4 | 0,48 | 44,6 | 61,24 | 14,44 | 61,12 | 7 |
| 4 | 19-5/ 9 H 35 | | 13,3 | 30,09 | - | 1,92 | 32 | 1,24 | 0,39 | 8 | 0,5 | 6,6 | 40,76 | 22,36 | 169,55 | 17 |
| 7 | 19-5/ 9 H 55 | | 16,7 | 0,29 | - | 1,84 | 27 | 15,96 | - | - | - | - | 79,86 | 53,78 | 26,60 | 9,5 |
| 1 | 6-7/14 H 40 | PM : 13 H 16 C : 72 | 17,9 | 19,82 | 8,4 | 8,27 | 140 | 0,26 | 2,39 | 36 | 0,1 | 17,7 | 34,52 | - | 42,46 | 37,5 |
| 2 | 6-7/14 H 20 | | 17,5 | 23,75 | 8,2 | 8,70 | 150 | 0,10 | 1,41 | 16,39 | - | 8,3 | 109,34 | 14,71 | 50,24 | 21 |
| 4 | 6-7/12 H 40 | | 17,3 | 30,84 | 8,4 | 6,57 | 118 | 0 | 0,04 | 0,66 | - | 0,7 | 38,36 | 12,66 | 24,92 | 22 |
| 5 | 6-7/13 H 10 | | 17,3 | 31,04 | - | 6,69 | 120 | 0 | 0,01 | 0,39 | - | 0,2 | 38,78 | 14,49 | 51,28 | - |
| 6 | 6-7/13 H 25 | | 17,3 | 25,68 | 8,5 | 7,42 | 129 | 0 | 0,77 | 9,13 | - | 5,8 | 73,48 | 15,46 | 49,76 | 22 |
| 7 | 6-7/13 H 35 | | 17,8 | 0,55 | 8,2 | 6,57 | 99 | 11,77 | 224 | - | 1,4 | 123,2 | 63,25 | 7,53 | 16,64 | 7 |
| 1 | 14-10/10 H 53 | PM : 10 H 06 C : 73 | 13 | 26,68 | 8,2 | 5,52 | 88 | 21,66 | 1,32 | 31,4 | 2 | 33,5 | 5,63 | 7,05 | 79,04 | 29 |
| 2 | 14-10/10 H 40 | | 13 | 24,31 | 8,2 | 5,89 | 93 | 26,13 | 1,53 | 38,9 | 2,2 | 42 | 10,44 | 14,30 | 93,13 | 40 |
| 4 | 14-10/ 8 H 50 | | 13,6 | 31,65 | 8,25 | 5,43 | 90 | 8,86 | 0,55 | 12,4 | 1,26 | 17,9 | - | - | 114,03 | 46 |
| 5 | 14-10/ 9 H 10 | | 13,5 | 24,32 | 8,25 | 5,37 | 85 | 16,72 | 0,49 | 11 | 1,16 | 16 | 7,04 | 8,17 | 108,96 | 41 |
| 6 | 14-10/10 H 15 | | 13,2 | 27,57 | 8,2 | 5,75 | 93 | 14,98 | 1,15 | 29,5 | 1,87 | 22,6 | 7,31 | 8,37 | 113,45 | 46 |
| 7 | 14-10/ 9 H 30 | | 12,2 | 1,38 | 7,95 | 5,71 | 76 | 38,66 | 6,32 | 214 | 2,6 | 63,4 | 5,55 | 5,01 | 29,08 | 15 |
| 8 | 14-10/ 9 H 45 | | 12,2 | 0,30 | 7,85 | 5,48 | 73 | 38,85 | 7,74 | - | 2,68 | 153,3 | 1,88 | 3,32 | 10,04 | 5 |
| 2 | 18-11/ 9 H 10 | | PM : 13 H 30 C : 81 | 10,4 | 15,59 | 8,1 | 6,55 | 92 | 15,7 | 2 | 64 | 4,7 | 43 | 4,90 | 2,69 | 78,21 |
| 4 | 18-11/ 9 H 45 | 10,3 | | 2,89 | 8,1 | 5,09 | 66 | 17,10 | 2,67 | 114 | 5,7 | 101,1 | 17,34 | 7,4 | 242,84 | 73 |
| 7 | 18-11/10 H 20 | 9,5 | | 0,38 | 7,95 | 6,13 | 76 | 21,46 | 4,14 | 223 | 4,4 | 77,2 | 18,98 | 2,2 | 168,44 | 41 |
| 2 | 18-11/13 H 00 | PM : 13 H 30 C : 81 | 10,6 | 27,92 | 8,1 | 6,40 | 98 | 8,62 | 0,75 | 30 | 1,63 | 27,2 | 7,52 | 2,18 | 160,64 | 54 |
| 7 | 18-11/13 H 35 | | 9,6 | 7,35 | 8,1 | 6,85 | 90 | 18,67 | 1,49 | 59 | 2,1 | 26,2 | 11,26 | - | - | 28 |
| 2 | 3-12/ 8 H 30 | PM : 13 H 26 C : 99 | 6,9 | 23,71 | 7,65 | 6,38 | 87 | 19,2 | 1,28 | 54 | 2 | 48,8 | 2,56 | 0,72 | 47,08 | 10 |
| 4 | 3-12/ 9 H 05 | | 5,7 | 6,77 | 7,5 | 5,94 | 70 | 34,0 | 1 | 54 | 2,6 | 190,2 | 18,72 | - | 101,5 | 25,5 |
| 7 | 3-12/ 9 H 30 | | 6,9 | 0,39 | 7,65 | 6,76 | 79 | 40,3 | 2,80 | 208 | 1,2 | 97,6 | 15,08 | - | 32,1 | 5 |
| 1 | 3-12/13 H 10 | PM : 13 H 26 C : 99 | 7,9 | 28,89 | 7,75 | 6,25 | 90 | 5,98 | 0,8 | 71 | 1,26 | 11,4 | 4,68 | 0,96 | 66,48 | 13,5 |
| 2 | 3-12/13 H 00 | | 8,4 | 30,82 | 7,8 | 6,20 | 92 | 5,39 | 0,72 | 61 | 1,37 | 8,3 | 3,90 | 0,82 | 61,64 | 10,5 |
| 4 | 3-12/11 H 45 | | 8 | 31,11 | 7,85 | 6,23 | 91 | 5,67 | 0,74 | 55,7 | 1,35 | 8 | 4,76 | 0,68 | 70,76 | 19 |
| 5 | 3-12/12 H 05 | | 8 | 26,59 | 7,8 | 6,28 | 90 | 4,76 | 0,70 | 52,7 | 1,41 | 8,1 | 0,45 | 0,90 | 63,36 | 14,5 |
| 6 | 3-12/12 H 20 | | 7,5 | - | 7,75 | 5,77 | - | 13,38 | 0,97 | 93 | 1,31 | 15,3 | 12,96 | - | 85,42 | 27 |
| 7 | 3-12/12 H 35 | | 6,6 | 6,71 | 7,6 | 6,79 | 82 | 41,4 | 2,63 | 156 | 2,2 | 36,6 | 13,40 | 1,64 | 34,72 | 13,5 |
| 8 | 3-12/12 H 40 | | 6,7 | 0,31 | 7,75 | 7,16 | 83 | 45,2 | 1,52 | 120 | 1,2 | 130,6 | 18,76 | - | 20,78 | 6 |

PM : Heure de la Pleine Mer à Boulogne sur mer

C : Coefficient de la Marée

25.03

217.6

0.45 mg l⁻¹ NH₄

0.35 mg. N-NH₄

3.06 mg NH₃

3.4

0.06

Pour l'Authie et la Canche on observe des augmentations nettes de température portant sur 2 à 3° C dans le sens aval - amont en hiver et amont - aval en été.

L'inversion des températures s'observe au printemps et en automne.

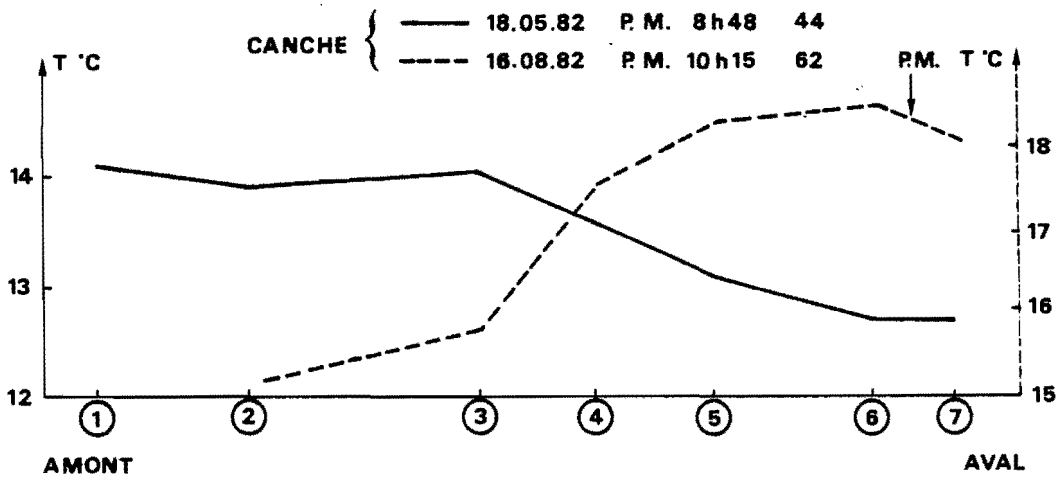


Fig. 8 : Profil des températures sur la Canche au printemps et en automne

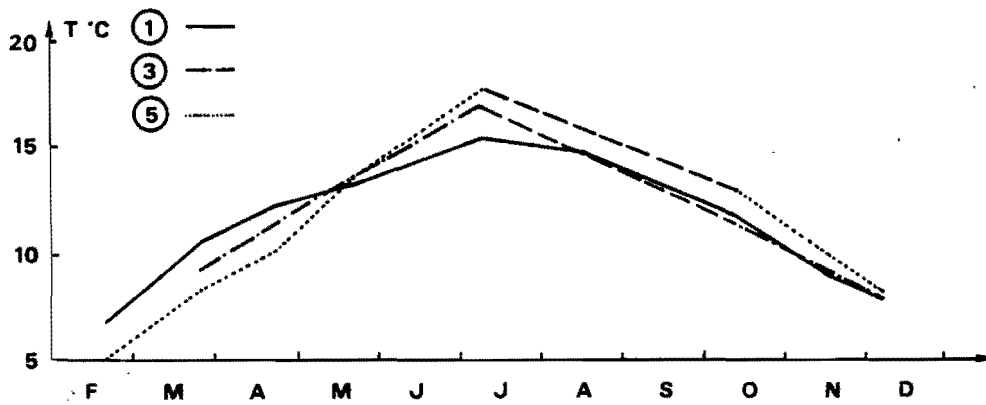


Fig. 9 : Evolution des températures au cours de l'année pour 3 stations de prélèvements sur l'Authie

Pour la Somme et l'Aa les variations de température avec les saisons concernent tout l'estuaire de façon homogène. Les différences entre points amont et aval sont de faible amplitude : 0,1 à 0,5° C.

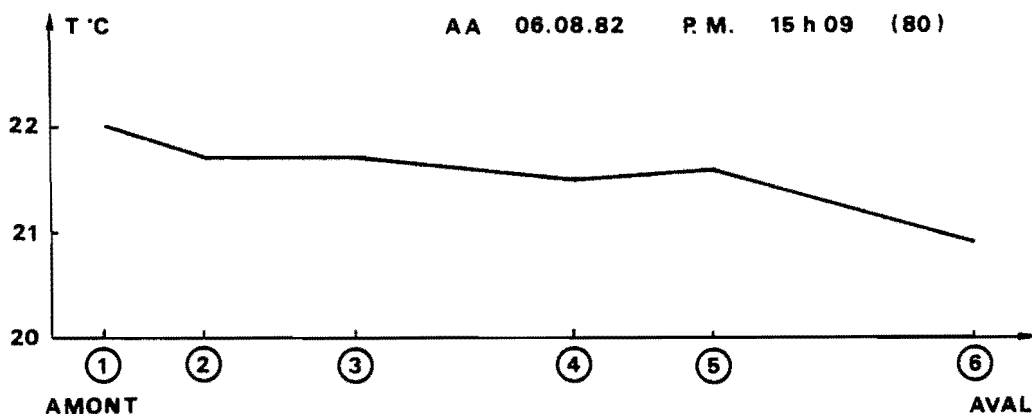


Fig. 10 : Profil des températures sur l'Aa en été

Malgré cela les variations globales suivent en tous points les variations saisonnières des eaux côtières : maximum en juillet-août et minimum en février.

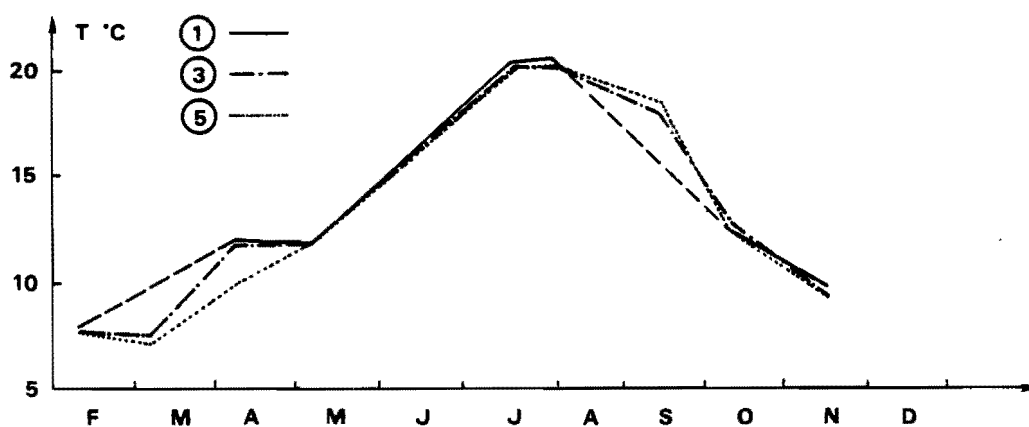


Fig. 11 : Evolution des températures au cours de l'année pour 3 stations sur l'Aa

Les variations de température qui affectent les eaux douces semblent de moindre amplitude que celles que subissent les eaux salées en zone côtière.

Dans les estuaires sans écluse il y a donc "pondération" des variations saisonnières par les eaux douces relativement stables pour les points amont. Pour l'Aa et la Somme dont les apports d'eau douce sont freinés par la présence des écluses, l'ensemble de l'estuaire se remplit d'eaux ayant subi les réchauffements et refroidissements caractéristiques des eaux côtières.

2 - pH

Pour l'ensemble des estuaires étudiés, le pH présente un profil normal avec des valeurs plus basses pour les eaux douces que pour les eaux salées. Les pH observés en zone côtière lors de la campagne HYDROBIOS 80 étaient compris entre 8,10 et 8,50. Ceux que nous avons mesurés nous conduisent à des valeurs comparables pour les points aval. Le profil sur chaque estuaire confirme la différence observée pour les températures entre estuaires à écluses et sans écluses. Pour les estuaires dont le débit est régulé, le passage des pH nettement basiques vers les pH plus acides se fait brutalement.

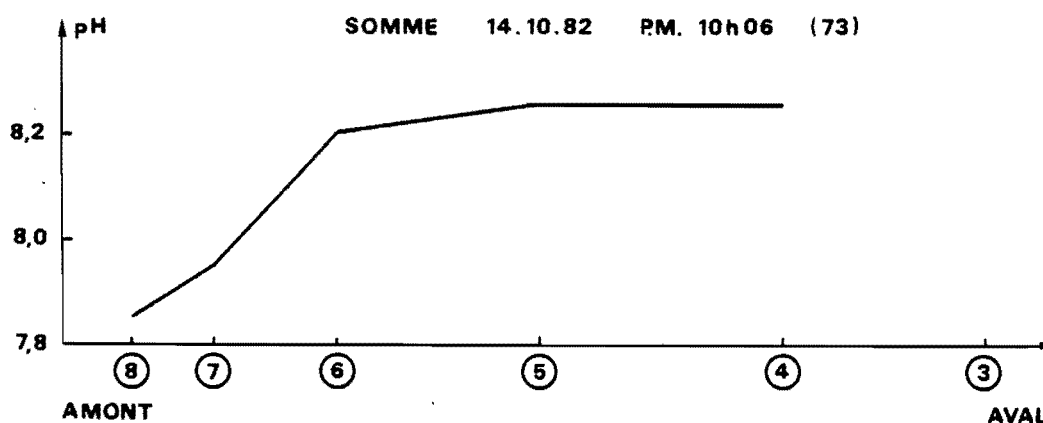


Fig. 12 : Variation du pH sur la Somme
le 14.10.82

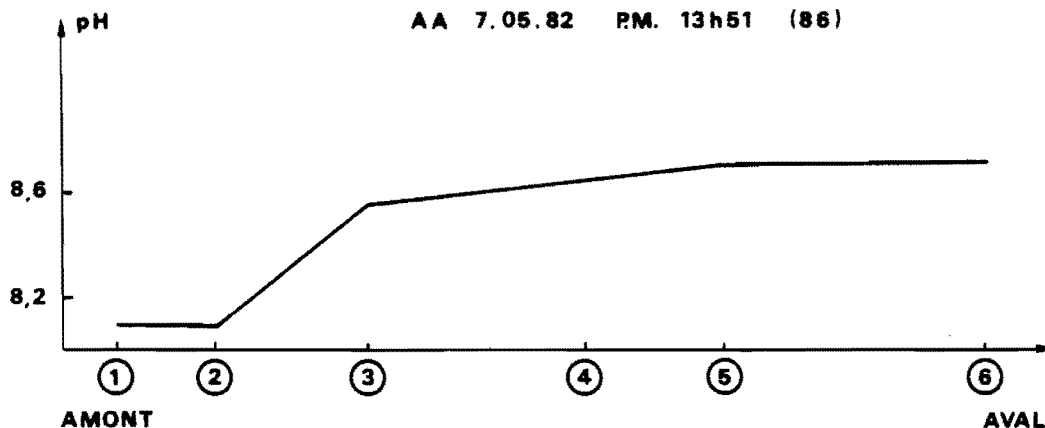


Fig. 13 : Variation du pH sur l'Aa le 7.5.82

Ce contraste est encore plus accentué pour l'Aa où les eaux des stations 1 et 2, étant en amont des écluses du port de Gravelines, sont des eaux douces. Seule une intrusion d'eau salée de faible épaisseur sur le fond a été quelquefois observée en amont. De plus les eaux de l'Aa reçoivent en outre des rejets agricoles du bassin versant, les émissaires d'industries telle qu'une cartonnerie. La forte proportion de rejets organiques dont la dégradation induit une acidification du milieu peut modifier le pH. De même pour la Canche les rejets liés aux papeteries et sucreries influent probablement sur le pH propre du cours d'eau.

Dans le cas des estuaires sans écluse, l'évolution du pH sur la longueur de l'estuaire est beaucoup plus progressive. Les pH en amont restant cependant nettement caractéristiques des eaux douces alors que ceux de l'aval se rapprochent des valeurs observées en eaux côtières.

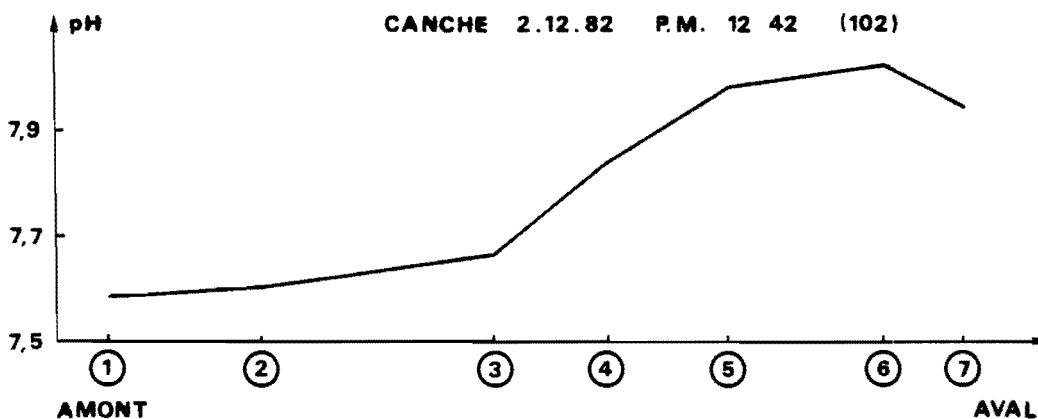


Fig. 14 : Profil des variations du pH sur la Canche le 2.12.82

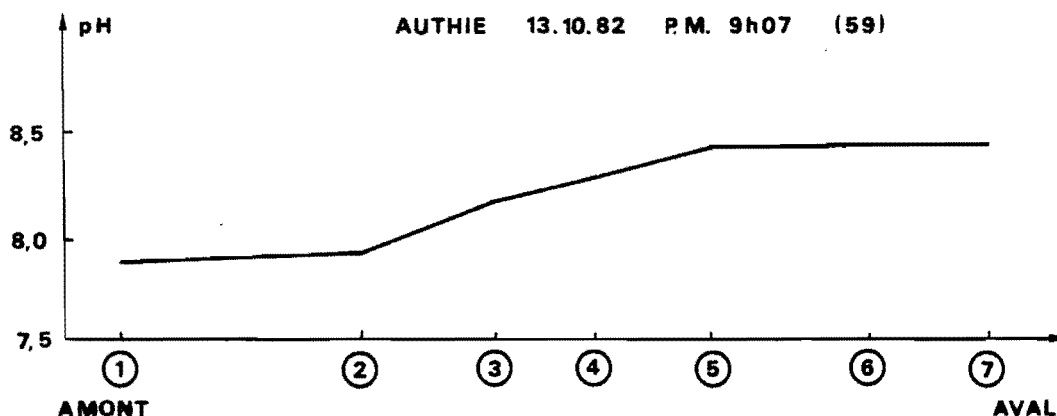


Fig. 15 : Profil des variations du pH sur l'Authie le 13.10.82

Les valeurs extrêmes observées pour les différents estuaires peuvent être résumées dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Valeurs extrêmes de pH en amont et en aval dans les 4 estuaires

| Estuaire | Minimum amont | Maximum aval |
|----------|--------------------|------------------|
| Somme | 7,95 (18.11.82) | 8,5 (21.4.82) |
| Authie | 7,75 (25.3.82) | 8,5 (7.7.82) |
| Canche | 7,65 (5.11.82) | 8,4 (8.7.82) |
| Aa | 7,6 (11.2.82) | 8,7 (7.5.82) |

La très forte valeur de pH observée sur l'Aa en mai 82 correspond au premier bloom de chlorophylle (notamment phaeocystis). L'activité photosynthétique ayant la propriété de déplacer l'équilibre des carbonates et par là de faire monter les valeurs de pH. (de 1 à 2 unités pH).

D'après les profils observés sur la Canche et sur l'Aa de part et d'autre des agglomérations (Etaples, Petit-Fort-Philippe et Grand-Fort-Philippe) les rejets urbains ne semblent pas influencer sur les valeurs de pH. Il a été établi en effet que les déversements d'eaux usées domestiques sont

neutres ou faiblement basiques et possèdent un fort pouvoir tampon.

3 - Salinité

C'est le paramètre fondamental concernant le fonctionnement de l'estuaire car il détermine les limites de pénétration (intrusion saline) de l'eau de mer dans l'estuaire au moment du flot. Dans l'ensemble des estuaires étudiés il n'est apparu aucun cas particulier de lentilles d'eaux douces emprisonnées dans des eaux salées, ni d'intrusion saline particulièrement dissymétrique ou anormalement répartie. Ces estuaires paraissent suivre les règles générales des estuaires stratifiés mais encore une fois l'existence ou non d'écluses limitant le débit du fleuve va différencier la zone de contact entre eaux douces et eaux salées. Pour les estuaires à débits contrôlés (Somme et Aa), le faible écoulement d'eau douce par rapport à la masse d'eau de mer pénétrant avec le flot va former une langue superficielle qui est très bien observée à l'étale de haute mer, notamment à Saint Valery/Somme.

Les mesures directes de resistivité montrent en effet l'existence d'une couche de surface, de 50 cm à 1 m d'épaisseur, d'eaux douces ($2000 \Omega / \text{cm}$) superposée aux eaux salées qui occupent l'ensemble de l'estuaire ($22,2 \Omega / \text{cm}$). La présence de ce phénomène baptisé coin salé (PRITCHARD D. W. et Coll., 1955 et 1963) schématisé par DYER K.R., (1973) explique la brusque variation de salinité mesurée dans nos prélèvements de surface pour la Somme et l'Aa de part et d'autre de ce front.

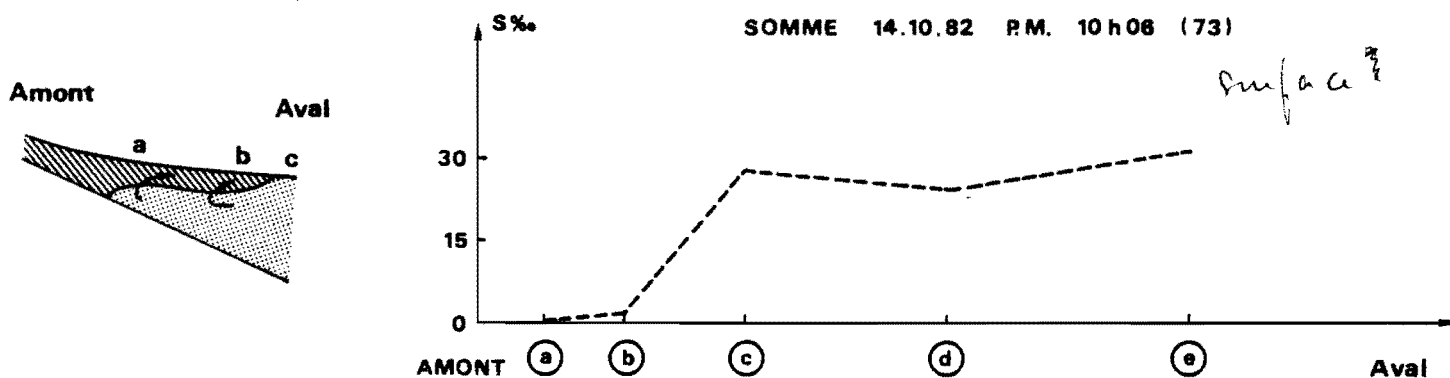


Fig. 16 : Exemple de répartition des salinités concernant la Somme le 14.10.82 en fonction des lieux de prélèvements de l'estuaire. (eaux de surface).

Pour la Canche et l'Authie, les quantités d'eaux douces et marines mises en présence lors du flot sont plus équilibrées, il se produit de part et d'autre du front de salinité une zone de mélange amenant à une structure dite de mélange partiel et à une évolution plus progressive des salinités en surface.

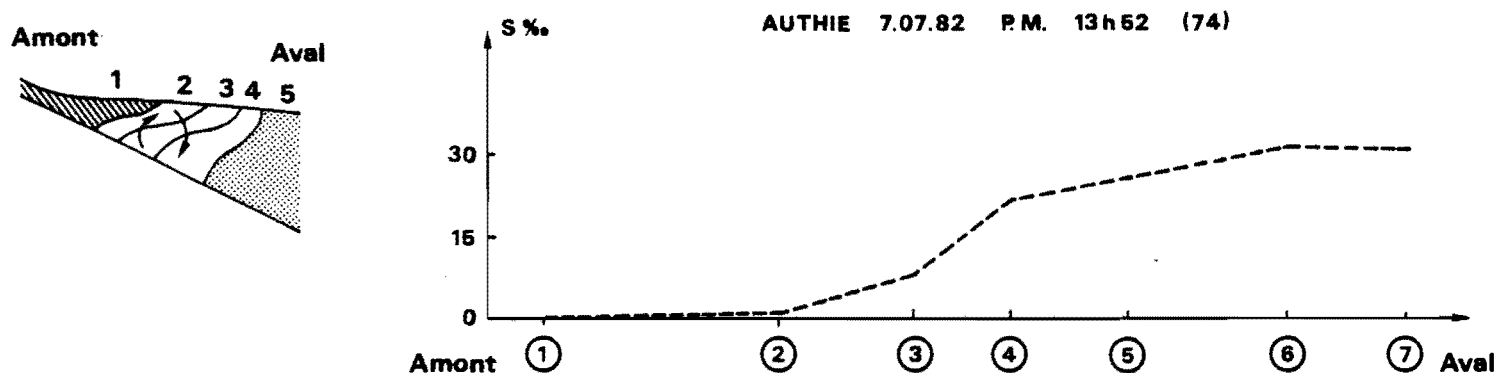


Fig. 17 : Exemple de répartition des salinités concernant l'Authie le 7.7.82, en fonction des lieux de prélèvements de l'estuaire. (eaux de surface)

Lors du baissant, l'écoulement des eaux vers le large entraîne un brassage qui tend à homogénéiser les eaux.

Les stations, telles qu'elles ont été établies ont permis de cerner la limite supérieure de l'intrusion saline pour les différents estuaires. La Somme est entièrement "salée" à marée haute (chenal Nord du Crotoy et chenal Sud jusqu'à l'entrée du port de Saint Valéry : station 7). Pour l'Authie une certaine salinité a pu être décelée au niveau du pont de Groffliers (Madelon de l'Authie) mais jamais au pont à Cailloux. La limite de l'intrusion saline peut donc être située aux environs de la station 2.

La Canche présente les mêmes caractéristiques au niveau du pont d'Enocq. Pour l'Aa l'intrusion saline est freinée par la présence des écluses du port de Gravelines.

Les trois paramètres étudiés (température, pH, salinité) délimitent l'importance et les conditions de pénétration des eaux marines dans l'estuaire. A cette pénétration d'eau salée sont associés des phénomènes mécaniques, chimiques et biologiques influençant les autres paramètres.

4 - Oxygène dissous

Pour la Canche comme pour l'Authie, le maximum des teneurs en oxygène dissous se superpose à la zone de brassage (salinités intermédiaires entre eau douce et eau de mer). L'origine de cette oxygénation est donc essentiellement mécanique : liée au mélange. Les eaux marines côtières étant elles même très oxygénées du fait du brassage par les vagues (phénomène accentué par la présence d'une barre de déferlement à l'entrée de l'estuaire).

Le taux d'oxygène dissous décroît après le passage des eaux marines côtières qui ont été brassées sur le banc. Les eaux pénétrant alors dans l'estuaire sont moins agitées, la barre totalement submergée ne provoquant plus de déferlements et donc d'oxygénation mécanique.

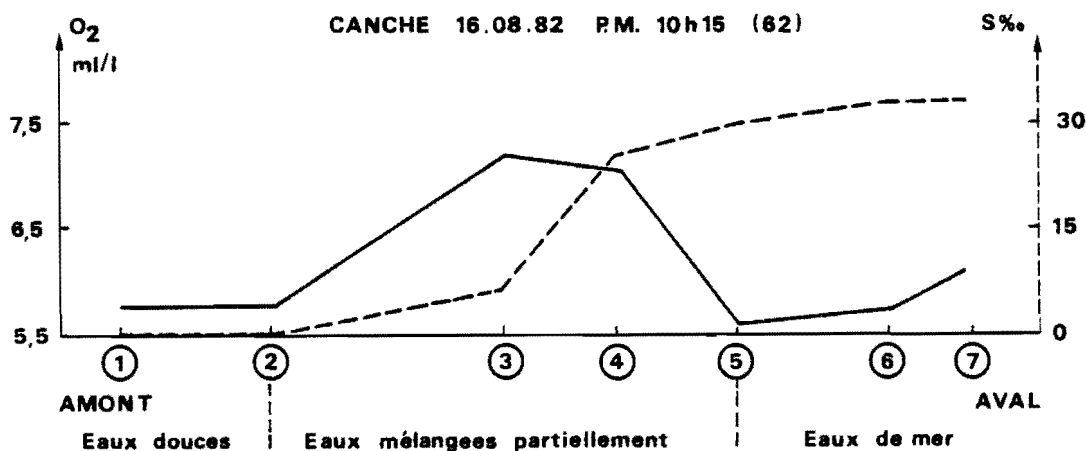


Fig. 18 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 16.8.82 sur la Canche. (Eaux de surface).

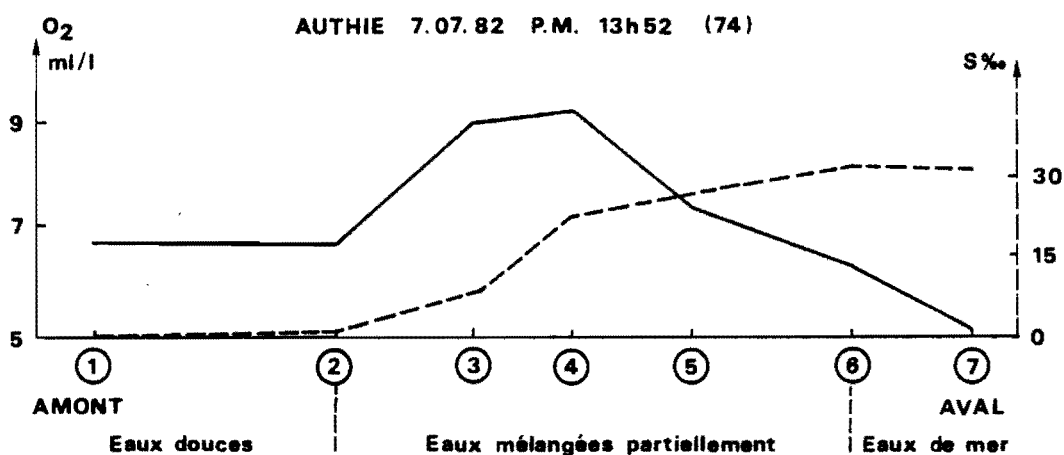


Fig. 19 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 7.7.82 sur l'Authie. (eaux de surface)

La Somme présente par contre un maximum du taux d'oxygène à l'arrière du front de salinité. L'oxygénation des eaux salées ne s'étend pas au devant du front de salinité du fait de l'absence de zone de brassage avec les eaux douces.

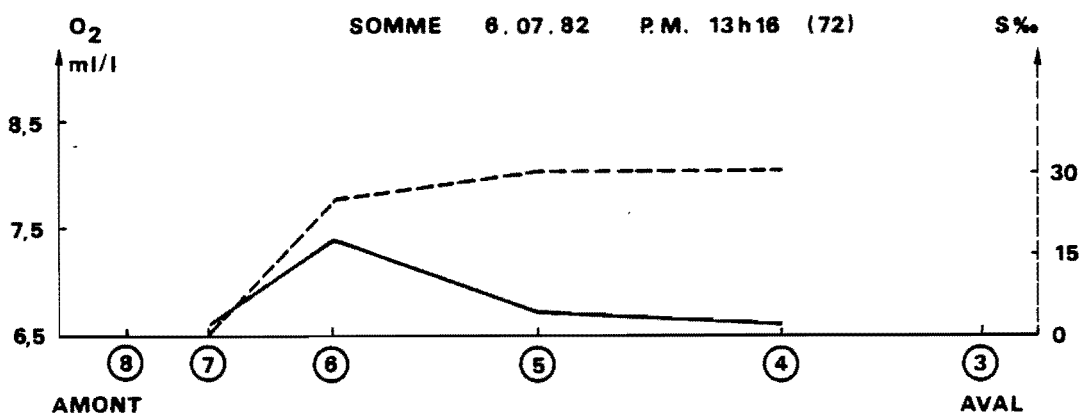


Fig. 20 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 6.7.82 sur la Somme. (eaux de surface)

L'Aa présente des caractéristiques en taux d'oxygène dissous beaucoup plus complexes.

En fin d'hiver et fin d'automne où les teneurs en chlorophylle sont relativement faibles ($\approx 20 \text{ mg/m}^3$) le taux d'oxygène des eaux douces superficielles varie peu tout au long de l'estuaire. Il croît légèrement au niveau du front de salinité.

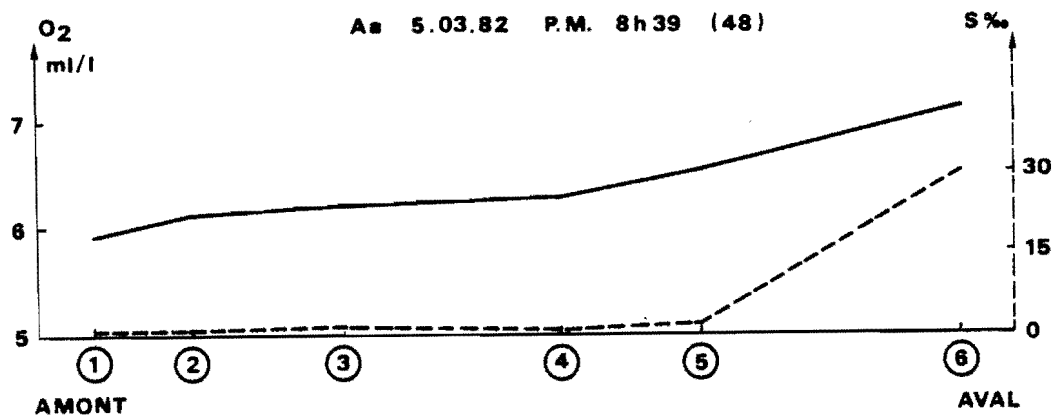


Fig. 21 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 5.3.82 sur l'Aa. (eaux de surface).

Quand les quantités de chlorophylle atteignent les valeurs les plus élevées (printemps, été), l'activité photosynthétique semble induire une augmentation du taux d'oxygène dissous dans les eaux de surface analysées (eaux de faible salinité). La stagnation transitoire des eaux en amont de l'écluse serait la cause de ce pic de chlorophylle et par la même de ce pic d'oxygène (Fig. 22).

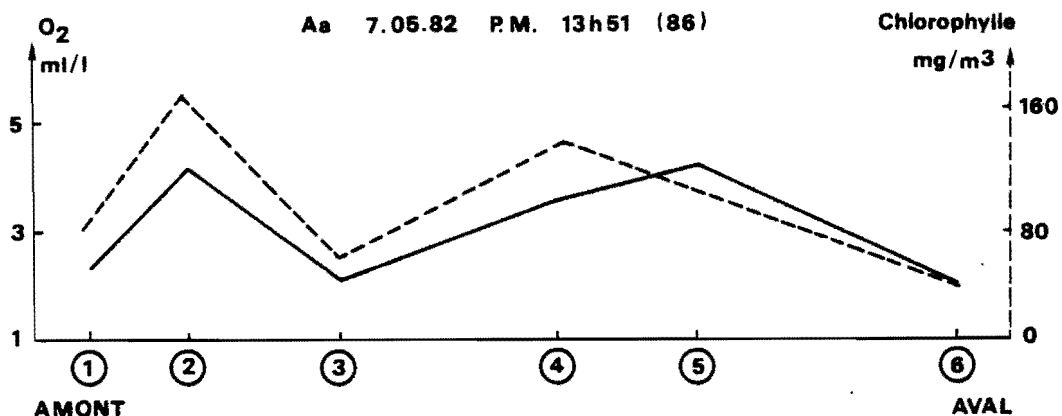


Fig. 22 : Profils comparés des teneurs en oxygène dissous et en chlorophylle dans l'Aa le 7.5.82, (eaux de surface)

Les taux d'oxygène dissous ne caractérisent donc pas la nature des zones de contact entre eaux douces et salées mais sont la conséquence de leurs origines (eaux littorales très brassées par les déferlements ou eaux douces riches en chlorophylle et forte activité photosynthétique).

5 - Sels nutritifs

Les valeurs obtenues sont très élevées en regard des teneurs de la zone côtière. Ceci montre bien l'importance de l'origine tellurique pour les sels nutritifs et, la richesse des eaux rejetées par l'estuaire. On observe deux pics de sels nutritifs au cours de l'année que ce soit pour les sels azotés (ammoniac, nitrites, nitrates) ou pour les autres nutriments (phosphates, silicates) : un pic peu marqué au printemps et un pic très net en septembre-octobre.

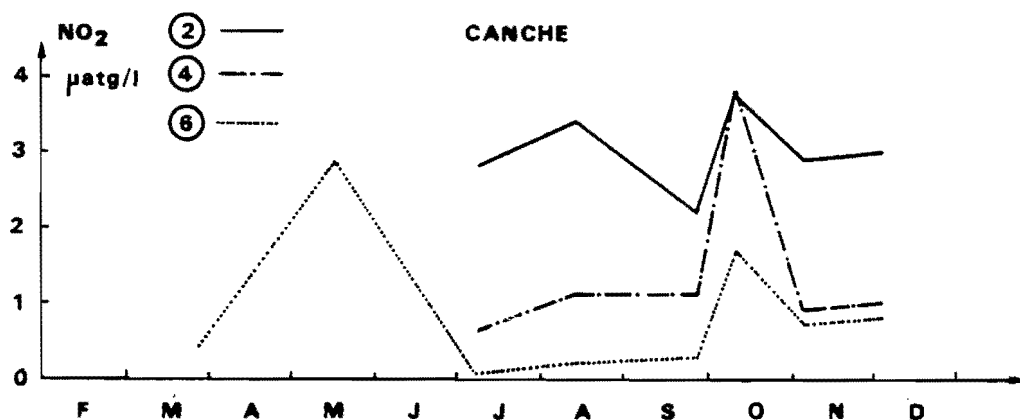


Fig. 23 a : Evolution des concentrations en nitrates au cours de l'année pour 3 stations sur la Canche.

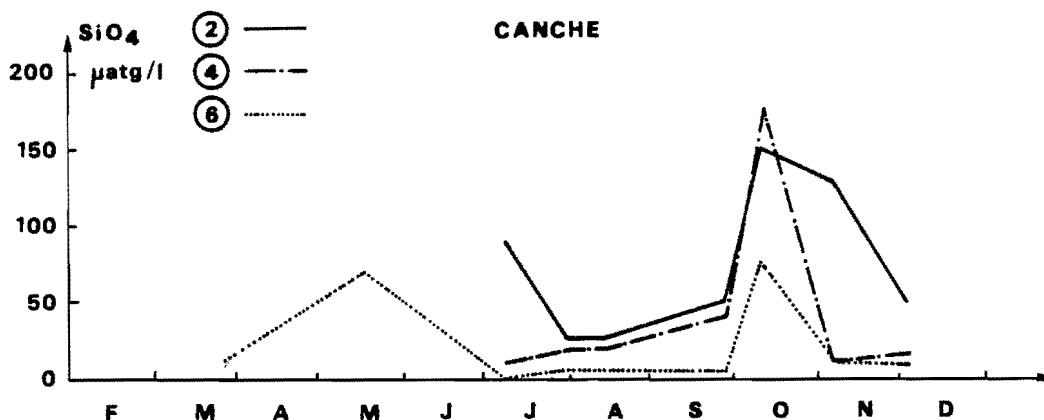


Fig. 23 b : Evolution des concentrations en silicates au cours de l'année pour 3 stations sur la Canche.

En mer, les teneurs en sels nutritifs sont maxima durant l'hiver et, minima au Printemps et en été lors de la croissance phytoplanctonique. Dans notre étude, le manque de données durant les premiers mois ne nous permet pas de définir le pic hivernal. Dans la Canche et l'Authie, les teneurs en sels nutritifs présentent un pic dans la zone de brassage eau douce - eau de mer, puis une diminution vers l'aval par dilution.

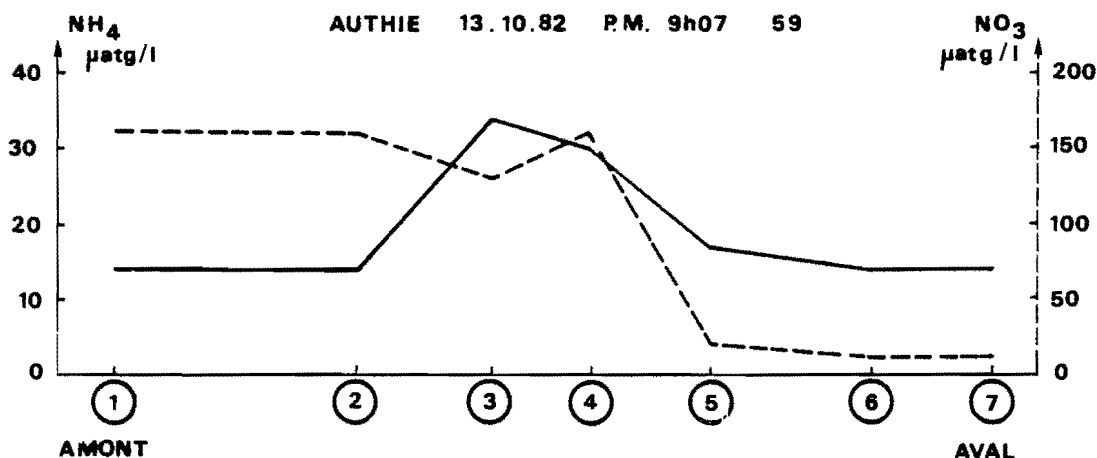


Fig. 24 a : Variation des teneurs en sels nutritifs des eaux de surface sur l'Authie le 13.10.82.

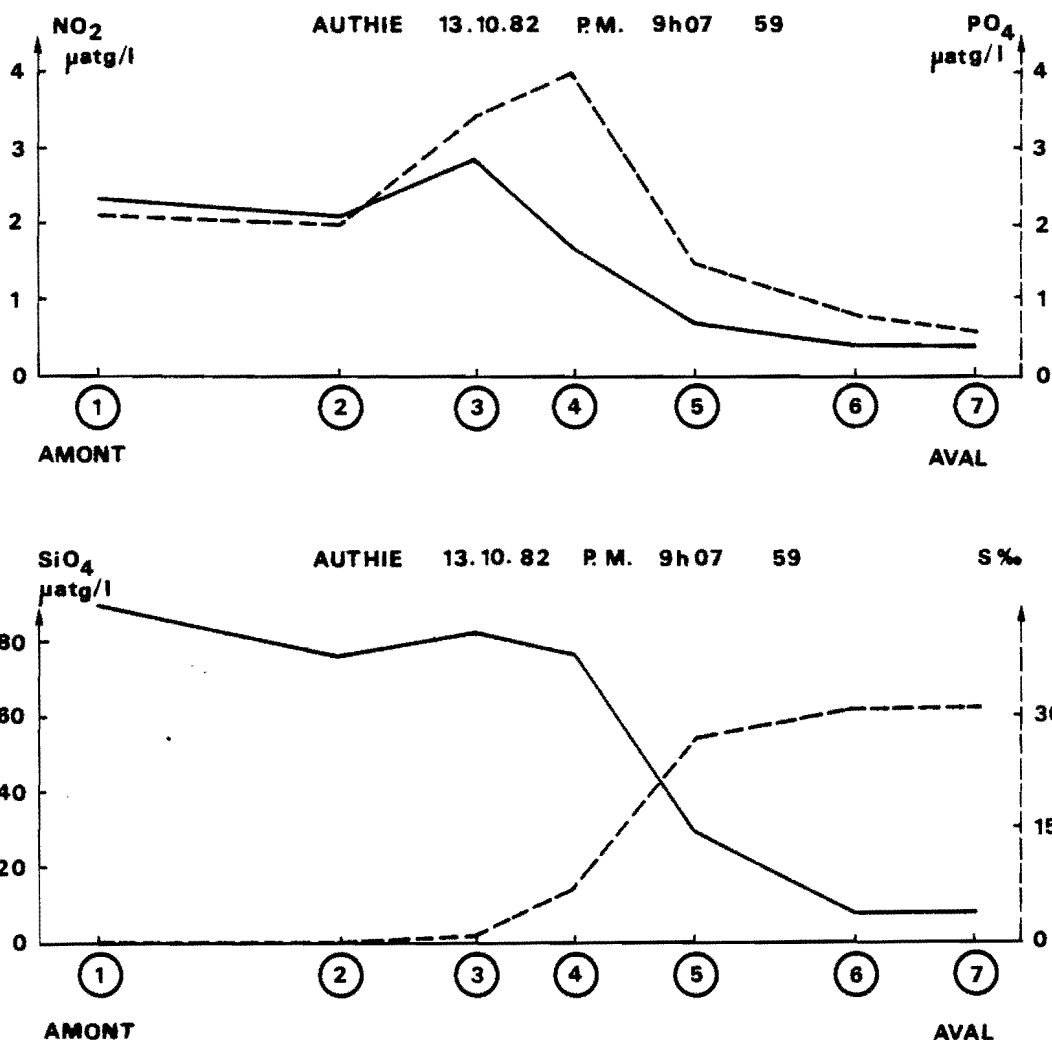


Fig. 24b : Variation des teneurs en sels nutritifs et de la salinité sur l'Authie le 13.10.82 (eaux de surface).

En ce qui concerne les sels azotés, l'ammoniac et les nitrates sont en quantité beaucoup plus importante que les nitrites. Ceci est dû à la fois au fait que ammoniac et nitrates sont au départ et à la fin de la chaîne d'oxydation, et au fait qu'il y a un apport d'ammoniac par les effluent urbains et un apport de nitrates par les rejets agricoles et urbains. La très forte teneur en silicates par rapport à la teneur en phosphates ne peut pas s'expliquer uniquement par le lessivage des sables du tertiaire.*

* L'analyse des phosphates a posé de gros problèmes techniques qui seraient dûs, semble-t-il à la présence d'une substance dans l'eau qui perturbe les mesures.

Ces sels nutritifs, en plus de leurs origines naturelles (pluie, lessivage du bassin versant, décomposition de la Matière organique...) ont une origine domestique, agricole, et industrielle. On admet qu'un habitant rejette 1,5 à 3 g de phosphate et 9 à 13 g d'azote par jour (urée, détergents à base de polyphosphates ou d'éléments azotés). L'agriculture joue un rôle important dans la concentration en sels nutritifs avec l'utilisation de fertilisants phosphorés et azotés. Suivant le type d'industrie, la nature des déchets varie dans les effluents.

Dans le cas de la Canche, la sucrerie-distillerie de Montreuil déverse une quantité d'effluents organiques équivalente à celle rejetée par 13 000 habitants : les teneurs en déchets pour une usine de sucre étant de 21 - 70 mg N/l et 2 - 13 mg P/l et, celles d'une distillerie étant de 1900 mg N/l. Pour l'Authie, la coopérative laitière de Verton relâche l'équivalent de la pollution organique de 16 300 habitants, une laiterie rejetant en moyenne 30 mg N/l et 0,9 - 1,3 mg P/l.*

Pour l'Aa et la Somme, les fortes teneurs en sels nutritifs se trouvent brusquement diminuées lors du passage en eau de mer avec parfois un léger pic à l'interface.

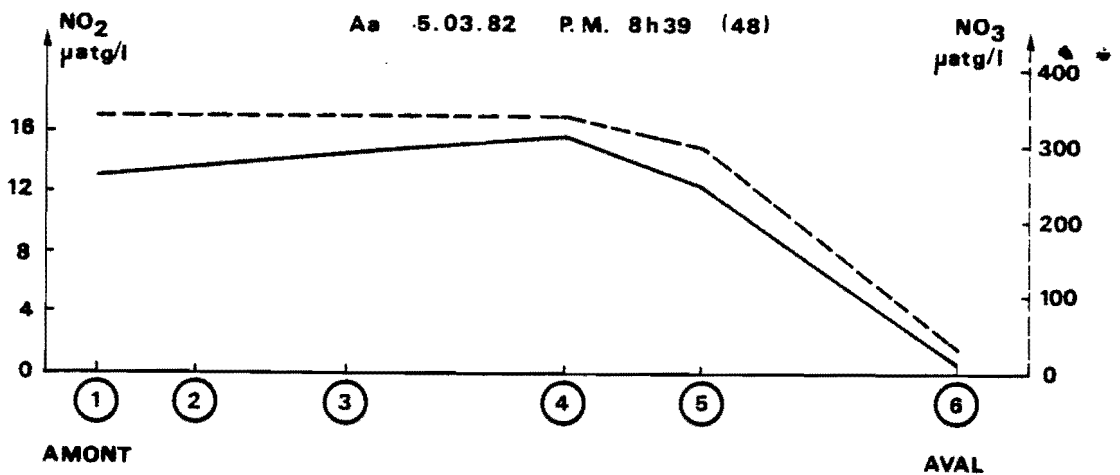


Fig. 25a : Variation des teneurs en sels nutritifs des eaux de surface sur l'Aa le 5.3.82.

* Résultats provenant des cartes de qualités des cours d'eau, publiées par l'Agence de l'Eau - Artois-Picardie.

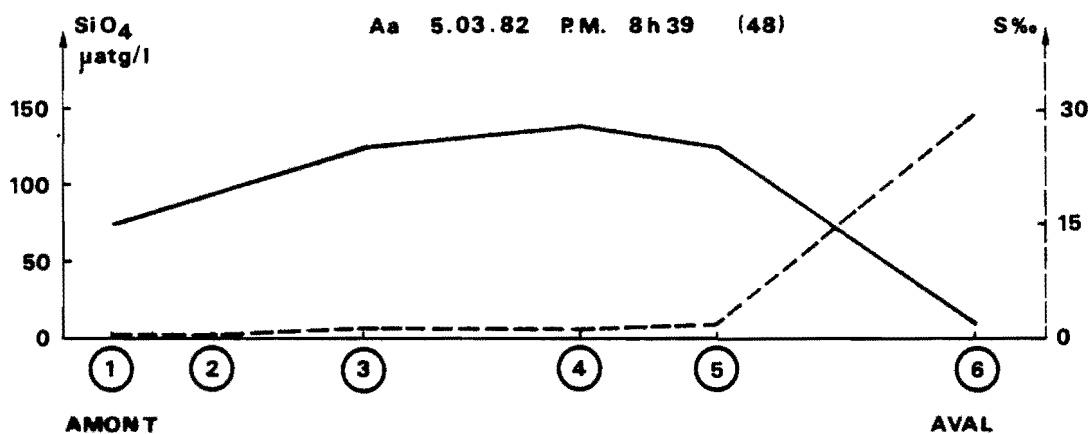


Fig. 25b: Variation des teneurs en sels nutritifs et de la salinité sur l'Aa le 5.3.82. (eaux de surface)

Les très fortes valeurs obtenues pour l'Aa sont en grande partie dûes à la présence des industries (notamment alimentaires) situées dans l'arrière pays.

6 - Chlorophylle et phaeopigments

Les teneurs en pigments végétaux présentent un cycle annuel tout à fait classique avec minima hivernaux et maxima dès la fin du printemps et le début de l'été.

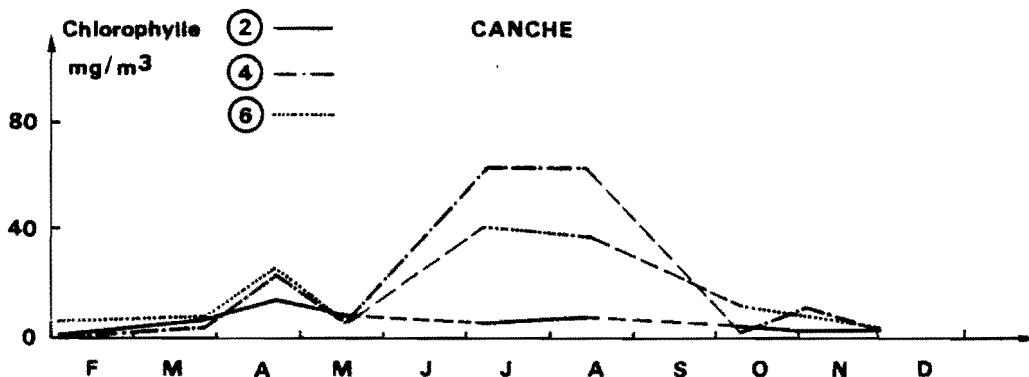


Fig. 26 : Evolution des teneurs en chlorophylle sur la Canche en 1982 (eaux de surface).

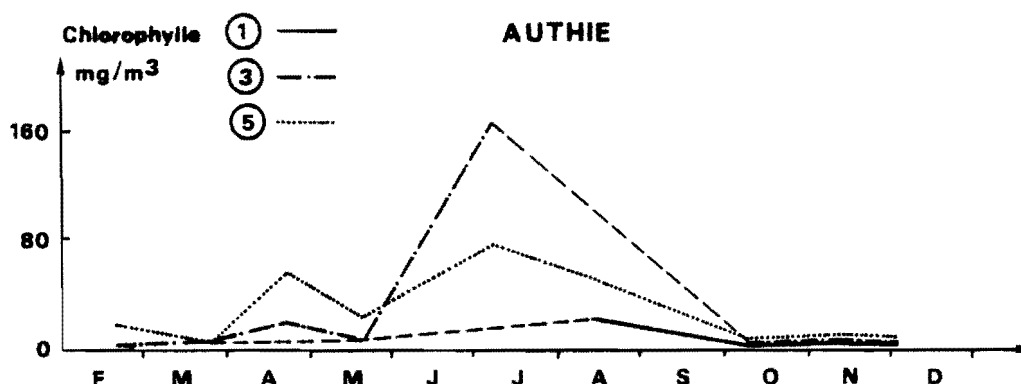


Fig. 27 : Evolution des teneurs en chlorophylle sur l'Authie en 1982 (eaux de surface).

En ce qui concerne la Canche et l'Authie on observe pour les eaux salées et partiellement mélangées des cycles tout à fait superposables à ceux des eaux côtières. On décèle en effet un premier pic en avril, nettement séparé du pic principal estival (Juin-Juillet-Août).

Le pic d'avril s'explique par une augmentation des températures et de l'insolation (Fig. 3). La faible concentration du mois de mai peut s'expliquer par une consommation zooplanctonique (grazing). Puis il y a reprise de croissance phytoplanctonique en Juin-Juillet par diminution de la pression exercée par le zooplancton. Le pic de chlorophylle estival correspond bien à la période où les sels nutritifs sont moins abondants. On note aussi de faibles teneurs pour l'ensemble de l'année dans les eaux douces de la station 1 pour chacun de ces deux estuaires. Le débit non négligeable de ces deux fleuves empêche malgré un stock de sels nutritifs important, le développement saisonnier des espèces phytoplanctoniques.

Les valeurs supérieures mesurées lors du pic estival à la station intermédiaire correspondent à la zone de mélange partiel décrite lors de l'étude de la salinité.

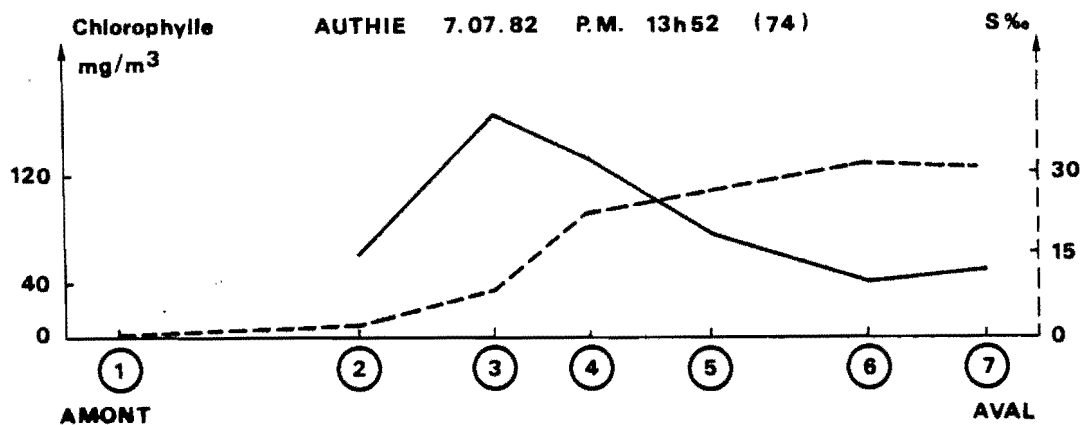


Fig. 28 : Profils comparés des salinités et teneurs en chlorophylle lors de la sortie du 7.7.82 sur l'Authie (eaux de surface).

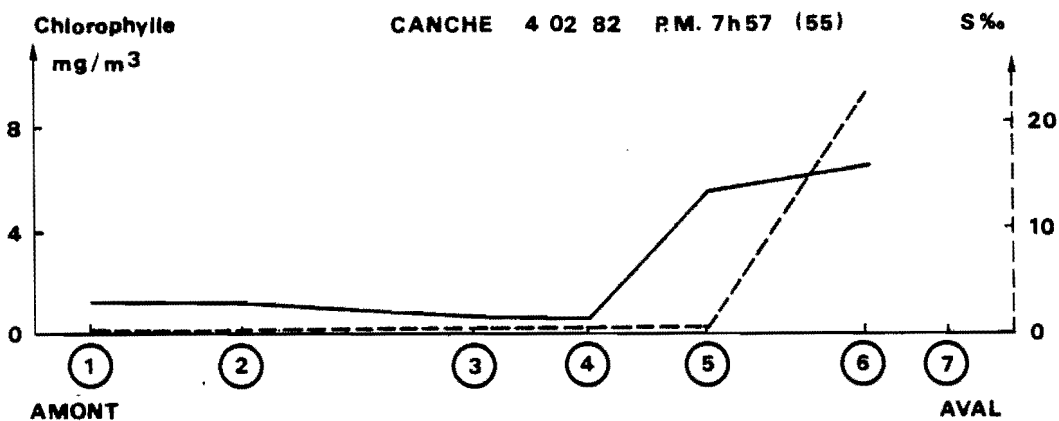


Fig. 29 : Profils comparés des salinités et teneurs en chlorophylle lors de la sortie du 4.2.82 sur la Canche. (eaux de surface)

Pour l'Aa comme pour la Somme la présence d'écluses établit en deçà un bassin d'eau douce plus stagnante, très favorable au développement d'espèces phytoplanctoniques dulçaquicoles au printemps (fig 22). Cela explique qu'à la différence des estuaires précédents les teneurs en pigments végétaux soient très importantes pour les points amont.

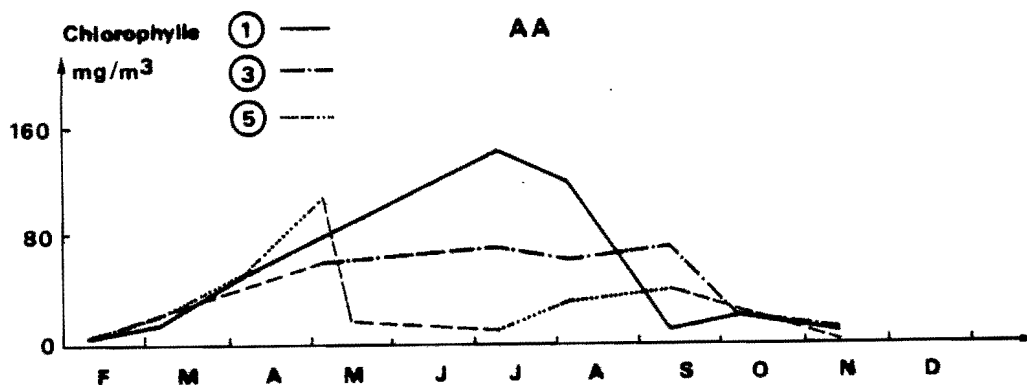


Fig. 30 Teneurs en chlorophylle à trois stations au cours de l'année sur l'Aa. (eaux de surface)

Pour la station intermédiaire sur l'Aa, l'eau douce circulant en surface transporte cette population phytoplanctonique dulçaquicole et maintient pratiquement d'avril à septembre une teneur constante en chlorophylle ($\approx 60 \text{ mg/m}^3$). Le point aval qui correspond à l'eau de mer présente un pic très important (110 mg/m^3) probablement attribuable au développement des phaeocystis.

Les valeurs relativement faibles observées en juillet-août-septembre, de l'ordre de 30 mg/m^3 restent cependant considérables pour les eaux côtières.

La répartition dispersée des stations intermédiaires dans la Somme ne permet pas une interprétation aussi claire que pour l'Aa.

Cependant les caractéristiques des points amont et aval, très comparables à celles de l'Aa permettent de supposer, comme pour les autres paramètres, un fonctionnement identique.

Les teneurs moyennes en phaeopigments suivent en général les variations du taux de chlorophylle. On note cependant un accroissement des concentrations à la suite des pics de chlorophylle

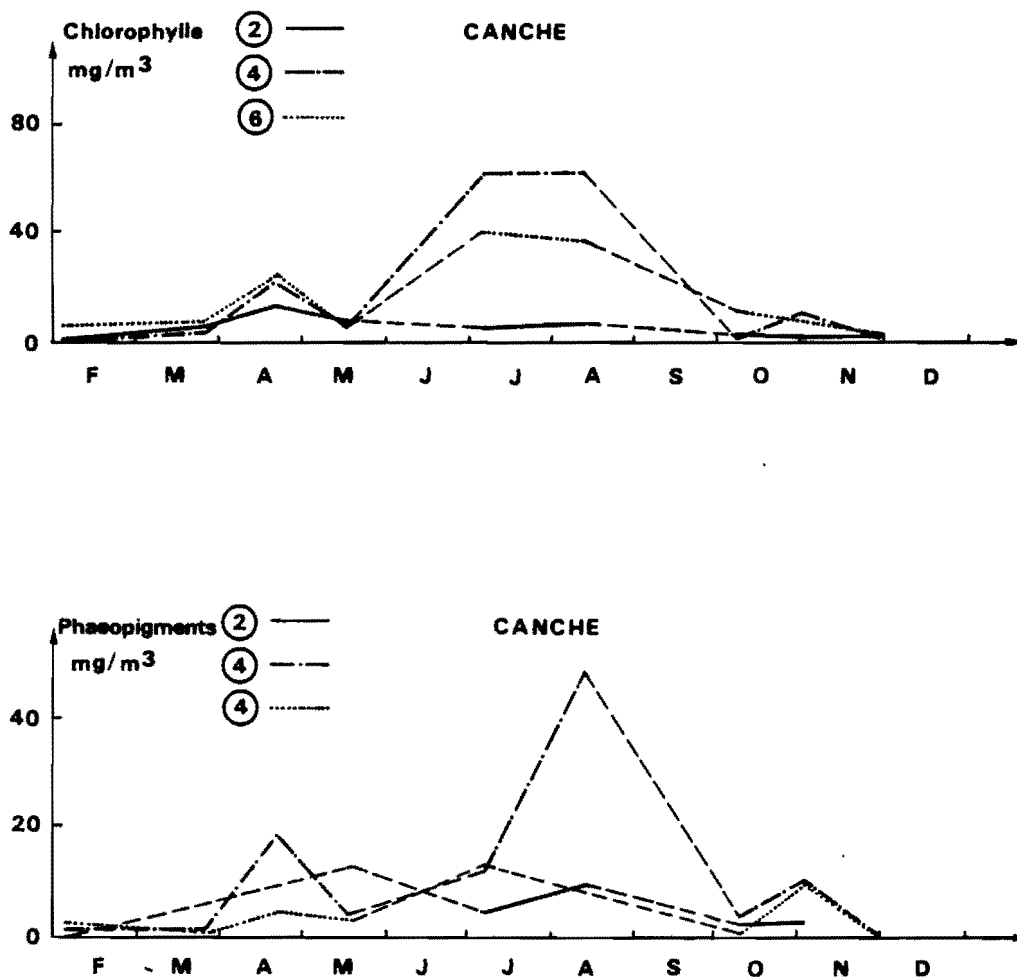


Figure 31 : Evolutions comparées des teneurs en chlorophylle et phaeopigments sur la Canche au cours de l'année 82. (eaux de surface).

7 - Matières en suspension

Dans la majorité des cas la mesure de turbidité optique par néphélométrie confirme les valeurs obtenues par pesée des matières en suspension. Les éventuelles différences sont liées à la nature même des suspensions dont l'impact optique peut être important pour une valeur pondérale négligeable.

L'existence d'une zone très turbide dans tous les cas d'estuaires observés nous a initialement conduit à évoquer la notion de bouchon vaseux tel que l'a défini L. GLANGEAUD (1941). Mais l'hydrodynamique des estuaires picards et aussi de l'Aa, conduisant à un renouvellement complet des eaux à chaque marée, ainsi que l'absence de dépôt vaseux (crème de vase... etc) à l'étale de courant, nous conduit à revoir

cette première interprétation. La position des maxima de turbidité et matières en suspension en liaison avec les paramètres définissant les conditions d'intrusion saline, conduit à nouveau à différencier les estuaires à débit régulé des estuaires "sauvages".

Pour la Somme et l'Aa, les fortes turbidités observées coïncident avec les eaux salées côtières, elles suivent donc l'intrusion saline. Les suspensions restent "prisonnières" de l'eau de mer qui les transporte : les échanges avec les eaux douces étant nuls ou très faibles pour ces estuaires.

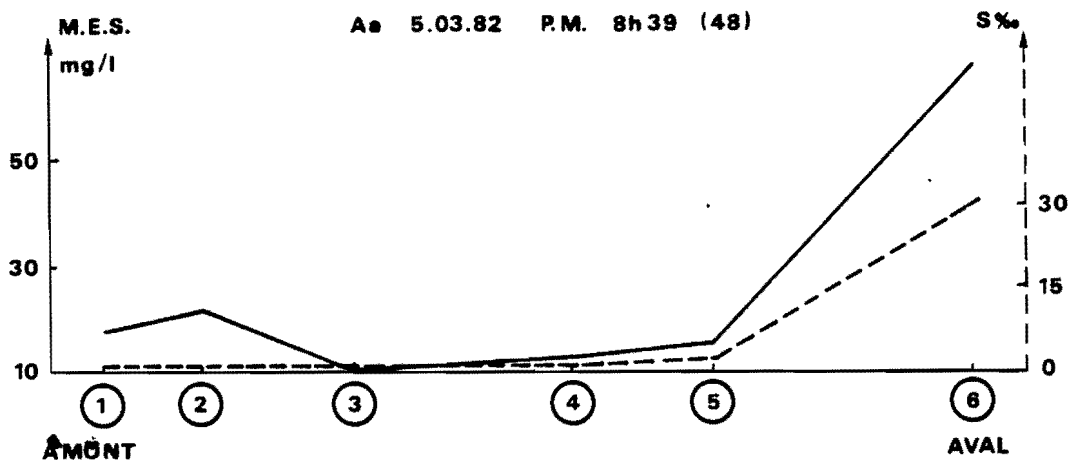


Fig. 32 : Profils comparés des salinités et poids de matière en suspension sur l'Aa le 5.3.82 (eaux de surface)

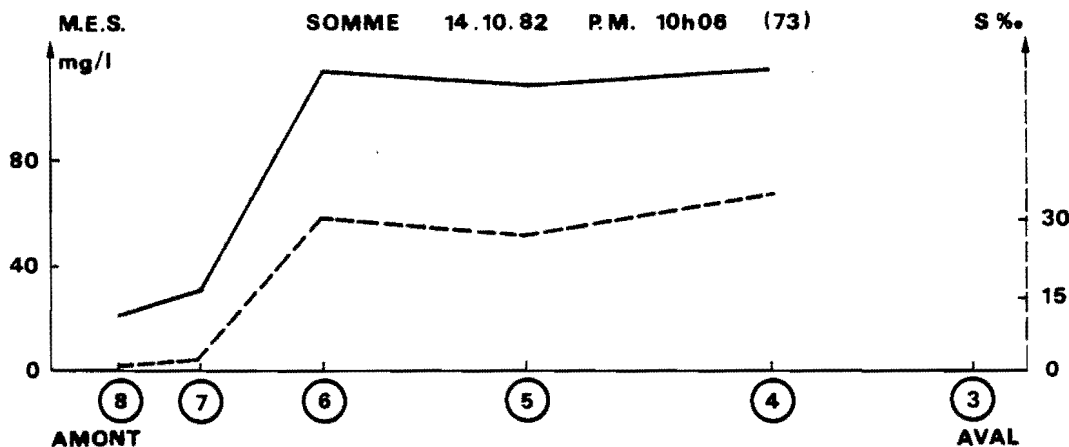


Fig. 33 : Profils comparés des salinités et poids de matières en suspension sur la somme le 14.10.82. (eaux de surface).

Au contraire, comme pour les fortes teneurs en chlorophylle, les valeurs relevées de turbidité et de matières en suspension se superposent à l'intrusion saline pour la Canche et l'Authie.

Dans ces estuaires l'intrusion saline est associée à un mélange partiel des eaux. Cette zone de brassage caractérisée par des salinités intermédiaires affecte aussi les suspensions. En plus de la mise en suspension de sédiments du cours d'eau par la marée dynamique les suspensions marines sont échangées avec les eaux douces dans cette zone de brassage.

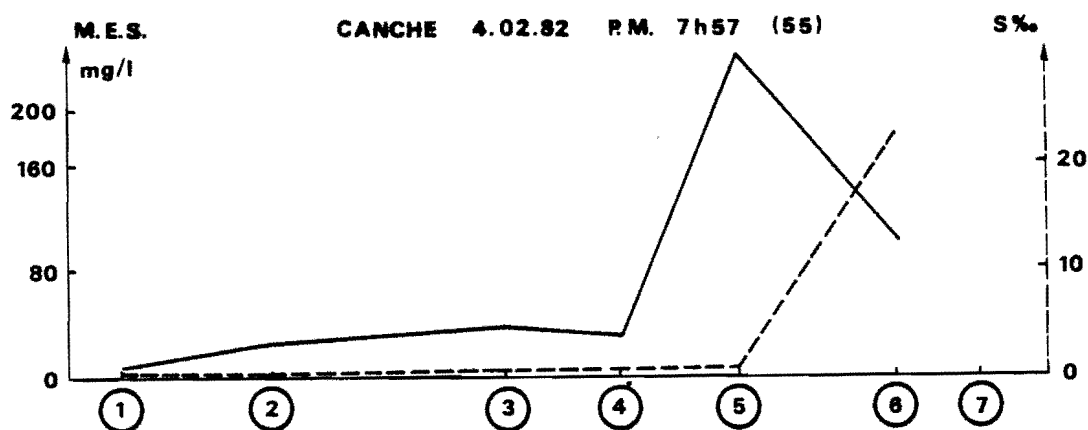


Fig. 34 : Profils comparés des salinités et poids de matière en suspension sur la Canche le 4.2.82. (eaux de surface).

L'ensemble de cette masse turbide, alors poussée par l'eau de mer pendant le montant, redescend vers l'aval avec un certain retard pris vis à vis de la salinité. Ce phénomène a pu être nettement mis en évidence lors du suivi de quelques paramètres sur un cycle de marée depuis le pont d'Etaples (Station n° 3 sur l'estuaire de la Canche, fig. 35).

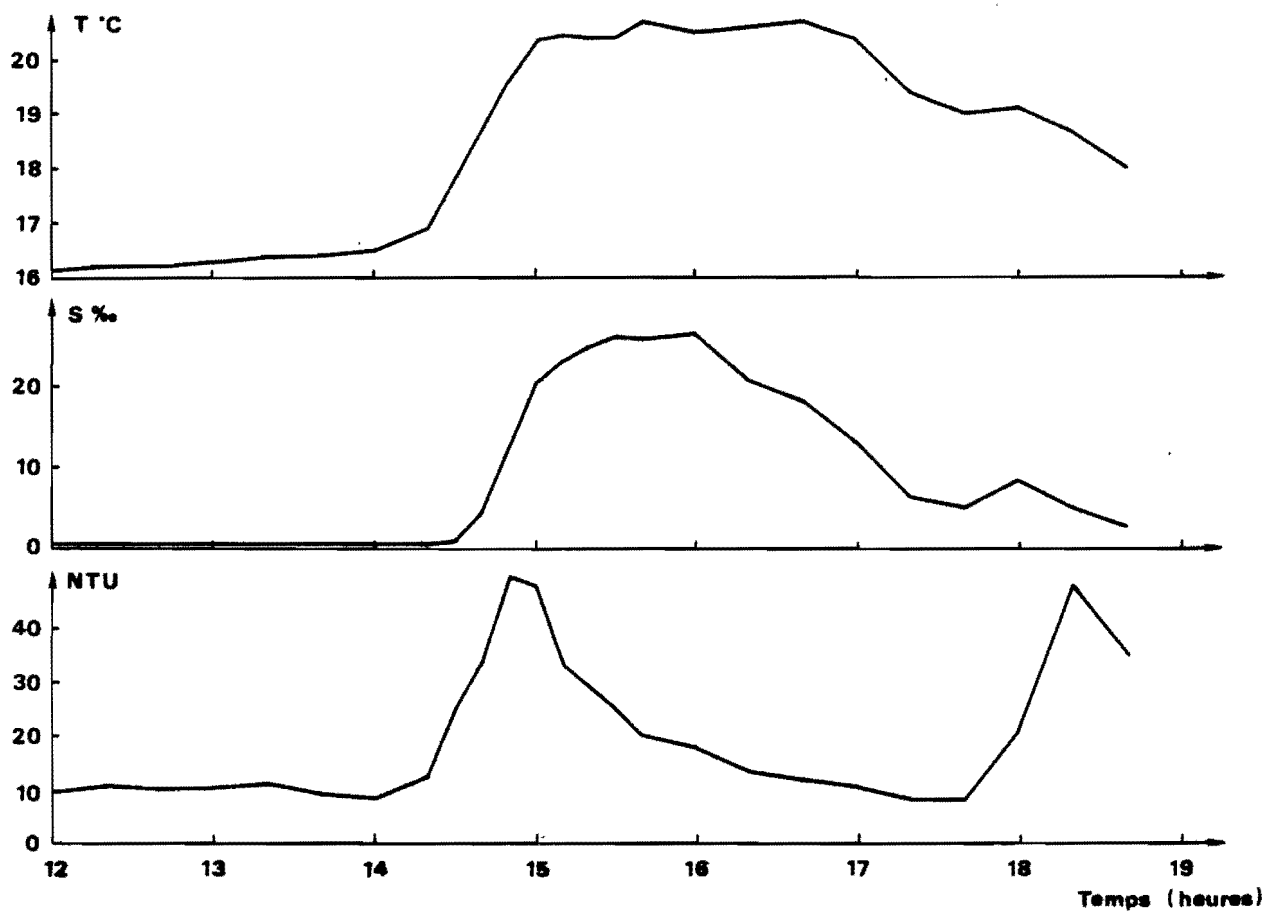


Fig. 35 : Suivi des températures, salinités et turbidités lors d'un cycle de marée au pont d'Etaples le 9.8.82. (eaux de surface).

C - PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS DES QUADRILLAGES AU LARGE

Pour évaluer l'impact des rejets estuariens dans la zone côtière, quatre sorties quadrillage, à raison d'une par saison, ont été effectuées au large des estuaires "Picards" à l'aide du navire océanographique le SEPIA II (figure 36). Les résultats des analyses sont reportés dans les tableaux 8, 9, 10 et 11. Nous avons uniquement fait figurer les valeurs de turbidité (figure 37) : le panache turbide se dessine très nettement pour la sortie du 24.8.82. On confirme les résultats obtenus lors de la campagne Hydrobios qui donnait pour la même époque une turbidité comprise entre 2 et 3 NTU. De même pour les autres paramètres étudiés, on observe des teneurs caractéristiques des eaux d'estuaire. Cependant le trop faible nombre des stations échantillonnées ne permet pas de déterminer le devenir précis des éléments rejetés par l'estuaire.

**Fig. 36: Localisation des points
de prélèvements lors des sorties
quadrillages**

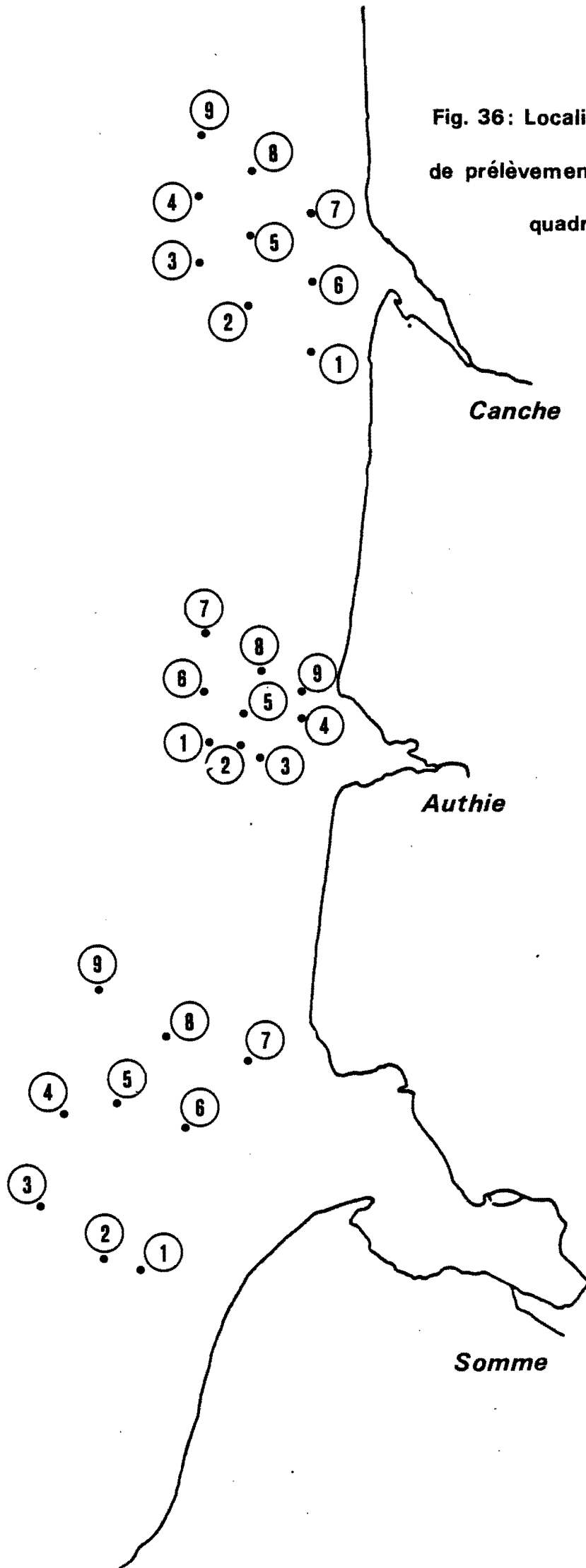


TABLEAU 8 : RESULTATS DES SORTIES QUADRILLAGE DU 4.2.82 POUR LA CANCHE

ET DU 29.3. 82 POUR L'AUTHIE ET LA SOMME

| ESTUAIRE | N° STATION | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | SiO ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|-----------------------|------------|------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|-------|-------|------|
| ESTUAIRE DE LA CANCHE | 1 | 5,9 | 30,55 | - | 7,21 | 101 | 1,18 | 0,65 | 34,45 | 1,26 | 16,3 | 2,06 | 1,02 | 34,63 | 9,8 |
| | 2 | 5,95 | 31,48 | 7,5 | 7,09 | 100 | 0,90 | 0,59 | 29,61 | 1,22 | 13,6 | 1,12 | 0,6 | 24,31 | 3 |
| | 3 | 5,95 | - | 7,45 | 7,22 | - | 0,51 | 0,43 | 21,3 | 0,77 | 10,6 | 1,45 | - | 23,72 | 2,2 |
| | 4 | 6 | 32,13 | 7,2 | 7,13 | 101 | 0,24 | 0,53 | 24,2 | 1,28 | 12,1 | 0,84 | - | 24,55 | 2,2 |
| | 5 | 6 | 31,35 | 7 | 7,04 | 99 | 1,07 | - | - | - | - | 1,79 | - | 22,36 | 2,4 |
| | 6 | - | 25,81 | 7,5 | 7,28 | - | 2,49 | 0,62 | 45,2 | 0,27 | 23 | 3,71 | 0,78 | 55,72 | - |
| ESTUAIRE DE L'AUTHIE | 1 | 7,8 | 32,63 | 8,3 | - | - | 0,27 | 0,28 | 19,42 | - | - | 10,15 | 2,48 | 37,24 | 3 |
| | 2 | 7,8 | 32,35 | 8,25 | 7,07 | 104 | 1,32 | 0,30 | 16 | 0,38 | - | 5,53 | 4,82 | 41,16 | 3 |
| | 3 | 7,9 | 32,00 | 8,25 | 6,81 | 100 | 0,48 | 0,29 | 15,51 | 1,07 | - | 7,94 | - | 42,56 | 3,4 |
| | 4 | 7,9 | 31,60 | 8,25 | 7,30 | 108 | 0,58 | 0,36 | 20,54 | 0,7 | - | 8,29 | 8,04 | 38,84 | 5 |
| | 5 | 7,9 | 32,10 | 8,30 | 6,73 | 100 | 1,08 | 0,39 | 17,71 | 2,68 | - | 8,57 | 0,54 | 35,13 | 3 |
| | 6 | 8,2 | 32,70 | 8,25 | 7,74 | 116 | 0,32 | - | - | - | - | 8,41 | 4,33 | 37,70 | 2 |
| | 7 | 8,2 | 32,89 | 8,20 | 7,21 | 108 | 0,20 | 0,27 | 18,33 | 0,32 | - | 9,09 | - | 35,04 | 1,6 |
| | 8 | 8,1 | 32,33 | 8,25 | 3,63 | 54 | 0,62 | 0,28 | 14,32 | 0,51 | - | - | - | 32,75 | 3,4 |
| | 9 | 7,8 | 31,77 | 8,20 | 3,74 | 55 | 0,35 | 0,35 | 19,85 | 0,54 | - | 6,63 | 6,56 | 39,9 | 4,5 |
| ESTUAIRE DE LA SOMME | 1 | 8,15 | 29,92 | 8,05 | 7,71 | 113 | 1,98 | 0,58 | 15,52 | 1,31 | - | 8,52 | 3,49 | 38,71 | 5,8 |
| | 2 | 7,8 | 31,44 | 8,15 | 7,69 | 113 | 0,69 | - | - | - | - | 7,47 | - | 43,34 | 4,5 |
| | 3 | 7,9 | 32,22 | 8,15 | 7,78 | 115 | 0,38 | 0,32 | 16,58 | - | - | 8,82 | 0,16 | 32,74 | 1,95 |
| | 4 | 7,9 | 31,56 | 8,2 | 7,84 | 117 | 0,23 | 0,32 | 14,28 | 0,61 | - | 6,47 | 5,19 | 41,83 | 2 |
| | 5 | 8 | 31,99 | 8,2 | 7,89 | 117 | 0,27 | 0,27 | 14,93 | 0,82 | - | 7,82 | 7,71 | 36,71 | 3 |
| | 6 | 7,95 | 31,82 | 8,15 | 7,43 | 110 | 0,46 | - | - | - | - | 9,76 | 10,59 | 39,36 | 5,5 |
| | 7 | 8 | 31,31 | 8,20 | 7,27 | 107 | 0,61 | - | - | - | - | - | - | 50,73 | 11 |
| | 8 | 7,7 | 32,62 | 8,25 | 7,93 | 117 | 0,41 | 0,30 | 12 | 0,92 | - | 7,79 | 7,43 | 74,05 | 4 |
| | 9 | 7,4 | 32,88 | 8,25 | 7,38 | 109 | 0,64 | 0,17 | 20,53 | 0,2 | - | 7,62 | 6,56 | 43,40 | 1,95 |

TABLEAU 9 : RESULTATS DE LA SORTIE QUADRILLAGE DU 12.5.82

| ESTUAIRE | N° STATION | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|-----------------------|------------|-------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|--------|-------|--------|------|
| ESTUAIRE DE LA CANCHE | 1 | 11,7 | 33,00 | 8,35 | 8,13 | 131 | 2,08 | 10,50 | 3,27 | 105,88 | 9 |
| | 2 | 11,3 | 33,60 | 8,30 | 7,62 | 123 | 0,69 | 3,90 | 1,75 | 86,48 | 5,4 |
| | 3 | 11,1 | 33,80 | 8,35 | 7,38 | 118 | 0,62 | - | - | 99,68 | 5 |
| | 4 | 11,2 | 33,89 | 8,35 | 7,07 | 114 | 0,60 | 3,06 | 1,01 | 92,44 | 3,5 |
| | 5 | 11,2 | 33,52 | 8,40 | 7,02 | 113 | 1,20 | 4,16 | 2,10 | 119,24 | 5 |
| | 6 | 11,8 | 33,01 | 8,45 | 7,20 | 117 | 3,71 | 14,03 | 2,46 | 137,12 | 10 |
| | 7 | 11,5 | 33,12 | 8,35 | 7,29 | 117 | 0,98 | 12,89 | 2,41 | 60,76 | 10 |
| | 8 | 11,3 | 33,63 | 8,40 | 7,58 | 122 | 0,49 | 7,17 | 1,22 | 59,36 | 6 |
| | 9 | 11,2 | 33,78 | 8,35 | 7,39 | 119 | 1,92 | 3,40 | 2,38 | 116,2 | 6 |
| ESTUAIRE DE L'AUTHIE | 1 | 11,3 | 33,47 | 8,55 | 5,28 | 85 | 3,15 | 3,61 | 1,96 | 95,12 | 3 |
| | 2 | 11,4 | 33,39 | 8,35 | 6,82 | 110 | 1,29 | 3,68 | 2,00 | 104,56 | 2,5 |
| | 3 | 11,4 | 32,79 | 8,40 | 6,64 | 106 | 1,52 | 6,87 | 2,00 | 119,52 | 4 |
| | 4 | 11,5 | 32,84 | 8,35 | 6,60 | 106 | 1,59 | 9,89 | 4,02 | 108,32 | 5,5 |
| | 5 | 11,4 | 33,45 | 8,40 | 7,11 | 115 | 1,65 | 3,75 | - | 91,52 | 4 |
| | 6 | 11,1 | 33,63 | 8,40 | - | - | 0,96 | - | - | 107,36 | 4 |
| | 7 | 11,2 | 33,64 | 8,35 | 7,15 | 115 | 2,36 | 3,19 | - | 119,52 | 3 |
| | 8 | 11,4 | 33,39 | 8,40 | 7,53 | 121 | 1,70 | 5,28 | 2,73 | 122,52 | 3,2 |
| | 9 | 11,4 | 32,90 | 8,40 | 7,50 | 120 | 0,69 | 10,20 | 3,37 | 115,56 | 5,6 |
| ESTUAIRE DE LA SOMME | 1 | 11,1 | 32,64 | 8,45 | 5,68 | 90 | 2,44 | 18,06 | 3,56 | 113,08 | 6 |
| | 2 | 10,95 | 32,84 | 8,60 | 6,73 | 107 | 7,30 | 17,37 | 4,84 | 102,76 | 6 |
| | 3 | 10,9 | 33,20 | 8,55 | - | - | 1,61 | 7,73 | 1,46 | 86,24 | 5 |
| | 4 | 10,95 | 33,35 | 8,50 | 6,25 | 100 | 2,11 | 4,82 | 1,54 | 100,28 | 6 |
| | 5 | 11,0 | 33,24 | 8,45 | 7,37 | 118 | 0,23 | 7,27 | 3,91 | 105,64 | 7 |
| | 6 | 11,7 | 29,74 | 8,40 | 5,43 | 86 | 0,98 | 10,60 | 4,70 | 98,44 | 3,4 |
| | 7 | 11,5 | 32,76 | 8,45 | 4,85 | 78 | 0,38 | 5,42 | 3,42 | 121,2 | 3,5 |
| | 8 | 11,6 | 33,34 | 8,45 | 7,13 | 115 | 1,49 | 11,90 | 1,33 | 47,08 | 4 |
| | 9 | 11,9 | 33,65 | 8,50 | 6,84 | 92 | 1,29 | 2,90 | 1,09 | 116,88 | 2,5 |

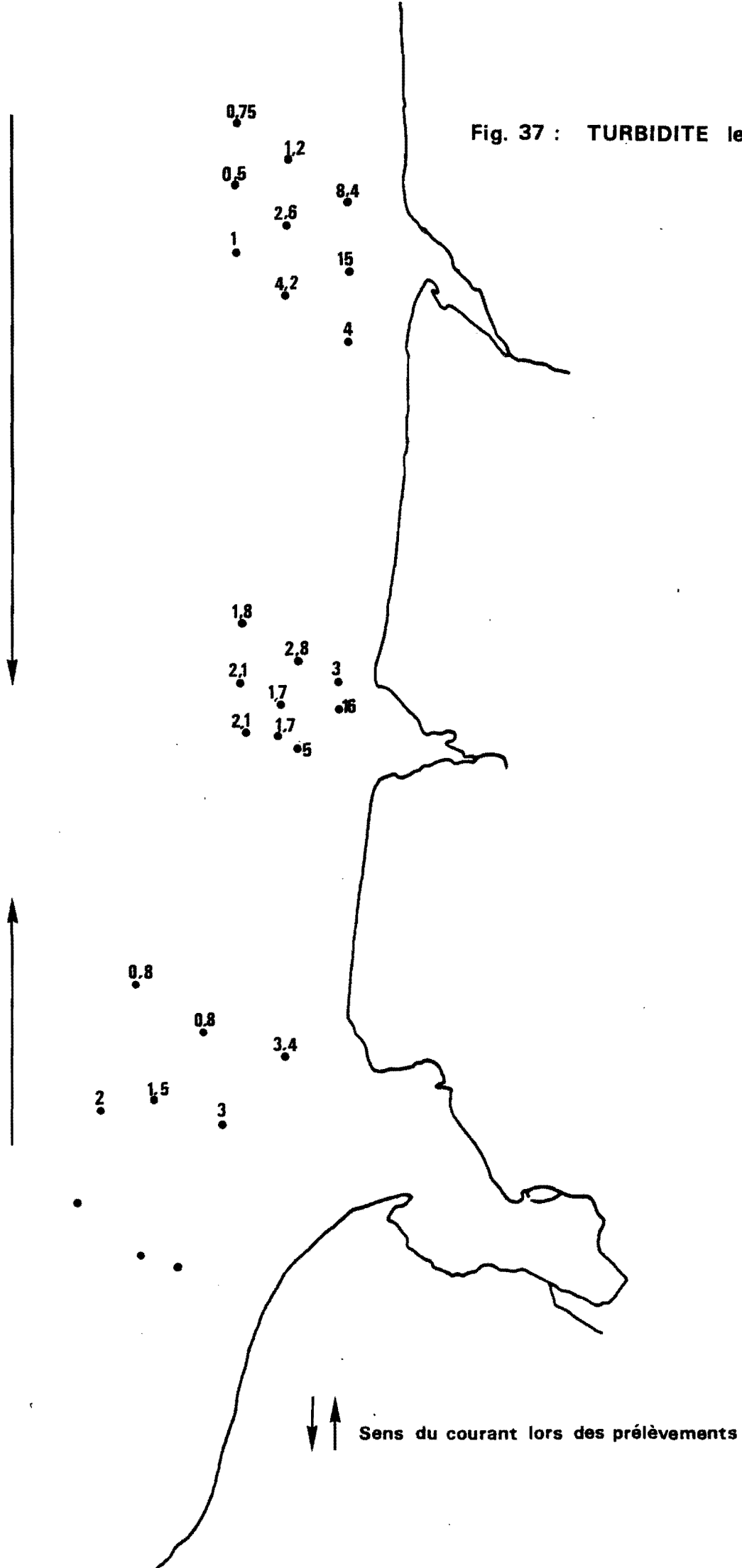
TABLEAU 10 : RESULTATS DE LA SORTIE QUADRILLAGE DU 24/8/82

| ESTUAIRE | N° STATION | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | Chloro | Phaeo | MES | Turb |
|-----------------------|------------|-------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|--------|-------|-------|------|
| ESTUAIRE DE LA CANCHE | 1 | 17,5 | 32,88 | 8,32 | 5,51 | 100 | 0,22 | - | - | 38,85 | 4 |
| | 2 | 17,5 | 32,58 | 8,30 | - | - | 0,08 | 9,96 | 4,45 | 35,27 | 4,2 |
| | 3 | 17,7 | 33,99 | 8,26 | 5,59 | 103 | 0,40 | 5,91 | - | 31,11 | 1 |
| | 4 | 17,5 | 33,98 | 8,26 | - | - | 0 | 3,51 | 2,31 | 27,07 | 0,5 |
| | 5 | 17,6 | 33,66 | 8,32 | 5,54 | 101 | 0 | 3,07 | 2,15 | 26,99 | 2,6 |
| | 6 | 16,9 | 31,69 | 8,40 | - | - | 0,15 | 57,56 | 53,51 | 67,54 | 15 |
| | 7 | 17,3 | 32,10 | 8,30 | - | - | 0,39 | 23,22 | 3,29 | 37,77 | 8,4 |
| | 8 | 17,7 | 33,66 | 8,31 | - | - | 0 | 1,41 | 0,71 | 32,82 | 1,2 |
| | 9 | 17,6 | 33,82 | 8,24 | - | - | 0 | 1,43 | 0,94 | 31,04 | 0,75 |
| ESTUAIRE DE L'AUTHIE | 1 | 17,9 | 33,66 | 8,32 | - | - | 0 | 1,57 | 1,67 | 34,86 | 2,1 |
| | 2 | 17,9 | 33,51 | 8,29 | - | - | 0,18 | 5,43 | 3,77 | 35,02 | 1,7 |
| | 3 | 17,8 | 33,19 | 8,31 | 5,44 | 99 | 0 | 8,39 | 4,60 | 44,74 | 5 |
| | 4 | 17,6 | 33,06 | 8,30 | 5,24 | 95 | 0 | 14,04 | 7,15 | 69,46 | 16 |
| | 5 | 17,8 | 35,50 | 8,29 | 5,61 | 103 | 0 | 5,44 | 2,18 | 33,45 | 1,7 |
| | 6 | 17,9 | 33,68 | 8,26 | 5,65 | 104 | 0 | 4,89 | 1,70 | 38,63 | 2,10 |
| | 7 | 18,1 | 33,42 | 8,30 | - | - | 0 | 3,71 | 1,91 | 36,34 | 1,8 |
| | 8 | 17,9 | 33,47 | 8,33 | - | - | 0 | 6,47 | 1,64 | 45,78 | 2,8 |
| | 9 | 17,8 | 33,22 | 8,32 | 5,55 | 101 | - | 6,75 | 2,87 | 43,53 | 3 |
| ESTUAIRE DE LA SOMME | 4 | 17,8 | 33,80 | 8,29 | 5,67 | 104 | - | 4,45 | 3,54 | 29,95 | 2 |
| | 5 | 17,7 | 33,65 | 8,30 | 5,68 | 104 | - | 5,46 | 2,04 | 27,36 | 1,5 |
| | 6 | 17,7 | 33,13 | 8,30 | 5,75 | 105 | 0 | 8,78 | 3,89 | 38,60 | 3 |
| | 7 | 17,4 | 33,15 | 8,31 | - | - | 0 | 7,43 | 5,41 | 40,17 | 3,4 |
| | 8 | 17,9 | 33,22 | 8,25 | 5,73 | 105 | 0 | 3,67 | 3,64 | 31,25 | 0,8 |
| 9 | 17,9 | 33,85 | 8,30 | - | - | 0 | 3,09 | 1,70 | 35,97 | 0,8 | |

TABLEAU 11 : RESULTATS DE LA SORTIE QUADRILLAGE DU 6/10/82

| ESTUAIRE | N° STATION | T°C | S°/‰ | pH | O ₂ ml | % O ₂ | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | Si O ₄ | Turb |
|-----------------------|------------|------|-------|------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|------|
| ESTUAIRE DE LA CANCHE | 1 | 15,5 | 33,26 | - | 5,63 | 98 | 0,04 | 0,05 | 0,6 | - | 6 | 2 |
| | 2 | 16,3 | 33,82 | 8,3 | 5,25 | 94 | 0,13 | 0,07 | - | - | 5,9 | 0,7 |
| | 3 | 16,5 | 34,01 | 8,2 | 5,34 | 96 | 0,27 | 0,09 | 1,5 | - | 15,4 | 0,35 |
| | 4 | 16,4 | 34,08 | 8,3 | 5,33 | 95 | 0,51 | 0,18 | 4,2 | - | 45,4 | 0,25 |
| | 5 | 16,2 | 33,88 | 8,45 | 5,21 | 93 | 0,14 | 0,08 | 1 | - | 8,2 | 0,75 |
| | 6 | 15,7 | 33,03 | 7,8 | 4,80 | 84 | 0,73 | 0,12 | 2,3 | - | 18,1 | 1,5 |
| | 7 | 15,8 | 32,94 | 8,45 | 5,13 | 72 | 0,100 | 0,14 | 3,1 | - | 26,9 | 1,35 |
| | 8 | 16,2 | 33,87 | 8,35 | 5,05 | 90 | 0,27 | 0,05 | 1 | - | 8,2 | 0,8 |
| | 9 | 16,4 | 34,06 | 8,4 | 5,24 | 94 | 0,46 | 0,16 | 3 | - | 26,9 | 0,55 |
| ESTUAIRE DE L'AUTHIE | 1 | 16,1 | 33,63 | 8,1 | 6,08 | 108 | - | 0,03 | 0,2 | - | 0,4 | 0,7 |
| | 2 | 16 | 33,48 | 8,35 | 6,04 | 107 | - | 0,05 | 0,1 | - | traces | 0,9 |
| | 3 | 15,8 | 33,04 | 8,4 | 6,08 | 107 | - | 0,1 | 0 | - | 0,2 | 1,8 |
| | 4 | 15,8 | 32,90 | 8,35 | 6,02 | 105 | - | 0,1 | 3,1 | - | 0,6 | 1,5 |
| | 5 | 16 | 33,49 | 8,4 | 6,11 | 108 | - | 0,03 | 0,1 | - | traces | 0,8 |
| | 6 | 16,2 | 33,71 | 8,35 | 6,11 | 108 | - | 0,14 | 0 | - | - | 0,7 |
| | 7 | 16,2 | 33,81 | 8,4 | 5,97 | 105 | - | 0,08 | traces | - | - | 0,8 |
| | 8 | 15,8 | 33,41 | 8,4 | 5,83 | 101 | - | 0,06 | traces | - | 0,1 | 0,9 |
| | 9 | 15,8 | 33,01 | 8,3 | 5,70 | 100 | - | 0,09 | traces | - | 0,1 | 2,2 |
| ESTUAIRE DE LA SOMME | 1 | 15,2 | 32,27 | 8,2 | 5,32 | 92 | - | 0,33 | 5,2 | 0,57 | 3,0 | 3,6 |
| | 2 | 15,3 | 32,42 | 8,3 | 5,51 | 95 | - | 0,29 | 4,2 | 0,58 | 2,0 | 2,6 |
| | 3 | 15,5 | 33,07 | 8,25 | 5,91 | 103 | - | 0,22 | 1,6 | 0,65 | 0,4 | 1,3 |
| | 4 | 15,8 | 33,07 | 8,25 | 5,83 | 102 | - | 0,13 | 1,4 | 0,48 | 0,2 | 1,3 |
| | 5 | 15,4 | 32,63 | 8,3 | 5,61 | 97 | - | 0,24 | 2,7 | 0,49 | 0,7 | - |
| | 6 | 15,3 | 32,63 | 8,25 | 5,58 | 97 | - | 0,30 | 3,8 | 0,49 | 1,4 | 8,4 |
| | 7 | 15,5 | 32,70 | - | 5,59 | - | - | 0,23 | 3,5 | - | 0,7 | 7 |
| | 8 | 15,8 | 33,29 | 8,3 | 5,89 | 104 | - | 0,07 | 0,2 | 0,16 | traces | 1,1 |
| | 9 | 16,3 | 33,55 | 8,35 | 5,90 | 105 | - | 0,05 | 0,4 | 0,40 | 0,4 | 0,9 |

Fig. 37 : TURBIDITE le 24.08.82



III - DISCUSSION - CONCLUSION

Les différences essentielles permettent de distinguer d'une part les estuaires à débits régulés et d'autre part les estuaires à débits non régulés.

En effet pour la Somme et l'Aa, la présence d'écluses modifie le débit en bloquant les eaux douces amenées à l'estuaire. Cela entraîne des déséquilibres entre les masses d'eaux douces libérées dans l'estuaire et la masse d'eau de mer amenée par la marée. Il y a dans ces estuaires la formation d'un coin salé nettement délimité avec une stratification marquée qui limite les échanges. Il y a donc distinction entre des paramètres "marins" et "dulçaquicoles" aux périodes de montant et de pleine mer, pendant lesquelles les observations ont été menées. Il est évident qu'au baissant, l'entraînement des eaux vers l'aval provoquera un brassage plus ou moins complet des deux types d'eau. La majorité des modifications observables sur les eaux transitant dans un tel estuaire au cours d'un cycle de marée sont donc plus attribuables aux contraintes que subissent ces eaux dans l'estuaire qu'aux apports directs du fleuve lui-même. Si l'on considère par exemple la Somme, on peut constater que les eaux côtières qui pénètrent, subissent d'abord un brassage mécanique important au niveau de la barre d'entrée. Puis ces masses d'eau qui s'épandent sur les vasières y trouvent des conditions hydrodynamiques favorables à la sédimentation de leurs particules, alors qu'elles mêmes se chargent en éléments que les masses d'eaux douces des strates supérieures leur abandonnent. Des modifications liées à l'intervention humaine sont également sensibles dans l'Aa où, l'effet induit par le système d'écluse se trouve renforcé par une canalisation de l'ensemble de l'estuaire qui établit lors de l'étale de haute mer un plan d'eau calme favorable à une sédimentation des particules fines. L'ensemble du chenal révèle en effet à marée basse une proportion de vase inobservée dans les autres estuaires (Authie, Canche).

La Canche et l'Authie présentent des caractéristiques hydrologiques très voisines. Les bassins versants de ces estuaires sont très proches et leurs débits ne sont pas régulés artificiellement. La forme de l'estuaire est très comparable : l'arrivée d'eau douce, peu modifiée par l'activité humaine, entraîne une rencontre progressive avec l'intrusion

saline. Il s'établit dans cette zone frontale des caractéristiques particulières dites d'estuaires "partiellement mélangés". La zone intermédiaire d'eaux saumâtres (salinité de 0,5 à 30 ‰) se caractérise par un cumul de particularités physicochimiques (bonne oxygénation, teneur en particules organiques, minérales et planctoniques élevée, et enrichissement en sels nutritifs).

Tableau 12 : Valeurs comparées de température, salinité, turbidité et oxygène dissous pour les différentes stations de la Canche et de l'Aa avec la zone côtière (eaux de surface)

| | CANCHE | | | Aa | | VALEURS COTIERES Hydrobios + quadrillage |
|-------------------|--------|---------------------|-------|-------|-------|--|
| | Amont | zone de brassage | Aval | Amont | Aval | |
| T°C | 15,2 | 17,6 | 18,6 | 21,7 | 20,9 | 17,5 |
| S°/‰ | 0,33 | 25,58 | 31,83 | 0,58 | 32,80 | 32,76 |
| NTU | 6,5 | 15,5 | 9,5 | - | 8,7 | 5,3 |
| O ₂ ml | 5,87 | 7,18 | 6,10 | 5 | 4,40 | 5,7 |

Cet inventaire des caractéristiques hydrologiques a essentiellement conduit à préciser le fonctionnement des estuaires de notre région. Une classification a pu être établie qui permet de limiter la suite de l'étude à 2 ou 4 estuaires (Aa ou Somme et Canche ou Authie), qui diffèrent essentiellement par la présence ou absence d'un système d'écluse de retenue en amont. Pour la molysmologie, la meilleure approche du bilan entrée/sortie des eaux de l'estuaire serait de suivre en différents points l'ensemble des paramètres au cours de cycles de marée. Par ailleurs, il apparaît indispensable d'obtenir des informations sur l'hydrodynamique de l'estuaire (mesures courantologiques, bathymétriques...) et sur les débits précis de la période d'étude.

Ces dernières données paraissent en effet indispensables à la compréhension du devenir des divers éléments, notamment des suspensions, pendant les différentes phases de la vie de l'estuaire (crues, étiages, mortes eaux, vives eaux...). Or ce sont de tels paramètres qui définiraient l'impact des polluants au sein et en dehors de l'estuaire. Des zones abritées correspondant à de faux chenaux (Canche, Authie) ou à des bassins portuaires (Grand-Fort-Philippe, Le Crotoy) sont des zones d'autoépuration. Elles sont susceptibles d'accueillir les polluants (polluants organiques,

métaux lourds) adsorbés sur les suspensions, alors que, les pollutions organiques d'origine industrielle ou urbaine de densité plus légère, que l'on pourrait qualifier de pollutions "dissoutes", vont tendre à se "diluer" dans le panache de rejet de l'estuaire. L'extension et l'impact du panache de rejet de l'estuaire doivent être précisés par un quadrillage plus dense et plus étendu de stations hydrologiques portant sur un ou deux estuaires retenus.

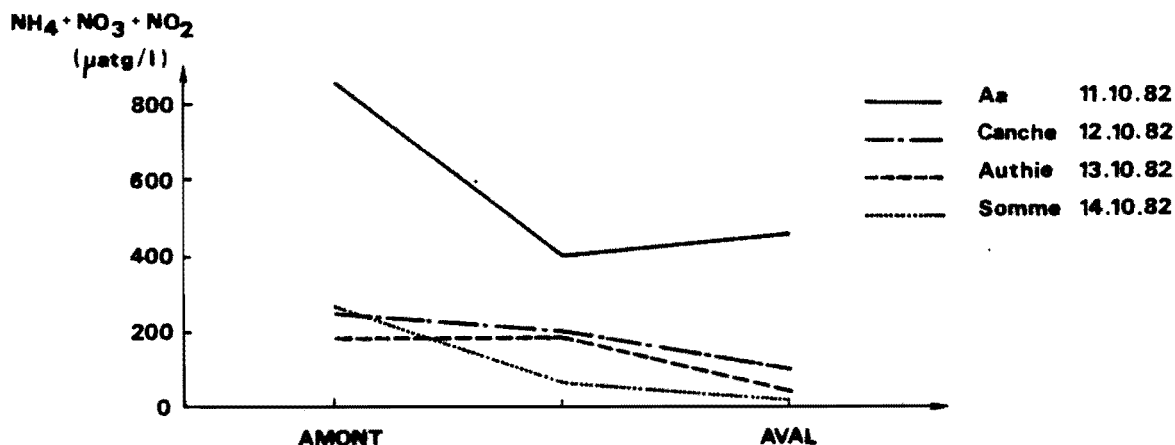


Fig. 38 : Comparaison des teneurs en sels azotés pour les 4 estuaires au mois d'octobre

| | Aa | Canche | Authie | Somme |
|----------------------|------|--------|--------|-------|
| Azote (tonne/an) | 1356 | 1040 | 599 | 2617 |
| Phosphore (tonne/an) | 113 | 315 | 78 | 315 |
| Silice (tonne/an) | 1040 | 1702 | 1229 | 5676 |

Tableau 13 : Approximation des flux sortants (tonne/an) en azote total (nitreux + nitrique + ammoniacal), en phosphore et en silice (résultats obtenus par le produit des débits annuels moyens par la moyenne des teneurs en sels nutritifs).

La classification des estuaires pour leurs teneurs en sels nutritifs (Figure 38) amène quelques réflexions. Si l'Aa qui draine un arrière pays très industrialisé, se caractérise par de très fortes teneurs en Azote et en Phosphore, on note que la Canche est plus chargée que l'Authie et la Somme. En liant cette charge au débit moyen de la rivière (tableau 13), on observe que le fort débit de la Somme (environ 7 fois supérieur à celui de l'Aa) compense les plus faibles teneurs en sels nutritifs de son rejet. L'impact de la Canche est également très important par comparaison avec l'Authie et même l'Aa, surtout en ce qui concerne le phosphore et la silice. Une comparaison entre les charges en polluants (ch. 4) et, en bactéries (ch. 3) doit permettre de conclure quant à l'intérêt d'un tel apport.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1973-1976 - Carte de qualité des cours d'eau. Agence de l'Eau Artois-Picardie.
- ANONYME. Manuel des méthodes de prélèvements et d'analyses. R.N.O., 1 : 142 p.
- BENTLEY D., DUPONT J., RICHARD A., 1980 - Campagne d'étude du littoral Nord - Pas-de-Calais - Somme. R.N.O., 16 : 87-145.
- BENTLEY D., 1980 - Suivi hydrobiologique du détroit du Pas-de-Calais. I - Paramètres physicochimiques - D.E.A., Lille, 34 p.
- BREMOND R., PERRODON C., 1979 - Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et du cadre de vie, 259 p.
- DESAUNAY, 1973 - Rapport de l'étude sur l'écologie et productivité de la Canche. I.S.T.P.M., 51 p.
- DUBRULLE L., 1982 - Etude hydrosédimentaire de l'estuaire de l'Orne et de ses abords. Thèse 3ème Cycle - Caen, 213 p.
- DUPONT J.P., 1981 - Relation entre Bios et phénomènes sédimentaires intertidaux : le modèle de la Baie de Somme. Thèse 3ème Cycle - Rouen, 310 p.
- DUVAL J., 1973 - La productivité primaire en Baie de Canche. Thèse 3ème Cycle Lille, 91 p.
- DYER K.R., 1973 - Classification of estuaries *in* Estuaries : a physical introduction. John Wiley 8 Sons, London, 140 p.
- GLANGEAUD L., 1941 - Evolution morphologique et dynamique des estuaires. Bull. AGF, 140, 141 : 95-103.

HOMMERIL P. et coll., 1980 - Sédimentation littorale et application :
exemple sur le littoral canchois et en Baie de Somme. Séminaire
de Géologie de la Manche.

MARTIN J.M., MEYBECK M., SALVADORI F., 1974 - Pollution chimique des
estuaires : état actuel des connaissances. Rapport scientifique
et technique du C.N.E.X.O., n° 22, 284 p.

PRITCHARD D.W., 1955 - Estuarine circulation patterns. Proc. Am. Soc.
Civil Eng, 717 (1-11), 81 p.

V - LISTE DES FIGURES

| | Pages |
|---|-------|
| Fig. 1 : Localisation des estuaires étudiés | 1 |
| Fig. 2 : Diagramme ombrothermique (1982) - Station météorologique du Touquet | 4 |
| Fig. 3 : Température et insolation - Station météorologique du Touquet | 4 |
| Fig. 4 : Estuaire de l'Aa : stations de prélèvement | 6 |
| Fig. 5 : Estuaire de la Canche : Stations de prélèvement | 7 |
| Fig. 6 : Estuaire de l'Authie : stations de prélèvement | 8 |
| Fig. 7 : Estuaire de la Somme : stations de prélèvement | 9 |
| Fig. 8 : Profil des températures sur la Canche au printemps et en automne | 16 |
| Fig. 9 : Evolution des températures au cours de l'année pour 3 stations de prélèvements sur l'Authie | 16 |
| Fig. 10 : Profil des températures sur l'Aa en été | 17 |
| Fig. 11 : Evolution des températures au cours de l'année pour 3 stations sur l'Aa | 17 |
| Fig. 12 : Variation du pH sur la Somme le 14.10.82 | 18 |
| Fig. 13 : Variation du pH sur l'Aa le 7.05.82 | 19 |
| Fig. 14 : Profil des variations du pH sur la Canche le 2.12.82 ... | 19 |
| Fig. 15 : Profil des variations du pH sur l'Authie le 13.10.82 | 20 |
| Fig. 16 : Exemple de répartition des salinités concernant la Somme le 14.10.82 en fonction des lieux de prélèvement (eaux de surface) | 21 |
| Fig. 17 : Exemple de répartition des salinités concernant l'Authie le 7.7.82 en fonction des lieux de prélèvement (eaux de surface). | 22 |
| Fig. 18 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 16.8.82 sur la Canche (eaux de surface) | 23 |
| Fig. 19 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 7.7.82 sur l'Authie (eaux de surface) | 24 |
| Fig. 20 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 6.7.82 sur la Somme (eaux de surfa- ce) | 24 |

| | |
|---|-------|
| Fig. 21 : Répartition des taux d'oxygène dissous et de la salinité lors de la sortie du 5.3.82 sur l'Aa (eaux de surface) | 25 |
| Fig. 22 : Profils comparés des teneurs en oxygène dissous et en Chlo- rophyllé dans l'Aa le 7.5.82 (eaux de surface) | 26 |
| Fig. 23 a - b : Evolution des concentrations en nitrates et silicates au cours de l'année pour 3 stations sur la Canche (eaux de surface) | 26-27 |
| Fig. 24a - b : Variation des teneurs en sels nutritifs et de la sali- nité sur l'Authie le 13.10.82 (eaux de surface) | 27-28 |
| Fig. 25a - b : Variation des teneurs en sels nutritifs et de la sali- nité sur l'Aa le 5.3.82. (eaux de surface). | 29-30 |
| Fig. 26 : Evolution des teneurs en chlorophylle sur la Canche en 1982 (eaux de surface) | 30 |
| Fig. 27 : Evolution des teneurs en chlorophylle sur l'Authie en 1982 (eaux de surface) | 31 |
| Fig. 28 : Profils comparés des salinités et teneurs en chlorophylle lors du 7.7.82 sur l'Authie (eaux de surface) | 32 |
| Fig. 29 : Profils comparés des salinités et teneurs en chlorophylle lors de la sortie du 4.2.82 sur la Canche (eaux de surface) | 32 |
| Fig. 30 : Teneurs en chlorophylle à trois stations au cours de l'année pour l'Aa | 33 |
| Fig. 31 : Evolutions comparées des teneurs en chlorophylle et phaeo- pigments sur la Canche au cours de l'année 82 (eaux de sur- face) | 34 |
| Fig. 32 : Profils comparés des salinités et poids de matière en sus- pension sur l'Aa le 5.3.82 (eaux de surface) | 35 |
| Fig. 33 : Profils comparés des salinités et poids de matière en suspension sur la Somme le 14.10.82 (eaux de surface) | 35 |
| Fig. 34 : Profils comparés des salinités et poids de matière en suspension sur la Canche le 4.2.82 (eaux de surface) | 36 |
| Fig. 35 : Suivi de températures, salinités et turbidités lors d'un cycle de marée au pont d'Etaples le 9.8.82 | 37 |
| Fig. 36 : Localisation des points de prélèvement lors des sorties quadrillage | 39 |
| Fig. 37 : Turbidité lors du quadrillage du 24.8.82 | 42 |
| Fig. 38 : Comparaison des teneurs en sels azotés pour les 4 estuaires au mois d'octobre | 45 |

V - LISTE DES TABLEAUX

| | Pages |
|--|-------|
| Tableau 1 : Débits annuels et mensuels moyens, superficie du bassin versant des fleuves étudiés | 5 |
| Tableau 2 : Limites saisonnières des températures pour les quatre estuaires | 11 |
| Tableau 3 : Résultats des analyses pour l'estuaire de l'Aa | 12 |
| Tableau 4 : Résultats des analyses pour l'estuaire de la Canche . | 13 |
| Tableau 5 : Résultats des analyses pour l'estuaire de l'Authie ... | 14 |
| Tableau 6 : Résultats des analyses pour l'estuaire de la Somme .. | 15 |
| Tableau 7 : Valeurs extrêmes de pH en amont et en aval dans les 4 estuaires | 20 |
| Tableau 8 : Résultats des sorties quadrillage du 4.2.82 pour la Canche et du 29.3.82 pour l'Authie et la Somme ... | 40 |
| Tableau 9 : Résultats de la sortie quadrillage du 12.5.82 | 40 |
| Tableau 10 : Résultats de la sortie quadrillage du 24.8.82 | 41 |
| Tableau 11 : Résultats de la sortie quadrillage du 6.10.82 | 41 |
| Tableau 12 : Valeurs comparées de température, salinité, turbidité et oxygène dissous pour les différentes stations de la Canche et de l'Aa avec la zone côtière | 44 |
| Tableau 13 : Approximation des flux sortant en azote total (nitreux + nitrique + ammoniacal), en phosphore et en silice (tonnes/an) | 45 |