

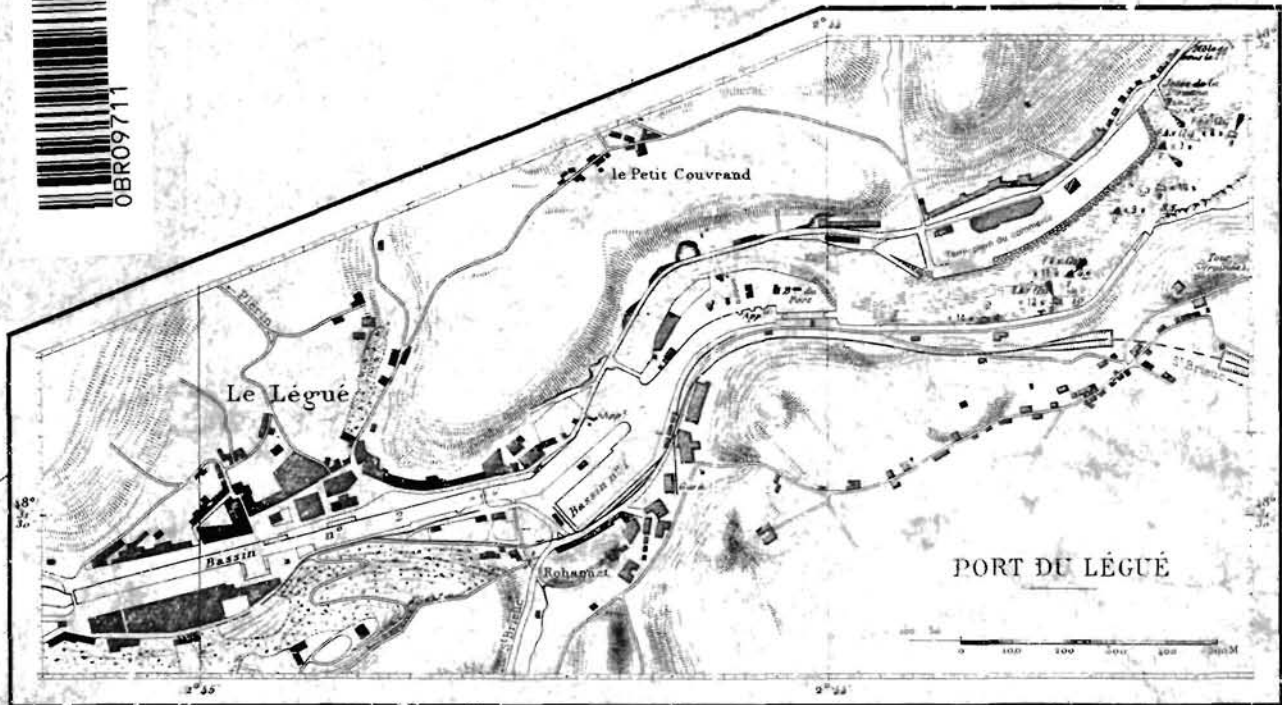


CNEXO - COB

COMPLEMENT METHODOLOGIQUE

à l'étude d'impact de l'extension du

PORT DU LEGUE (St.BRIEUC)



département environnement littoral

et gestion du milieu marin

1983

9711

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION
DES OCEANS
Centre Océanologique de Bretagne

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL
ET GESTION DU MILIEU MARIN

COMPLÉMENT MÉTHODOLOGIQUE
À L'ÉTUDE D'IMPACT DU LÉGUÉ

(SAINT BRIEUC)

BIBLIOTHÈQUE DOCUMENTATION

BIBLIOTHÈQUE
C. N. O.
C. P. 337 - 29100 BREST CEDEX

M. MERCERON
Juillet 1983

Ont contribué à ce travail :

MM. J.Y. CREZE, M. KEMPF, F. MANAUD et Y. MONBET pour les opérations à terre,

Mr. M. KERDREUX et Mr. Y. LECOLLEN (pilote) pour les opérations en hélicoptère,

Mr. M. KERDREUX pour le dosage des salinités,

Mr. P. MORIN et M. WAFAR sous la responsabilité de P. LE CORRE (UBO) pour le dosage des sels nutritifs,

le Laboratoire d'Analyses Municipales de Brest (M. FOLL) pour le comptage des germes tests de contamination fécale,

Melle F. DUBOIS sous la responsabilité du Pr. CORMIER (Faculté de Médecine de Rennes) pour la bactériologie non conventionnelle,

Mr. A. MENESGUEN, Mme M. BRETON et M. M. DANIELOU pour le traitement mathématique des données et l'animation vidéoscopique,

MM. J.P. ANNEZO et G. QUILLIOU qui ont assuré le dessin,

Mme M.T. VERMEEREN qui a dactylographié le manuscrit,

Mr. A. LE VERGE qui a réalisé la couverture,

Mr. M. PLASSARD qui a dupliqué le document.

S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
METHODES	2
1. Stratégie d'échantillonnage	2
a) Echantillonnage en mer	2
b) Echantillonnage à terre	4
2. Traitement des échantillons	7
RESULTATS	7
1. Eau douce	7
a) Débits	7
b) Sels nutritifs	8
c) Germes-tests de contamination fécale	9
2. Mer	11
a) Salinité	11
b) Sels nutritifs	12
c) Germes-tests de contamination fécale	13
d) Etude de la flore bactérienne	14
INTERPRETATION	14
1. Eau douce	14
a) Corrélacion débits-concentrations en sels nutritifs	14
b) Variabilité des valeurs observées	15
c) Germes tests	16
2. Mer	17
a) Stockage d'eau douce en fond de Baie de Saint Briec	17
b) Corrélations entre paramètres hydrobiologiques	19
c) Anomalies de concentration des sels nutritifs	22
d) Germes-tests de contamination fécale	26
CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE	33

ANNEXE - Résultats bruts	34
. Concentrations de sels nutritifs dans les affluents	35
. Salinités et concentrations de sels nutritifs en fond de baie.....	38
. Concentrations de germes-tests de contamination fécale dans les affluents.....	44
. Salinités et concentrations de germes-tests de contami- nation fécale en fond de baie.....	47
. Bactériologie non conventionnelle.....	53
. Fréquence directionnelle des vents à BREHAT.....	72

INTRODUCTION

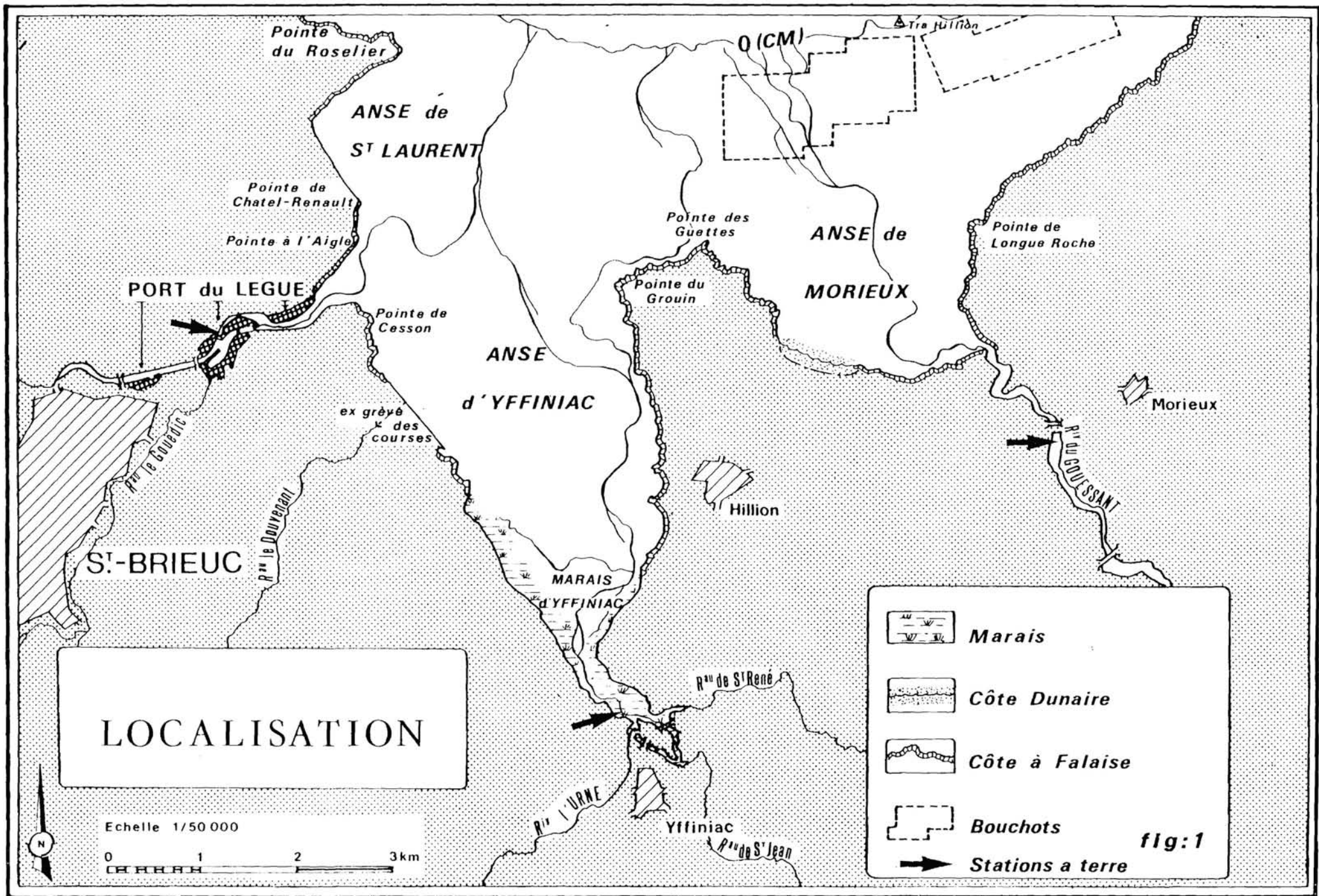
Le projet d'extension du port du Légué à St Briec a nécessité la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement. Celle-ci s'est déroulée en 1980 et 1981 (MERCERON et al.). En raison de l'importance du projet et de l'absence d'études écologiques de base de cette zone, il a été nécessaire de procéder alors à une investigation assez large. C'est ainsi que les études de terrain ont porté sur les aspects suivants : hydrobiologie, benthos, polluants dans l'eau, le sédiment et la matière vivante, marais d'Yffiniac, nurseries de poissons plats. Globalement, l'incidence de l'extension du port du Légué sur l'environnement marin du fond de la baie de St Briec est apparu comme relativement mineure. Une réserve a été cependant faite en ce qui concerne les modalités de rejet des eaux du bassin projeté.

En effet, les facteurs gouvernant l'impact futur des eaux du Légué étaient nombreux, certains positifs, d'autres négatifs et leur pondération a paru hasardeuse en l'absence de données supplémentaires. D'un point de vue méthodologique, il était intéressant de tenter d'aller plus loin. De fait, sur le littoral Manche-Atlantique, les estrans sableux soumis à des rejets pollués et susceptibles de présenter un problème de salubrité du point de vue conchylicole et balnéaire sont nombreux. On a donc voulu approfondir les méthodes d'investigation centrées sur les données d'hydrobiologie, sur le fond de la baie de St Briec, qui en constitue un bon exemple. Plus directement, les estrans du golfe normanno-breton sont comparables à celui-ci (grande étendue, faiblesse des apports hydriques) et leur étude qui commence ne peut que profiter des acquis réalisés à St Briec.

Tous les prélèvements hydrobiologiques de l'étude d'impact avaient été réalisés à pleine mer. Il nous fallait donc savoir si durant le cycle de marée, les différents effluents du fond de baie pouvaient être décelés en mer, et leur trajectoire suivie. Le but de la présente étude est donc de nous permettre d'affiner la méthode d'étude hydrobiologique de ce type de zone.

L'étude d'impact ayant permis de constater la faiblesse des pourcentages d'eau douce en fond de baie, il a été décidé d'effectuer les prélèvements lorsque l'eau douce serait la plus abondante, c'est-à-dire en période de crue et de mortes-eaux.

Pour la présentation générale de la zone d'étude on pourra se reporter à l'étude d'impact elle-même.



METHODES

Les prélèvements ont concerné à la fois la partie marine du fond de baie et les cours d'eau afférents (Légué, Urne et Guouessant, cf. fig.1 et 2)

1/ Stratégie d'échantillonnage

a) Echantillonnage en mer -----

Les opérations ont été réalisées le 17 mars 1982 (coefficient 43-37) par vent d'Ouest de 2 à 5 Beaufort, et par un temps à grains.

- Méthode de prélèvement

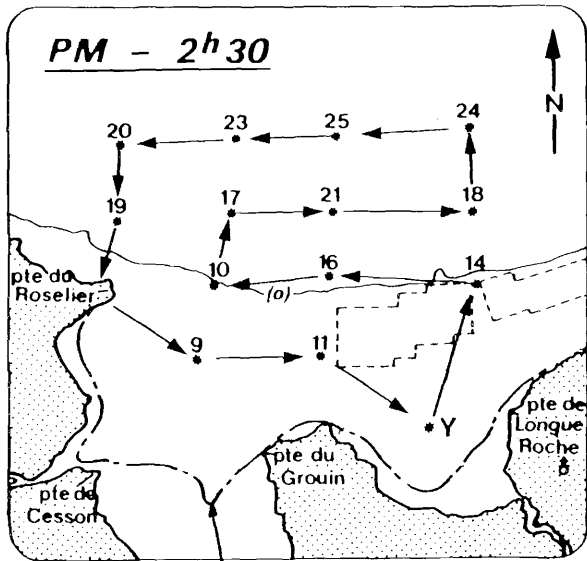
Le plan de prélèvement prévoyait l'échantillonnage quasi-instantané d'une quinzaine de stations environ, à 6 ou 7 reprises durant la marée. L'intérêt de ce programme était de séparer les sources de variation d'origine spatiale de celles d'origine temporelle.

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un hélicoptère. En effet, déjà utilisé dans l'estuaire de la Gironde (ROMANA, 1981), il nous a paru le moyen le mieux adapté au problème posé. L'appareil utilisé fut un BELL 206 type "Jet Ranger" de la Société AIRLEC de Bordeaux-Mérignac (M. LE COLLEN, pilote) (photo n°1). Cet appareil avait été précédemment utilisé en Gironde et disposait déjà des aménagements nécessaires pour ce type d'opération.

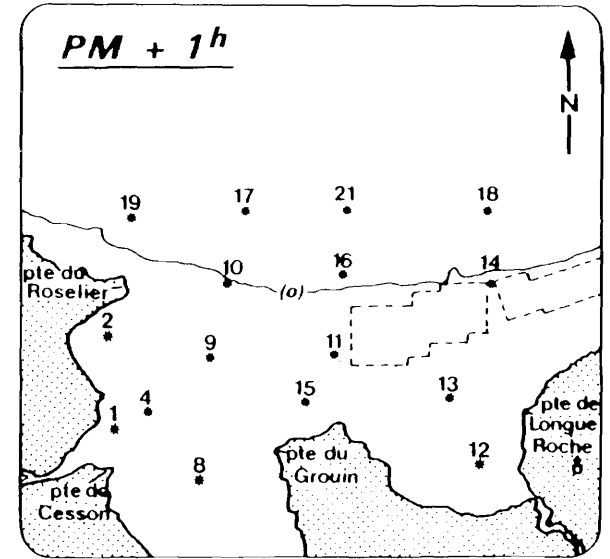
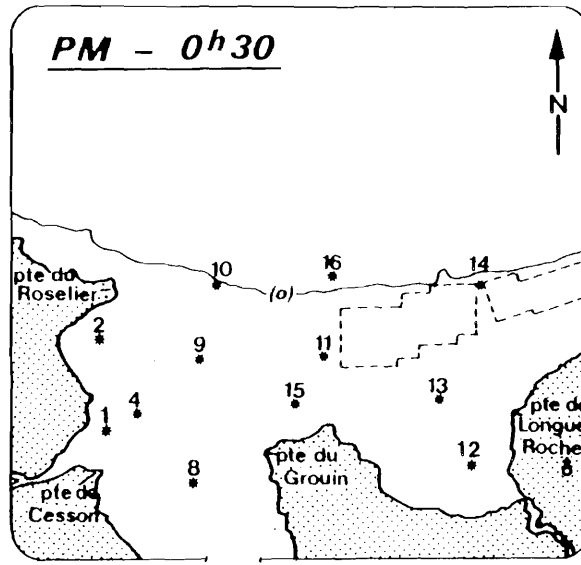
La base à terre choisie fut la Pointe du Roselier. Le positionnement des stations fut réalisé à l'avance par le mouillage de bouées, mais certaines ayant disparu entre le jour de leur mouillage et celui de l'échantillonnage, les stations correspondantes durent être faites à vue. Les positions estimées ont été assez bonnes, car compte tenu de la visibilité et de la maniabilité propres à l'hélicoptère, l'utilisation d'un système d'amers fut aisée. A l'expérience, il est d'ailleurs apparu que le balisage en mer ouverte et agitée, aurait été plus visible d'altitude, si au lieu de bouées biconiques, il avait été constitué de bâches flottantes jaunes d'une surface de quelques mètres carrés.

Cette journée de prélèvement a nécessité la présence de 4 personnes : 2 dans l'hélicoptère et 2 à terre. Au total, l'utilisation de l'hélicoptère s'est révélée très efficace et économique. En effet, le même programme réalisé par des moyens classiques aurait nécessité la mise en oeuvre de disponibilités en personnel et en embarcations extrêmement difficiles à rassembler. De plus, lors des prélèvements à basse mer, des problèmes de sécurité se seraient posés.

Fig 2: Localisation des Stations



lisse de marée



0 1 2 3 km

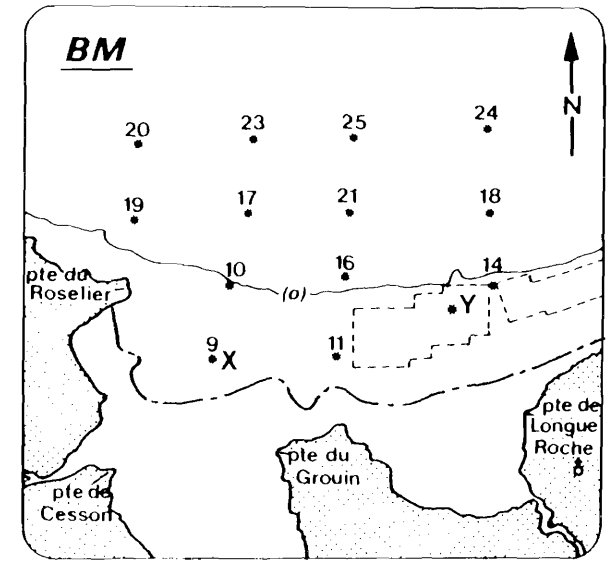
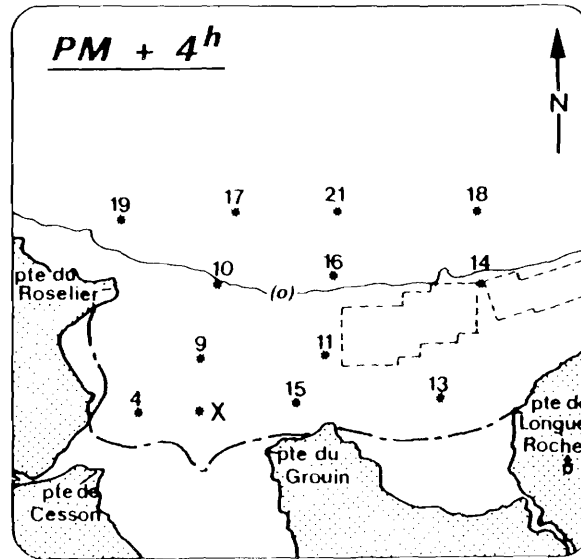
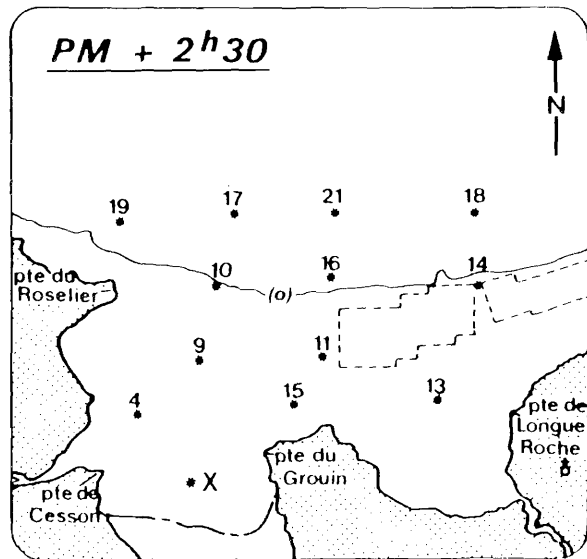




Photo 1 - Hélicoptère BELL 206, utilisé pour l'échantillonnage en mer.

A chaque station, l'hélicoptère effectuait un point fixe à 1 ou 2 mètres au-dessus de l'eau, durant 1 ou 2 minutes, le temps de remplir 1 bouteille Niskin de 5 litres et 1 bouteille stérile de bactériologie. Le remplissage des flacons de salinité de sels nutritifs était effectué durant le déplacement entre 2 stations. L'addition de réactifs et la congélation étaient assurées après le retour à terre.

- Localisation des stations

La localisation des stations en mer est représentée sur la figure 2. Les stations échantillonnées à pleine mer furent identiques à celles de l'étude d'impact (MERCERON et al., 1981) de façon à pouvoir effectuer des relations entre les 2 démarches. Les aménagements suivants ont été apportés : au cours du jusant, les stations où la profondeur devint trop faible (<1m) furent remplacées par des stations situées plus au large, et la modification inverse fut appliquée lors de la marée montante. Par ailleurs, chaque fois que c'était possible, deux stations furent pratiquées par très faible profondeur, l'une en anse de Morieux (X), l'autre en anse d'Yffiniac (Y).

Les prélèvements ont été effectués à 1 mètre sous la surface sauf en X et en Y.

- Horaires et plans de vol

L'horaire des échantillonnages est consigné dans le tableau ci-dessous. La durée moyenne d'un passage était de 55 minutes. La périodicité prévue n'a pu être pleinement réalisée par suite d'une panne de l'hélicoptère.

Heure début (TU + 2h)	Heure fin (TU + 2h)	Mi-temps (h.marée)
8 h 15	9 h 30	PM - 2h30
10 h 20	11 h 10	PM - 0h30
11 h 55	12 h 55	PM + 1
13 h 30	14 h 20	PM + 2h30
14 h 55	15 h 50	PM + 4
17 h 30	18 h 30	BM

Les stations ont été échantillonnées selon le trajet le plus semblable qu'il se pouvait, et le modèle-type en est donné à la figure 2 (PM - 2h30).

- Paramètres

Les paramètres étudiés en mer ont été la salinité, l'ammonium, les nitrites, les nitrates, les phosphates, les 3 germes tests de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux).

Des prélèvements d'eau supplémentaires ont été effectués pour une étude spécifique de la flore bactérienne, réalisée indépendamment par le Laboratoire de microbiologie de l'U.E.R. Médicales et Pharmaceutiques de Rennes (CORMIER).

Nous avons profité des vols en hélicoptère pour prendre des clichés aériens illustrant :

- l'échappement des eaux turbides provenant du Gouessant le long de la côte, en direction du Nord-Est à PM + 1 (photo n°2),
- l'arrivée des filières de l'urne et du Gouessant dans la zone des bouchots dans l'anse de Morieux à BM (photos n°3 et 4).

b) Echantillonnage à terre

- Méthode de prélèvement

L'accès aux stations à terre a été effectué en voiture ou à pied. L'eau prélevée dans une bouteille Niskin de 5 litres et une bouteille stérile de bactériologie était immédiatement répartie dans les différents flacons prévus. L'addition de réactifs et la congélation étaient réalisées sur le champ.

- Localisation des stations

Les stations à terre furent les mêmes que lors de l'étude d'impact : pour le Gouessant, rive gauche du barrage de Pont Rolland,

Photo 2 -

Echappement des eaux turbides provenant du GOUessant vers le Nord Est.

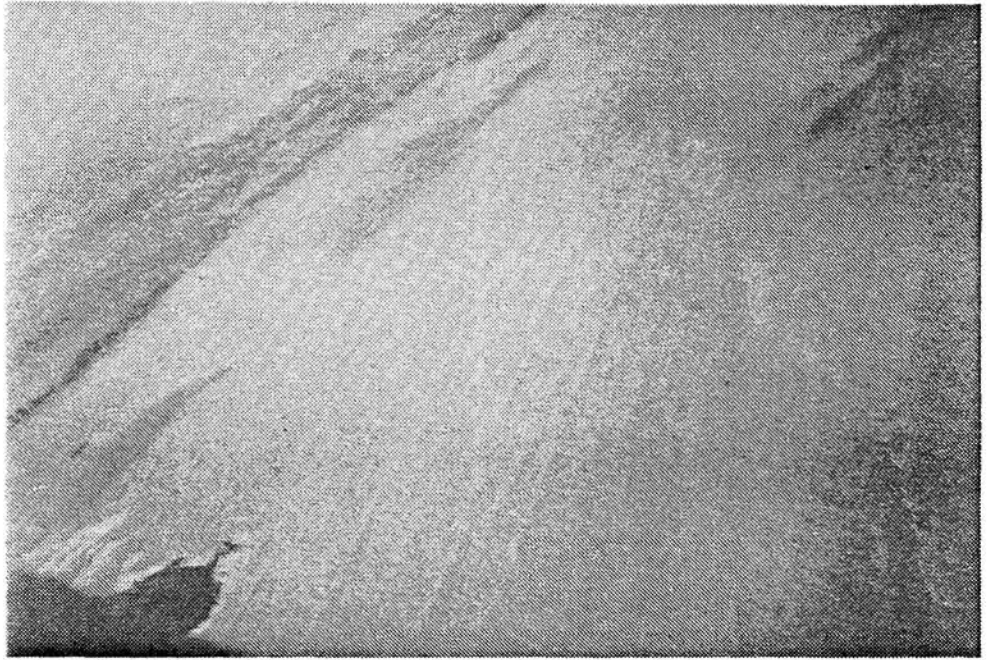


Photo 3 -

Filière de l'URNE débouchant à basse mer à l'extrémité Ouest du bloc A des bouchots.

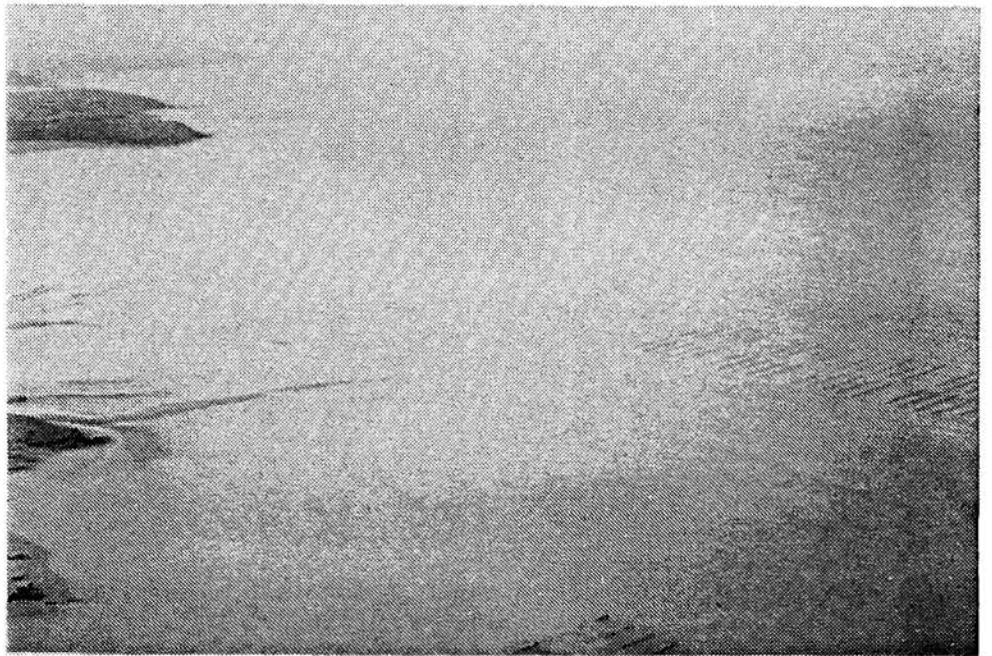
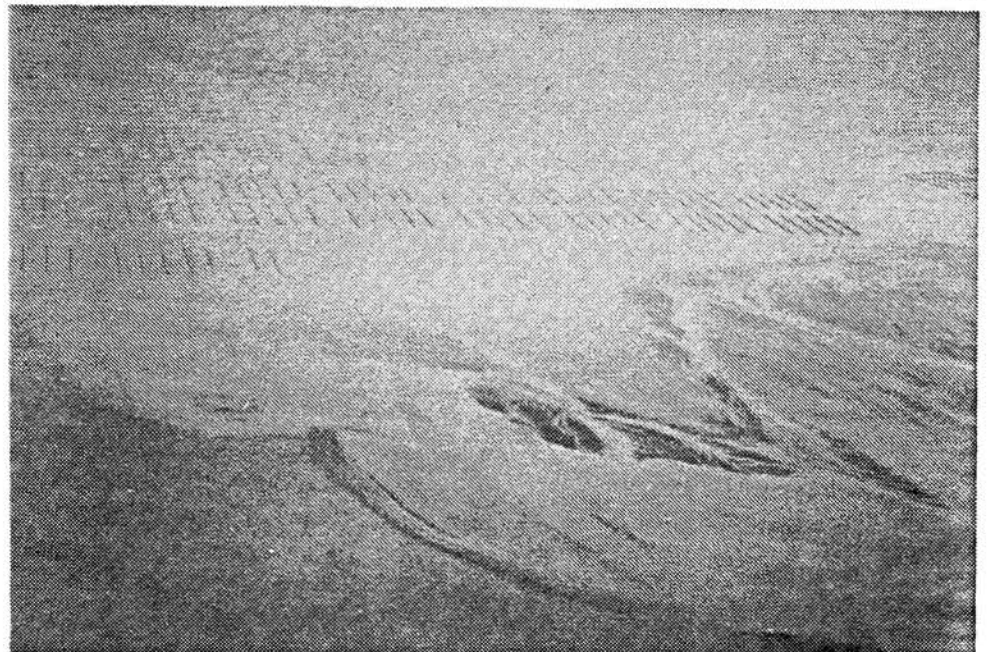


Photo 4 -

Filière du GOUessant débouchant à basse mer au milieu du bloc A des bouchots.



et pour l'URNE, passerelle au Coquinet dans le marais d'Yffiniac (cf. fig.1). La station du Légué a été déplacée du quai aux kaolins au barrage-déversoir. Les trois stations ont été échantillonnées en surface ou en subsurface.

- Horaires et plan de passage

Les prélèvements à terre ont débuté 36h avant l'opération en mer.

Date	Heure (TU + 2h)
15.03.82	de 19h45 à 21h10
16.03.82	de 7h20 à 8h25 et de 19h à 20h
17.03.82	de 1h à 2h et de 7h à 8h

L'ordre de visite a été le suivant : Légué, Urne, Guessant, sauf le 16 au matin où il fut inversé.

Sur les affluents, on a pu disposer en outre d'une série de valeurs observées à la morte-eau précédente. En effet, l'opération d'échantillonnage en mer par hélicoptère avait été initialement programmée deux semaines auparavant, et les prélèvements à terre avaient été faits en prévision de son déroulement. Celui-ci dut être finalement repoussé en raison de conditions météorologiques défavorables.

Date	Heure (TU + 2 h)
1.03.82	de 19h à 20h40
2.03.82	de 7h30 à 8h30 et de 19h05 à 20h10
3.03.82	de 7h35 à 8h45 et de 19h30 à 20h30
4.03.82	de 7h40 à 8h40

L'ordre de passage fut alors : Guessant, Urne, Légué.

- Paramètres

Dans les affluents, les mêmes paramètres qu'en mer ont été échantillonnés, hormis la salinité. Par ailleurs, le débit du Guessant a été obtenu auprès d'E.D.F. (groupement de Tréguex), et celui du Légué auprès de la DDE (parc du Légué). Le débit de l'Urne a été extrapolé à partir des débits naturels du Gouet qui nous ont été communiqués par la D.D.A.

L'échantillonnage des cours d'eau a nécessité la présence de 2 personnes qui ont ensuite participé à l'échantillonnage en mer.

2/ Traitement des échantillons

- Hydrobiologie

Les salinités ont été dosées au COB au salinomètre à conductivité GUIDLINE. Les échantillons de sels nutritifs ont été pré-filtrés à 200 μ et conservés au congélateur. Le dosage a été fait par le Laboratoire de chimie de l'Université de Bretagne Occidentale en analyse automatique, selon les procédures décrites par TREGUER et LE CORRE (1975). La précision des méthodes ($p = 0,05$) atteint pour les nitrates 0,1 $\mu\text{atg/l}$, pour les phosphates 0,01 $\mu\text{atg/l}$. L'ammonium a été dosé selon la méthode de KOROLEFF (1970) avec une précision de 0,07 $\mu\text{atg/l}$. Les réactifs ont été ajoutés dès le retour à terre de l'hélicoptère (soit au maximum 60 minutes après le prélèvement).

- Microbiologie

Les trois germes-tests de contamination fécale ont été dénombrés par le Laboratoire Municipal d'Analyses de Brest. Les échantillons ont été traités selon la technique officielle (filtration sur membrane), doublée pour les coliformes totaux et fécaux d'une technique non officielle (inclusion en gélose). Les résultats des deux techniques sont concordants.

L'étude de la flore bactérienne a été réalisée par le Laboratoire de Microbiologie de l'U.E.R. Médicales et Pharmaceutiques de Rennes, selon la technique précédemment décrite par CORMIER et al., 1980.

RESULTATS

Les principaux résultats sont exposés ci-dessous avec parfois, en rapprochement, les valeurs de crue de 1981. Le détail des valeurs brutes de la présente étude est reporté en annexe.

1) Eau douce

a/ Débits

DEBITS DES AFFLUENTS EN PERIODE DE CRUE (1982 et 1981) (m³/s)

	LEGUE	URNE	GOUESSANT
Débit du 17.3.82	1,90	2,93	9
Débit moyen du 15 au 17.3.82	1,71	3,06	6,33
Débit en crue 30.1.81 (M.E.)	3,0	1,92	5,07
Débit en crue 5.2.81 (V.E.)	4,64	3,14	9,94

On remarque que si les débits de l'Urne et du Gouessant sont comparables à ceux de 1981 à la même époque de l'année, celui du Légué est nettement plus faible au point qu'il devient inférieur à celui de l'Urne. Au début du mois de mars 1982, les débits de l'Urne et du Gouessant étaient tous deux proches de 2,5 m³/s.

Si le Gouessant et l'Urne semblent en régime de crue, le Légué présente un débit déficitaire pour la période correspondant aux prélèvements en mer.

b/ Sels nutritifs

CONCENTRATION DE SELS NUTRITIFS DANS LES AFFLUENTS - MOYENNE
DU 15 AU 17 MARS 1982
(μ atg/l)

		LEGUE	URNE	GOUESSANT
NH ₄	moyenne	64,3	15,8	21,2
	σ	20,7	9,4	4,3
NO ₂	moyenne	4,9	2,1	3,7
	σ	0,8	0,3	0,3
NB	moyenne	399	353	387
	σ	22	32	25
PO ₄	moyenne	7,7	4,2	1,5
	σ	1,9	2,1	0,8

On peut noter que les concentrations d'ammonium et de phosphates sont largement différentes selon les cours d'eau et seraient *a priori* susceptibles de constituer des traceurs en zone marine. Les nitrates, en revanche, présentent des teneurs comparables dans les trois cours d'eau.

CONCENTRATION DE SELS NUTRITIFS DANS LES AFFLUENTS
VALEURS EN PERIODE DE CRUE 1981 (μ atg/l)

		LEGUE	URNE	GOUESSANT
NH ₄	30.1.81	116,0	20,1	31,2
	5.2.81	71,8	25,7	53,0
NO ₂	30.1.81	5,1	2,5	5,1
	5.2.81	3,9	2,6	4,8
NO ₃	30.1.81	438	449	497
	5.2.81	410	331	331
PO ₄	30.1.81	9,2	5,8	3,1
	5.2.81	6,7	7,5	4,6

En comparant ce tableau avec les valeurs de 1982, on observe une similitude dans le classement relatif des cours d'eau et dans le niveau des concentrations avec, toutefois, une certaine supériorité des valeurs 1981, en ammonium et phosphates notamment.

FLUX DE SELS NUTRITIFS DANS LES AFFLUENTS
COMPARAISON DES VALEURS MOYENNES 1981 et 1982
($\times 10^3 \mu\text{atg/s}$)

		LEGUE	URNE	GOUESSANT
NH ₄	moyenne 82	124	44	110
	moyenne 81	412	72	414
NO ₂	moyenne 82	9	7	20
	moyenne 81	17	7	37
NO ₃	moyenne 82	750	1160	2100
	moyenne 81	1950	1150	3500
PO ₄	moyenne 82	15	14	9
	moyenne 81	79	47	82

Moyenne 82 = moyenne des flux correspondant aux échantillons prélevés du 15 au 17 Mars 1982.

Moyenne 81 = moyenne des flux du 30 Janvier 1981 et du 5 Février 1981.

D'une façon générale, les flux en 1982 sont moins importants qu'en 1981 particulièrement pour le LEGUE et le GOUESSANT ; en ce qui concerne les sels, ce sont l'ammonium et les phosphates qui présentent les plus grandes différences.

c/ Germes-tests de contamination fécale

COEFFICIENTS DE CORRELATION DES GERMES-TESTS DANS LES AFFLUENTS
Du 15 au 17 Mars 1982
(et du 1er au 4 Mars 1982) (h = 13 à 15)*

	Log. CF	Log. SF
log CT	0,93 (0,97)	0,97 (0,90)
log CF	-	0,94 (0,92)

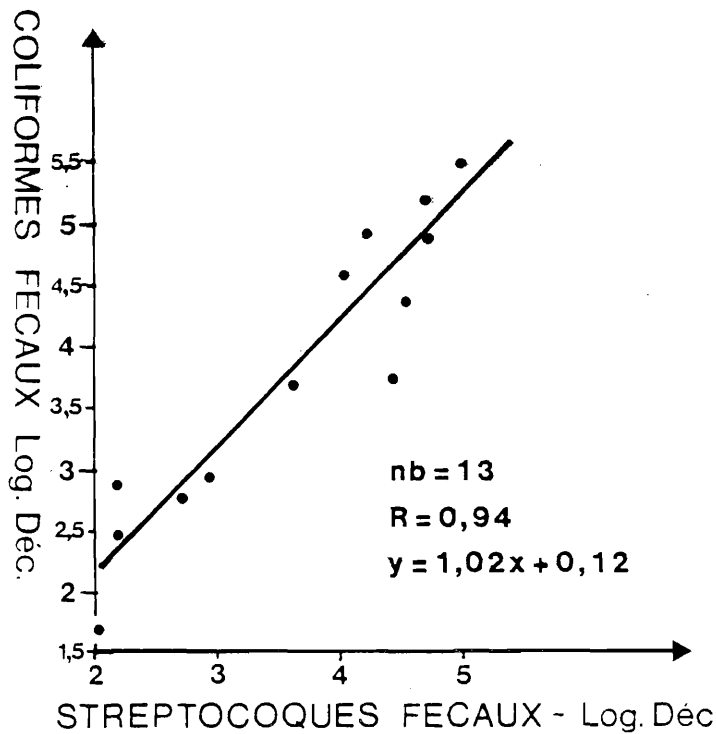
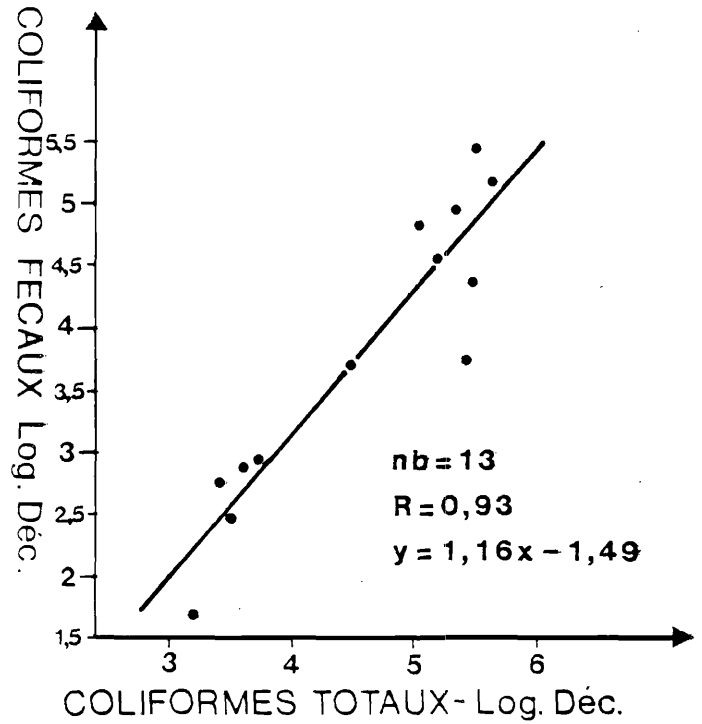
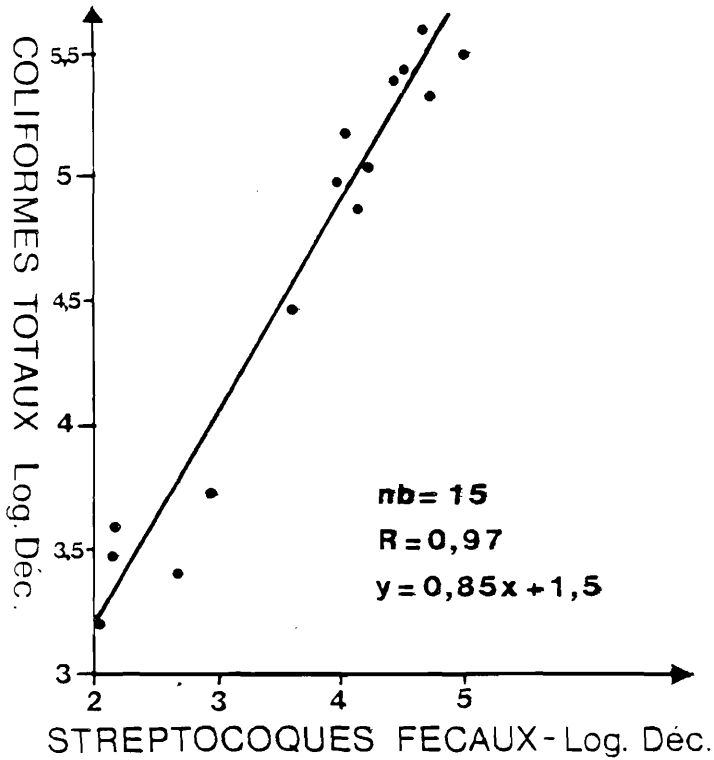
Les trois germes-tests sont corrélés entre eux de façon hautement significative. Les régressions linéaires correspondantes sont représentées fig.3.

* Deux valeurs de coliformes fécaux anormalement basses dans le Légué ont été écartées du calcul.

**CORRELATION DES GERMES-TESTS
DANS LES AFFLUENTS
DU FOND DE LA BAIE DE SAINT-BRIEUC**

Fig. 3

_ du 15 au 17 Mars 1982 _



Les équations des droits de régression sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \log CT &= 0,85 \log SF + 1,50 \text{ (ou } \log SF = 1,13 \log CT - 1,51) \\ \log CF &= 1,16 \log CT - 1,49 \\ \log CF &= 1,02 \log SF + 0,12 \end{aligned}$$

CONCENTRATIONS MINIMUM ET MAXIMUM DES GERMES-TESTS
DANS LES AFFLUENTS DU 15 AU 17.3.1982 (nb/100ml d'eau)

		LEGUE	URNE	GOUESSANT
Coliformes totaux	minimum	30.000	220.000	1.500
	maximum	150.000	420.000	5.300
Coliformes fécaux	minimum	100*	5.900	< 100
	maximum	70.000	310.000	900
Streptoco- ques fécaux	minimum	3.950	27.000	100
	maximum	16.000	96.000	900

*Anomalie basse, vérifiée au comptage et n'ayant pu être expliquée.

Le Gouessant n'est que peu pollué, et l'Urne est nettement plus chargée en germes-tests que Le Légué. Lors de la mission du début de mars, les comptages de l'Urne étaient beaucoup plus faibles, et situaient ce cours d'eau entre Le Légué et Le Gouessant. On retrouve d'ailleurs cette variabilité des comptages de l'Urne, lors des 2 missions de crue en 1981.

Le Légué accueille les effluents de la station d'épuration de St Briec et l'Urne ceux d'une station d'épuration intercommunale qui reprend elle-même les rejets d'une laiterie industrielle.

Les flux de germes-tests en période de crue 1981 et 1982 (tableau suivant) sont très semblables en ce qui concerne le Légué. En revanche, pour l'Urne et le Gouessant, le rang d'importance des flux s'inverse pour aboutir en 1982 à une dominance de l'Urne et à un flux minimum du Gouessant.

En résumé, les conditions observées dans les cours d'eau en 1982 pour les différents paramètres correspondent bien à une période de crue, même si des différences parfois significatives existent d'avec les données 1981. Parmi celles-ci on notera :

- le faible débit du Légué pour la saison, ce qui laisse prévoir une influence moins visible en mer,
- les concentrations et les flux de sels nutritifs qui d'une façon générale, sont moins élevées en 1982 qu'en 1981.

FLUX MOYEN DE GERMES DANS LES AFFLUENTS EN PERIODE DE CRUE
MOYENNES DU 15 au 17.03.82 et du 30.1. et 5.2.81*
($\times 10^9$ germes/s)

		LEGUE	URNE	GOUESSANT
C.T.	1982	1,7	9,9	0,2
	1981	1,5	1,5	1,2
C.F.	1982	0,5	3,3	0,03
	1981	0,4	0,2	0,7
S.F.	1982	0,2	1,6	0,03
	1981	0,6	0,7	0,8

* Moyenne des flux unitaires.

2) Mer

Les données précises correspondant à chaque paramètre sont exposées en annexe sous forme de tableaux.

Par ailleurs, l'évolution des différents paramètres au cours de la marée a fait l'objet d'une animation enregistrée sur bande vidéo par A. MENESGUEN et M. BRETON. L'interpolation entre les situations-marée et l'accélération du cycle de marée comprimé en 10 minutes, donne une image très intéressante des phénomènes.

a) Salinité

La figure 4 regroupe les distributions des salinités au cours des 6 situations-marée successives. Les valeurs observées sont comprises entre 24,18‰ et 34,57‰. Schématiquement, on peut décrire la séquence de la façon suivante : à PM - 2h30, la salinité présente un gradient général croissant de la côte vers le large ; devant le Gouessant, il existe une auréole assez large de forte dessalure. A PM - 0h30, cette auréole voit sa superficie réduite. Celle de l'Urne est invisible à ce stade. A PM +1, la dessalure due au Légué tend à s'éloigner vers le large tandis que celle du Gouessant continue d'être repoussée contre la côte. Le vent d'Ouest soufflant entre 2 et 5 Beaufort ce jour-là en est probablement la cause. A PM + 2h30 on distingue la formation d'un panache devant le Légué et devant la Pointe du Grouin où passe la filière de l'Urne ; en revanche, la dessalure observée à PM devant le Gouessant semble avoir disparu. A PM + 4 on s'achemine vers une structure en bandes plus ou moins parallèles à la côte, qui voit son accomplissement à B.M.

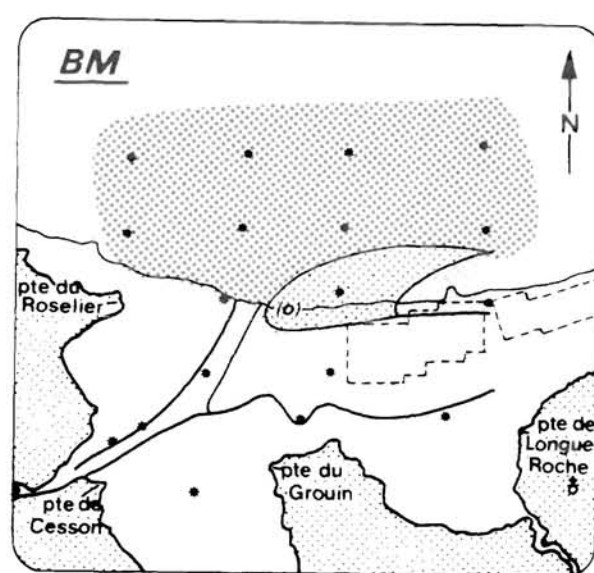
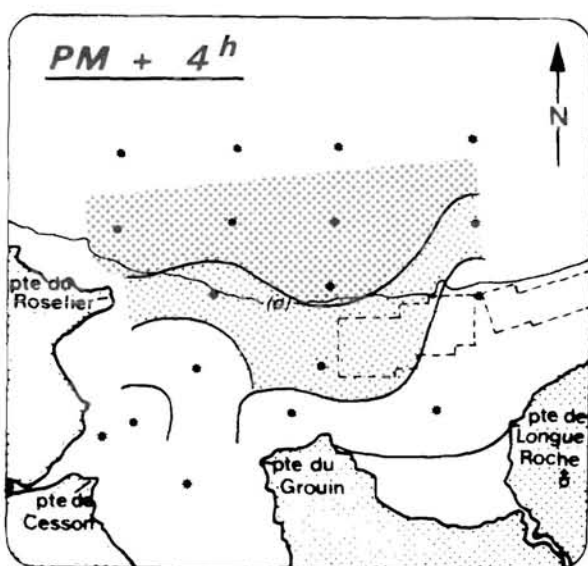
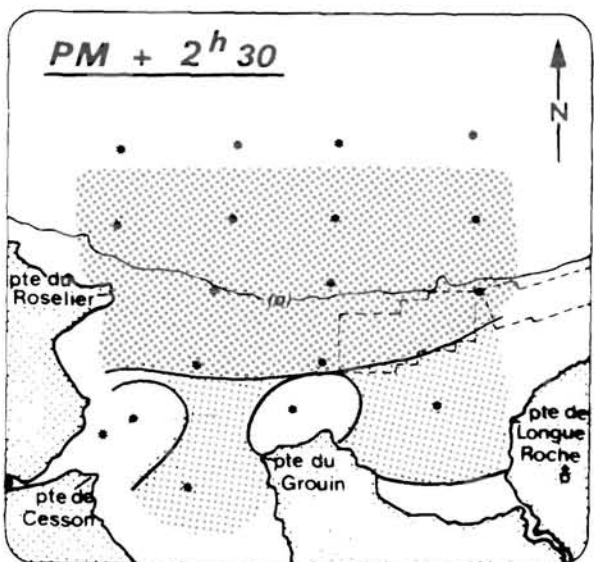
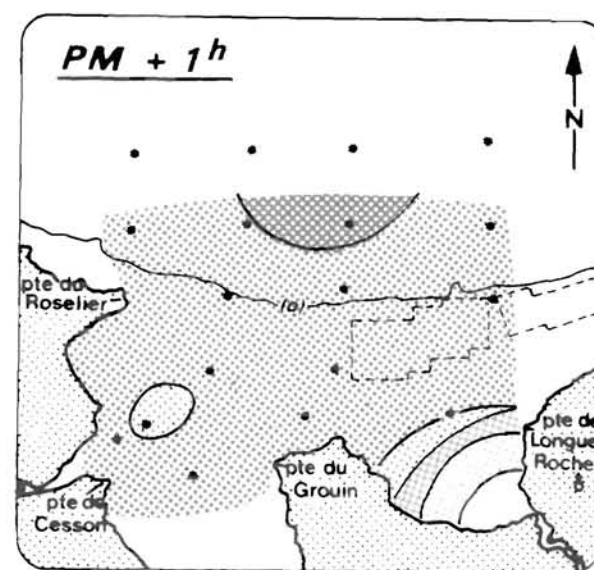
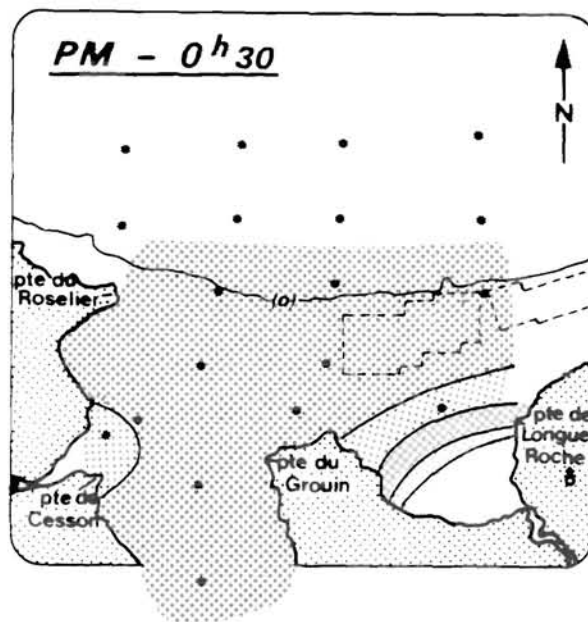
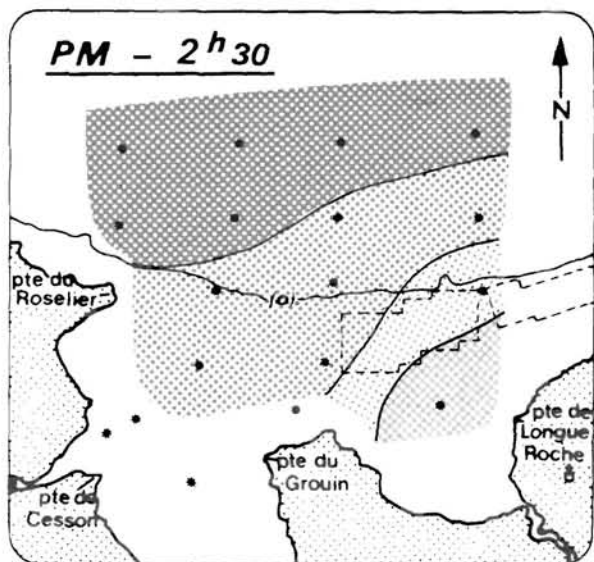
A cette description tirée des salinités, il convient d'ajouter les observations directes :

- à PM + 1 on a pu observer nettement l'échappement des eaux turbides du Gouessant le long de la côte en direction du NE (photo 2) ce qui explique la disparition du panache dessalé dans la situation PM - 2h30 ;
- à BM, les filières de l'Urne et du Gouessant se jetaient dans la zone des bouchots, à l'extrémité Ouest du bloc A pour l'Urne et, en son milieu pour le Gouessant (photos 3 et 4).

Salinité en fond de baie de St BRIEUC

Fig: 4

Crue . Morte eau . Surface . le 17/03/1982



Les apports d'eau douce sont très limités, comparativement à la masse d'eau marine. Ainsi, nous avons calculé les pourcentages d'eau douce représentés fig.5. Ils sont compris entre 0,8 et 21,2‰ mais dès que l'on s'éloigne du bord de l'eau, les valeurs tombent en dessous de 5‰. Le volume d'eau douce présent sur le site à PM est calculé dans un chapitre ultérieur.

La valeur de référence choisie pour le calcul (34,85‰) représente la moyenne des salinités de surface en 4 stations du RNO dans la baie de Saint-Brieuc, en mars 1977.

En 1981, à la même époque de l'année et en ME, les salinités à PM étaient dans l'ensemble un peu inférieures à celles de 1982. Devant le Légué, on observait 27,25‰ (débit supérieur) tandis que devant le Gouessant elles ne descendaient qu'à 31,28‰ (débit inférieur).

b) Sels nutritifs

CONCENTRATIONS MINIMUM ET MAXIMUM DE SELS NUTRITIFS EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC (17.3.82) CRUE-MORTE EAU-SURFACE ($\mu\text{atg/l}$)

	Minimum *	Salinité (‰)	Maximum * *	Salinité (‰)
NH ₄	0,28	34,46	28,61	24,18
NO ₂	0,13	34,53	2,13	24,18
NO ₃	8,2	34,40	128,0	24,18
PO ₄	0,23	34,43	3,17	24,18

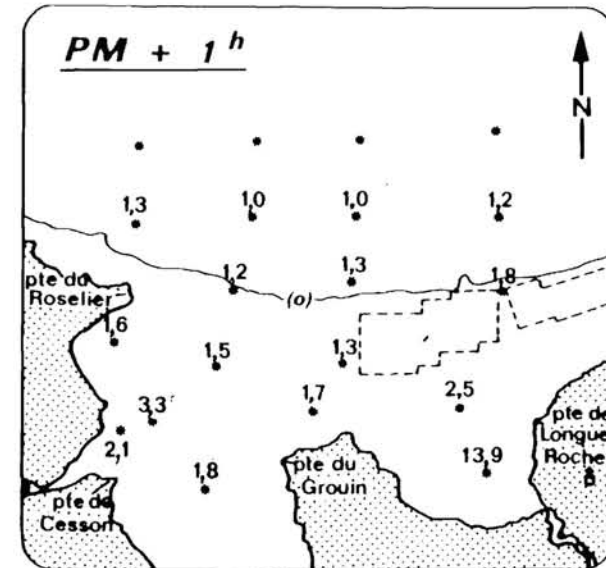
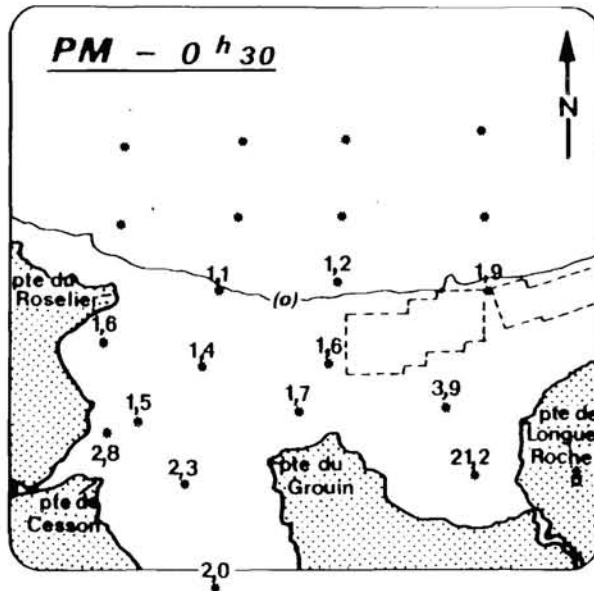
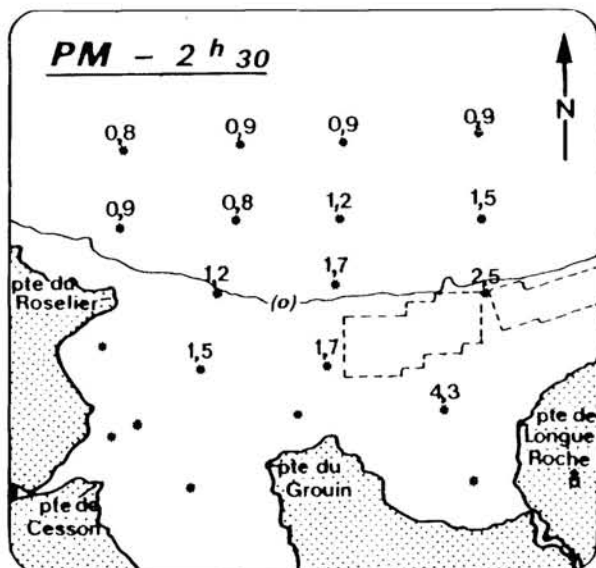
* Valeurs observées sur la ligne de station la plus septentrionale.

** Valeurs observées en X à BM, c'est-à-dire au confluent de la filière du Légué avec la mer.

Les concentrations des différents sels nutritifs au long du cycle de marée sont représentées sur les cartes 6 à 9. L'ensemble des valeurs est cohérent en lui-même ainsi qu'avec les salinités. D'ailleurs, l'évolution des concentrations de sels nutritifs reproduit sensiblement la même séquence que celle qui a été décrite à propos des salinités. Quelques anomalies sont cependant observables :

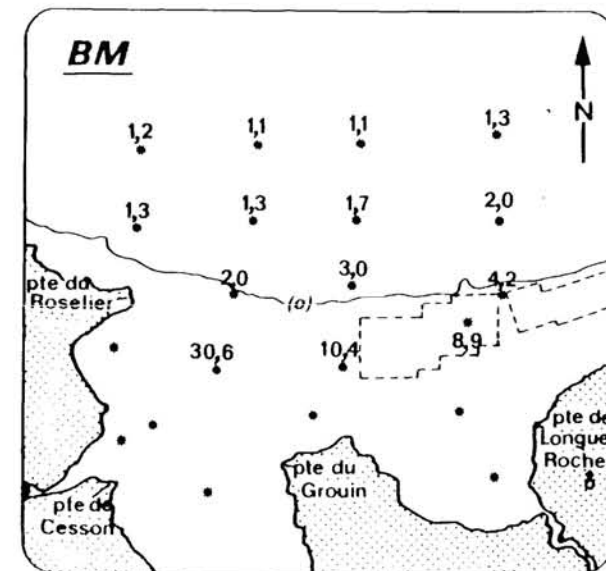
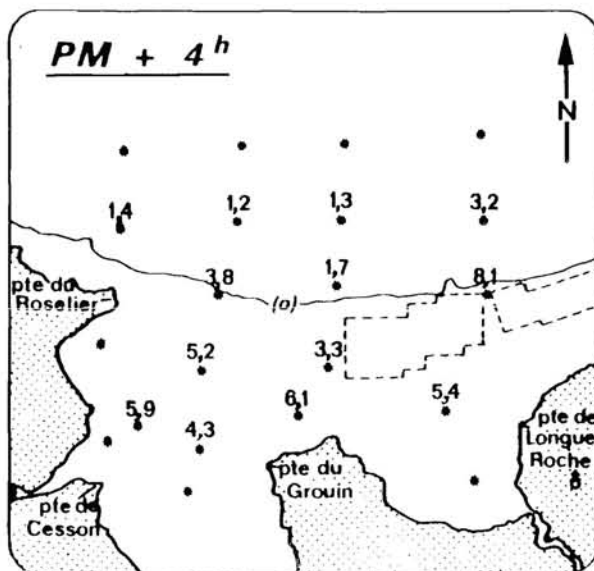
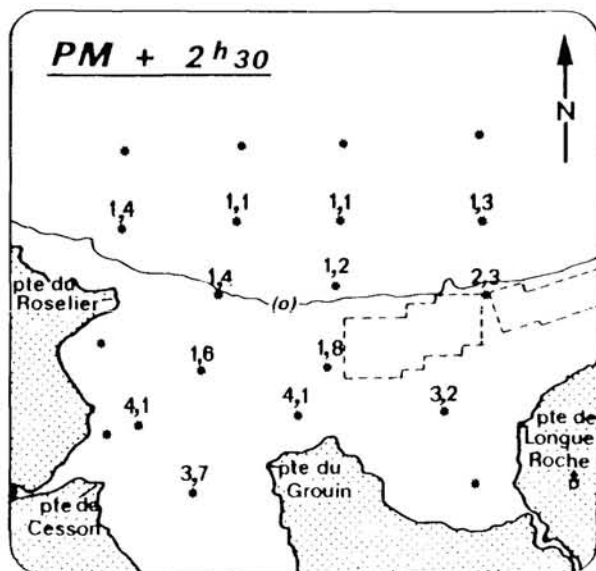
- pour l'ammonium, l'anomalie par défaut des valeurs de la situation PM + 2h30 ;
- pour les nitrites, deux anomalies par défaut (M 16 à PM - 0h30 et M1 à PM + 1) qui restent sans explication ;
- pour les nitrates, une anomalie par excès (M16 à PM - 0h30).

(17/3/1982)



Crue . Morte eau . Surface

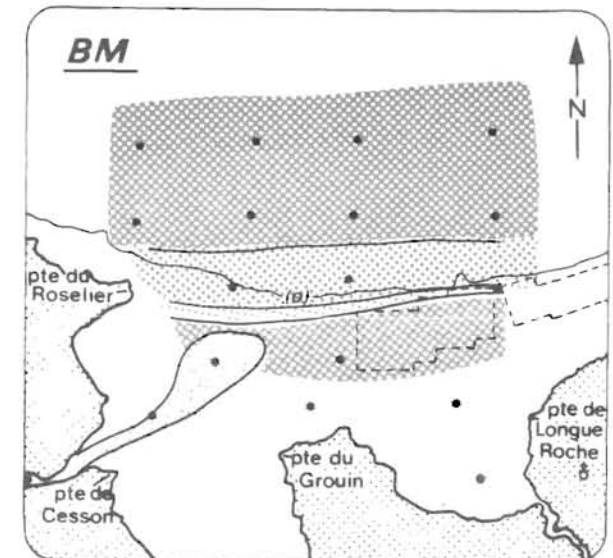
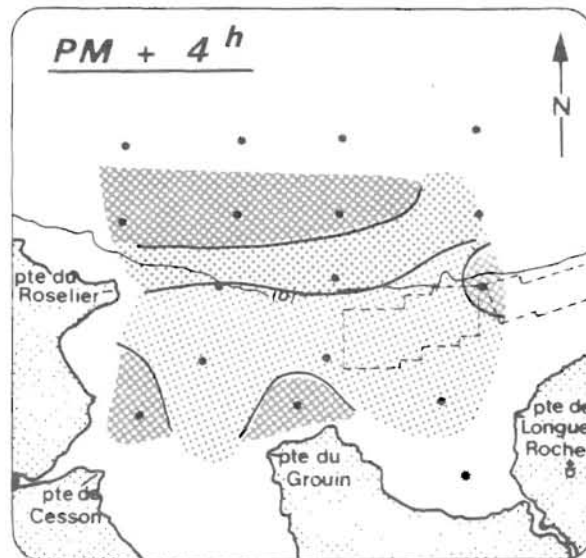
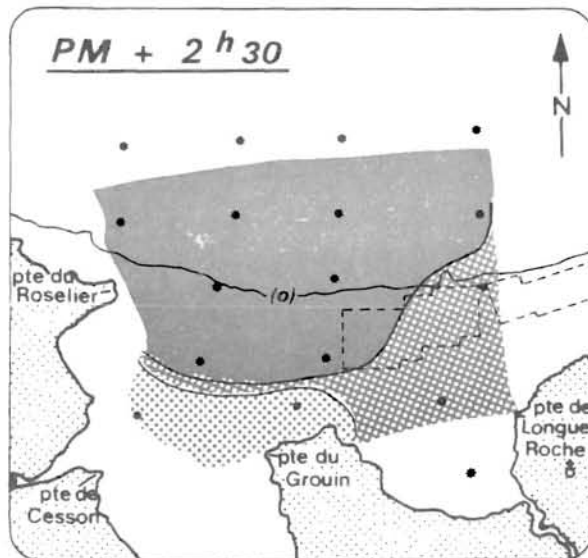
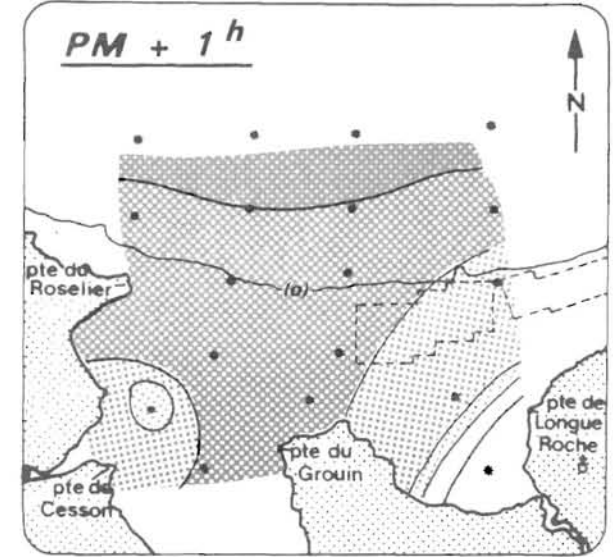
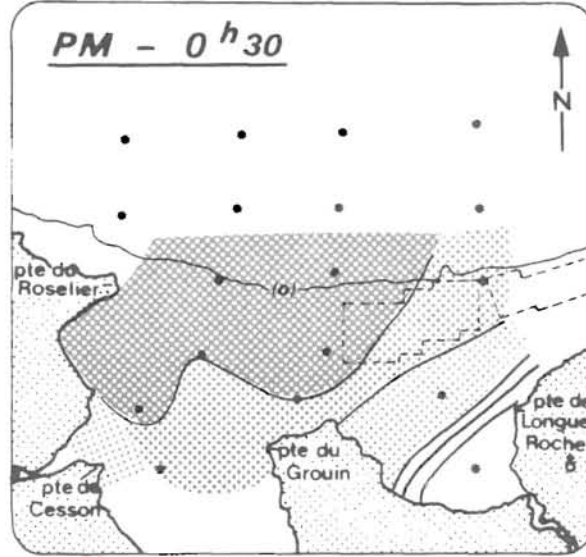
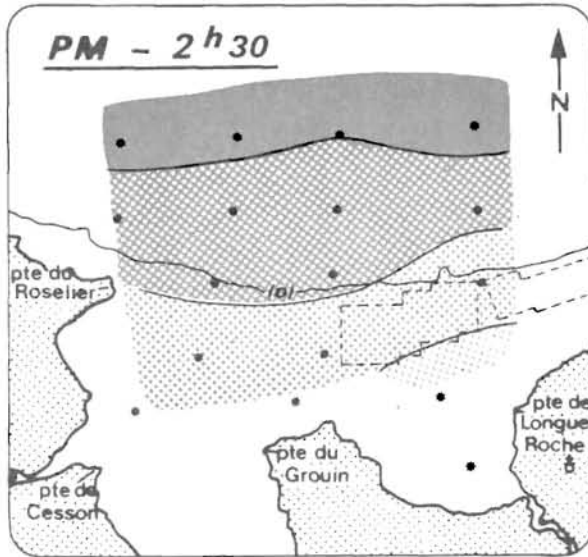
(Salinité de référence : 34,85 ‰)



N-NH₄ en fond de baie de St BRIEUC

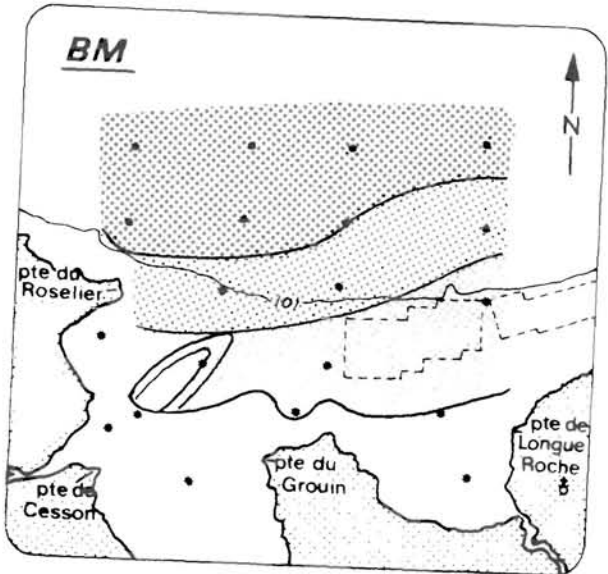
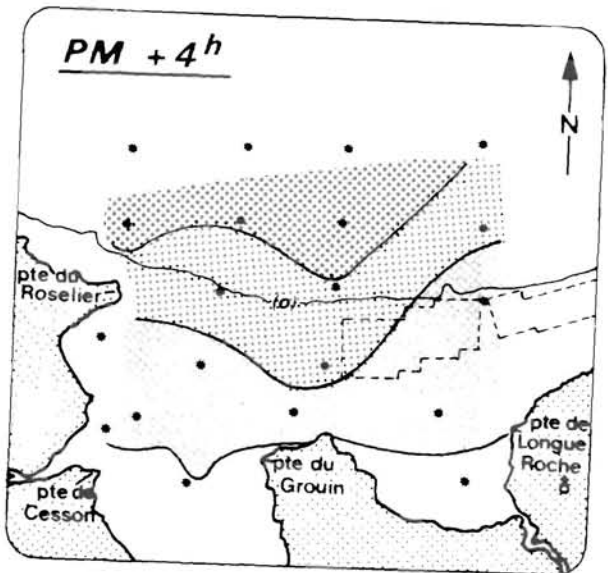
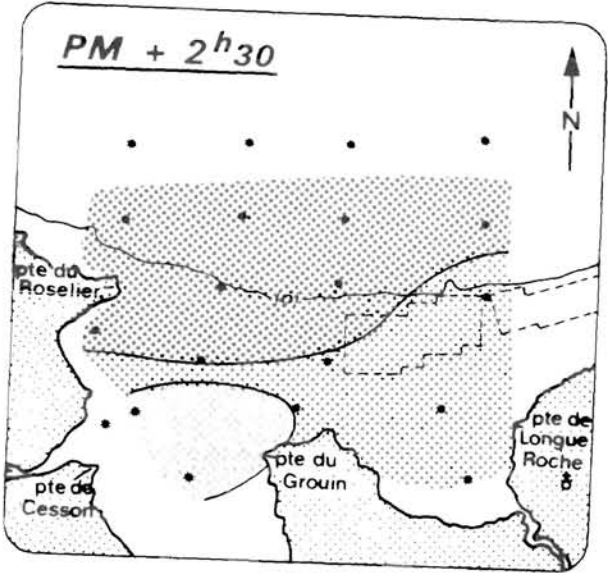
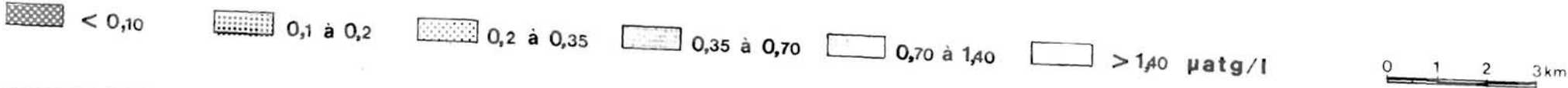
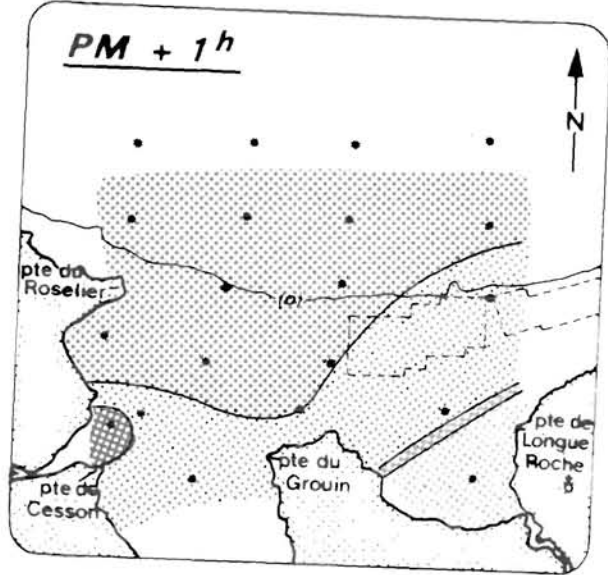
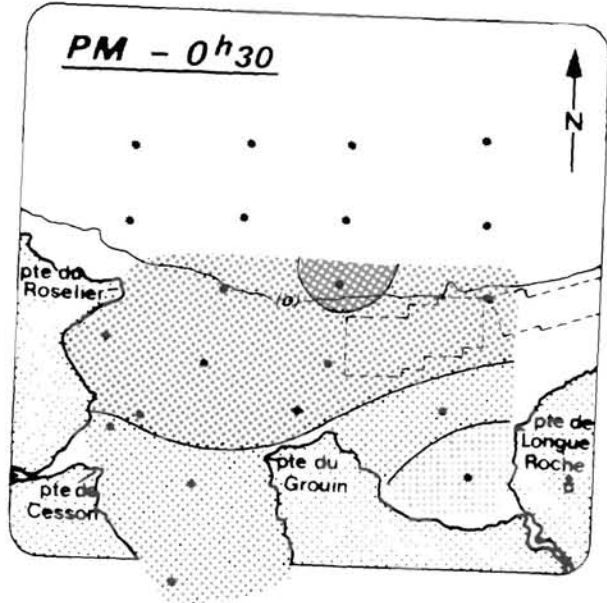
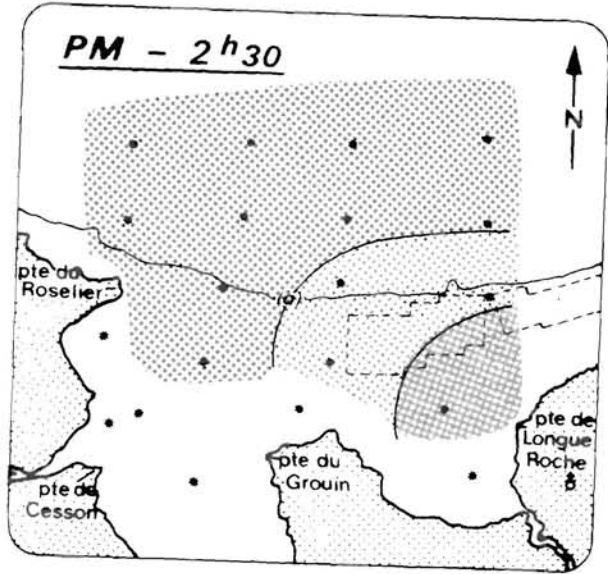
Fig: 6

Crue . Morte eau . Surface.le 17/3/1982



N-NO₂ en fond de la baie de St BRIEUC
Crue . Morte eau . Surface le 17/3/1982

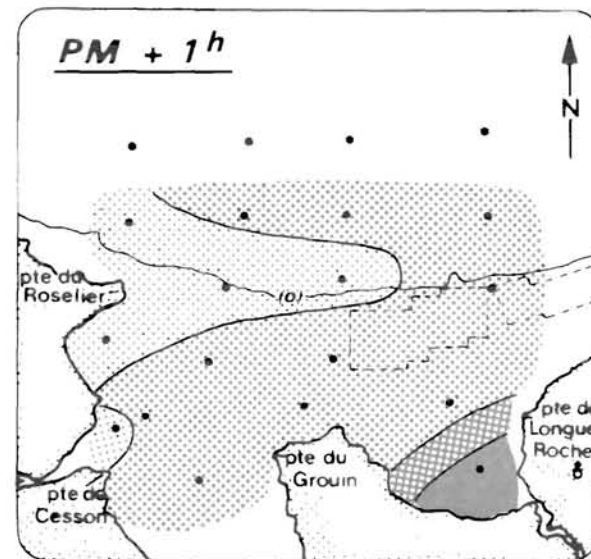
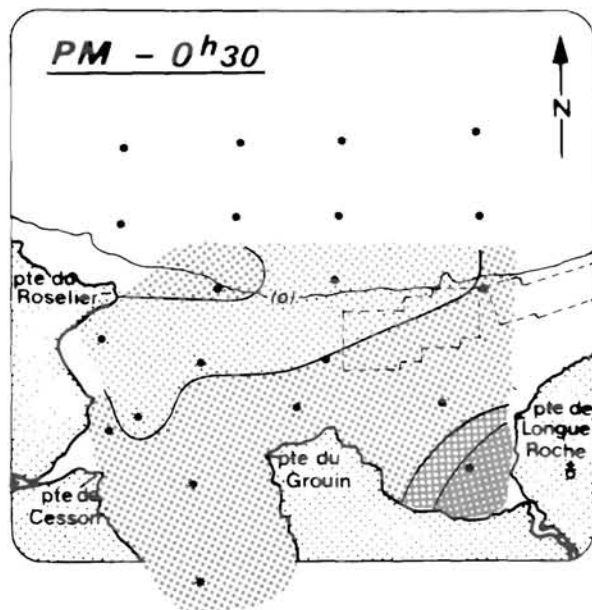
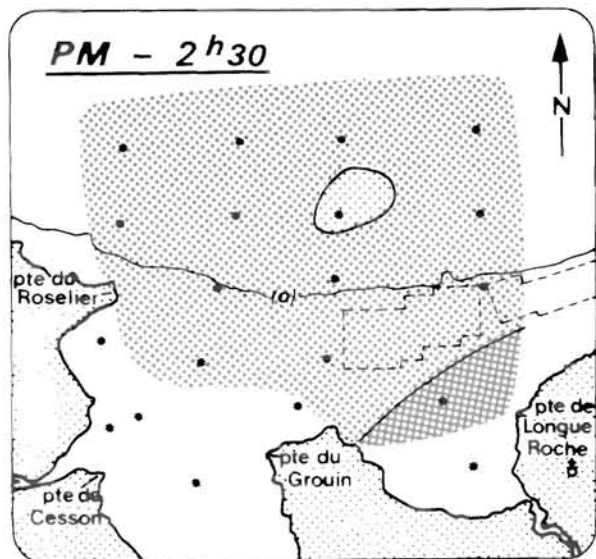
Fig: 7



P-PO₄ en fond de baie de St BRIEUC

Fig: 9

Crue . Morte eau . Surface le 17/3/1982



0,2 à 0,4

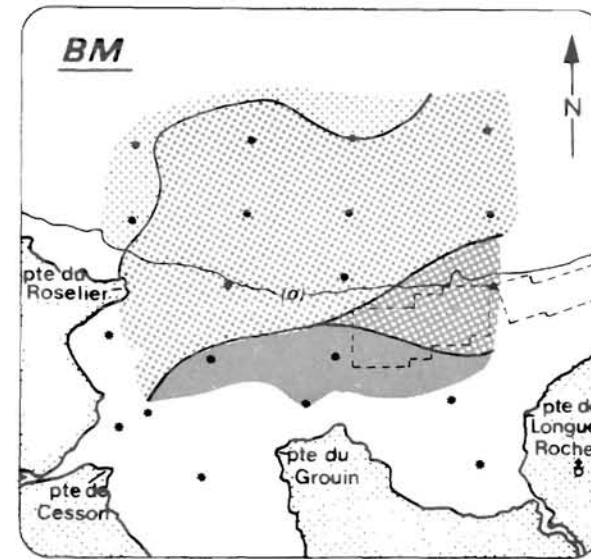
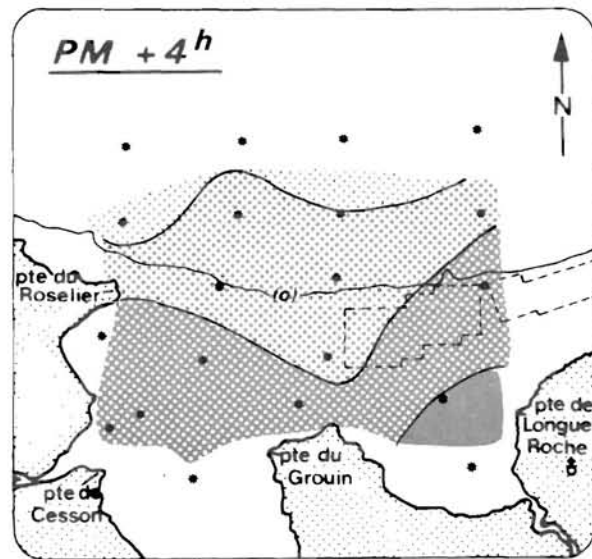
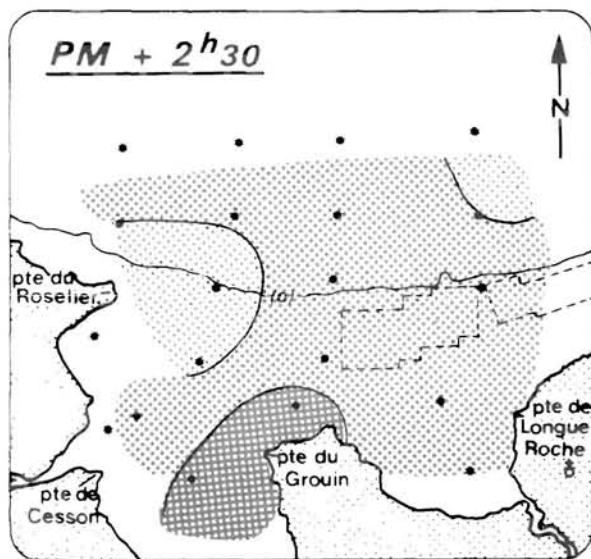
0,4 à 0,7

0,7 à 1,1

> 1,1

µatg/l

0 1 2 3km



Ces particularités mises à part, les valeurs peuvent être considérées comme normales.

Une comparaison des PM de 1982 et de 1981 permet de constater que les valeurs de sels nutritifs en mer de 1982 sont sensiblement égales à la moitié de celles observées en 1981 pour les 4 sels dosés. Ceci reflète bien la différence notée dans les flux au niveau des affluents.

c) Germes-tests de contamination fécale

Les figures 10, 11 et 12 illustrent la distribution de coliformes totaux (CT), des coliformes fécaux (CF) et des streptocoques fécaux (SF) en mer.

L'évolution des concentrations des CT au cours d'un cycle de marée semble cohérente avec l'évolution de la salinité : blocage des effluents à pleine mer, formation des panaches pollués en jusant qui confluent pour constituer à BM une bande homogène parallèle à la côte. Les CF présentent une évolution assez semblable quoique, à PM + 2h30, la "bouffée" d'eau polluée du Légué ne soit pas observable. Les SF à PM +4 présentent des concentrations faibles, notamment au droit de la presqu'île d'Hillion où la filière de l'Urne aboutit à la mer ; or les concentrations en SF de l'Urne ne sont pas particulièrement basses, et cette anomalie reste inexpliquée.

Les concentrations des trois germes-tests de contamination fécale en mer sont corrélés entre elles de façon hautement significative.

COEFFICIENTS DE CORRELATION DES GERMES-TESTS EN FOND
DE BAIE DE SAINT BRIEUC
(17.3.82) CRUE - MORTE EAU - SURFACE (n = 82)
(en valeur log)

	log CF	log SF
log CT	0,93	0,81
log CF	-	0,82

Au vu des coefficients de corrélation, les CF peuvent constituer une bonne illustration de l'ensemble des 3 germes-tests.

Les équations des droites de régression sont les suivantes :

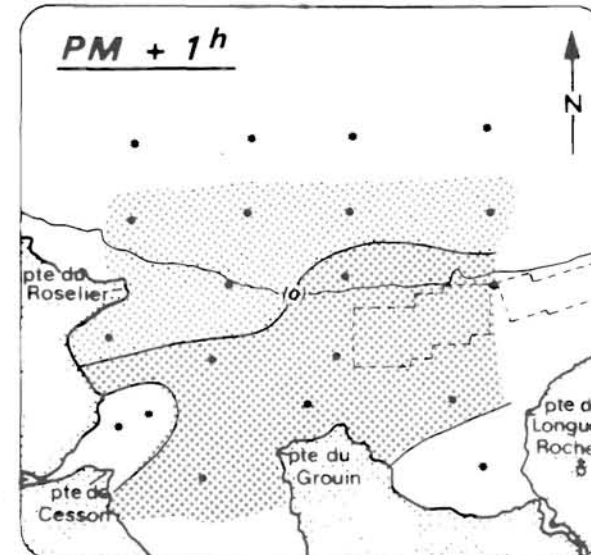
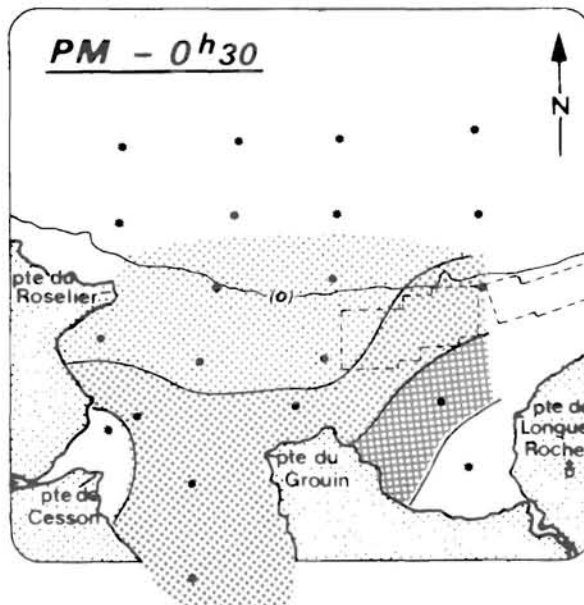
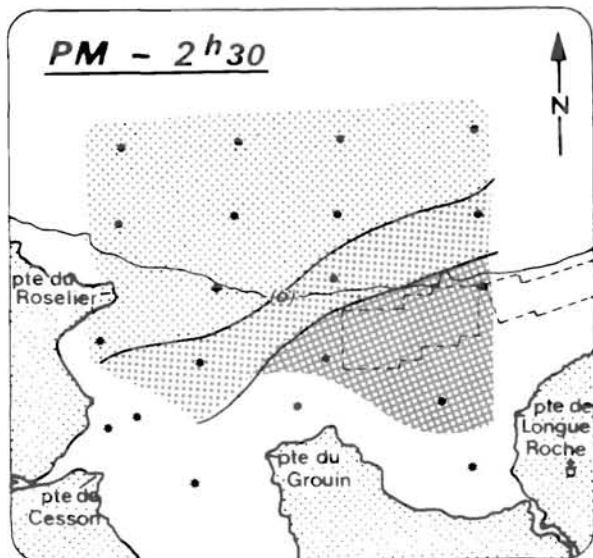
$$\begin{aligned} \log CT &= 0,52 \log SF - 0,08 \\ \log CF &= 1,04 \log CT + 0,26 \\ \log CF &= 0,60 \log SF - 0,001 \end{aligned}$$

Les niveaux de concentration en CF sont comparés aux valeurs de référence en matière conchylicole, fig. 13, 14 et 15. On observe qu'en anse d'Yffiniac, en anse de Morieux et en zone intermédiaire, la contamination suit une évolution similaire au cours de la marée : niveaux proches de 60 CF/100 ml et < 120 à PM - 2h30, diminution générale des valeurs à PM et

Coliformes totaux en fond de baie de St BRIEUC

Fig: 10

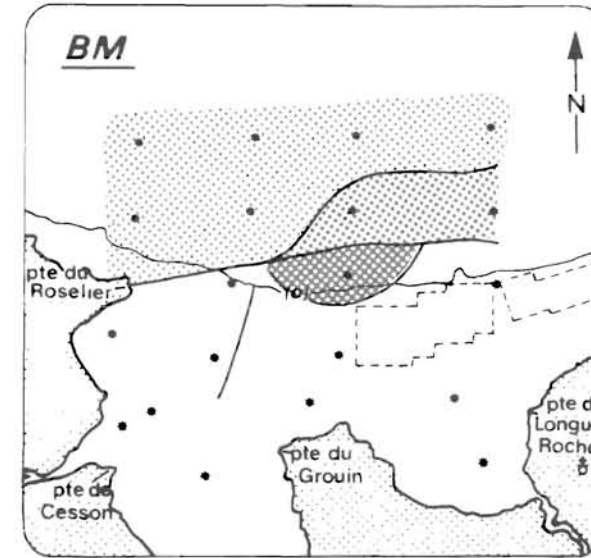
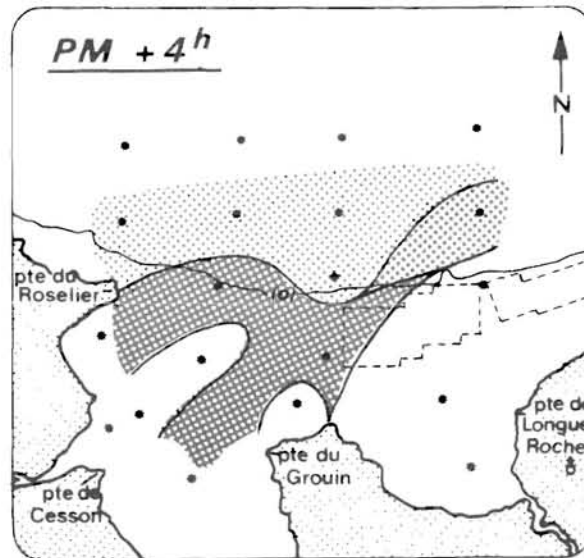
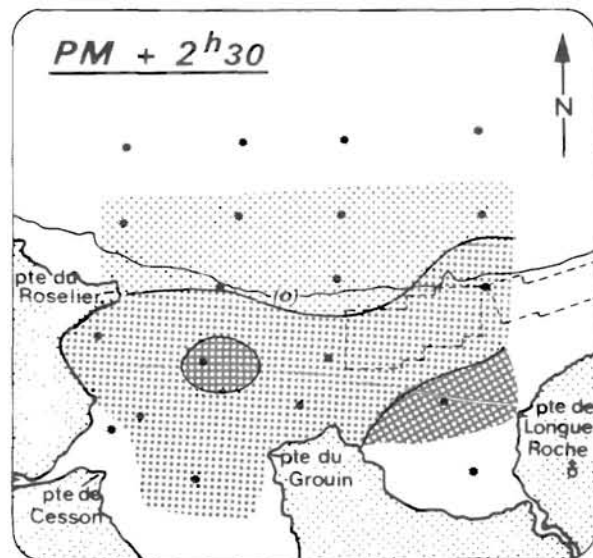
Crue . Morte eau . Surface.le 17/3/1982



< 10
 10 à 100
 100 à 500
 500 à 10000
 > 10000

nb de germes /
100 ml d'eau

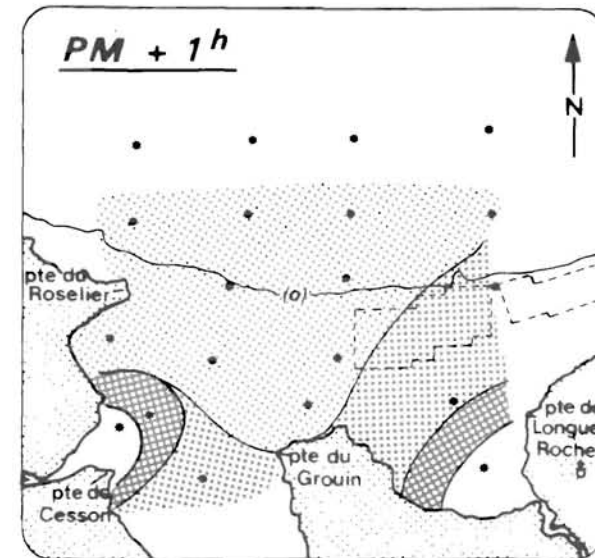
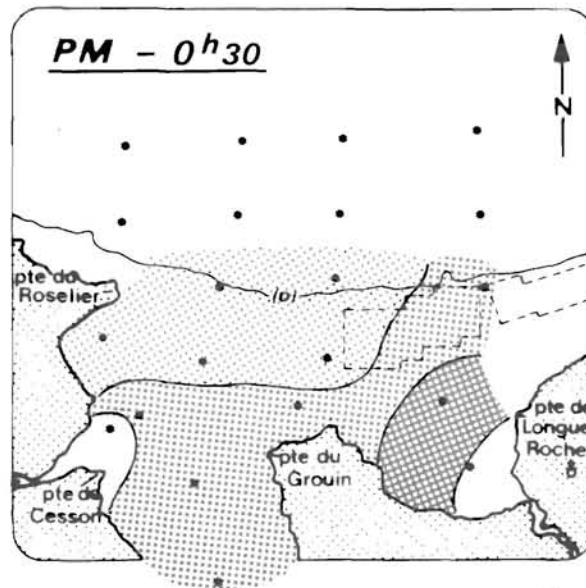
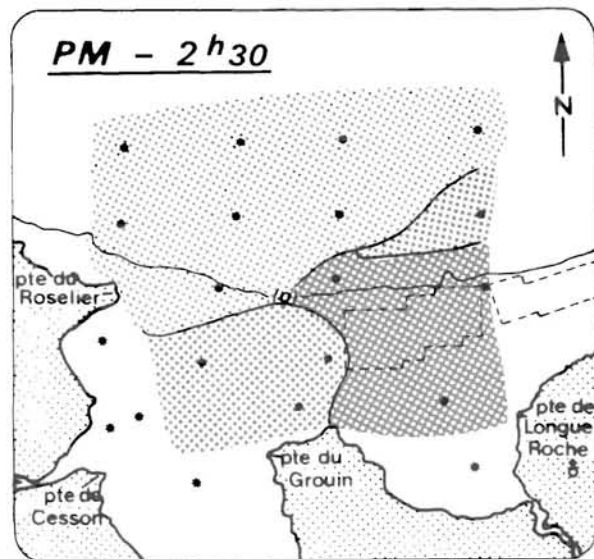
0 1 2 3 km



Coliformes fécaux en fond de baie de St BRIEUC

Fig: 11

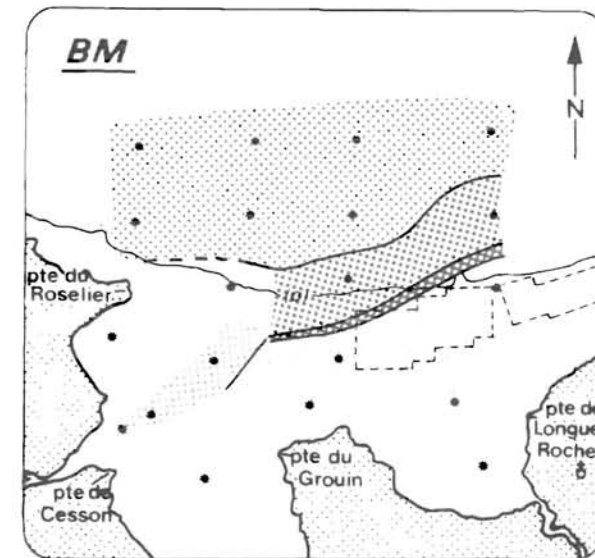
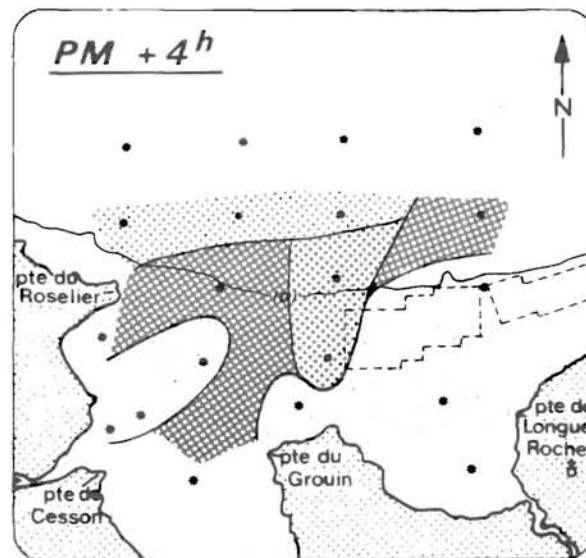
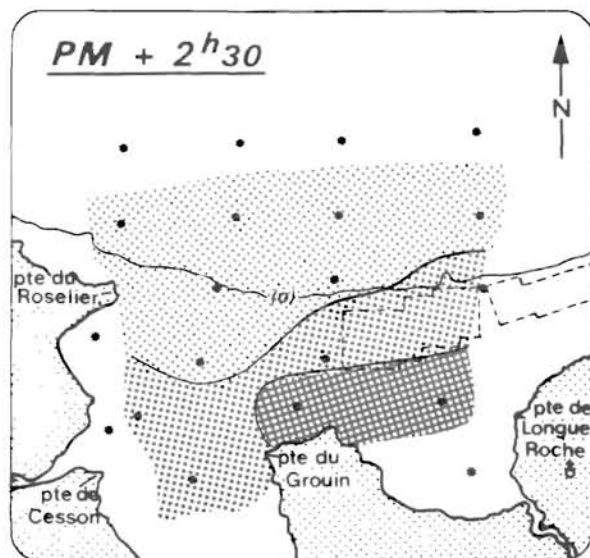
Crue . Morte eau . Surface . le 17/3/1982



< 10
 10 à 60
 60 à 200
 200 à 1500
 > 1500

nb de germes / 100 ml d'eau

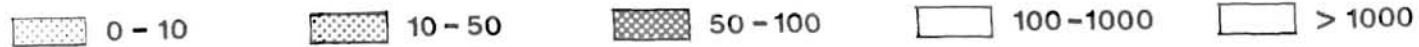
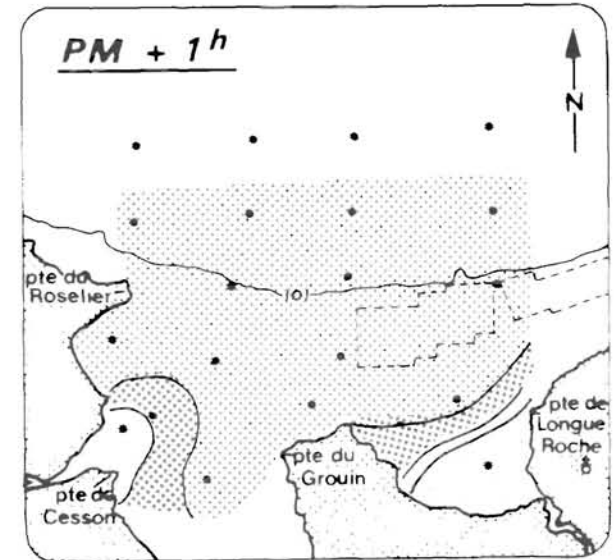
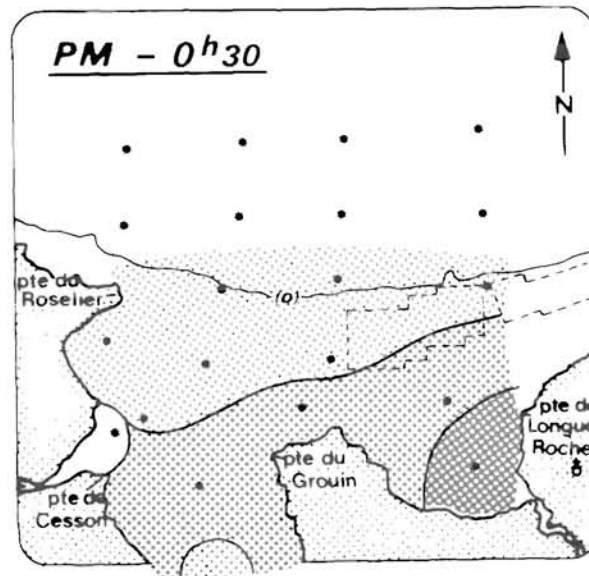
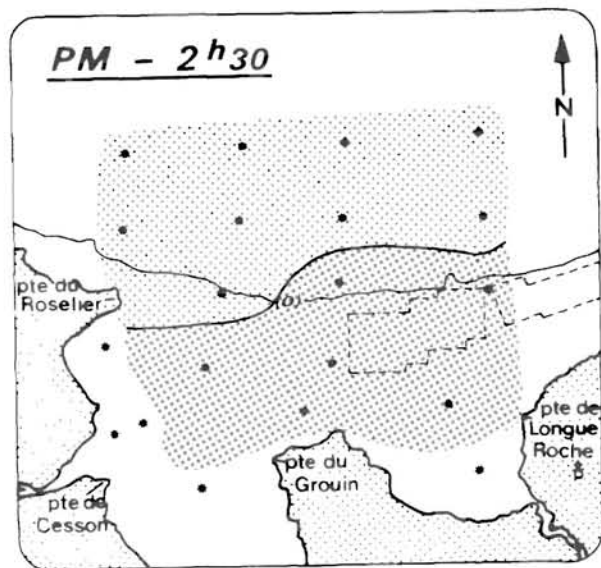
0 1 2 3km



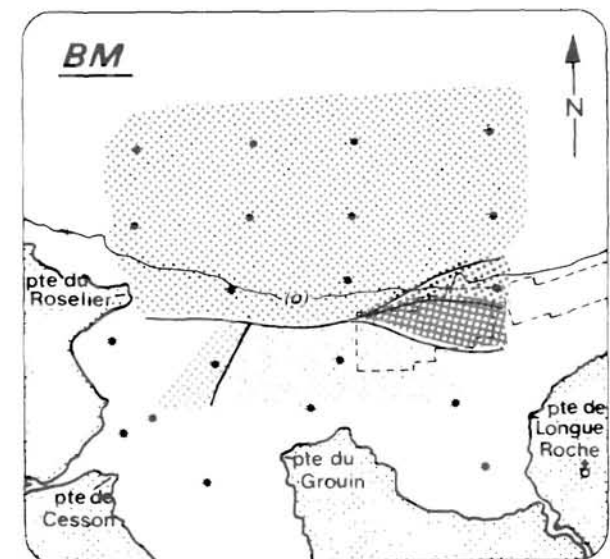
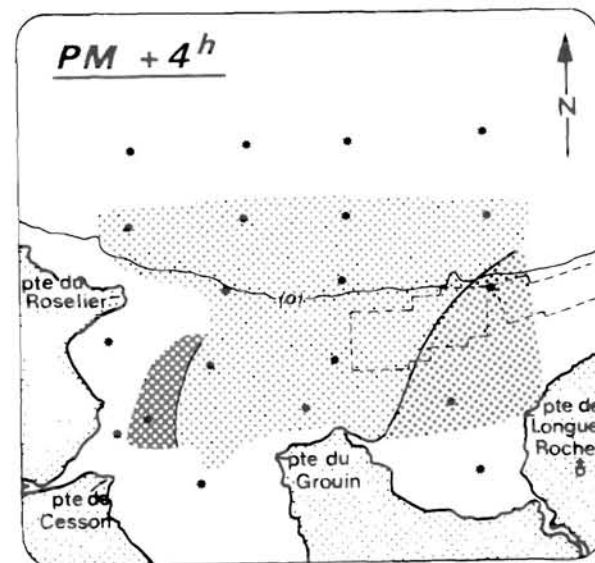
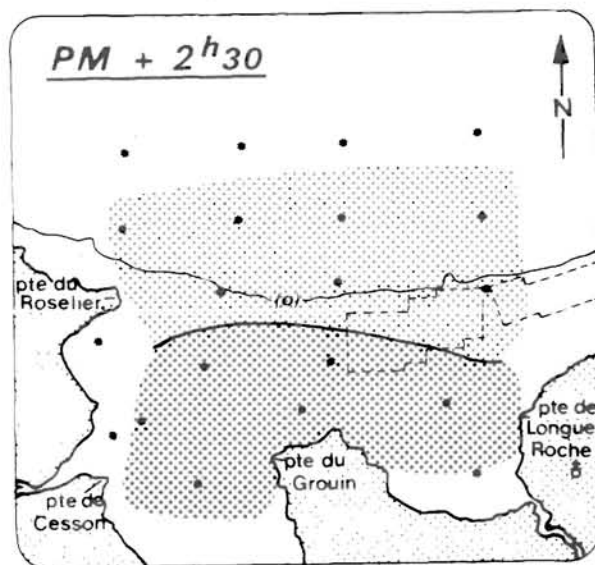
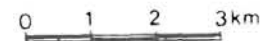
Streptocoques fécaux en fond de baie de St BRIEUC

Fig: 12

Crue . Morte eau . Surface . le 17/3/1982

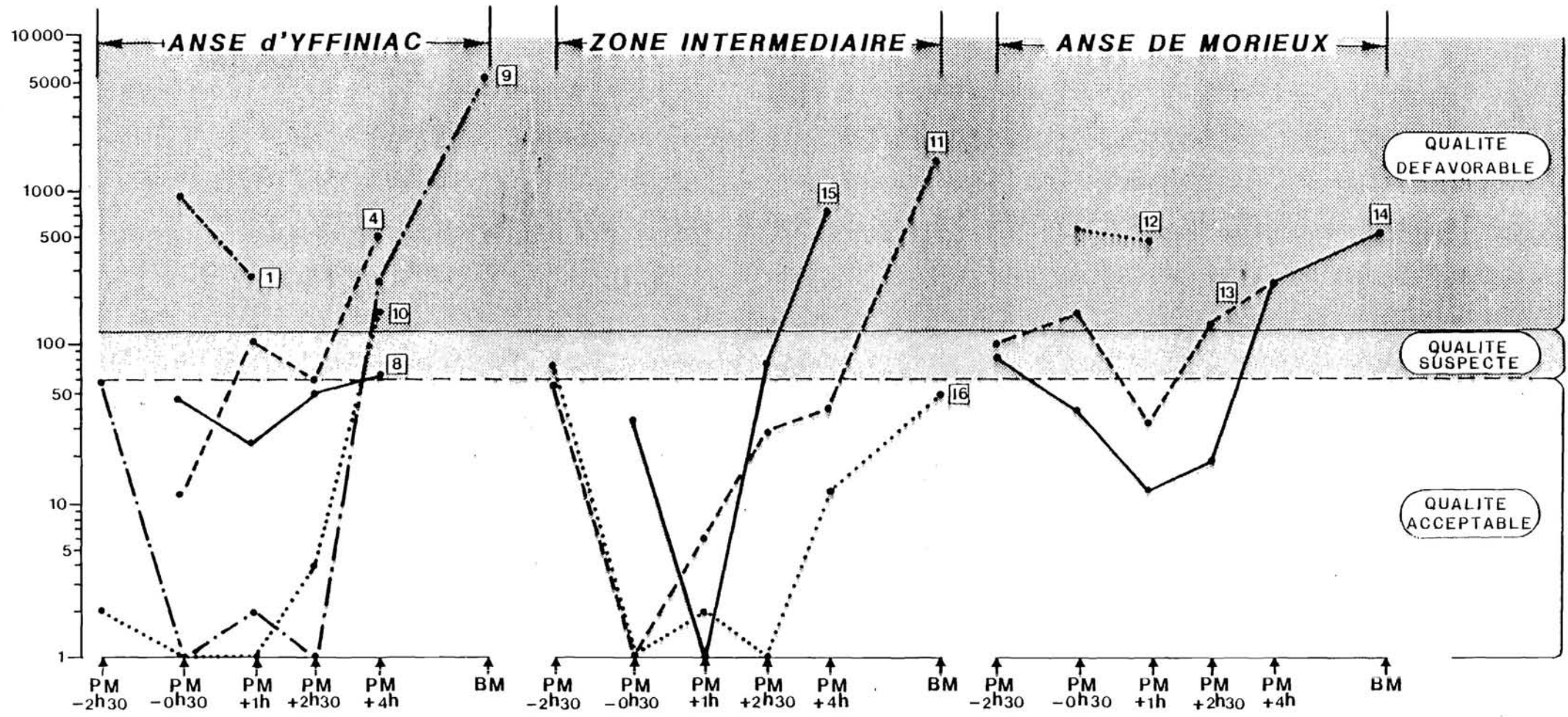


nb de germes/
100 ml d'eau



CONCENTRATION en COLIFORMES FECAUX

nb/100ml



retour à des valeurs consistantes presque toujours supérieures au seuil de 120 CF/100 ml à partir de PM + 4h.*

L'observation de la figure n°10 permet de constater qu'en période de crue et de morte-eau, les concentrations de CF au niveau des bouchots mytilicoles de l'anse de Morieux sont assez élevées. Elles sont supérieures à la valeur de référence de 120 /100 ml de PM + 4h à PM - 2h30, soit durant la moitié du cycle de marée environ. Il s'agit de conditions défavorables et il est probable qu'en période de VE, les valeurs doivent être moins élevées du fait de l'augmentation de la dispersion.

Par ailleurs, on peut noter que la partie nord de l'anse d'Yffiniac, au niveau de la Pointe du Roselier, paraît, en morte eau, moins contaminée que la zone des bouchots.

d) Etude de la flore bactérienne

Le principe de la méthode consiste à cultiver les germes sur des milieux sélectifs et à comptabiliser les colonies se développant sur chaque milieu. L'originalité consiste en la nature de ces milieux, différents de ceux utilisés en bactériologie traitant les germes d'origine fécale.

Les résultats bruts des tests de culture sont exposés en annexe.

INTERPRETATION

1) Eau douce

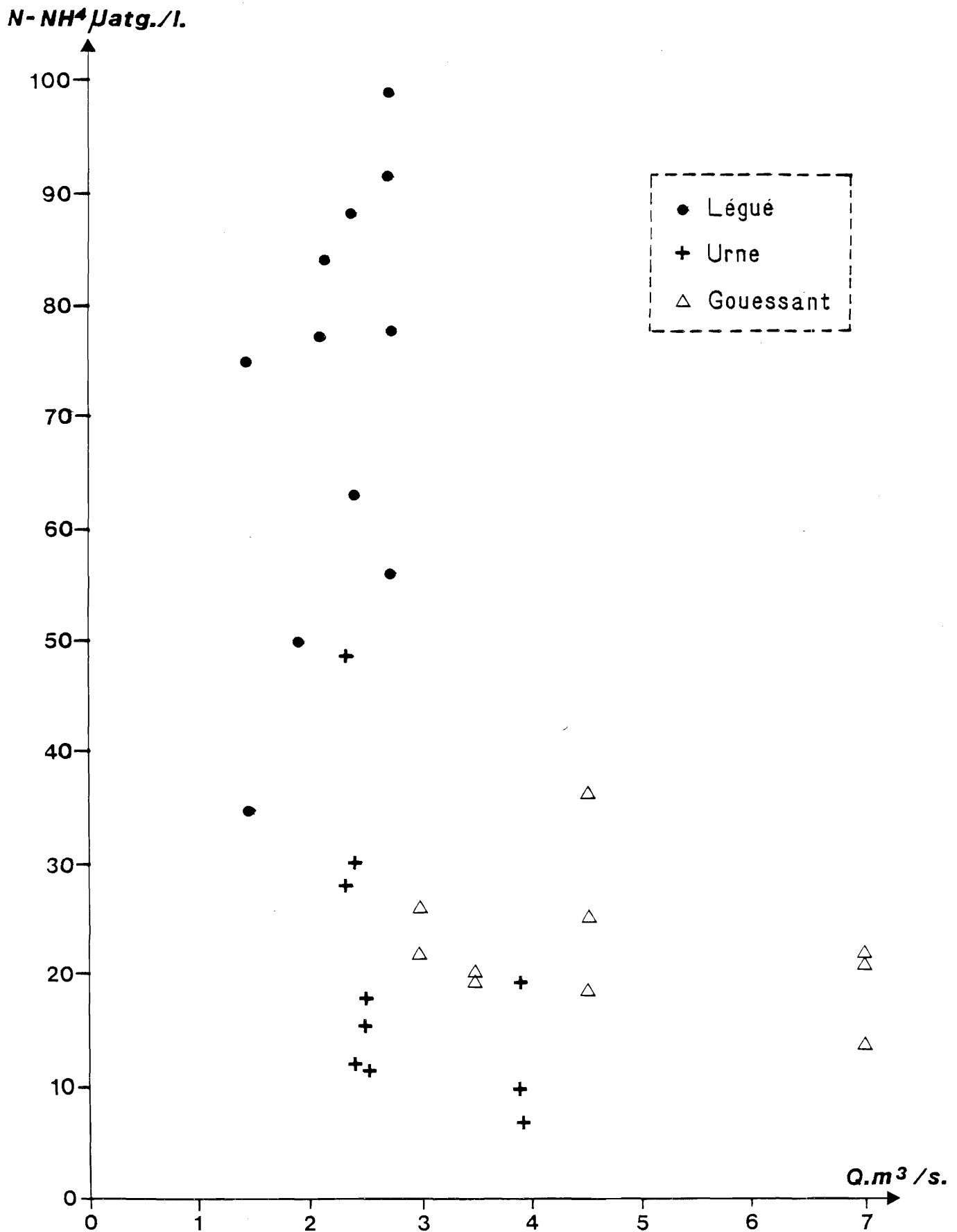
a/ Corrélations débits-concentrations en sels nutritifs

Les teneurs en sels nutritifs des cours d'eau sont ordinairement corrélées à leur débit et nous avons recherché si une telle corrélation existait pour les observations de 1982. Or dans aucun des cas, les corrélations ne sont significatives. La fig. 16 illustre ceci pour l'ammonium dans le Légué, l'Urne et le Guessant.

Nous avons recherché si les concentrations moyennes et les débits moyens des deux campagnes de 1982, s'intégraient bien dans les relations débits-concentrations obtenues à partir des valeurs de 1981. Les figures 17 à 22 illustrent ces rela-

* Les eaux conchylicoles de qualité acceptable présentent des concentrations de 1 à 60 CF/100 ml d'eau ; de 60 à 120 CF/100 m, la qualité est dite suspecte, et des concentrations > 120 CF/100 ml correspondent à des eaux de qualité défavorables (d'après ISTPM, La conchyliculture française, I - Le milieu naturel et ses variations. Rev. Trav. Inst. Pêch. Mar. vol. 38, n°3, p.217-337 (1974)).

CONCENTRATIONS d'AMMONIUM
dans les AFFLUENTS en FONCTION des DEBITS
(du 1 au 4 mars et du 15 au 17 mars 1982)



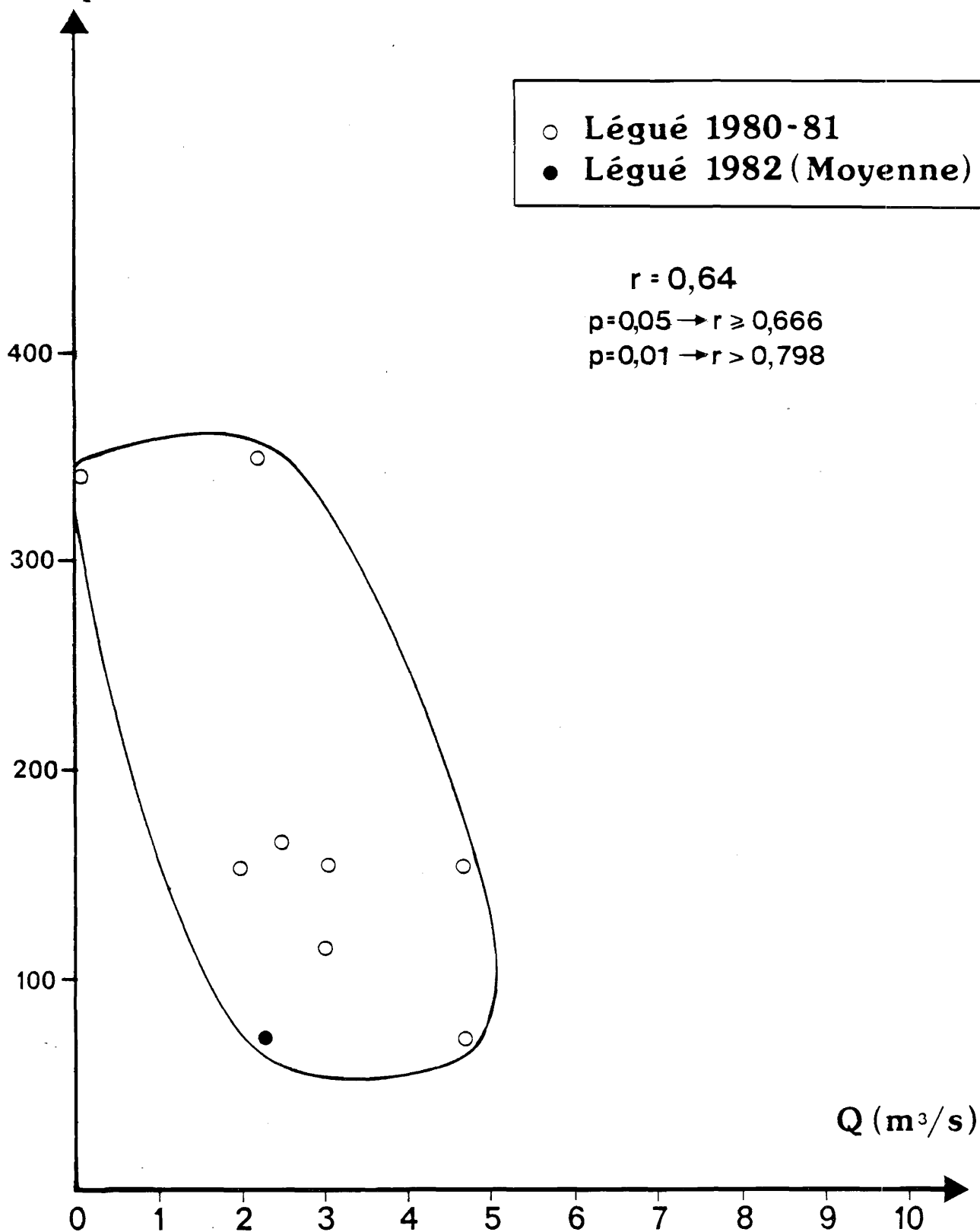
Corrélation DEBIT-CONCENTRATION

Fig: 17

en AMMONIUM

dans les Affluents du Fond de la Baie de S^t Briec
1981-1982

N.NH₄ (µatg/l)



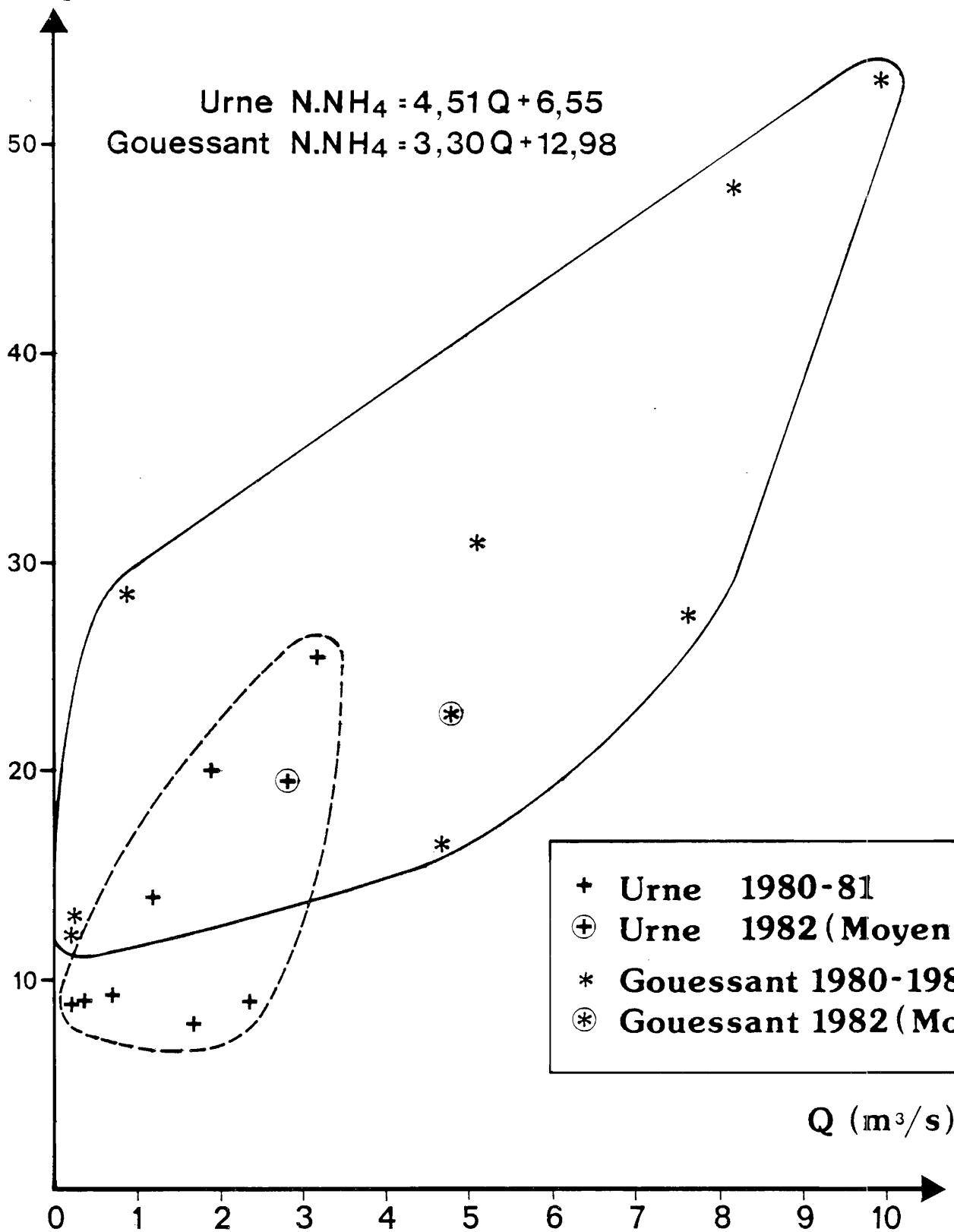
Corrélation DEBIT-CONCENTRATION

Fig: 18

en AMMONIUM

dans les Affluents du Fond de la Baie de S^t Brieuc
1981-1982

N.NH₄ (µatg/l)



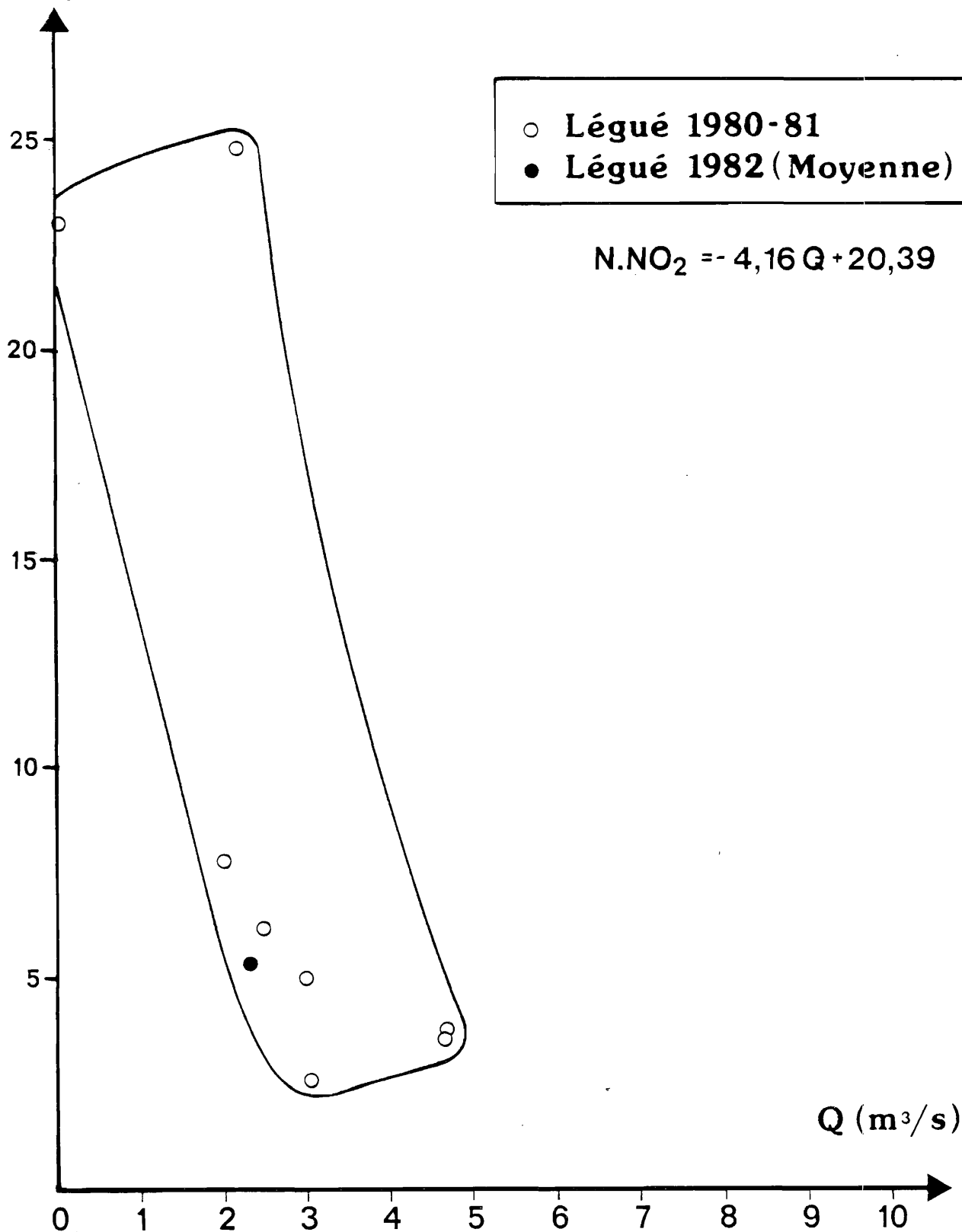
Corrélation DEBIT-CONCENTRATION

Fig: 19

en NITRITES

dans les Affluents du Fond de la Baie de S^t Briec
1981-1982

N.NO₂ (µatg/l)



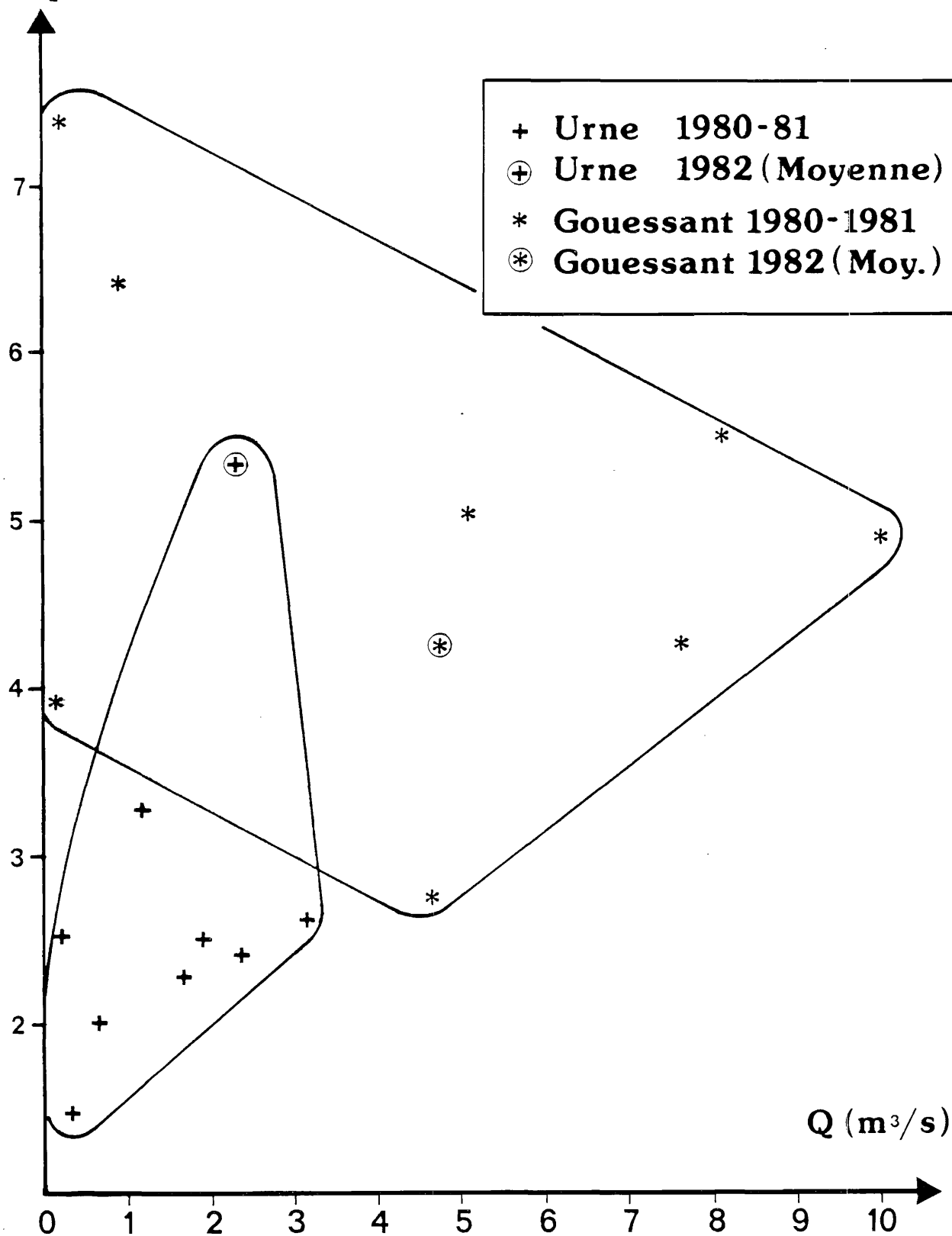
Corrélation DEBIT-CONCENTRATION

Fig: 20

en NITRITES

dans les Affluents du Fond de la Baie de St Brieuc
1981-1982

N.NO₂ (µatg/l)



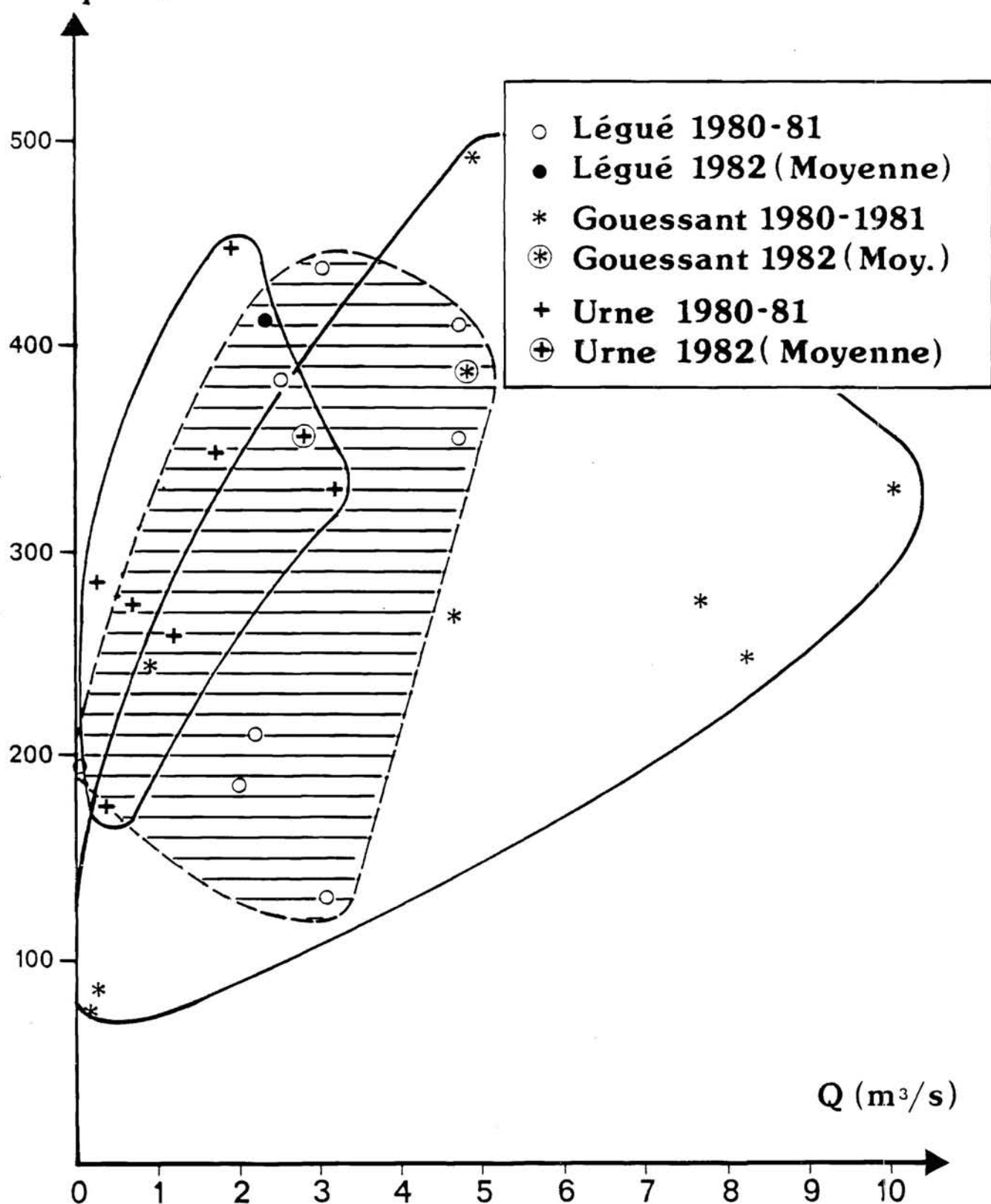
Corrélation DEBIT-CONCENTRATION

Fig: 21

en NITRATES

dans les Affluents du Fond de la Baie de S^t Brieuc
1981-1982

μNO_3 ($\mu\text{atg/l}$)



en PHOSPHATES

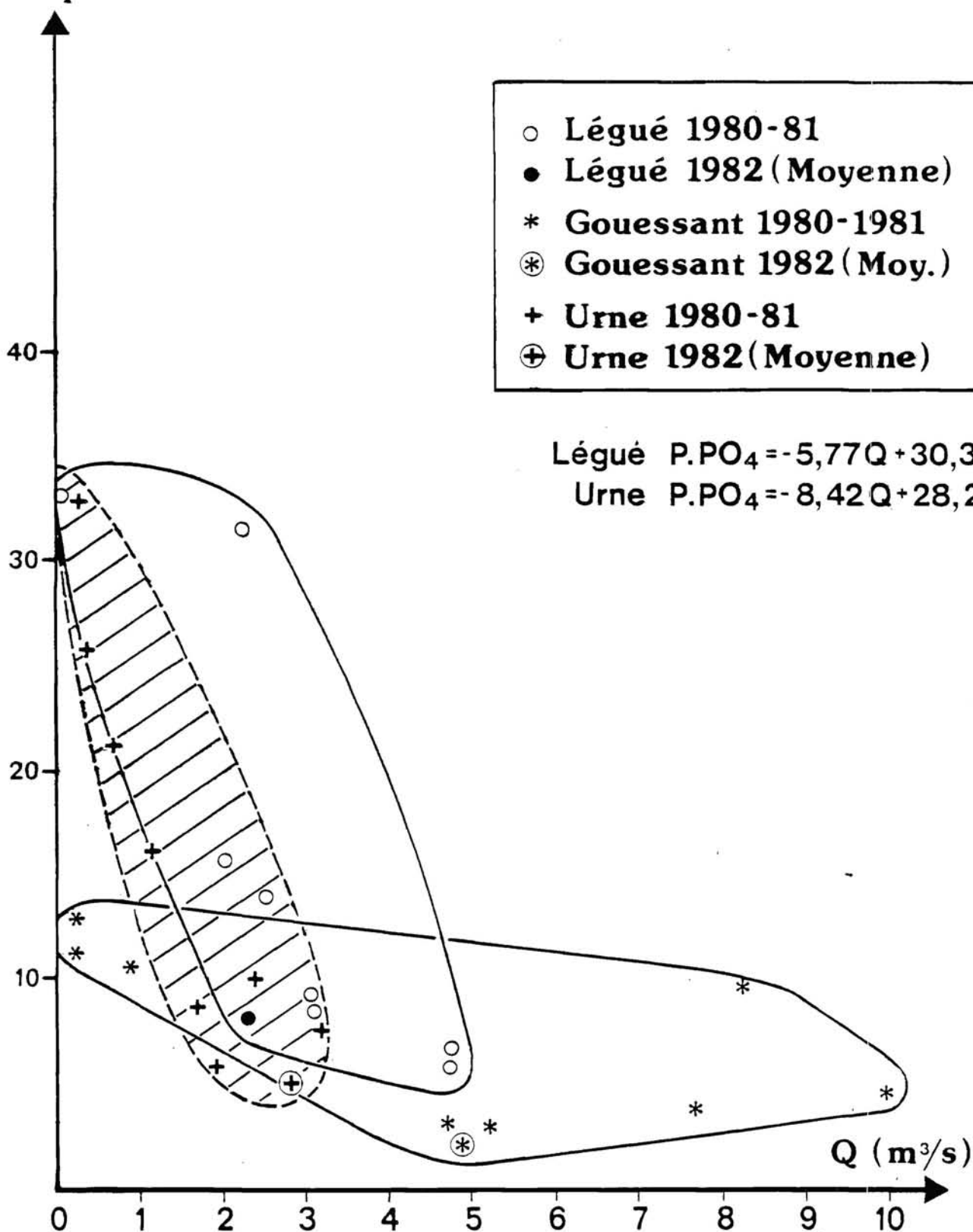
dans les Affluents du Fond de la Baie de S^t Brieuç
1981-1982

P.PO₄ (µatg/l)

- Légio 1980-81
- Légio 1982 (Moyenne)
- * Gouessant 1980-1981
- ⊗ Gouessant 1982 (Moy.)
- + Urne 1980-81
- ⊕ Urne 1982 (Moyenne)

Légio P.PO₄ = -5,77Q + 30,36

Urne P.PO₄ = -8,42Q + 28,20



tions, et l'on observe que les valeurs de 1982 sont tout à fait cohérentes avec les valeurs antérieures (pour $n = 9$, la corrélation est significative, si le coefficient r est $\geq 0,798$ pour $p = 0,01$, ou si r est $\geq 0,666$ pour $p = 0,05$).

Toutes les corrélations testées ne sont pas significatives, et le tableau suivant résume les résultats :

LIAISON ENTRE LES DEBITS DES AFFLUENTS ET LEURS CONCENTRATIONS EN SELS NUTRITIFS

(Données 1980-1981 et moyenne des données 1982)

	LEGUE		URNE		GOUESSANT	
	Coeff. de corrél.	sens liaison	Coeff. de corrél.	sens liaison	Coeff. de corrél.	sens liaison
NH ₄	0,64		0,73	↗	0,82	↗
NO ₂	0,69	↘	0,40		0,31	
NO ₃	0,48		0,62		0,56	
PO ₄	0,78	↘	0,89	↘	0,61	

Les liaisons positives observées dans l'Urne et le Gouessant pour l'ammonium proviennent probablement d'un lessivage des sols agricoles. Les liaisons négatives observées dans le Légué et l'Urne pour les phosphates sont sans doute redevables aux stations d'épuration de Saint Briec d'une part et du SIVOM, Yffiniac, Langueux, Trégueux, d'autre part. Les phosphates, issus des détergents y constitueraient une source stable plus ou moins diluée selon les débits en jeu. En revanche, l'absence de corrélation significative entre débit et concentration en nitrates est surprenante, notamment pour le Gouessant et l'Urne. Aucune explication satisfaisante n'a pu être trouvée à cela.

b/ Variabilité des valeurs observées

L'un des buts principaux de cette étude complémentaire était de tenter d'identifier les différents cours d'eau en mer, et de suivre leur devenir autant qu'il était possible. A cet effet, il est indispensable de rechercher des traceurs permettant de discriminer les affluents.

On considère classiquement que pour pouvoir être utilisé comme traceur, un paramètre, outre son caractère conservatif, doit présenter des valeurs aux sources suffisamment différentes (rapport de 1 : 2 au minimum selon WILLEY et ATKINSON, 1982).

L'analyse du tableau des concentrations de sels nutritifs dans les affluents du fond de la baie permet de noter que l'ammonium et les phosphates présentent des valeurs largement différentes selon les cours d'eau. En revanche, les nitrates présentent des valeurs très voisines. Un traceur chimique doit également présenter une stabilité des concentrations aux sources au moins pour la période de temps concernée. Le tableau suivant exprime la variabilité des sels nutritifs par cours d'eau en établissant le rapport $\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}}$ (= coefficient de variation).

VARIABILITE DES CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS
DANS LES AFFLUENTS DU FOND DE LA BAIE DE ST BRIEUC

$$\frac{(S \times 100)}{\bar{x}} \quad (\text{du 15 au 17.03.82})$$

	LEGUE	URNE	GOUESSANT
NH ₄	32,2	59,6	20,4
NO ₂	16,7	13,9	6,8
NO ₃	5,4	9,0	6,5
PO ₄	24,2	49,4	53,4

On observe que les nitrates présentent une stabilité temporelle remarquable tandis que l'ammonium et les phosphates montrent une instabilité notable. Les nitrites, dans des milieux assez oxygénés, comme ceux-ci, ne représentent qu'une étape transitoire dans les phénomènes de nitrification, et ne peuvent donc être considérés *a priori* comme un marqueur potentiel.

En résumé, seuls l'ammoniaque et les phosphates sont susceptibles de jouer ce rôle avec la réserve liée à leur forte variabilité. Nous verrons plus loin leur efficacité.

c/ Germes tests

VARIABILITE DES CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DANS LES
AFFLUENTS DU FOND DE LA BAIE DE ST BRIEUC ($S \times 100$)

$$(\text{du 15 au 17.3.82}) \quad \bar{x}$$

	LEGUE	URNE	GOUESSANT
CT	48	26	43
CF	135	108	52
SF	43	67	95

En observant les valeurs brutes (en annexe), on peut noter que les concentrations maximum de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux dans le Légué et l'Urne sont atteintes les lundi 15 mars et 1er Mars. Ceci peut être rapproché du fait que les produits de vidange collectés par camion sont déversés dans les stations d'épuration de St Brieuc et d'Yffiniac, chaque lundi.

2) Mer

L'observation des débits des affluents permet de constater que l'on est effectivement en période de crue. Néanmoins, l'eau douce est moins abondante qu'en 1981 et le Légué notamment présente des débits moindres.

En mer, les sels nutritifs sont présents en quantité deux fois moindre. La question posée est de savoir si ceux-ci associés à la salinité peuvent permettre d'identifier les affluents en mer, et d'obtenir une représentation de leur comportement au cours de la marée. Avant d'aborder cette question, nous avons procédé à l'estimation du volume d'eau douce stocké dans le fond de la baie de Saint Brieuc.

a/ Stockage d'eau douce en fond de Baie de St Brieuc

Le volume d'eau douce contenu dans l'eau saumâtre du fond de baie a été estimé dans les conditions du moment, c'est-à-dire à pleine mer, en morte-eau (coeff. 43) et en période de crue. La zone choisie pour ce calcul est identique à celle de l'étude d'impact.

La superficie de cette zone a été planimétrée pour 2050 hectares à PM ME. Les stations de prélèvement 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 sont équitablement réparties sur la zone et peuvent être considérées chacune comme représentant le 1/10 de la zone soit 205 ha. Les hauteurs d'eau pour ce coefficient ont été extraites des données 1980-1981. Le volume d'eau ainsi obtenu, est multiplié par le pourcentage d'eau douce, qui a été précédemment calculé pour chaque station (fig.5).

L'application à toute la tranche d'eau d'un pourcentage d'eau douce calculé à partir de l'eau de surface se justifie par l'homogénéité quasi constante des salinités de surface et de fond, observée lors de l'étude d'impact.

Le volume d'eau douce stocké sur zone est d'environ 2.10^6 m³. Ceci représente 2,7% du volume d'eau saumâtre.

La quantité d'eau douce peut être rapprochée des débits afférents à la zone. La somme de ceux-ci était de 13,83 m³/s au jour de l'échantillonnage et le stock d'eau douce sur zone représente le débit de 39h, soit 1 jour et demi.

VOLUME D'EAU DOUCE STOCKE SUR ZONE EN PM ME-CRUE
(17.3.82)

Station	Superficie concernée (ha)	Prof. (m)	Volume eau saumâtre (m3)	Pourcentage eau douce (%)	Volume eau douce (m3)
1	205	2,0	4 100 000	2,8	114 800
2	205	2,0	4 100 000	1,6	65 600
8	205	2,5	5 125 000	2,3	117 875
9	205	4,5	9 225 000	1,4	129 150
10	205	6,0	12 300 000	1,1	135 300
11	205	4,5	9 225 000	1,6	147 600
12	205	1,5	3 075 000	21,2	651 900
13	205	3,0	6 150 000	3,9	239 850
14	205	6,0	12 300 000	1,9	233 700
15	205	3,0	6 150 000	1,7	104 550
	<u>2 050</u>		<u>71 750 000</u>		<u>1 940 325</u>

Cependant, ce dernier résultat ne tient pas compte du fait que l'impact du Gouessant est limité dans l'espace et dans le temps. On a observé en effet l'échappement des eaux impactées par ce cours d'eau, en direction du NE, hors zone. Dans les situations marée PM - 0h30 et PM + 1h, les stations M 12 et M 13 sont les seules à être directement influencées par le Gouessant. En supposant que ces eaux ne reviendront pas sur zone, un nouveau calcul ne prenant en compte ni ces deux stations, ni le débit du Gouessant permet d'obtenir une durée de débit de 60h, c'est-à-dire 2 jours et demi. Rappelons que ces 2 estimations (1,5j. et 2,5 j) concernent des conditions de ME et crue où l'influence des eaux douces est en principe à son maximum. Par ailleurs, l'échantillonnage des eaux douces avec 36h d'avance sur les opérations en mer se trouve justifié.

b/ Corrélations entre paramètres hydrobiologiques

1.- Corrélations entre la salinité et les différents sels nutritifs

Les corrélations entre la salinité et les 4 sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates) sont représentées graphiquement fig. 23, 24, 25 et 26.

Les valeurs intéressantes de ces 4 corrélations ont été regroupées dans le tableau ci-dessous.

CORRELATIONS SALINITE-SELS NUTRITIFS

	Corrélation S‰ - NH ₄	Corrélation S‰ - NO ₂	Corrélation S‰ - NO ₃	Corrélation S‰ - PO ₄
Nombre de couples	80	80	80	80
Coefficient de corrélation	0,92	0,95	0,92	0,89
A	53,65	6,04	333,67	9,75
B	25,07	3,24	361,98	3,38
C	35,35	3,35	402,26	6,02

(A) = Concentration moyenne des 3 sources en sels nutritifs, par extrapolation de la droite de régression ($\mu\text{atg/l}$).

(B) = Concentration moyenne des 3 sources en sels nutritifs, moyenne pondérée des observations par les débits ($\mu\text{atg/l}$) (mi mars 1982).

(C) = Concentration moyenne en sels nutritifs du Légué et de l'Urne (Gouessant exclus), moyenne pondérée des observations par les débits ($\mu\text{atg/l}$) (mi mars 1982).

On constate que les corrélations sont hautement significatives, puisque r est compris entre 0,89 et 0,95 (pour $n = 80$, r doit être $\geq 0,283$) pour que la corrélation ait une signification, probabilité = 99%).

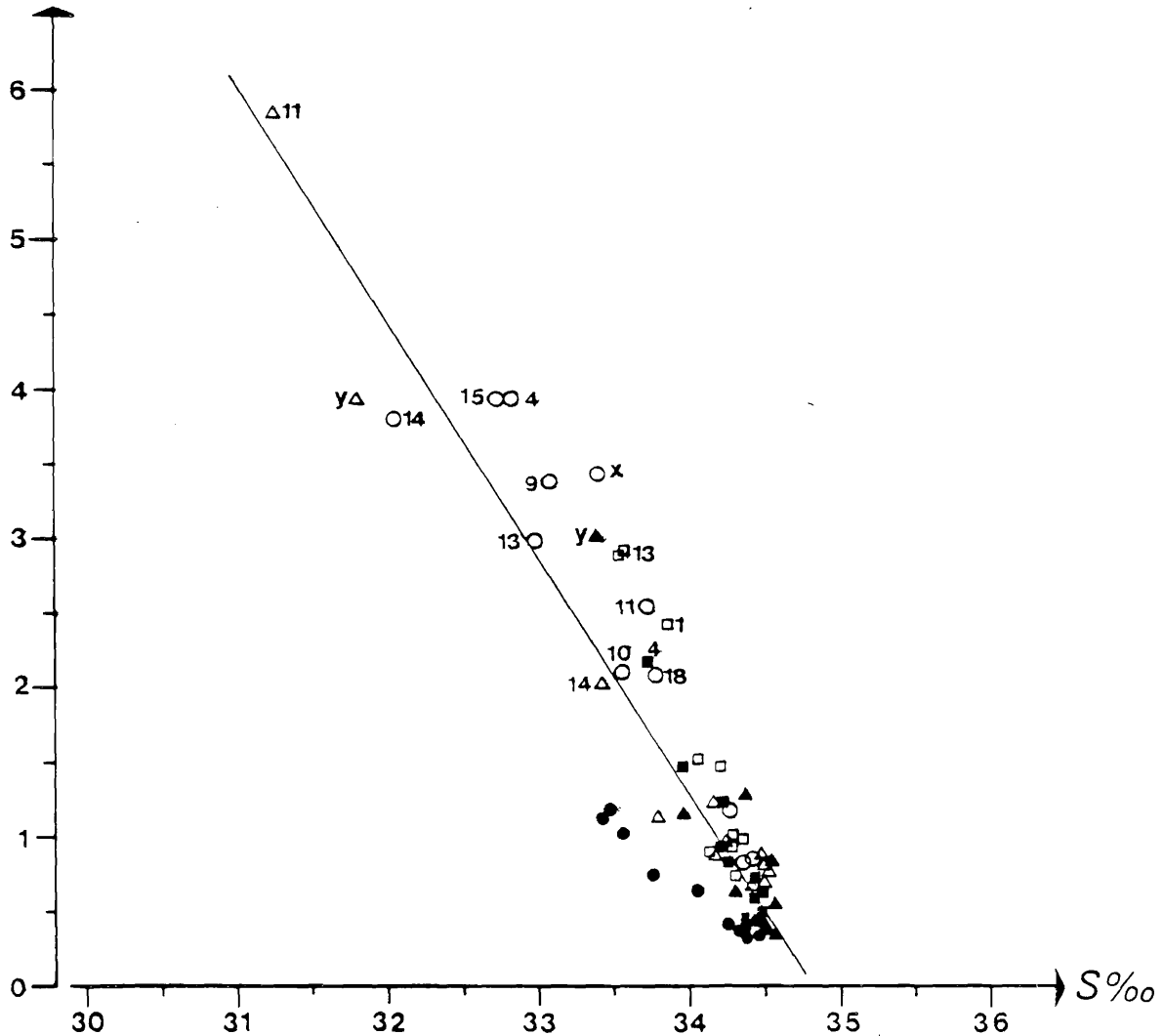
Néanmoins, on observe une disparité entre la moyenne pondérée des concentrations en sels nutritifs observées dans les trois cours d'eau, et le même paramètre obtenue par extrapolation de la droite de régression pour une salinité nulle. Cette différence est importante puisque le rapport entre les 2 valeurs (A/B) est compris entre 1,9 et 2,9. Néanmoins, les nitrates font exception et présentent des valeurs comparables.

CORRELATION SALINITE-AMMONIUM

dans l'eau de surface en fond de baie de St Brieuc
 Crue - Morte eau - Surface 17/03/1982

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ▲ P.M. -2 ^h 30 | ● P.M. +2 ^h 30 |
| □ P.M. -0 ^h 30 | ○ P.M. +4 ^h |
| ■ P.M. +1 ^h | △ B.M. |

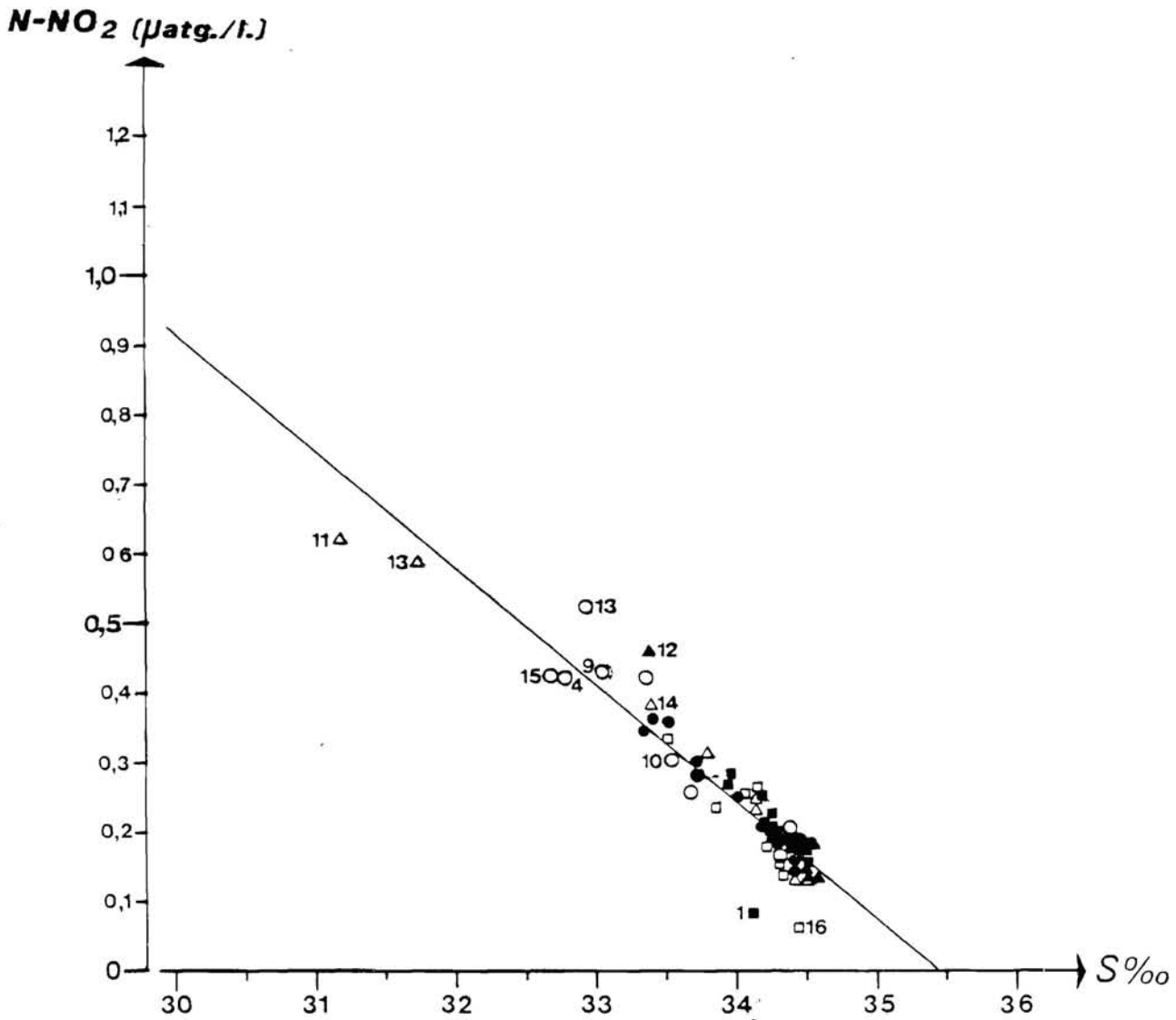
N-NH₄ (µatg./l.)



CORRELATION SALINITE-NITRITES

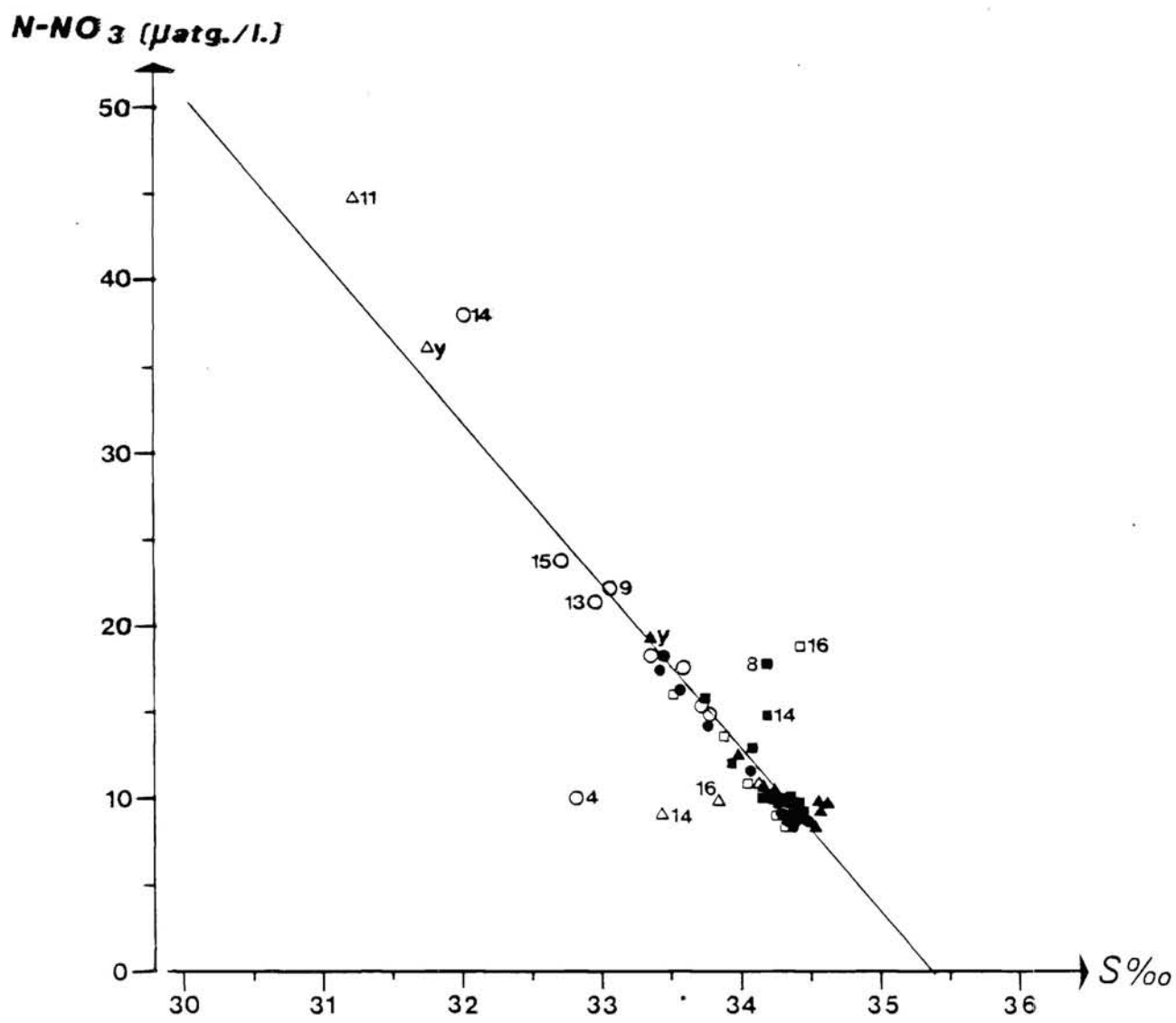
dans l'eau de surface en fond de baie de St Brieuc
 Crue - Morte eau - Surface 17/03/1982

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ▲ P.M. -2 ^h 30 | ● P.M. +2 ^h 30 |
| □ P.M. -0 ^h 30 | ○ P.M. +4 ^h |
| ■ P.M. +1 ^h | △ B.M. |



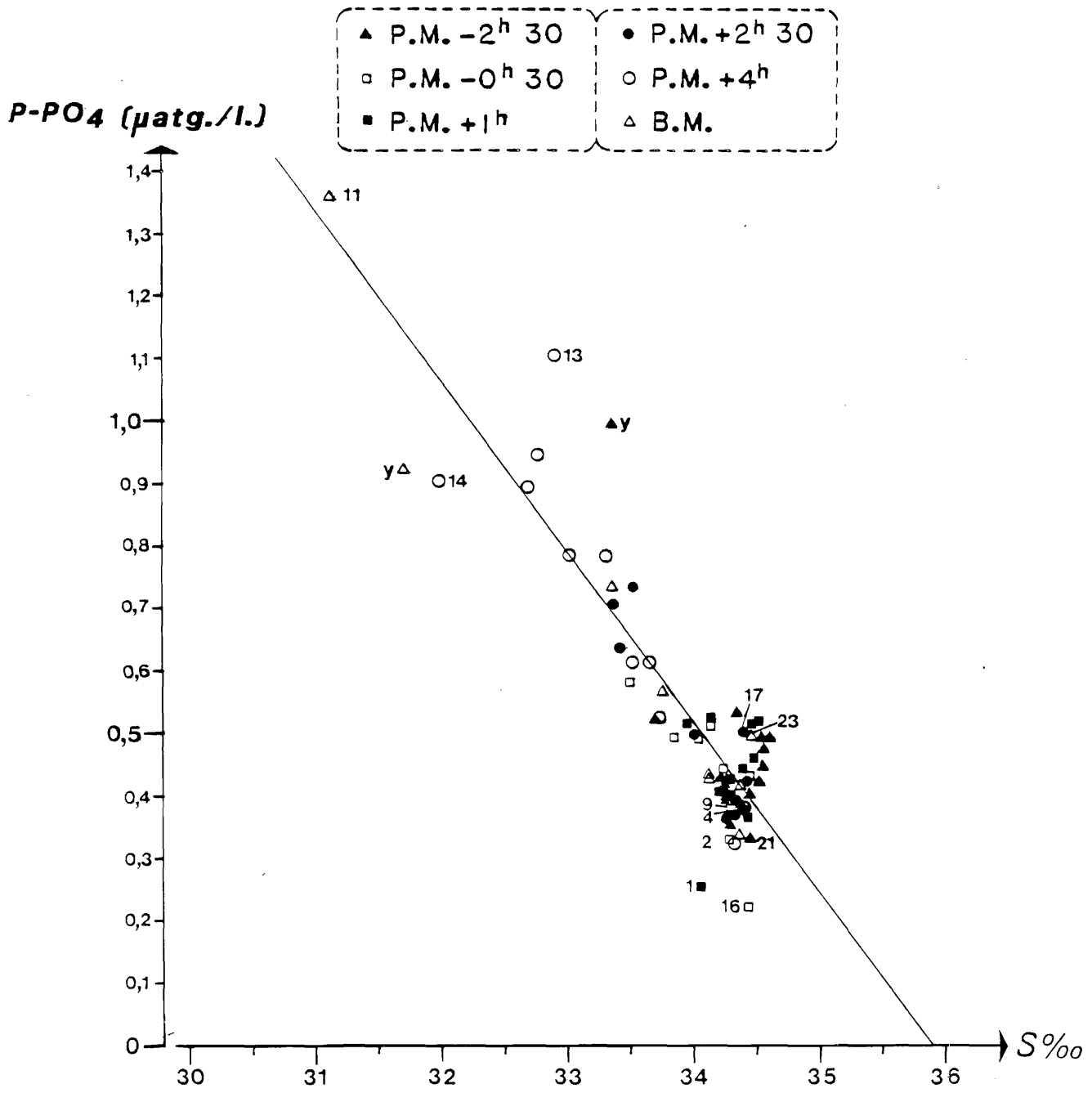
CORRELATION SALINITE-NITRATES
 dans l'eau de surface en fond de baie de St Brieuc
 Crue - Morte eau - Surface 17/03/1982

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ▲ P.M. -2 ^h 30 | ● P.M. +2 ^h 30 |
| □ P.M. -0 ^h 30 | ○ P.M. +4 ^h |
| ■ P.M. +1 ^h | △ B.M. |



CORRELATION SALINITE-PHOSPHATES

dans l'eau de surface en fond de baie de St Brieuc
 Crue-Morte eau-Surface 17/03/1982



Nous avons vu que dans les conditions de l'étude, le Gouessant semblait participer assez peu à la modification de l'eau du fond de baie. Une nouvelle moyenne pondérée des concentrations en sels nutritifs, excluant le Gouessant (C), aboutit à des valeurs moins éloignées. La différence restante pourrait trouver son origine dans une évaluation insuffisamment précise et une variabilité importante du niveau des sels nutritifs aux sources. En effet, vu la force des corrélations observées entre la salinité et les sels nutritifs, il semble difficile de mettre en doute le caractère conservatif en période hivernale des sels nutritifs en mer, dans la gamme des valeurs mesurées.

Dans aucune relation salinité-sels nutritifs, on n'a observé de nuage de points présentant des axes divergents indiquant l'influence de tel ou tel cours d'eau.

Dans la corrélation salinité-ammonium, la situation marée PM + 2h30 présente des valeurs d'ammonium systématiquement inférieures aux autres situations.

2.- Corrélations entre la salinité et les sels nutritifs.

Des corrélations ont également été testées entre la salinité d'une part et des rapports entre sels nutritifs d'autre part ($\frac{NO_3}{NH_4}$, $\frac{NO_3}{PO_4}$, $\frac{NH_4}{PO_4}$).

Ces trois liaisons présentent des nuages de points similaires. On n'observe pas de corrélations linéaires et l'interprétation des liaisons n'a pas été possible. A titre d'exemple, la liaison $S\% - \frac{NO_3}{NH_4}$ à BM est illustrée fig.27.

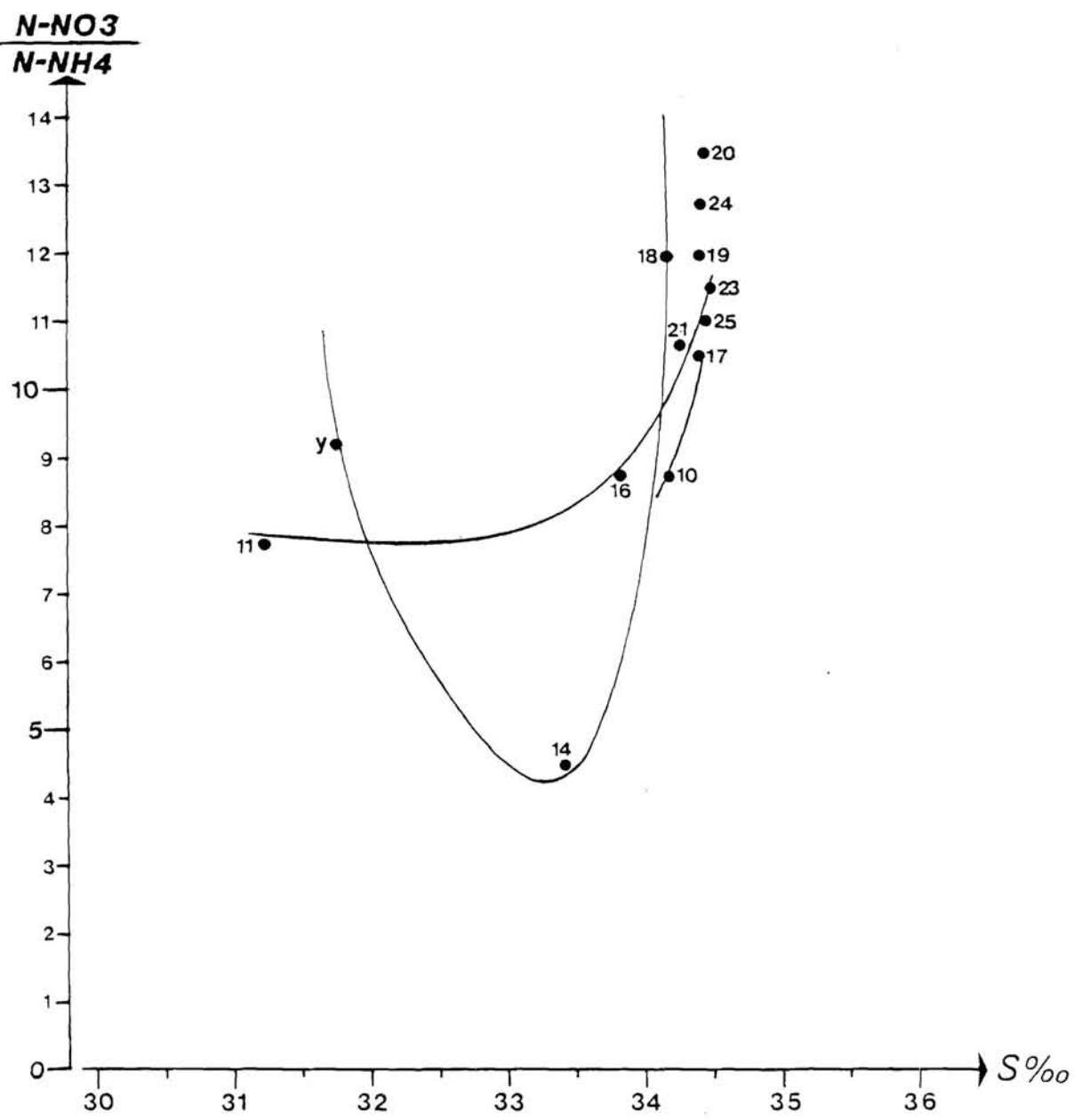
Ces paramètres calculés ont été cartographiés aux différentes situations-marée et on peut constater que chaque fois que NH_4 est impliqué dans un rapport entre sels et seulement dans ces cas, la situation PM + 2h30 n'est pas en cohérence avec les autres. On peut conclure au caractère aberrant des valeurs de NH_4 à PM + 2h30.

3.- Enfin la corrélation entre les valeurs de NO_2 et celles de PO_4 a été testée (fig.28).

Elle permet de faire 2 constatations intéressantes :

- le nuage de points semble dessiner un axe horizontal court (1) et deux axes obliques (2 et 3). L'analyse des stations situées sur ces axes ou à proximité, indique que généralement l'axe 1 regroupe des points à faible teneur en PO_4 et très faible teneur en NO_2 et semble correspondre aux stations éloignées de la côte ; l'axe 2 correspond à des stations a priori sous l'influence à la fois de l'Urne (M 11 à BM, M 15 à PM + 4), du Légué (X, M4, M9 à PM +4) et du Gouessant (Y à PM - 2h30, et M 13 à PM + 4) ; l'axe 3 correspond à des stations a priori sous l'influence du Gouessant seul (M 12 à PM - 0h30 et PM + 1h, Y à BM, M14 à PM + 4).

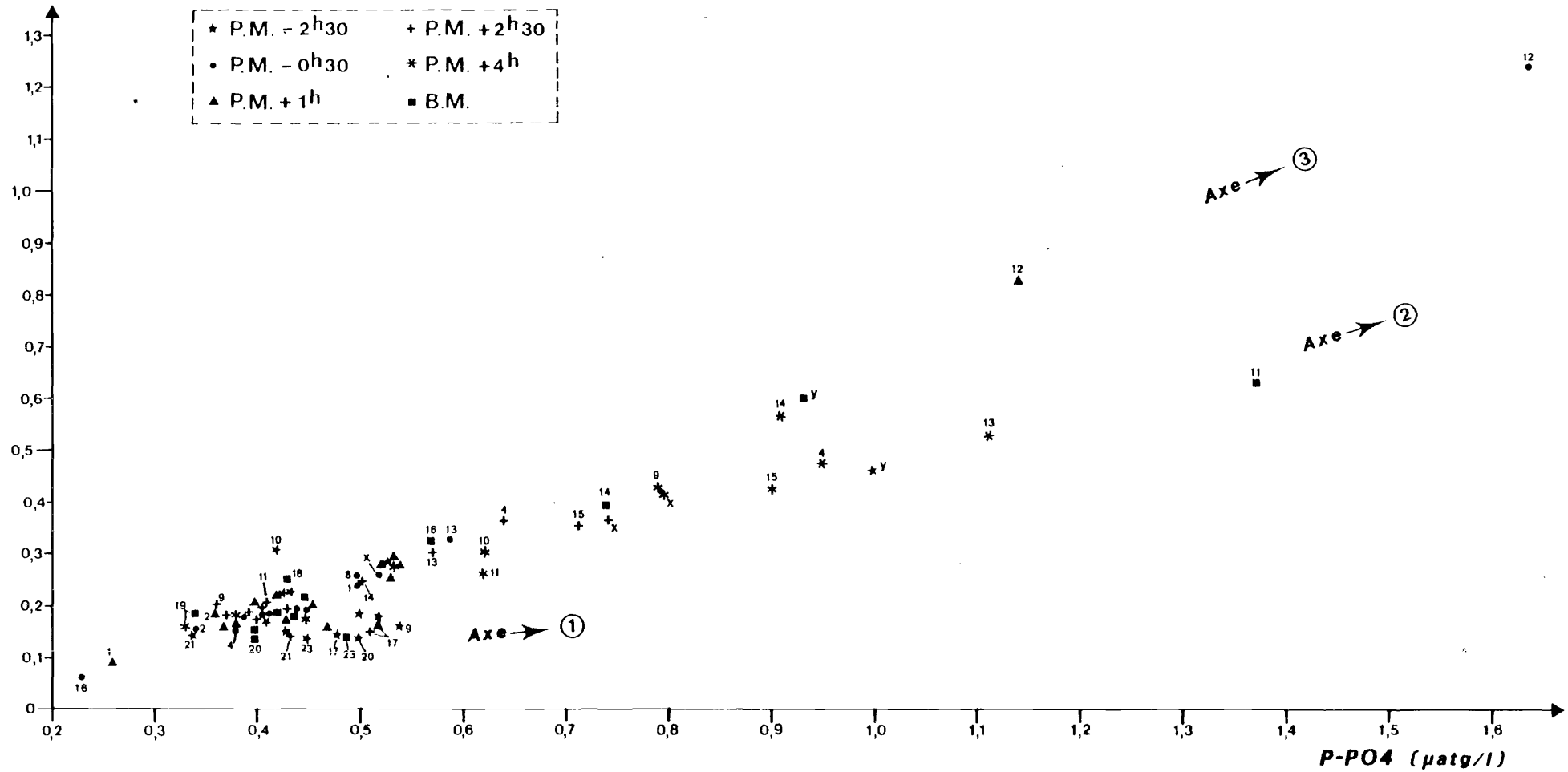
CORRELATION SALINITE-N-NO3/N-NH4
 dans l'eau de surface en fond de baie de St Brieuc
 Crue - Morte eau - Surface 17/03/1982



CORRELATION NITRITES-PHOSPHATES
dans le FOND de la BAIE de St BRIEUC
(17/03/82) CRUE - MORTE EAU - SURFACE)

Fig: 28

N-NO₂
($\mu\text{atg/l}$)



L'équation de l'axe 3 est la suivante :

$$- \text{NO}_2 = 0,902 \text{ P04} - 0,236$$

L'estimation linéaire de la concentration en NO₂ à partir de la concentration en P04 mesurée dans le Gouessant donne une valeur de 1,08 µatg/l, alors que la valeur observée est de 3,70 µatg/l.

Le couple NO₂ - P04 ne semble pas non plus de nature à discriminer les eaux de chaque origine.

- En examinant la corrélation NO₂ - P04 en détail, par situation-marée, on constate que très régulièrement les stations se trouvent groupées en 3 ensembles. A titre d'exemple, les situations PM - 0h30 et PM + 4h sont représentées fig. 29 et 30. L'ensemble A regroupe des stations où les valeurs de NO₂ et P04 sont assez stables et peu élevées (P04 < 0,55 µatg/l, NO₂ < 0,20 µatg/l) ; il inclue l'axe 1. Ceci semble correspondre à un mélange ancien d'eau du large avec une proportion d'eau douce faible ou nulle, et constituerait la "base" des eaux du secteur.

L'ensemble B, pour lequel les valeurs des paramètres sont un peu plus élevées (P04 compris entre 0,43 et 0,63 µatg/l, NO₂ compris entre 0,2 et 0,35 µatg/l), correspond à des eaux moyennement impactées.

L'ensemble C, pour lequel les valeurs sont dispersées et élevées (P04 > 0,63 µatg/l, NO₂ > 0,35 µatg/l) correspond à des stations ayant subi un impact récent et important.

Ce regroupement des stations en 3 ensembles est cohérent avec les données de salinité :

en A, la salinité est comprise entre 34,57 et 34,19‰ ,
en B, la salinité est comprise entre 34,25 et 33,51‰ ,
en C, la salinité est toujours inférieure à 33,56‰ .

La cartographie des stations correspondante est représentée fig. 31. Elle est également cohérente et met en évidence la poussée de l'eau externe sur le côté N-W de la zone en début de flot, et la fuite des eaux du Gouessant vers le NE en début de jusant.

CONCLUSION

Entre la salinité et les différents sels nutritifs existent des corrélations hautement significatives. En revanche, on observe généralement une disparité importante entre les valeurs de sels nutritifs extrapolées aux salinités nulles et les valeurs dosées dans les cours d'eau. Ceci pose la question du caractère conservatif des paramètres. En tout état de cause, aucun paramètre n'est à même d'être utilisé comme traceur d'un cours d'eau, même si trois masses d'eau ont pu être séparées, correspondant vraisemblablement à des âges de mélange différents.

LIAISON NITRITES - PHOSPHATES
Mise en évidence de 3 masses d'eau

Fig: 29

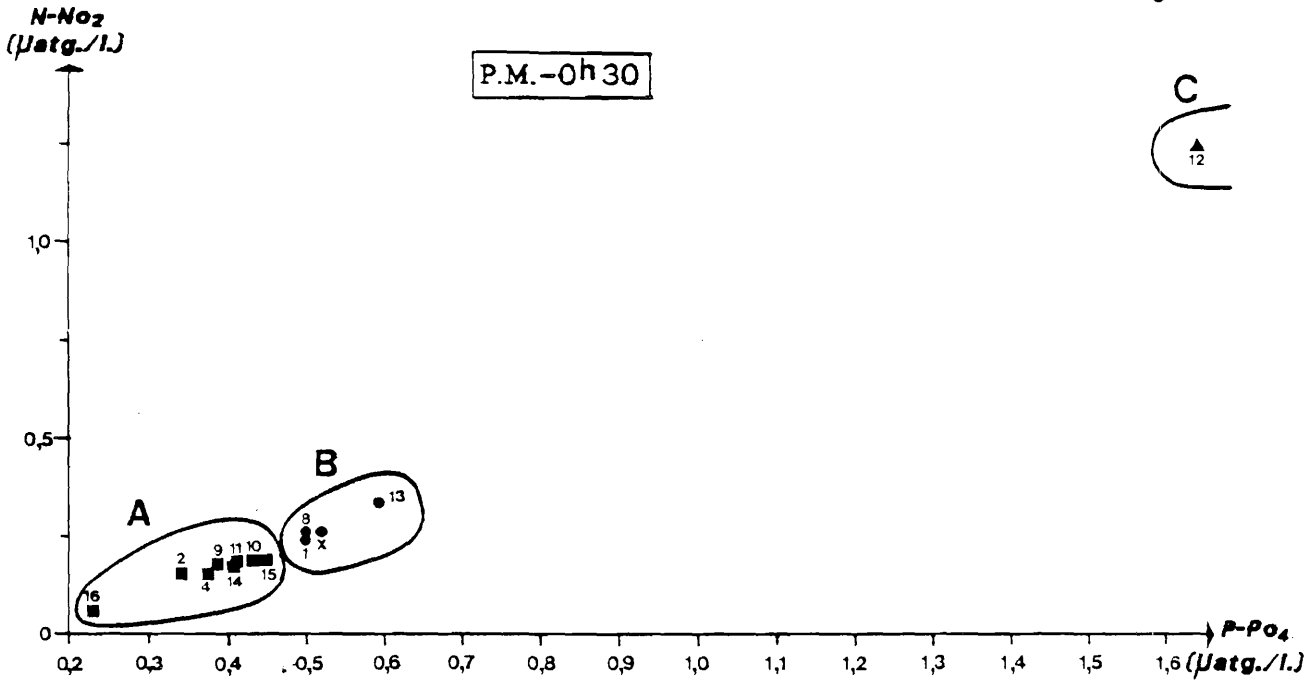
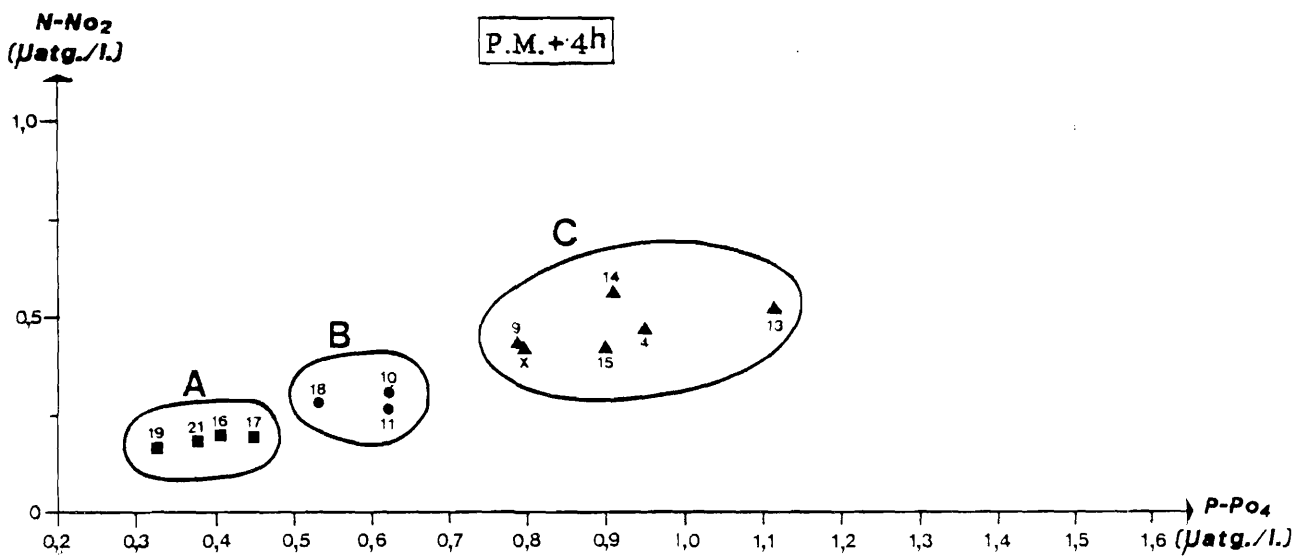


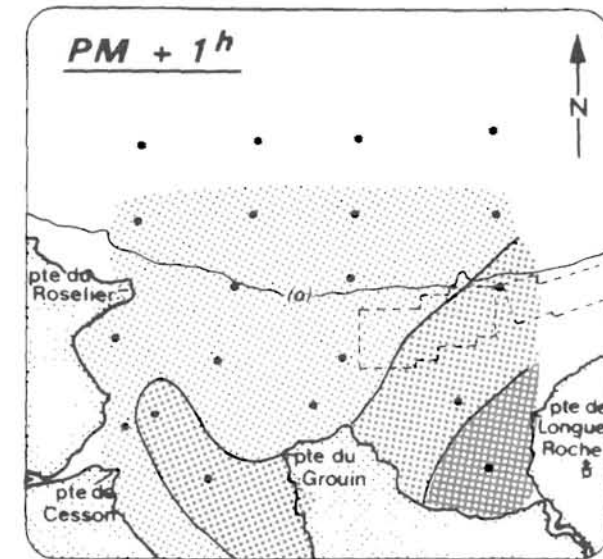
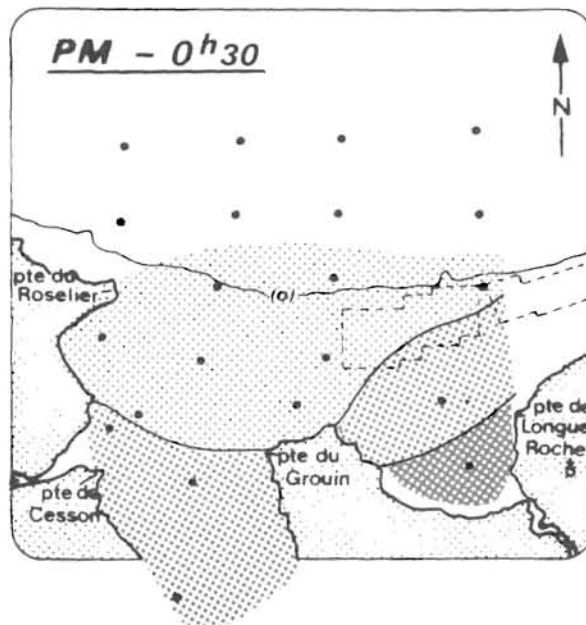
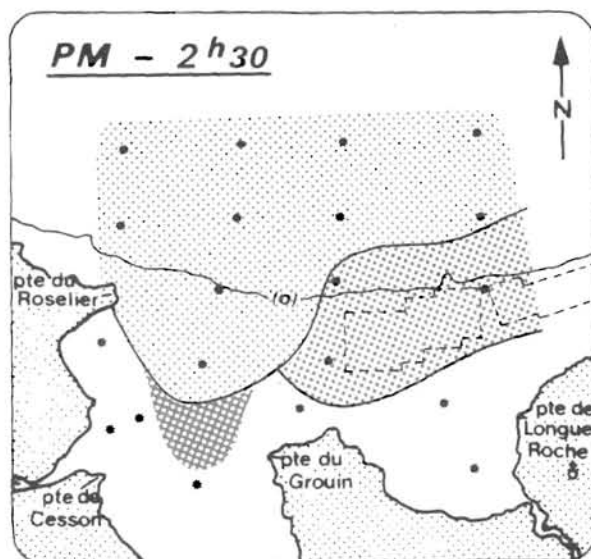
Fig: 30




Impact des affluents sur les eaux du fond de la baie de St BRIEUC

Fig: 31

Crue . Morte eau . Surface . le 17/3/1982

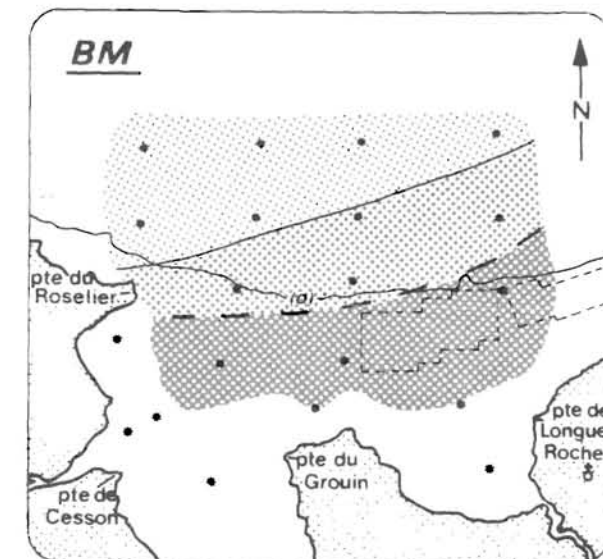
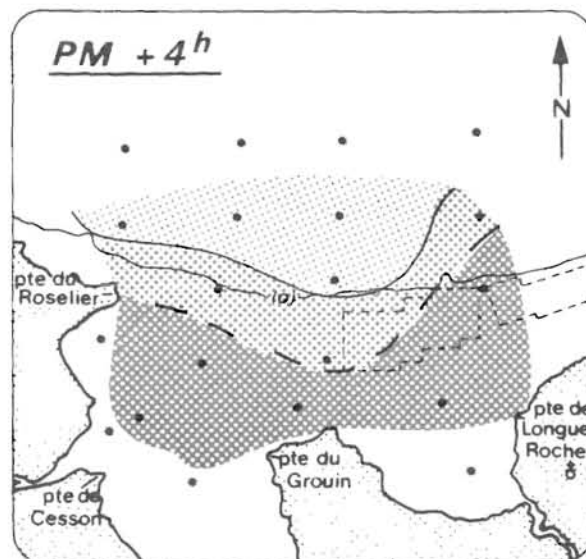
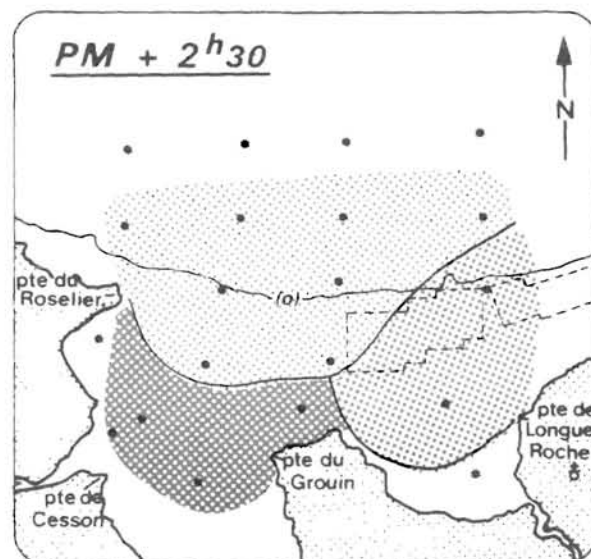


 Eau "extérieure"

 Eau moyennement impactée

 Eau très impactée

0 1 2 3 km



c/ Anomalies de concentration des sels nutritifs

Nous avons constaté précédemment dans les différentes corrélations, salinité-sels nutritifs et NO₂ - PO₄, que l'extrapolation des droites de régression aboutissaient à des valeurs aux sources souvent très différentes des valeurs observées. Nous avons voulu préciser ceci pour l'ensemble des sels nutritifs et rechercher les causes du phénomène.

Pour mettre en évidence les anomalies de concentration des sels nutritifs, nous avons calculé le pourcentage d'eau douce aux stations en mer a priori directement influencées par les cours d'eau, c'est à dire :

- . pour le Légué : M9 à BM, M4 à PM +4,
- . pour l'Urne : M11 à BM et M15 à PM +4,
- . pour le Gouessant : M12 à PM -0h30 et PM +1, M13 à PM + 4 et y à BM.

Ce pourcentage d'eau douce a été calculé par 2 voies différentes. Le calcul est effectué, d'une part avec la salinité, d'autre part, à l'aide de chaque sel nutritif successivement, selon les formules suivantes :

$$\alpha = \frac{(S\text{‰ référence} - S\text{‰ station en mer}) \times 100}{S\text{‰ référence} - S\text{‰ source}} = \text{pourcentage d'eau douce}$$

$$\beta = \frac{(\text{conc. sels nut. en mer} - \text{conc. sels nut. réf.}) \times 100}{\text{conc. sels nut. source} - \text{conc. sels nut. réf.}} = \text{pourcent. d'eau douce.}$$

Les valeurs de référence du large sont celles observées dans le Nord de la zone d'étude (eau "de base"). Les valeurs-source sont celles observées dans le cours d'eau correspondant.

$\frac{\beta}{\alpha}$ devrait être, en principe, égal à 1. Une valeur supérieure à 1 indique une anomalie de sels nutritifs par excès, une valeur inférieure à 1, une anomalie par défaut. Le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$, que nous appellerons indice de déviation, a été calculé pour les 4 sels nutritifs devant les 3 cours d'eau. Le tableau suivant résume les résultats (moyennes des stations précitées).

INDICE DE DEVIATION (β/α)

	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄
Devant le Légué	1,2	1,6	1,0	1,7
Devant l'Urne	8,0	2,6	0,9	2,1
Devant le Gouessant	2,7	1,7	0,9	5,1

On constate qu'à l'exception des nitrates, pour lesquels la prime est égale à 1, les sels nutritifs semblent systématiquement en excès, par rapport à ce que l'on pourrait attendre au vu des salinités.

D'où provient cette disparité des concentrations en mer et à terre ? Il semble difficile d'incriminer une non-conservativité des paramètres, qui épargnerait les nitrates ; de plus, la très forte corrélation des sels nutritifs avec la salinité dans les valeurs hautes tend à corroborer ce caractère conservatif.

Nous postulons que le caractère conservatif des sels nutritifs est également valable pour les faibles salinités.

Deux explications peuvent être envisagées :

- . le postulat initial selon lequel les stations d'embouchure précitées sont sous l'impact d'un cours d'eau unique est erroné. L'eau des stations de référence aux embouchures contient en fait de l'eau douce provenant de plusieurs cours d'eau, ce qui induit une disparité apparente des concentrations en mer et à terre.
- . par ailleurs, le rapprochement du tableau des indices de déviation avec celui de la variabilité des concentrations de sels nutritifs dans les affluents est intéressant. La corrélation entre ces deux indices a été testée (fig.32). Elle est hautement significative ($r=0,78$ pour $n=12$). Ainsi, plus la variabilité d'un paramètre dans un affluent est importante, plus le décalage entre les concentrations en eau douce et celles à l'embouchure en zone marine est élevée. On peut donc faire l'hypothèse que les concentrations en sels nutritifs des cours d'eau ont été établies avec une précision insuffisante qui a conduit à les sous-estimer, de façon systématique puisqu'ils sont bien corrélés entre eux.

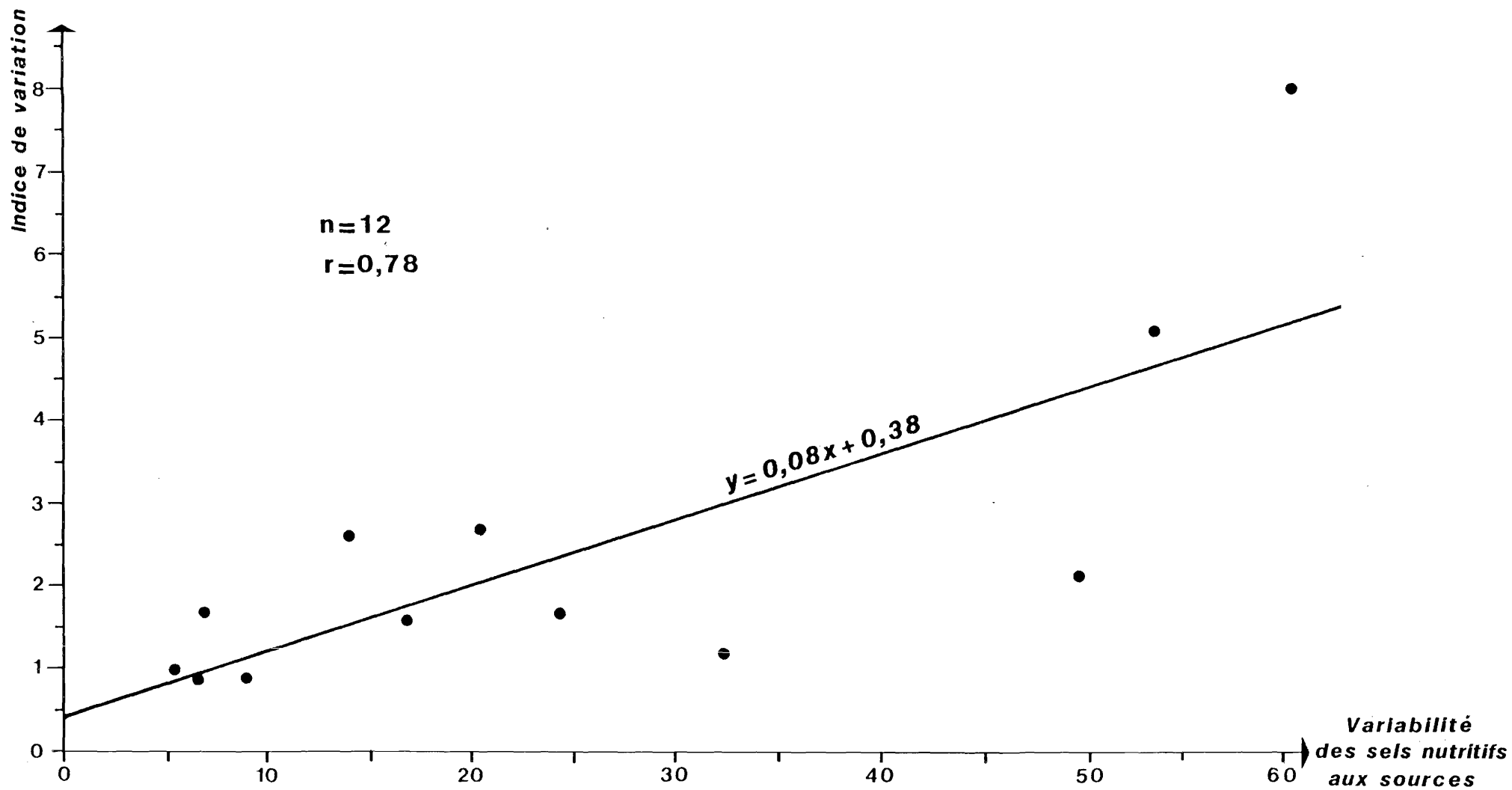
Le protocole d'échantillonnage suivi a consisté à prélever dans les cours d'eau, durant les 36h précédant les opérations en zone marine. Le pas temporel était de 12 h avec resserrement à 6h la dernière nuit. Si l'on compare les décalages les plus élevés (NH_4 - Urne et PO_4 - Gouessant), à la série des valeurs mesurées durant 36h (voir annexe), on constate qu'une série tend vers des valeurs décroissantes, l'autre vers des valeurs croissantes. En conséquence, il semble que l'imprécision des concentrations moyennes des sels nutritifs n'est pas redevable au fait que 36h de mesure représentent une durée trop courte par rapport au débit d'eau douce stockée sur zone (1,5 à 2,5 j). C'est plus probablement le pas temporel de 12h, puis de 6h qui est trop important. Le cas des nitrates est particulier puisque leur concentration varie très faiblement.

D'une façon générale, chaque fois que l'on voudra s'assurer de l'exactitude des concentrations des apports, il faudra envisager l'utilisation de préleveurs automatiques programmables pour obtenir des échantillons intégrant un certain laps de temps.

Par une approche classique, il n'a donc pas été trouvé de paramètre naturel ou calculé susceptible de tracer efficacement

Fig: 32

Corrélation entre indice de variation et
variabilité des concentrations de sels aux sources



chaque cours d'eau en mer et de permettre la discrimination de leur zone d'influence.

Une autre approche a été tentée en employant une méthode exposée par HUNT et FOSTER (1977). Dans le cadre d'une étude hydrologique de la baie de Liverpool, ces auteurs ont utilisé un calcul de mélange à plusieurs composantes pour déterminer les pourcentages d'eau de chaque origine. Celles-ci étaient au nombre de 6 et il était nécessaire de disposer de 5 traceurs au moins. Or trois seulement étaient disponibles : température, salinité et silicates. Deux types d'eau présentant de faibles incursions sur la zone ont donc été exclues du calcul. Les équations du calcul sont les suivantes :

$$\begin{array}{l} \sum_{j=1}^4 X_j \times S_j = 100 S_a \\ \sum_{j=1}^4 X_j \times T_j = 100 T_a \\ \sum_{j=1}^4 X_j \times S_{ij} = 100 S_{ia} \\ \sum_{j=1}^4 X_j = 100 \end{array}$$

où X_j est le pourcentage d'eau d'origine j (caractérisé par sa salinité S_j , sa température T_j et sa concentration en silicates S_{ij}) et a représente chaque échantillon (S_a , T_a et S_{ia})

Les valeurs des sources choisies correspondent aux valeurs extrêmes atteintes en zone marine et non pas aux valeurs extrapolées pour des salinités nulles.

La représentation du mélange à laquelle les auteurs parviennent en baie de Liverpool est cohérente.

La méthode a été reprise et améliorée par A. MENESGUEN et M.M. DANIELOU (ELGMM/COB) en vue de son application aux eaux du fond de la baie de Saint Briéuc. On peut en effet résoudre au sens des moindres carrés le système linéaire décrit précédemment, en imposant de plus des contraintes telles que tous les pourcentages x_j soient compris entre 0 et 100 et que leur somme soit égale à 100 ; l'algorithme utilisé est celui imaginé par BEALE (1955) pour résoudre les problèmes de programmation quadratique. Eu égard à la contrainte sur la somme des pourcentages, il suffit de mesurer simultanément un minimum de $(p-1)$ paramètres pour pouvoir résoudre le problème à p sources. Dans le cas de la baie de Saint Briéuc, 4 sources étaient à retenir : le Légué, l'Urne, le Gouessant et la mer ; cinq paramètres ayant été mesurés simultanément, le système était légèrement surdimensionné et l'on pouvait envisager de comparer les pourcentages issus du système total à cinq équations avec les pourcentages issus des cinq sous-systèmes construits par retrait respectif d'une des cinq équations : ceci permet d'apprécier la cohérence de chaque paramètre avec les quatre autres, et éventuellement de dépister un paramètre non-conservatif. Ces 5 paramètres sont constitués par la salinité, les nitrates, les nitrites, l'ammoniaque et les phosphates.

Un dernier problème à régler concerne la différence de "poids" entre paramètres, due à la différence entre le niveau absolu des valeurs.

Ainsi les nitrates, de niveau toujours élevé, ont-ils beaucoup plus d'influence dans les calculs que tous les autres paramètres. Une normalisation des paramètres s'imposait donc ; on l'obtient en divisant chaque équation par son nombre de droite.

Les résultats ont montré une relativement bonne cohérence entre paramètres et les pourcentages issus du système complet montrent peu de différences avec la moyenne des cinq pourcentages issus des sous-systèmes à 4 équations, dont la cartographie au cours du cycle de marée est présentée fig.33 à 37. La situation PM + 2h30 a été supprimée car les valeurs systématiquement aberrantes de l'ammonium biaisaient les résultats.

On obtient ainsi une représentation qui sans être véritablement exacte, est plausible. L'eau de mer "de base" présente des pourcentages élevés, mais moins cependant que ce que la carte n°5 (pourcentages d'eau douce à partir de la salinité seule) laissait prévoir. Le calcul de mélange effectué conduit donc à une certaine majoration globale de l'influence des eaux douces par rapport à la réalité.

L'influence du Légué est assez peu étendue, ce qui est en conformité avec la faiblesse du débit constatée. Cependant, la présence entre PM -2h30 et PM +1 de pourcentages plus élevés d'eau du Légué devant le Guessant qu'à la propre embouchure du Légué constitue une anomalie. Celle-ci pourrait s'expliquer par le déplacement rapide des effluents du Légué accumulés au bord de l'eau au moment de la basse mer sous l'effet du vent d'Ouest. Ces effluents seraient ramenés par le flot suivant devant le Guessant.

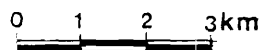
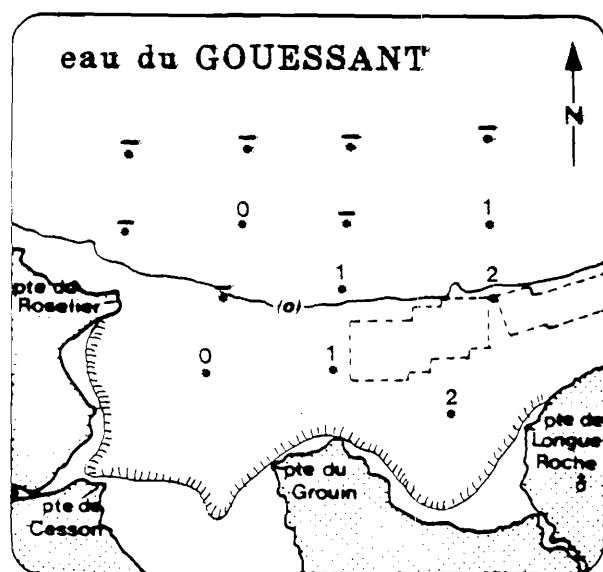
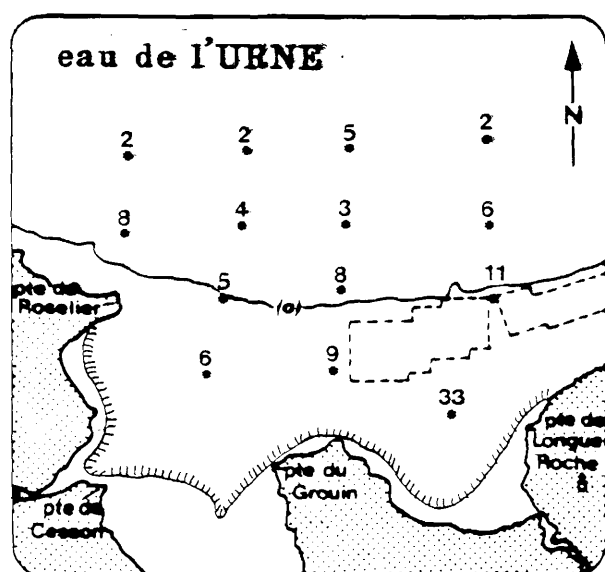
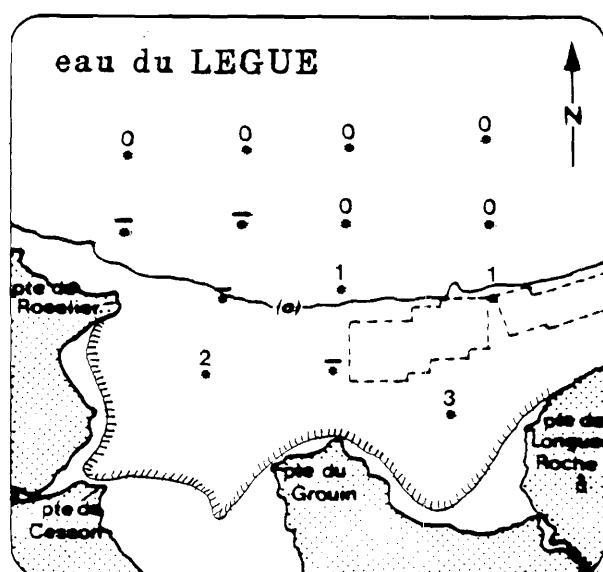
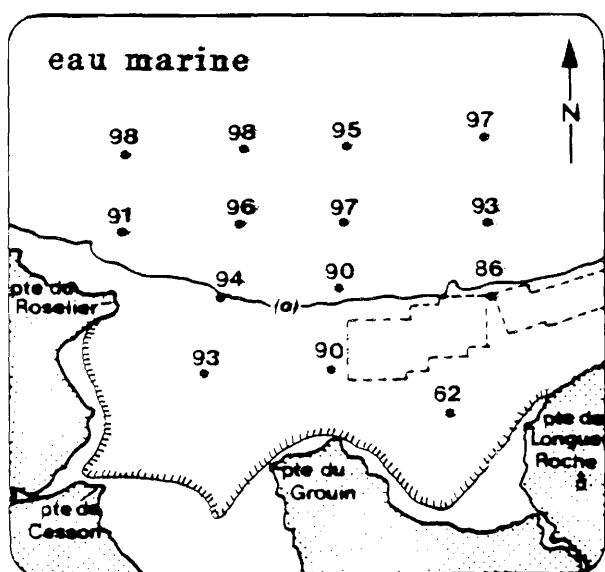
L'influence de l'Urne est sensible sur la quasi totalité de la zone avec des pourcentages conséquents. L'Urne est le cours d'eau dont l'influence sur la zone est la plus importante. Les valeurs élevées d'eau venant de l'Urne, devant le Guessant sont probablement également dus à un déplacement des masses d'eau sous l'effet des vents d'Ouest.

Le Guessant présente des pourcentages parfois notables, mais confinés la plupart du temps à proximité du cours d'eau lui-même. Les valeurs d'eau du Guessant trouvées devant l'Urne correspondent à une anomalie inexpliquée.

Globalement, les points importants de l'impact des cours d'eau ont été situés et, compte tenu des conditions choisies (caractère conservatif des paramètres notamment), la représentation à laquelle on aboutit semble la meilleure possible. A cet égard, la dérive des effluents vers l'Est sous l'influence du vent apparaît comme très probable. Il reste néanmoins que vu la faiblesse des apports d'eau douce dans le mélange et les limites de précision de l'algorithme, on ne peut encore parvenir à une finesse suffisante pour pouvoir en inférer une description précise de la dynamique des apports au cours de la marée.

COMPOSITION de l'EAU
du FOND de la BAIE de St BRIEUC -surface (en %)

- PM -2h 30 -

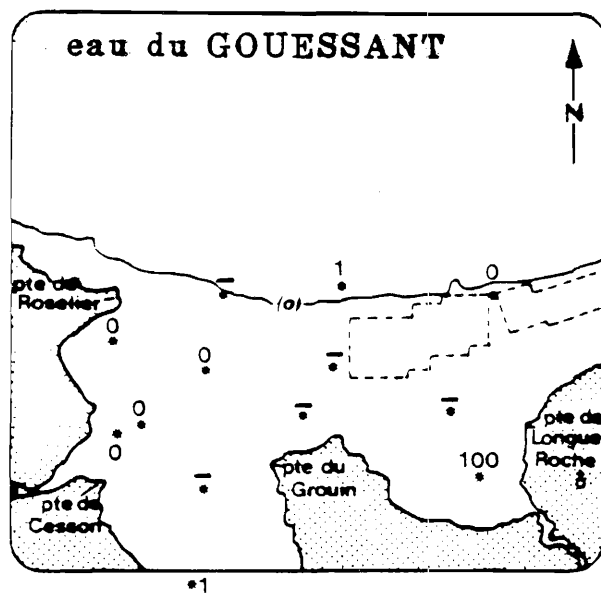
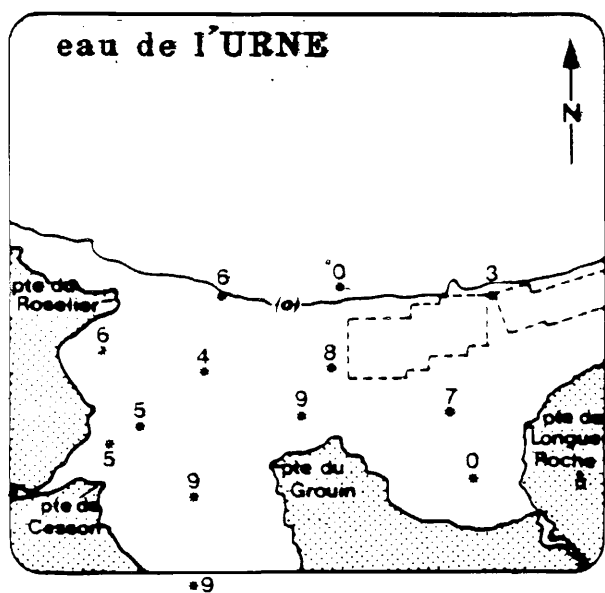
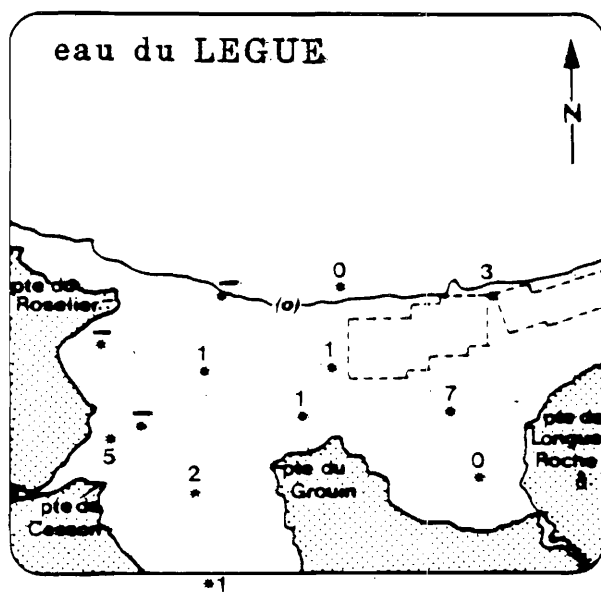
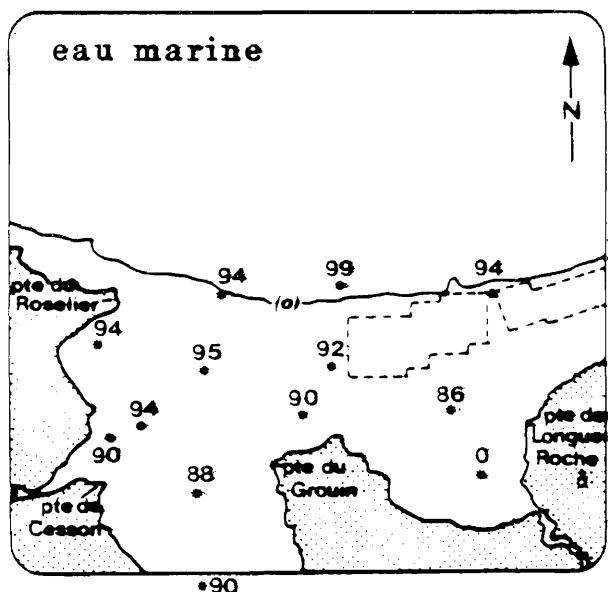


~~~~~ laisse de marée

"-" correspond à une valeur comprise entre 0,5 et 0%

COMPOSITION de l'EAU  
du FOND de la BAIE de St BRIEUC -surface (en %)

—PM -0h30 —

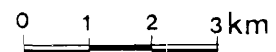
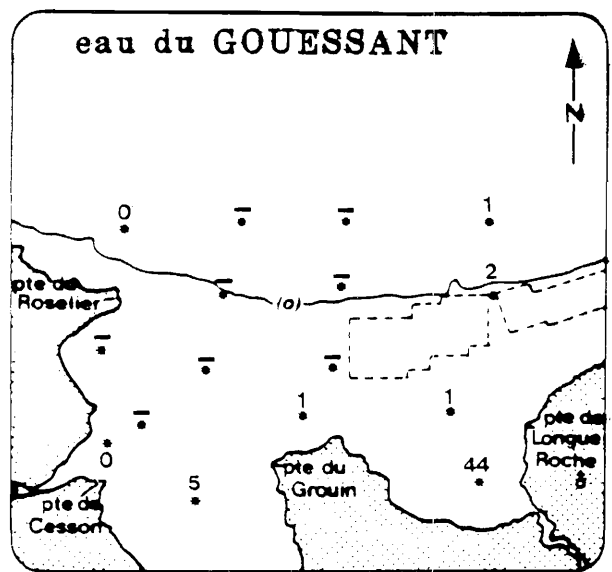
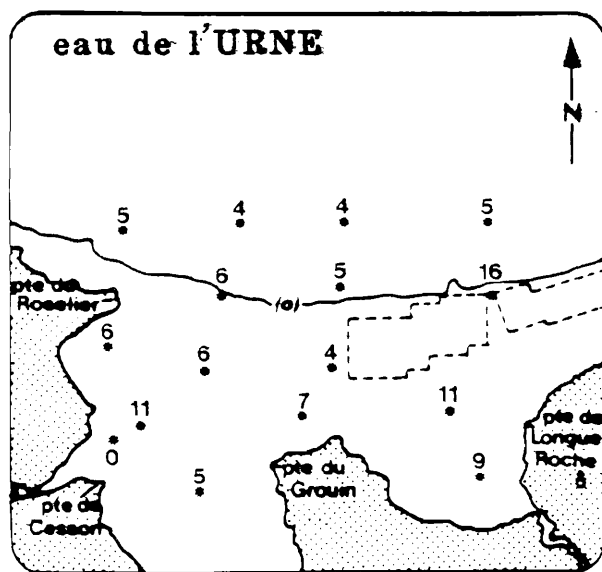
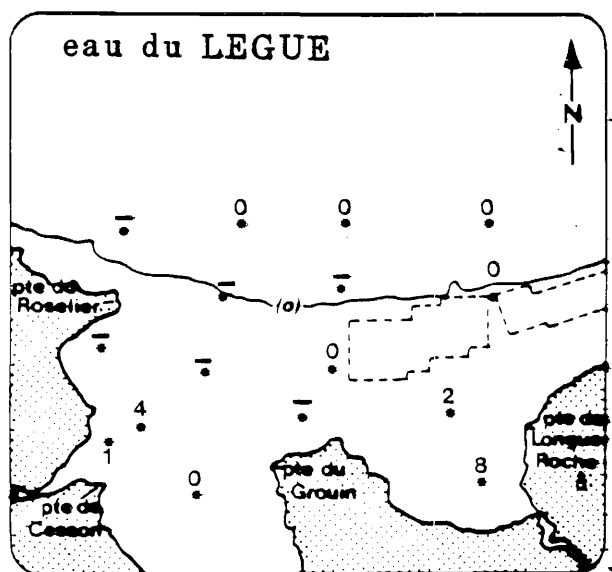
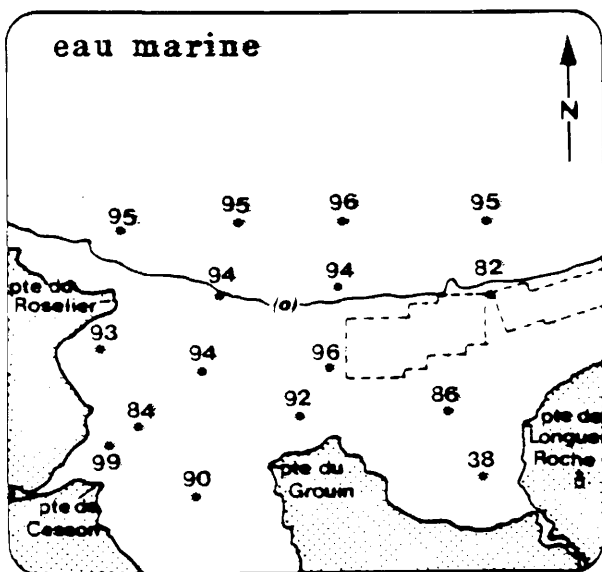


0 1 2 3 km

"—" correspond à une valeur comprise entre 0,5 et 0%

COMPOSITION de l'EAU  
du FOND de la BAIE de St BRIEUC -surface (en %)

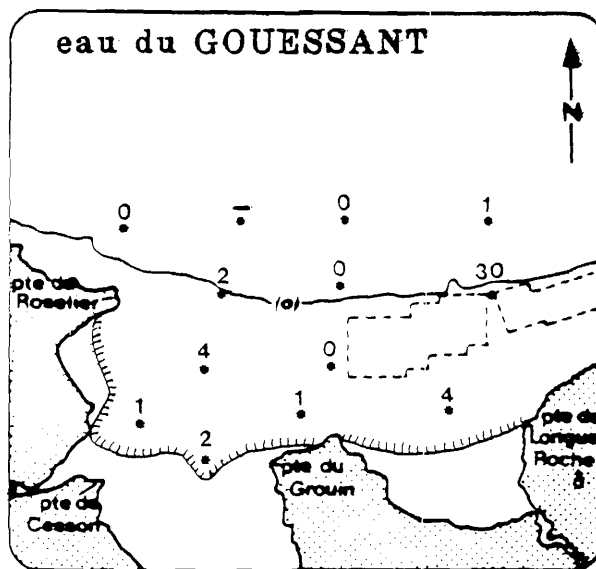
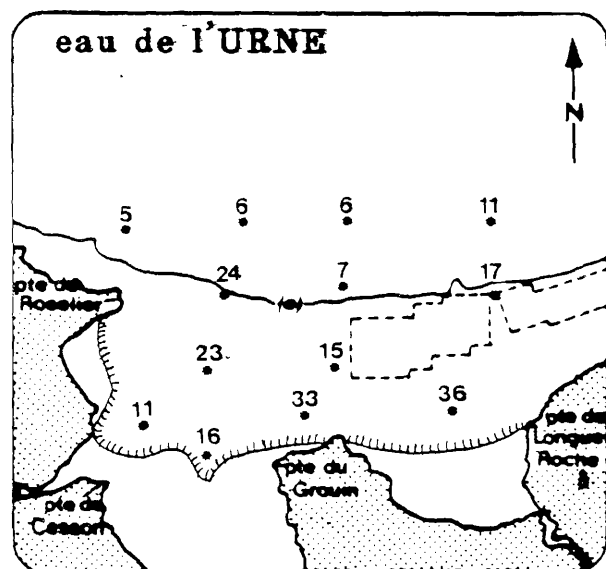
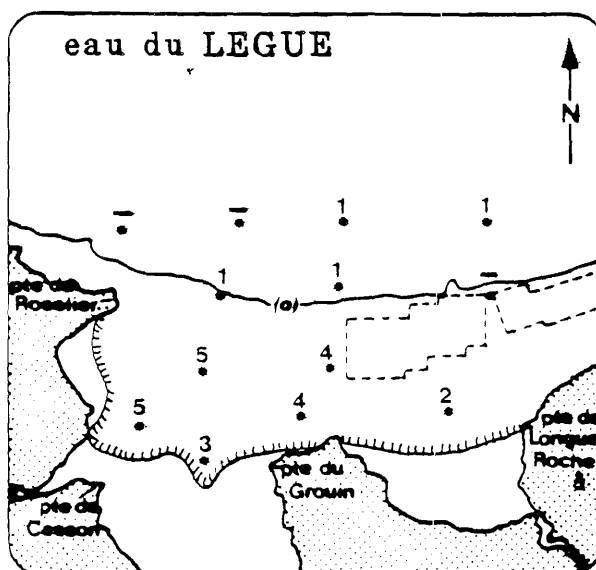
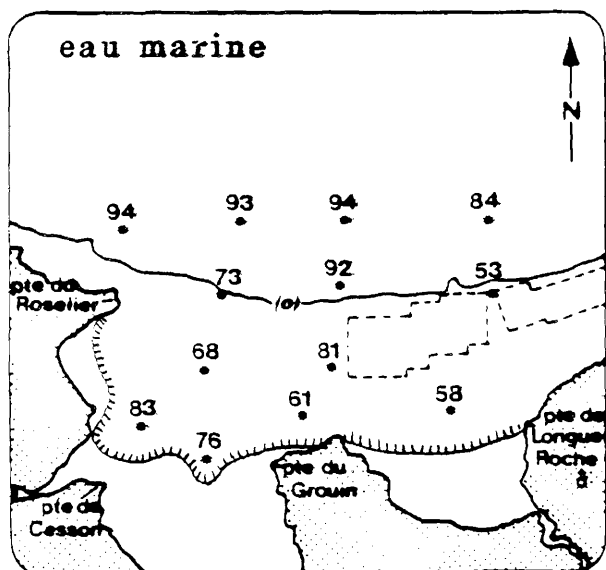
—PM + 1h—



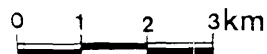
"—" correspond à une valeur comprise entre 0,5 et 0%

COMPOSITION de l'EAU  
du FOND de la BAIE de St BRIEUC -surface (en %)

-PM + 4h-



----- laisse de marée



"-" correspond à une valeur comprise entre 0,5 et 0%

d/ Germes-tests de contamination fécale

-----

La comparaison des corrélations entre germes-tests en eau douce et en eau de mer fait apparaître des éléments intéressants. Pour chaque corrélation entre germes, on observe une disparité entre les pentes des droites de régression correspondant à l'eau douce, et celles correspondant à l'eau marine (fig.38).

COMPARAISON DES PENTES DES DROITES DE REGRESSION DES GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE EN EAU DOUCE ET EN EAU DE MER - FOND DE LA BAIE DE SAINT BRIEUC (du 15 au 17 Mars 1982).

| y      | x      | pente de la droite (eau douce) | pente de la droite (eau de mer) |
|--------|--------|--------------------------------|---------------------------------|
| log CT | log SF | 0,85                           | 1,26                            |
| log CF | log CT | 1,16                           | 0,83                            |
| log CF | log SF | 1,02                           | 1,13                            |

1ère régression : la pente de la droite de régression en mer est supérieure à celle en eau douce. On en déduit qu'en mer les CT disparaîtraient plus vite que les SF.

2ème régression : à l'inverse, la pente en mer est inférieure à celle en eau douce ; en mer les CT disparaîtraient donc plus vite que les CF.

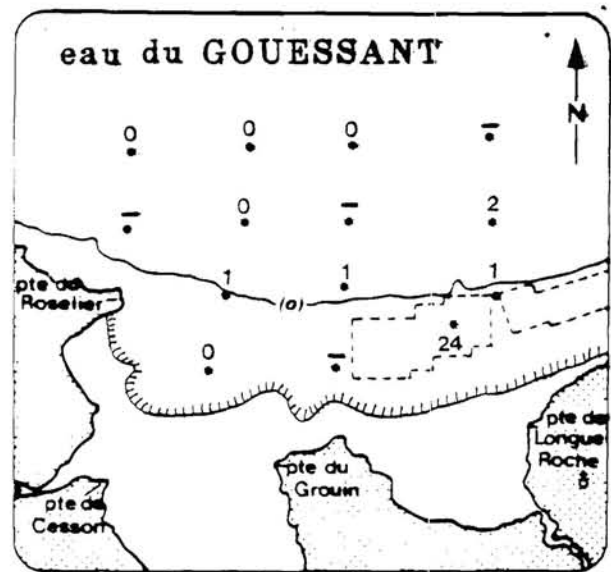
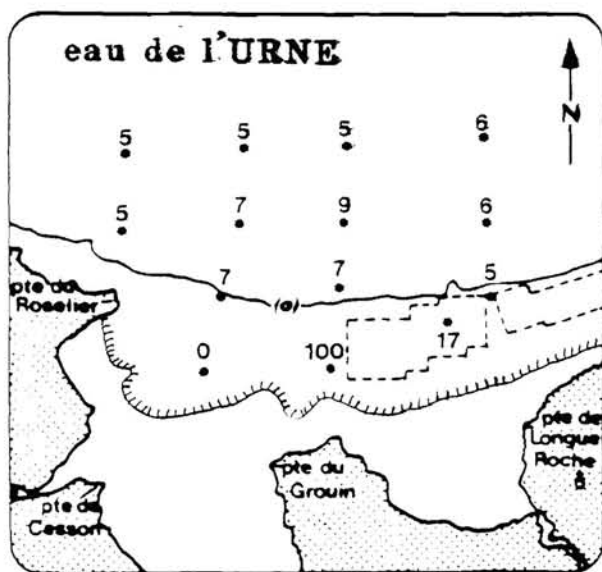
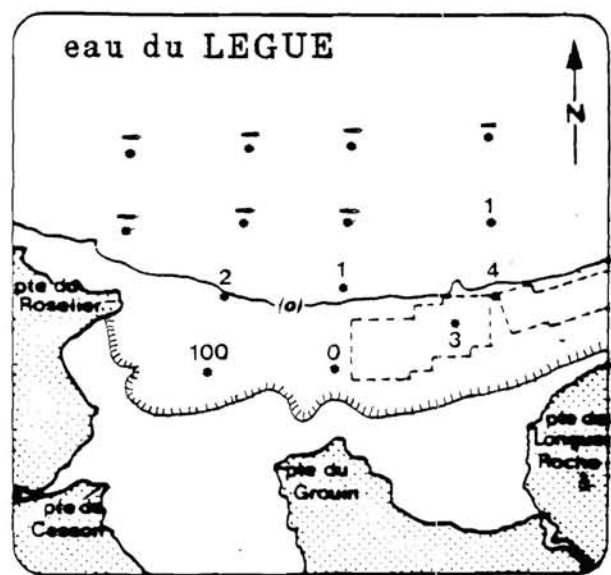
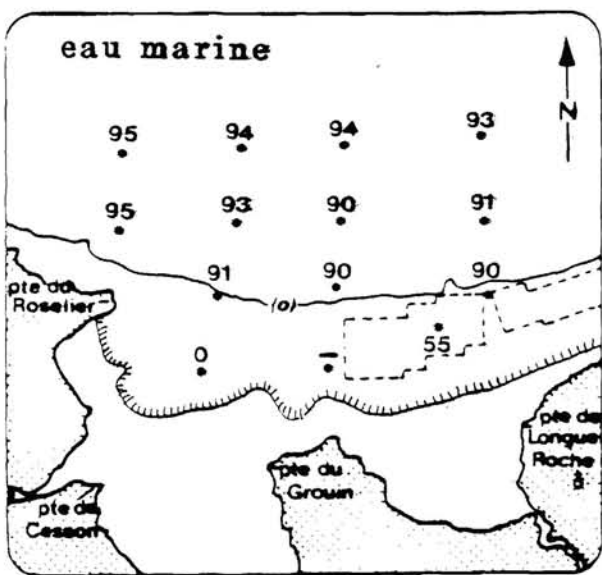
3ème régression : la comparaison des pentes indique qu'en mer les CF disparaîtraient plus vite que les SF.

Globalement et dans les conditions locales, les vitesses d'abattement en mer des germes-tests de contamination fécale s'ordonneraient par ordre décroissant de la façon suivante : coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

Par ailleurs, nous avons calculé la concentration théorique des trois types de germes dans la fraction d'eau douce présente en mer, en supposant que les germes y étaient concentrés. Ceci a été effectué aux différentes stations et aux différents moments de la marée (fig. 39, 40 et 41). Les concentrations de germes calculées sont ainsi rendues indépendantes de la salinité, et de la dispersion. L'observation de ces cartes permet de constater un gradient général décroissant des contaminations de germes de la côte vers le large. On observe que les valeurs aux embouchures ne correspondent pas toujours aux valeurs mesurées en eau douce. Devant le Gouessant, on observe des anomalies par excès probablement dues au déplacement d'eaux plus chargées, issues de l'influence du Légué et surtout de l'Urne, sous l'effet du vent d'Ouest. Devant le Légué, des anomalies par excès sont également visibles (à PM et à BM principalement). Cependant, l'explication précédente ne peut être invoquée (le vent d'Ouest était établi depuis au moins 3 jours). En outre,

COMPOSITION de l'EAU  
du FOND de la BAIE de St BRIEUC -surface (en %)

—BM—



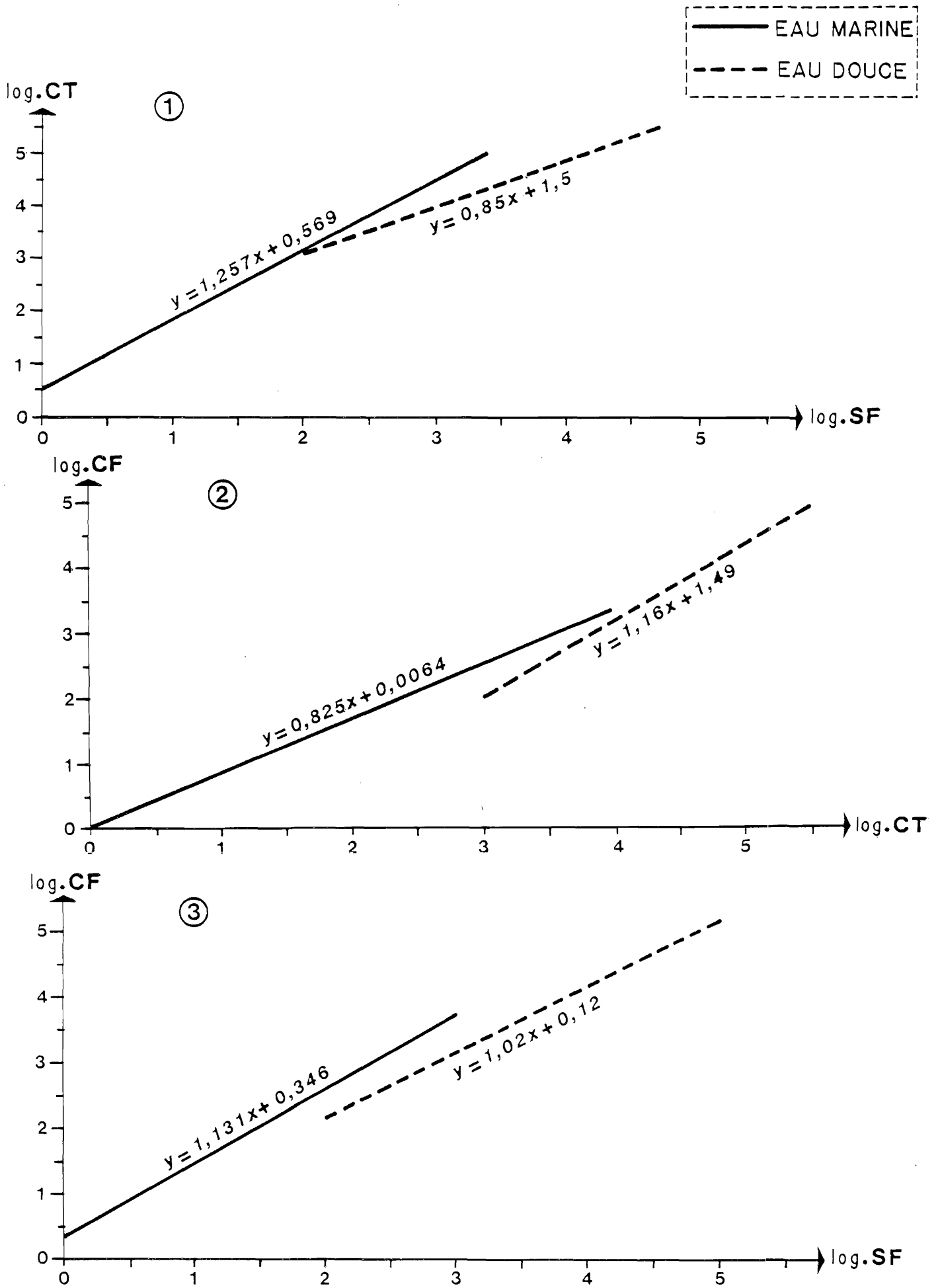
----- laisse de marée

"—" correspond à une valeur comprise entre 0,5 et 0%

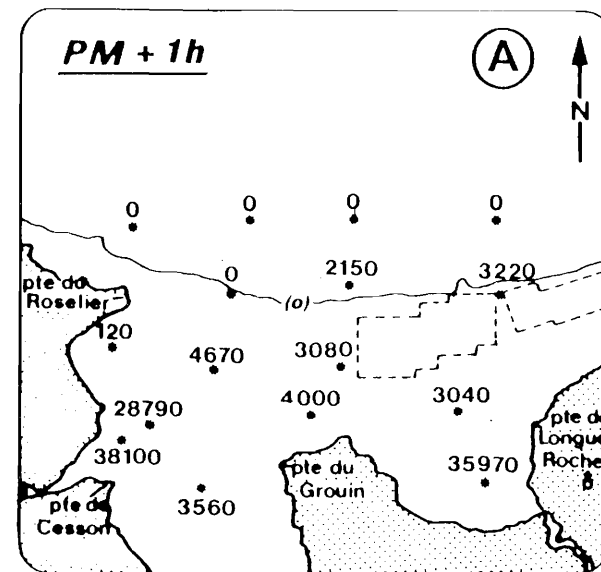
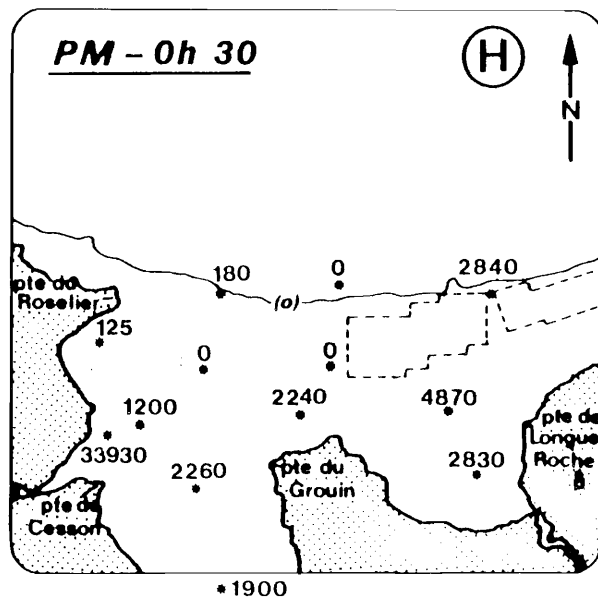
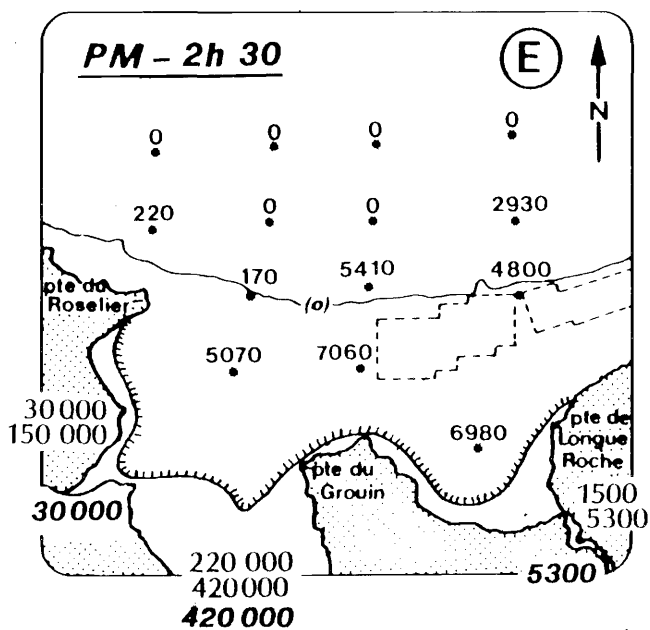


CORRELATION des GERMES-TESTS

Fig: 38



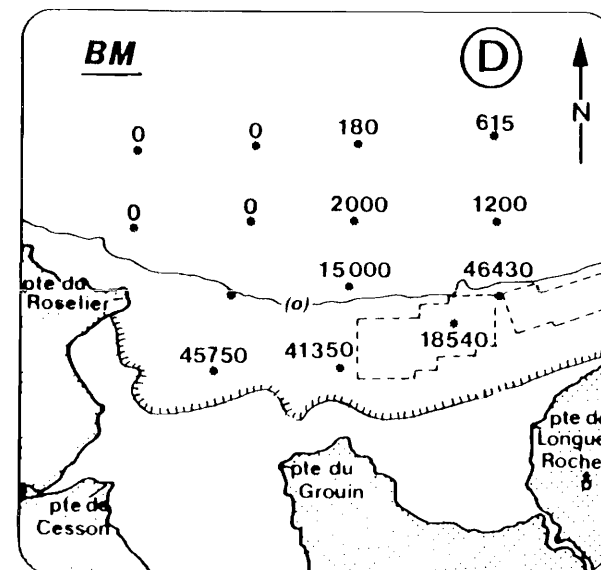
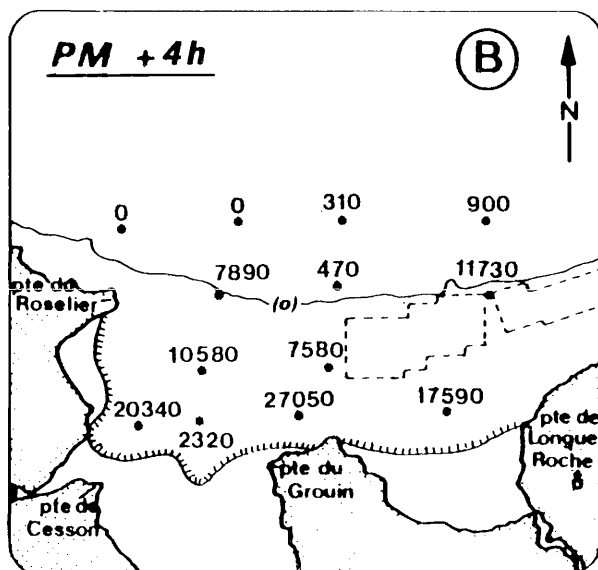
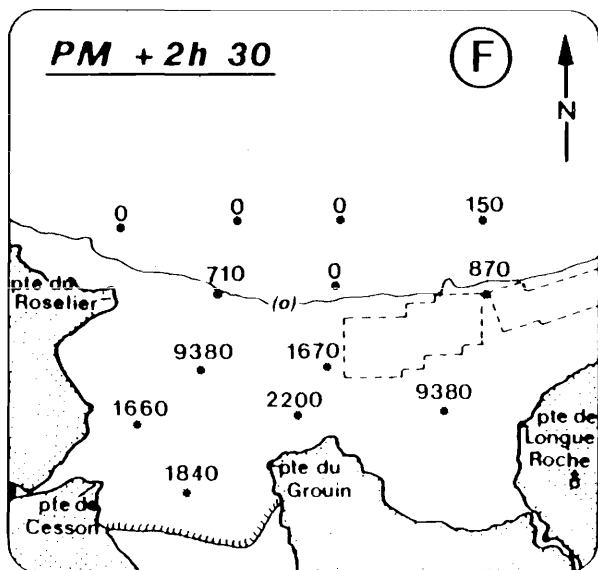
**TENEUR en CT de l'eau douce présente en zone marine**



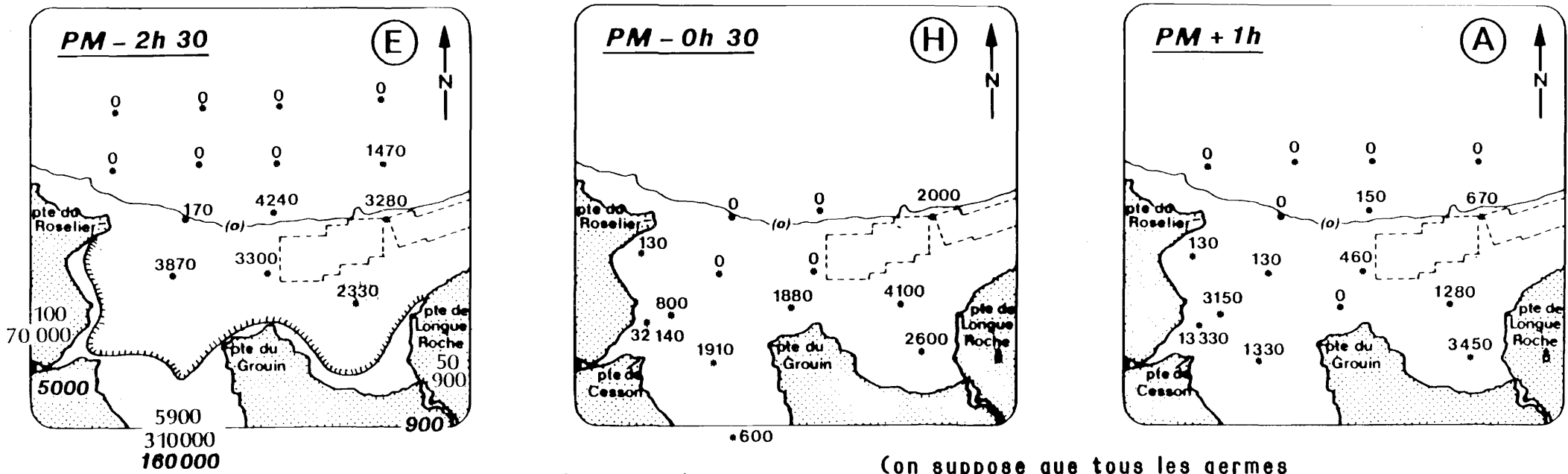
220 : teneur en CT  
150000 : (C) min./max. aux sources  
30000 : (C) du jour

(On suppose que tous les germes sont concentrés dans l'eau douce du mélange eau douce + eau de mer)

laisse de marée

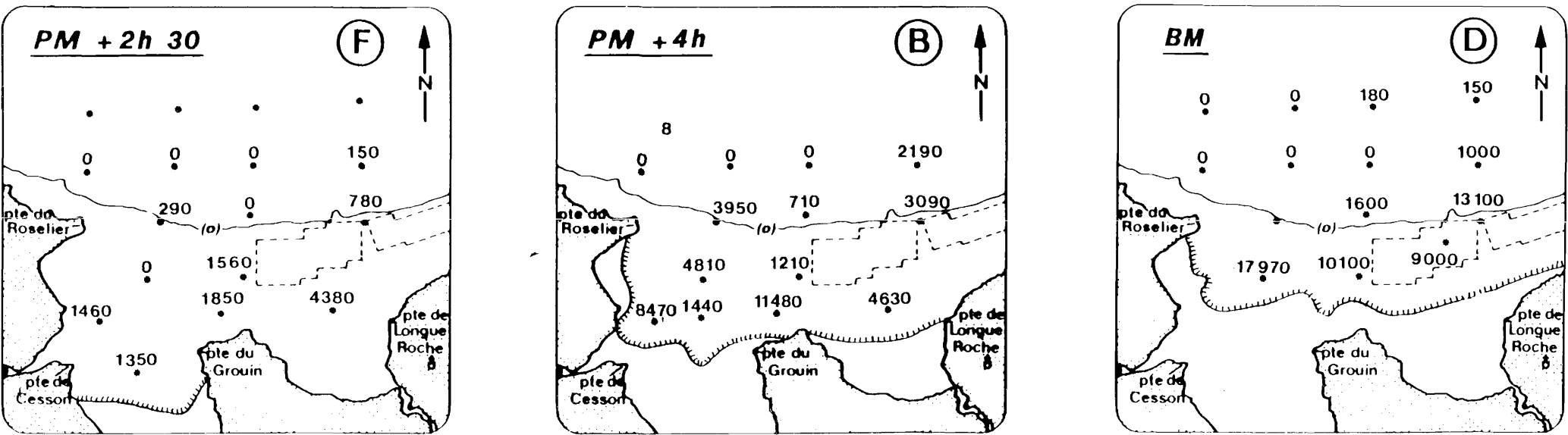


**TENEUR en CF de l'eau douce présente en zone marine**



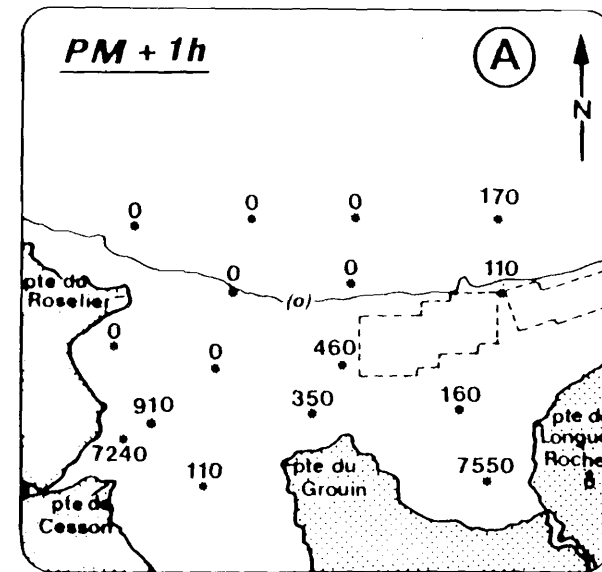
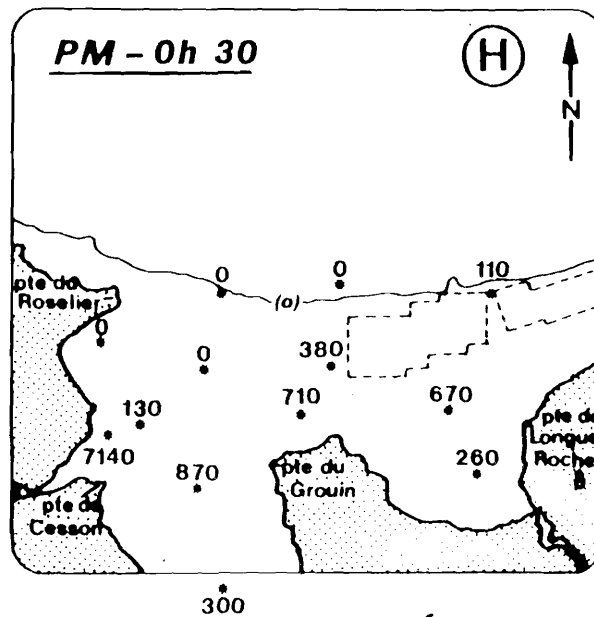
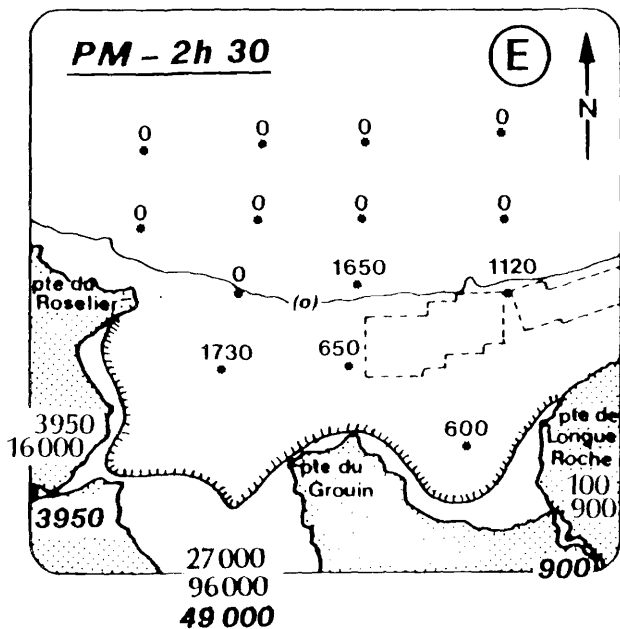
1470: teneur en CF  
 70000: (C) min./max. aux sources  
 5000: (C) du jour

(On suppose que tous les germes sont concentrés dans l'eau douce du mélange eau douce + eau de mer)



# TENEUR en SF de l'eau douce présente en zone marine

Fig: 41

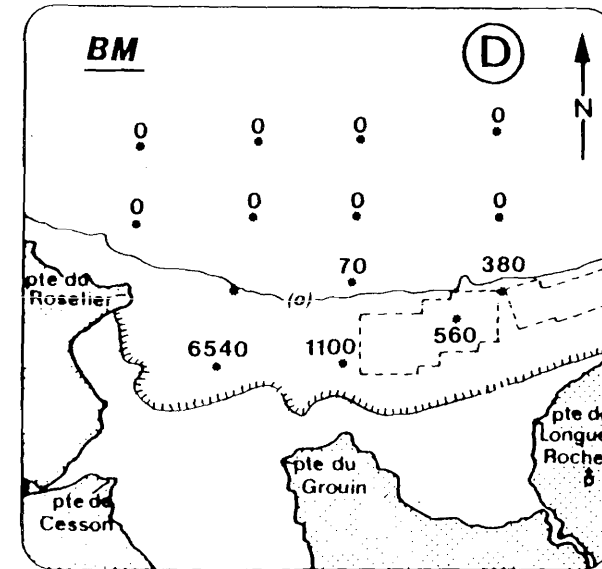
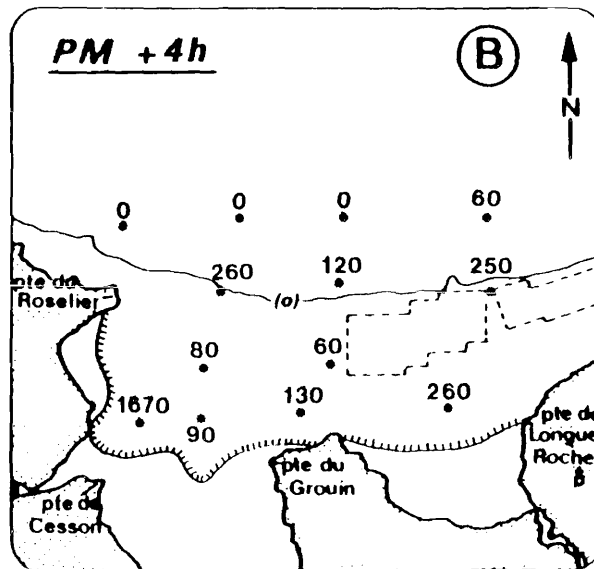
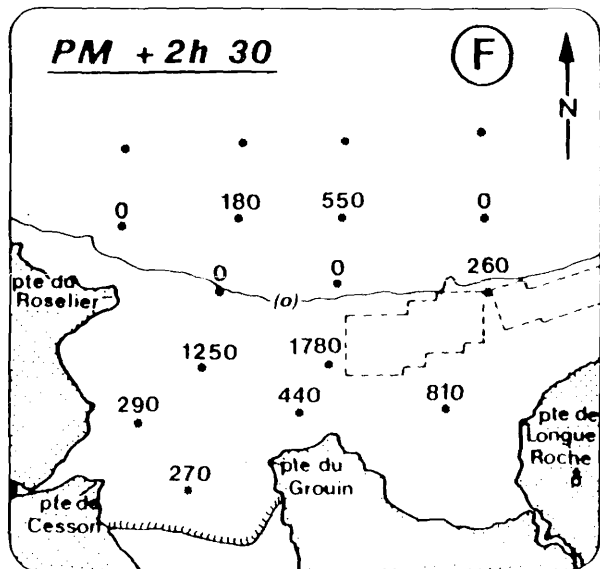


lisse de marée

1650 : teneur en SF  
16 000 : (C) min./max. aux sources  
3950 : (C) du jour

(On suppose que tous les germes sont concentrés dans l'eau douce du mélange eau douce + eau de mer)

0 1 2 3km



une influence éventuelle des eaux de l'Urne devant le Légué aurait dû marquer également la station 8 ; or, celle-ci ne présente pas de valeurs élevées, au contraire. L'origine de ces valeurs en excès devant le Légué pourrait être cherchée soit dans une appréciation erronée des concentrations à la source, analogue à ce qui a été dit pour les sels nutritifs, soit dans un éventuel phénomène de relargage de germes à partir des sédiments remis en suspension à l'embouchure, soit même par une inadéquation des milieux de culture vis-à-vis des germes échantillonnés en eau marine.

Cependant, pour tenter de préciser l'évolution des différents types de germes dans l'eau de mer, nous avons testé la corrélation des concentrations théoriques calculées précédemment avec la salinité (fig.42). La diminution du nombre de germes avec l'augmentation de la salinité est évidente, et montre qu'il existe bien une disparition réelle des germes, indépendamment de l'effet de dilution.

## CONCLUSION

La présente étude de l'hydrobiologie du fond de la baie de St Briec constitue un complément méthodologique à l'étude d'impact de l'extension du Port du Légué. Ce complément est justifié par le fait que ce type de milieu caractérisé par ses faibles profondeurs est très répandu sur le littoral de la Manche et de l'Atlantique. Deux sites de ce type font ou vont faire l'objet d'études par le département ELGMM : le Golfe Normanno-breton et l'estuaire externe de la Loire.

Pour compléter l'image instantanée du milieu que nous avons au moment de la pleine mer par l'étude d'impact, nous nous sommes attachés ici à l'aspect dynamique de la question. Nous avons tenté de suivre l'évolution du milieu au cours d'un cycle de marée, dans le but d'observer le cheminement des différents affluents en zone marine. Le moyen choisi initialement a été le traçage par les sels nutritifs.

Le champ géographique de l'étude a été celui de l'étude d'impact à pleine mer. En dehors du moment de la pleine mer, la masse d'eau a été suivie dans son déplacement vers le Nord. La faiblesse reconnue des apports d'eau douce sur la zone nous a conduit à choisir la période où leur influence est la plus marquée, c'est-à-dire en période de crue et en M.E. (mi mars 1982). Les prélèvements en mer ont été effectués 6 fois au cours d'un cycle de marée, en une quinzaine de stations, en surface seulement. Ce programme de prélèvement assez lourd a pu être réalisé grâce à l'utilisation d'un hélicoptère. Les cours d'eau ont été échantillonnés durant les 36h précédant l'opération en mer. Les paramètres choisis ont été la salinité (en mer seulement), les sels nutritifs (hormis les silicates), les germes-tests de contamination fécale, et d'autres groupes de germes bactériens.

Nous examinerons successivement les conclusions directement issues de l'étude des données recueillies, et certains enseignements que l'on peut en tirer concernant l'étude ultérieure de ce type de milieu.



## Conclusions de l'étude du fond de la baie de St Brieuc

Le moment de l'étude constituait effectivement une situation de crue. Le volume d'eau douce stocké à pleine mer de morte-eau en fond de baie était de près de 2 millions de m<sup>3</sup>, soit 2,7% du volume d'eau total. Ceci représente de 1,5 jour à 2,5 jours de débit des cours d'eau afférents (13,83m<sup>3</sup>/s au total).

Dans les cours d'eau comme en zone marine, les concentrations de sels nutritifs ont été nettement inférieures à celles qui ont été observées dans les mêmes conditions en 1981. Il s'est avéré difficile d'utiliser un sel nutritif quelconque comme traqueur d'un cours d'eau, soit parce que les concentrations étaient trop homogènes entre les sources pour pouvoir être discriminantes (c'est le cas des nitrates), soit à cause de leur variabilité trop élevée dans le même cours d'eau, comme on a pu l'observer pour l'ammonium et les phosphates.

Néanmoins, l'examen des sels nutritifs et de la salinité ont permis de décrire le mouvement général des masses d'eau au cours de la marée. On retiendra les éléments suivants :

- durant la moitié du cycle de marée centrée sur la PM, les concentrations de sels plus élevées sont disposées en auréoles ou en panaches reliés aux embouchures des cours d'eau ;
- durant la moitié du cycle centrée sur la BM, les isoconcentrations de sels nutritifs et d'eau douce sont disposées en bandes parallèles à la côte, et présentent un gradient décroissant plus ou moins régulièrement de la côte vers le large.
- le passage de la première structure à la deuxième s'effectue lors d'un déplacement général vers l'Est des auréoles et des panaches. On a pu observer ainsi l'échappée de l'auréole du Gouessant vers le Nord-Est (photo n°2) au début du jusant, et sa sortie de la zone d'étude. Ce transfert vers l'Est est très vraisemblablement dû au vent d'Ouest qui soufflait depuis plusieurs jours, et qui, ce jour-là était d'une force comprise entre 2 et 5 Beaufort ;
- à BM, la filière du Gouessant débouche au milieu du bloc de bouchots le plus occidental et la filière de l'Urne sur son flanc Ouest (photos n°3 et 4).

Les trajectoires des affluents du fond de la baie de St Brieuc avaient été suivies lors des études de dispersion par traçage radio-actif menées par le CETE de Nantes en 1978. Les suivis avaient porté principalement sur les périodes de jusant et avaient indiqué des directions du Sud vers le Nord. Il s'agissait d'une marée de vive eau et les vents étaient soit calmes, soit moyens de secteur Nord.

Il ne fait guère de doute que le vent revêt une importance prédominante dans l'advection des affluents au cours de la marée. Il semblerait donc que les bouchots pourraient être contaminés indifféremment par n'importe lequel des 3 cours d'eau, selon les conditions de vent de la période considérée. A cet égard, l'examen des fréquences directionnelles des vents locaux est intéressant. Les moyennes annuelles sur 10 ans (DARCHEN, 1974) indiquent une fréquence de 15% pour les vents de secteur Nord, 21% pour l'Est, 27% pour le Sud et 34% pour l'Ouest. En faisant l'hypothèse que seuls les vents de secteur Ouest et Est sont efficaces, la prépondérance globale des vents d'Ouest incline à penser que le Gouessant pourrait pré-

senter un degré de responsabilité dans la pollution bactérienne des bouchots du bloc Ouest, nettement moindre qu'il n'y paraît au premier abord. Au cours du cycle annuel, la fréquence des vents d'Ouest est constamment supérieure à celle des vents d'Est, sauf durant les mois de mars et d'avril où la situation est inverse (cf. les fréquences directionnelles mensuelles moyennes présentées en annexe).

Il serait particulièrement intéressant de vérifier cette hypothèse par une étude des courants locaux prenant en compte les différentes conditions possibles de vent.

Par ailleurs, les corrélations entre salinité et sels nutritifs se sont révélées hautement significatives et prouvent le caractère conservatif de ceux-ci pour les valeurs observées. Cependant, la forme des nuages de points n'a pas permis d'individualiser des origines et la difficulté d'utiliser les sels nutritifs comme traceurs s'est donc confirmée.

De plus, l'extrapolation des droites de régression aux salinités nulles a abouti à des valeurs de sels nutritifs largement supérieures à celles mesurées, sauf en ce qui concerne les nitrates. L'importance de ce décalage a été appréciée par le biais d'un indice de déviation. Deux hypothèses sont avancées pour l'explication de ce phénomène. On peut supposer que la remise en suspension des éléments fins provoque le relargage par ceux-ci de sels nutritifs qui y seraient stockés. Les sels nutritifs proviendraient d'une désorption en ce qui concerne les phosphates et d'une minéralisation de l'azote organique qui est incorporé dans les sédiments fins pour l'ammoniaque. L'absence de décalage des concentrations de nitrates s'explique par le fait que le "temps de renouvellement" des eaux sur zone permet l'apparition d'ammoniaque et même de nitrites, mais n'est pas suffisant pour que le stade ultime de nitrification soit atteint. Ce relargage de sels azotés se produit préférentiellement aux embouchures des cours d'eau, et probablement au niveau des filières\* où les matières organiques sont fréquemment déposées et ensablées. HELDER (1974) a bien observé cette "création" d'ammoniaque et de nitrites dans la mer de Wadden hollandaise, particulièrement à proximité des écluses de l'IJsselmeer.

La deuxième hypothèse repose sur le fait que l'indice de déviation est corrélié de façon hautement significative avec la variabilité temporelle des paramètres mesurés aux sources. Il est donc possible que le décalage observé provienne d'une appréciation erronée des concentrations de sels nutritifs aux sources, cette appréciation erronée provenant elle-même d'un pas temporel d'échantillonnage trop important (12h) par rapport à la rapidité d'évolution des teneurs (LODER et REICHARD, 1981).

Nous avons effectué un calcul de mélange à 4 composants (3 cours d'eau et l'eau de mer) avec normalisation des paramètres et résultats bornés à 0 et 100%. Les valeurs de référence des cours d'eau ont été choisies non en eau douce mais à leur embouchure, pour tenir compte de l'apparition de certains sels nutritifs qui s'y produit. Sans être véritablement exacts, les résultats sont cohérents et plausibles. Ils corroborent les idées que nous avons sur le déplacement des eaux et donnent une idée des proportions de mélange. L'Urne est le cours d'eau présentant l'influence la plus importante ; le Guessant présente une influence limitée dans l'espace et dans le temps (flot et pleine mer) ; le Légué semble avoir une influence s'étendant jusqu'à l'embouchure du Guessant sous l'effet du vent d'Ouest, mais quantitativement peu importante.

\* filière = chenal d'estran.



Cependant, il est probable que les stations de référence des cours d'eau correspondent en fait à un mélange d'eaux de provenances diverses. Ceci associé à la faiblesse générale des apports hydriques sur zone, introduit un certain biais dans les résultats.

En ce qui concerne les germes-tests de contamination fécale, l'Urne est l'affluent qui délivre le flux le plus important, bien que la variabilité soit son caractère dominant. Le flux du Légué devance celui du Guessant, à l'inverse de ce qui était observé lors de la crue 1981.

En mer, les trois germes (Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux) se sont révélés corrélés entre eux de façon hautement significative. L'évolution des concentrations de germes au cours de la marée a été comparable à celle des sels nutritifs et confirme nos conclusions quant au mouvement des eaux. Les niveaux de contamination bactériologique ont été appréciés dans les anses de Morieux et d'Yffiniac. A pleine mer, la valeur guide de salubrité des eaux conchylicoles (120 CF/100 ml) n'est dépassée que devant le Légué, devant le Guessant ainsi qu'au Nord des bouchots. C'est le moment de la marée où la contamination est la moins importante. A mi-flot, les valeurs des stations correspondant à l'étude d'impact sont en général comprises entre 60 et 120 CF/100 ml ; à PM +4 et à BM, les valeurs sont généralement supérieures à 120 CF/100ml. La zone des bouchots a finalement présenté des eaux de qualité défavorable durant la moitié du cycle de la marée. A cet égard, on a pu remarquer, comme en 1981, que le Nord de l'Anse d'Yffiniac semblait systématiquement moins contaminé que le Nord de l'Anse de Morieux (zone des bouchots).

L'interprétation des germes tests se révèle délicate du fait de la forte variabilité naturelle de ces paramètres, de leur non conservativité et des doutes quant à l'adéquation des milieux de culture vis-à-vis des germes prélevés en mer. Toutefois, trois points ressortent de cette investigation :

- des concentrations anormalement fortes de germes ont été observées aux embouchures du Guessant et du Légué, par rapport aux valeurs observées dans les cours d'eau. Pour le Guessant, il se peut que l'origine du phénomène soit due à l'influence de l'Urne sous l'effet du vent d'Ouest et/ou à un relargage de germes à partir du sédiment. Dans le cas du Légué, seule la deuxième hypothèse peut être envisagée ;
- la comparaison des pentes des droites de régression entre germes-tests en eau douce d'une part, en mer d'autre part, permet de constater que ceux-ci semblent présenter en mer des vitesses de disparition différentes, les plus rapides étant les coliformes totaux, puis les coliformes fécaux et enfin les streptocoques fécaux ;
- en corrélant la concentration théorique des germes dans l'eau douce présente en mer avec la salinité, leur disparition effective en mer a été mise en évidence.

En conclusion, dans les conditions observées, la dérive des eaux vers l'Est est prouvée. L'intérêt d'une étude courantologique détaillée de la zone est ici mis en relief. L'augmentation des concentrations de certains sels nutritifs (phosphates, ammoniacque et nitrites) et des germes de contamination fécale aux embouchures des cours d'eau par relargage à partir des sédiments est probable. A cet égard, l'absence de traceur efficace des cours d'eau nous a empêché de différencier ce qui revient à la contamination d'une embouchure par un autre cours d'eau, et ce qui revient au relargage in situ. Cette absence a contribué également à diminuer la précision des calculs de mélange sur l'ensemble de la zone.

## Conclusions méthodologiques

Sans vouloir juger a posteriori des programmes d'hydrobiologie et de pollution bactérienne de l'étude d'impact, ce qui serait vain, il est intéressant de se questionner sur l'intérêt de reproduire ou de modifier un tel programme à l'occasion d'études ultérieures comparables.

Les paramètres qui avaient été choisis pour l'étude d'impact : température, salinité, ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, turbidité, chlorophylle, phaeophytine, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, semblent convenir tout à fait. Tout au plus, pourrait-il être envisagé de ne conserver des 3 germes que les coliformes fécaux. Ils sont en effet toujours très bien corrélés entre eux, et l'interprétation de leurs différences est trop sujette à controverse pour être utile. Les coliformes fécaux seuls devraient pouvoir donner une représentation suffisante de la pollution fécale, en attendant que d'autres moyens d'appréciation soient définis. L'absence de marqueur chimique particulièrement gênante durant cette étude complémentaire nous inciterait cependant à doser également la fluorescence naturelle de l'eau, généralement considérée comme un paramètre très conservatif et souvent discriminant entre les différentes sources. Une mise au point de la méthode de dosage serait nécessaire.

Pour une étude se cantonnant à l'observation des pleines mers, le champ géographique choisi était approprié. En revanche, le maillage spatial aurait gagné à être resserré au niveau des embouchures, de façon à appréhender un plus grand nombre de situations de salinités intermédiaires qui font souvent défaut dans les corrélations. Ceci est particulièrement valable pour les milieux où les apports d'eau douce sont peu importants.

D'un point de vue temporel choisir huit situations par an dont une en morte eau et une en vive eau lors de chacune des 4 saisons, est apparu à l'usage comme une bonne solution. Cependant, il est apparu également que des situations de pleine mer, on ne pouvait inférer valablement des phénomènes se déroulant au cours de la marée. Si cela avait été possible, il aurait été préférable que le programme prenne en compte l'aspect dynamique lié au cycle de la marée car la présente étude nous apprend que des opérations du type "stations de 13h" d'hydrobiologie au point fixe, même effectuées simultanément en de nombreuses stations ne peuvent pas toujours apporter les résultats suffisants pour comprendre parfaitement le fonctionnement du milieu et il semble finalement que rien ne puisse remplacer une étude courantologique précise et détaillée de la zone d'étude.

Les études de courantologie prévues lors des études d'impact concernent généralement les zones de navigation et la tenue des structures. Elles font partie du dossier de faisabilité technique du projet, qui est traité en priorité, et dont les résultats conditionnent la poursuite du projet par le dossier d'impact sur l'environnement. Il conviendrait donc, à notre avis, que les réalisateurs d'une éventuelle étude d'impact soient associés à la rédaction du programme de courantologie pour que les données de courantologie nécessaires à l'étude de l'environnement soient pris en compte dans le programme initial.

Si, comme il est logique, on aboutissait à l'établissement d'un modèle mathématique, celui-ci devrait s'appuyer sur des mesures en nature assez nombreuses de façon à prendre en compte la topographie souvent complexe du littoral. Le paramètre vent devrait impérativement être inclus dans le modèle ; nous avons pu relever son importance dans ce type de milieu. Enfin, dans une zone telle que celle-ci, un modèle bidimensionnel des eaux de surface semble suffisant, mais s'il s'agissait d'un estuaire important, il serait nécessaire d'opter pour un type bicouche.

Les questions de diffusion dans des milieux peu profonds comme celui-ci présentent probablement des particularités qu'il conviendrait également d'éclaircir si l'on veut aboutir à une bonne compréhension des phénomènes.

On relèvera l'intérêt que présente l'échantillonnage automatique des cours d'eau, pour pouvoir disposer de valeurs aux sources parfaitement fiables.

De plus, l'utilisation de l'hélicoptère nous a paru une solution avantageuse pour réaliser un grand nombre de prélèvements instantanés. Dans ces conditions, il représente incontestablement un moyen puissant, et économiquement adapté.

L'utilisation d'un poste fixe d'observation en altitude pendant un cycle de marée, paraît être également une voie intéressante à explorer. Les petits dirigeables téléguidés sont actuellement de plus en plus utilisés à des fins diverses (publicité, surveillance des axes routiers, etc.). On pourrait songer à faire porter à l'un d'eux une caméra vidéo et à enregistrer des clichés réguliers de la zone au long du cycle de marée.

En définitive, ce complément d'étude aura permis de montrer jusqu'où l'on pouvait aller dans l'interprétation des seules données hydrobiologiques dans un milieu très côtier, à faible pente, et présentant des apports d'eau douce peu importants.

BIBLIOGRAPHIE

---

- BEALE E.M.L., 1955.- On minimising convex functions subject to linear equalities. J. Roy. Statist. Soc., B., vol 17, p.173-184.
- CETE Nantes, 1978.- Etude de la dispersion des effluents du Gouët, du Gouessant et de l'Urne à l'aide d'un traceur radio-actif. St Brieuc, 22. Rapp. CETE Nantes. Labor. Rég. Angers. 3 volumes, 18 p, 22p, 68 p.
- CORMIER M., WALLYN P., GEOFFROY F., DELCAUX L., VENIEN J., MAMEZ C., JAMOT S., POMMEPUY J., 1980.- Capacité d'acceptation du milieu marin. Contrat n°1682-262. Rapport d'activité. 20 pages.
- DARCHEN J., 1974.- Eléments climatologiques concernant les côtes de la France Métropolitaine. Monographie n°93 de la Météorologie Nationale, fascicule 1.
- HELDER W., 1974.- The cycle of dissolved inorganic nitrogen compounds in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea. Res., vol.8, n°2-3, p.154-173.
- HUNT D.T.E. and FOSTER P., 1977.- Studies of the mixing of coastal waters in Liverpool Bay using dissolved silicate as a tracer. Water Research, vol.11, p.465-470.
- KOROLEFF, 1970.- Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. Information on techniques and methods for seawater analysis. Interlab. Rep. Cons. int. Explor. mer. vol. 3, p.19-22.
- LODER T.C., REICHARD R.P., 1981.- The dynamics of conservative mixing in estuaries. Estuaries, vol.4 n°1- p.64-69.
- MERCERON M., MANAUD F., GUILLAUD J.F., MONBET Y. 1981.- Extension du port du Légué (St Brieuc). Etude d'impact sur l'environnement marin. 115 p. Rapport CNEXO-COB/ELGMM à la CCI des Côtes du Nord.
- ROMANA L.A., 1982.- Estuaire de la Gironde. Campagnes "Libellule 1" - 26 août 1981. Rapport COB/ELGMM. vol.1 85 p.
- TREGUER P. et LE CORRE P., 1975. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'Auto-Analyser III Technicon R), 2ème édition, 110 p.
- WILLEY J.D., ATKINSON L.P., 1982.- Natural fluorescence as a tracer for distinguishing between piedmont and coastal plain river water in the nearshore waters of Georgia and North Carolina. Est. Coast. Shelf Sci., vol.14, p.49-59.

A N N E X E

---

Résultats bruts

---

CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DANS LE LEGUE  
(du 15 au 17 Mars 1982) ( $\mu\text{atg/l}$ )

| Dates    | Heures<br>(TL) | NH4   | N02  | N03   | P04  |
|----------|----------------|-------|------|-------|------|
| 15.03.82 | 19h45          | 84,12 | 5,78 | 414,0 | 9,66 |
| 16.03.82 | 08h25          | 35,35 | 5,65 | 382,0 | 7,76 |
| 16.03.82 | 19h00          | 75,13 | 4,90 | 430,0 | 8,28 |
| 17.03.82 | 01h00          | 49,89 | 4,06 | 382,0 | 8,10 |
| 17.03.82 | 07h00          | 76,84 | 4,11 | 388,0 | 4,62 |

CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DANS LE LEGUE  
(du 1er au 4 Mars 1982) ( $\mu\text{atg/l}$ )

| Dates   | Heures<br>(TL) | NH4   | N02  | N03   | P04   |
|---------|----------------|-------|------|-------|-------|
| 1.03.82 | 20h40          | 99,04 | 6,04 | 490,0 | 10,86 |
| 2.03.82 | 08h35          | 77,54 | 6,04 | 418,0 | 11,03 |
| 2.03.82 | 20h10          | 91,50 | 5,89 | 428,0 | 7,93  |
| 3.03.82 | 08h45          | 88,56 | 5,12 | 412,0 | 5,69  |
| 3.03.82 | 20h30          | 63,21 | 5,60 | 370,0 | 8,10  |
| 4.03.82 | 08h40          | 55,88 | 5,07 | 418,0 | 5,43  |

CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DANS L'URNE  
(du 15 au 17 Mars 1982) ( $\mu\text{atg/l}$ )

| Dates    | Heures<br>(TL) | NH4   | N02  | N03   | P04  |
|----------|----------------|-------|------|-------|------|
| 15.03.82 | 20h35          | 30,21 | 1,88 | 370,0 | 0,98 |
| 16.03.82 | 07h50          | 12,25 | 2,38 | 298,0 | 5,86 |
| 16.03.82 | 19h30          | 19,68 | 1,88 | 366,0 | 3,97 |
| 17.03.82 | 01h30          | 6,79  | 2,42 | 354,0 | 4,01 |
| 17.03.82 | 07h30          | 9,84  | 1,84 | 376,0 | 6,21 |

CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DANS L'URNE  
(du 1er au 4 Mars 1982) ( $\mu\text{atg/l}$ )

| Dates   | Heures.<br>(TL) | NH4   | N02  | N03   | P04  |
|---------|-----------------|-------|------|-------|------|
| 1.03.82 | 20h00           | 48,45 | 3,09 | 376,0 | 8,62 |
| 2.03.82 | 08h10           | 28,13 | 2,27 | 170,0 | 4,83 |
| 2.03.82 | 19h40           | 17,86 | 2,85 | 392,0 | 5,69 |
| 3.03.82 | 08h10           | 15,56 | 1,98 | 408,0 | 5,17 |
| 3.03.82 | 19h55           | 15,67 | 2,37 | 418,0 | 2,50 |
| 4.03.82 | 08h05           | 11,60 | 2,22 | 390,0 | 6,72 |

CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DANS LE GOUessant  
(du 15 au 17 Mars 1982) ( $\mu\text{atg/l}$ )

| Dates    | Heures<br>(TL) | NH4   | N02  | N03   | P04  |
|----------|----------------|-------|------|-------|------|
| 15.03.82 | 21h10          | 26,31 | 3,62 | 348,0 | 0,19 |
| 16.03.82 | 07h20          | 22,14 | 3,77 | 416,0 | 1,55 |
| 16.03.82 | 20h00          | 21,23 | 3,33 | 400,0 | 1,45 |
| 17.03.82 | 02h00          | 22,03 | 3,77 | 390,0 | 1,88 |
| 17.03.82 | 08h00          | 14,33 | 4,01 | 382,0 | 2,24 |

CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS DANS LE GOUessant  
(du 1er au 4 Mars 1982) ( $\mu\text{atg/l}$ )

| Dates   | Heures<br>(TL) | NH4   | N02  | N03   | P04  |
|---------|----------------|-------|------|-------|------|
| 1.03.82 | 19h00          | 20,21 | 4,25 | 424,0 | 2,76 |
| 2.03.82 | 07h30          | 19,46 | 4,30 | 392,0 | 2,59 |
| 2.03.82 | 19h05          | 18,56 | 4,59 | 408,0 | 2,67 |
| 3.03.82 | 07h35          | 25,29 | 5,02 | 362,0 | 3,02 |
| 3.03.82 | 19h30          | 36,58 | 5,27 | 370,0 | 3,10 |
| 4.03.82 | 07h40          | 25,24 | 4,78 | 392,0 | 3,45 |



SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS ( $\mu$ atg/l)  
- EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC - EN SURFACE -  
- EN PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM - 2h30  
(17.3.82 de 8h15 à 9h30 TL)

| Stations | Salinité | NH4  | N02  | N03  | P04  |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 9        | 34,34    | 1,29 | 0,16 | 9,2  | 0,54 |
| 10       | 34,43    | 0,60 | 0,17 | 8,8  | 0,41 |
| 11       | 34,25    | 0,96 | 0,22 | 10,5 | 0,43 |
| 14       | 33,96    | 1,15 | 0,28 | 12,5 | 0,53 |
| 16       | 34,25    | 0,93 | 0,22 | 10,0 | 0,43 |
| 17       | 34,57    | 0,53 | 0,14 | 8,5  | 0,48 |
| 18       | 34,31    | 0,67 | 0,19 | 9,5  | 0,41 |
| 19       | 34,53    | 0,87 | 0,18 | 9,4  | 0,50 |
| 20       | 34,57    | 0,36 | 0,13 | 9,6  | 0,50 |
| 21       | 34,44    | 0,45 | 0,14 | 9,1  | 0,34 |
| 23       | 34,53    | 0,35 | 0,13 | 9,1  | 0,45 |
| 24       | 34,52    | 0,36 | 0,17 | 9,2  | 0,52 |
| 25       | 34,52    | 0,52 | 0,14 | 9,6  | 0,43 |
| Y        | 33,36    | 3,02 | 0,46 | 19,4 | 1,00 |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS ( $\mu$ atg/l)  
EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC - EN SURFACE  
EN PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM -0h30  
(17.3.82 de 10h20 à 11h10 TL)

| Stations | Salinité | NH4  | NO2  | NO3  | PO4  |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 1        | 33,86    | 2,43 | 0,24 | 13,7 | 0,50 |
| 2        | 34,30    | 0,74 | 0,15 | 9,4  | 0,34 |
| 4        | 34,32    | 0,79 | 0,15 | 8,8  | 0,38 |
| 8        | 34,05    | 1,53 | 0,25 | 11,1 | 0,50 |
| 9        | 34,36    | 1,00 | 0,18 | 8,3  | 0,39 |
| 10       | 34,46    | 0,65 | 0,19 | 8,7  | 0,44 |
| 11       | 34,30    | 0,93 | 0,19 | 9,4  | 0,41 |
| 12       | 27,46    | 9,52 | 1,24 | 84,0 | 1,65 |
| 13       | 33,51    | 2,89 | 0,33 | 16,4 | 0,59 |
| 14       | 34,19    | 1,50 | 0,18 | 10,2 | 0,41 |
| 15       | 34,25    | 1,01 | 0,19 | 9,9  | 0,45 |
| 16       | 34,43    | 0,68 | 0,06 | 18,5 | 0,23 |
| X        | 34,16    | 0,95 | 0,26 | 10,1 | 0,52 |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS (µatg/l)  
EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC - EN SURFACE  
EN PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM +1h00  
(17.3.82 de 11h55 à 12h55 TL)

| Stations | Salinité | NH4  | NO2  | NO3  | PO4  |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 1        | 34,10    | 1,52 | 0,08 | 12,9 | 0,26 |
| 2        | 34,29    | 0,74 | 0,18 | 9,3  | 0,36 |
| 4        | 33,71    | 2,21 | 0,28 | 15,7 | 0,53 |
| 8        | 34,21    | 0,93 | 0,21 | 17,8 | 0,42 |
| 9        | 34,34    | 0,65 | 0,17 | 9,1  | 0,43 |
| 10       | 34,44    | 0,72 | 0,17 | 8,7  | 0,37 |
| 11       | 34,38    | 0,47 | 0,19 | 8,8  | 0,45 |
| 12       | 30,00    | 7,59 | 0,83 | 56,0 | 1,14 |
| 13       | 33,97    | 1,51 | 0,27 | 12,1 | 0,52 |
| 14       | 34,21    | 1,24 | 0,25 | 14,7 | 0,53 |
| 15       | 34,27    | 0,80 | 0,20 | 9,8  | 0,40 |
| 16       | 34,40    | 0,63 | 0,16 | 9,0  | 0,38 |
| 17       | 34,49    | 0,51 | 0,16 | 8,6  | 0,52 |
| 18       | 34,43    | 0,55 | 0,18 | 8,9  | 0,45 |
| 19       | 34,40    | 0,65 | 0,16 | 8,2  | 0,38 |
| 21       | 34,51    | 0,49 | 0,15 | 8,6  | 0,47 |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS ( $\mu\text{atg/l}$ )  
EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC - EN SURFACE  
EN PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM +2h30  
(17.3.82 de 13h30 à 14h20 TL)

| Stations | Salinité | NH4  | NO2  | NO3  | PO4  |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 4        | 33,43    | 1,14 | 0,36 | 17,9 | 0,64 |
| 9        | 34,30    | 0,36 | 0,20 | 8,8  | 0,36 |
| 10       | 34,35    | 0,30 | 0,18 | 8,6  | 0,37 |
| 11       | 34,23    | 0,37 | 0,20 | 9,6  | 0,41 |
| 13       | 33,73    | 0,70 | 0,30 | 14,3 | 0,57 |
| 14       | 34,03    | 0,58 | 0,25 | 11,4 | 0,50 |
| 15       | 33,41    | 1,11 | 0,35 | 17,3 | 0,71 |
| 16       | 34,42    | 0,40 | 0,19 | 8,7  | 0,43 |
| 17       | 34,46    | 0,38 | 0,15 | 8,5  | 0,51 |
| 18       | 34,38    | 0,39 | 0,18 | 9,1  | 0,39 |
| 19       | 34,35    | 0,35 | 0,17 | 8,2  | 0,40 |
| 21       | 34,46    | 0,28 | 0,14 | 8,7  | 0,43 |
| X        | 33,56    | 0,97 | 0,36 | 16,3 | 0,74 |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS ( $\mu$ atg/l)  
EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC - EN SURFACE  
EN PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM +4h00  
(17.3.82 de 14h55 à 15h50 TL)

| Stations | Salinité | NH4  | N02  | N03  | P04  |
|----------|----------|------|------|------|------|
| 4        | 32,78    | 3,90 | 0,47 | 10,1 | 0,95 |
| 9        | 33,08    | 3,37 | 0,43 | 22,2 | 0,79 |
| 10       | 33,54    | 2,03 | 0,30 | 17,4 | 0,62 |
| 11       | 33,71    | 2,49 | 0,26 | 15,3 | 0,62 |
| 13       | 32,96    | 2,94 | 0,52 | 21,0 | 1,11 |
| 14       | 32,02    | 3,74 | 0,57 | 38,0 | 0,91 |
| 15       | 32,72    | 3,90 | 0,42 | 23,5 | 0,90 |
| 16       | 34,24    | 1,13 | 0,20 | 9,7  | 0,41 |
| 17       | 34,42    | 0,70 | 0,19 | 8,7  | 0,45 |
| 18       | 33,73    | 2,04 | 0,28 | 14,6 | 0,53 |
| 19       | 34,36    | 0,81 | 0,16 | 9,5  | 0,33 |
| 21       | 34,39    | 0,81 | 0,18 | 8,7  | 0,38 |
| X        | 33,36    | 3,42 | 0,42 | 18,1 | 0,79 |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE SELS NUTRITIFS ( $\mu$ atg/l)  
EN FOND DE BAIE DE SAINT BRIEUC - EN SURFACE  
EN PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - BM  
(17.3.82 de 17h30 à 18h30 TL)

| Stations | Salinité | NH4   | N02  | N03   | P04  |
|----------|----------|-------|------|-------|------|
| 10       | 34,16    | 1,21  | 0,23 | 10,5  | 0,43 |
| 11       | 31,21    | 5,78  | 0,62 | 45,0  | 1,37 |
| 14       | 33,40    | 1,98  | 0,38 | 8,9   | 0,74 |
| 16       | 33,80    | 1,11  | 0,31 | 9,8   | 0,57 |
| 17       | 34,41    | 0,82  | 0,18 | 8,6   | 0,43 |
| 18       | 34,15    | 0,87  | 0,24 | 10,4  | 0,43 |
| 19       | 34,39    | 0,72  | 0,17 | 8,6   | 0,34 |
| 20       | 34,44    | 0,66  | 0,13 | 8,9   | 0,40 |
| 21       | 34,27    | 0,91  | 0,20 | 9,6   | 0,45 |
| 23       | 34,48    | 0,75  | 0,13 | 8,6   | 0,49 |
| 24       | 34,40    | 0,71  | 0,18 | 9,0   | 0,42 |
| 25       | 34,46    | 0,79  | 0,14 | 8,7   | 0,40 |
| X        | 24,18    | 28,61 | 2,13 | 128,0 | 3,17 |
| Y        | 31,74    | 3,90  | 0,59 | 36,0  | 0,93 |

CONCENTRATIONS DE GERMES TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
DANS LE LEGUE  
du 15 au 17.03.82 (nb/100 ml d'eau)

| Date     | Heure (TL) | Coliformes totaux | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux |
|----------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 15.03.82 | 19h45      | 110.000           | 70.000            | 16.000               |
| 16.03.82 | 08h25      | 150.000           | 40.000            | 11.000               |
| 16.03.82 | 19h00      | 95.000            | 100               | 9.000                |
| 17.03.82 | 01h00      | 75.000            | 300               | 14.000               |
| 17.03.82 | 07h00      | 30.000            | 5.000             | 3.950                |

CONCENTRATIONS DE GERMES TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
DANS LE LEGUE  
du 1er au 4.03.82 (nb/100 ml d'eau)

| Date    | Heure (TL) | Coliformes totaux | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux |
|---------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1.03.82 | 20h40      | 140.000           | 60.000            | 60.000               |
| 2.03.82 | 08h35      | 26.000            | 9.400             | 6.100                |
| 2.03.82 | 20h10      | 60.000            | 46.000            | 31.000               |
| 3.03.82 | 08h45      | 26.000            | 25.000            | 14.000               |
| 3.03.82 | 20h30      | -                 | -                 | -                    |
| 4.03.82 | 08h40      | -                 | -                 | -                    |

CONCENTRATIONS DE GERMES TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
DANS L'URNE  
du 15 au 17.03.82 (nb/100 ml d'eau)

| Date     | Heure (TL) | Coliformes totaux | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux |
|----------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 15.03.82 | 20h35      | 320.000           | 310.000           | 96.000               |
| 16.03.82 | 07h50      | 220.000           | 75.000            | 52.000               |
| 16.03.82 | 19h30      | 280.000           | 25.000            | 35.000               |
| 17.03.82 | 01h30      | 250.000           | 5.900             | 27.000               |
| 17.03.82 | 07h30      | 420.000           | 160.000           | 49.000               |

CONCENTRATIONS DE GERMES TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
DANS L'URNE  
du 1er au 4.03.82 (nb/100 ml d'eau)

| Date    | Heure (TL) | Coliformes totaux | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux |
|---------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1.03.82 | 20h00      | 12.800            | 8.200             | 5.900                |
| 2.03.82 | 08h10      | 12.100            | 6.600             | 4.700                |
| 2.03.82 | 19h40      | 6.200             | 3.100             | 8.300                |
| 3.03.82 | 08h10      | 4.700             | 3.000             | 6.600                |
| 3.03.82 | 19h55      | -                 | -                 | -                    |
| 4.03.82 | 08h05      | -                 | -                 | -                    |



CONCENTRATIONS DE GERMES TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
DANS LE GOUessant  
du 15 au 17.03.82 (nb/100 ml d'eau)

| Date     | Heure (TL) | Coliformes totaux | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux |
|----------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 15.03.82 | 21h10      | 3.000             | 300               | 150                  |
| 16.03.82 | 07h20      | 4.000             | 800               | 150                  |
| 16.03.82 | 20h00      | 1.500             | < 100             | 100                  |
| 17.03.82 | 02h00      | 2.600             | 600               | 500                  |
| 17.03.82 | 08h00      | 5.300             | 900               | 900                  |

CONCENTRATIONS DE GERMES TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
DANS LE GOUessant  
du 1er au 4.03.82 (nb/100 ml d'eau)

| Date    | Heure (TL) | Coliformes totaux | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux |
|---------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1.03.82 | 19h00      | 5.600             | 2.300             | 1.100                |
| 2.03.82 | 07h30      | 5.100             | 2.100             | 700                  |
| 2.03.82 | 19h05      | 800               | 800               | 300                  |
| 3.03.82 | 07h35      | 2.900             | 1.700             | 600                  |
| 3.03.82 | 19h30      | -                 | -                 | -                    |
| 4.03.82 | 07h40      | -                 | -                 | -                    |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
(nb/100 ml d'eau) - EN FOND DE BAIE DE ST BRIEUC - EN SURFACE - EN  
PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM -2h30 (17.03.82 de 8h15 à 9h30 TL)

| Stations | Salinité | Coliformes<br>totaux | Coliformes<br>fécaux | Streptoco-<br>ques fécaux |
|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 9        | 34,34    | 76                   | 58                   | 26                        |
| 10       | 34,43    | 2                    | 2                    | 0                         |
| 11       | 34,25    | 120                  | 56                   | 26                        |
| 14       | 33,96    | 120                  | 82                   | 28                        |
| 16       | 34,25    | 92                   | 72                   | 28                        |
| 17       | 34,57    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 18       | 34,31    | 44                   | 22                   | 0                         |
| 19       | 34,53    | 2                    | 0                    | 0                         |
| 20       | 34,57    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 21       | 34,44    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 23       | 34,53    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 24       | 34,52    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 25       | 34,52    | 0                    | 0                    | 0                         |
| Y        | 33,36    | 300                  | 100                  | 26                        |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
(nb/100 ml d'eau) - EN FOND DE BAIE DE ST BRIEUC - EN SURFACE - EN  
PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM -0h30 (17.03.82 de 10h20 à 11h10 TL)

| Stations | Salinité | Coliformes<br>totaux | Coliformes<br>fécaux | Streptoco-<br>ques fécaux |
|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 1        | 33,86    | 950                  | 900                  | 200                       |
| 2        | 34,30    | 2                    | 2                    | 0                         |
| 4        | 34,32    | 18                   | 12                   | 2                         |
| 8        | 34,05    | 52                   | 44                   | 20                        |
| 9        | 34,36    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 10       | 34,46    | 2                    | 0                    | 0                         |
| 11       | 34,30    | 0                    | 0                    | 6                         |
| 12       | 27,46    | 600                  | 550                  | 56                        |
| 13       | 33,51    | 190                  | 160                  | 26                        |
| 14       | 34,19    | 54                   | 38                   | 2                         |
| 15       | 34,25    | 38                   | 32                   | 12                        |
| 16       | 34,43    | 0                    | 0                    | 0                         |
| X        | 34,16    | 38                   | 12                   | 6                         |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
(nb/100 ml d'eau) - EN FOND DE BAIE DE ST BRIEUC - EN SURFACE - EN  
PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM +1h00 (17.03.82 de 11h55 à 12h55 TL)

| Stations | Salinité | Coliformes<br>totaux | Coliformes<br>fécaux | Streptoco-<br>ques fécaux |
|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 1        | 34,10    | 800                  | 280                  | 152                       |
| 2        | 34,29    | 2                    | 2                    | 0                         |
| 4        | 33,71    | 950                  | 104                  | 30                        |
| 8        | 34,21    | 64                   | 24                   | 2                         |
| 9        | 34,34    | 70                   | 2                    | 0                         |
| 10       | 34,44    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 11       | 34,38    | 40                   | 6                    | 6                         |
| 12       | 30,00    | 5000                 | 480                  | 1050                      |
| 13       | 33,97    | 76                   | 32                   | 4                         |
| 14       | 34,21    | 58                   | 12                   | 2                         |
| 15       | 34,27    | 68                   | 0                    | 6                         |
| 16       | 34,40    | 28                   | 2                    | 0                         |
| 17       | 34,49    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 18       | 34,43    | 0                    | 0                    | 2                         |
| 19       | 34,40    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 21       | 34,51    | 0                    | 0                    | 0                         |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
(nb/100 ml d'eau) - EN FOND DE BAIE DE ST BRIEUC - EN SURFACE - EN  
PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM +2h30 (17.03.82 de 13h30 à 14h20 TL)

| Stations | Salinité | Coliformes<br>totaux | Coliformes<br>fécaux | Streptoco-<br>ques fécaux |
|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 4        | 33,43    | 68                   | 60                   | 12                        |
| 9        | 34,30    | 150                  | 0                    | 20                        |
| 10       | 34,35    | 10                   | 4                    | 0                         |
| 11       | 34,23    | 30                   | 28                   | 32                        |
| 13       | 33,73    | 300                  | 140                  | 26                        |
| 14       | 34,03    | 20                   | 18                   | 6                         |
| 15       | 33,41    | 90                   | 76                   | 18                        |
| 16       | 34,42    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 17       | 34,46    | 0                    | 0                    | 2                         |
| 18       | 34,38    | 2                    | 2                    | 0                         |
| 19       | 34,35    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 21       | 34,46    | 0                    | 0                    | 0                         |
| X        | 33,56    | 68                   | 50                   | 10                        |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
(nb/100 ml d'eau) - EN FOND DE BAIE DE ST BRIEUC - EN SURFACE - EN  
PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - PM + 4h00(17.03.82 de 14h55 à 15h50 TL).

| Stations | Salinité | Coliformes<br>totaux | Coliformes<br>fécaux | Streptoco-<br>ques fécaux |
|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 4        | 32,78    | 1200                 | 500                  | 98                        |
| 9        | 33,08    | 550                  | 250                  | 4                         |
| 10       | 33,54    | 300                  | 150                  | 10                        |
| 11       | 33,71    | 250                  | 40                   | 2                         |
| 13       | 32,96    | 950                  | 250                  | 14                        |
| 14       | 32,02    | 950                  | 250                  | 20                        |
| 15       | 32,72    | 1650                 | 700                  | 8                         |
| 16       | 34,24    | 8                    | 12                   | 2                         |
| 17       | 34,42    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 18       | 33,73    | 72                   | 70                   | 2                         |
| 19       | 34,36    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 21       | 34,39    | 4                    | 0                    | 0                         |
| X        | 33,36    | 100                  | 62                   | 4                         |

SALINITES (g/l) ET CONCENTRATIONS DE GERMES-TESTS DE CONTAMINATION FECALE  
(nb/100 ml d'eau) - EN FOND DE BAIE DE ST BRIEUC - EN SURFACE - EN  
PERIODE DE CRUE - EN MORTE EAU - BM (17.03.82 de 17h30 à 18h30 TL)

| Stations | Salinité | Coliformes<br>totaux | Coliformes<br>fécaux | Streptoco-<br>ques fécaux |
|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 10       | 34,16    | -                    | -                    | -                         |
| 11       | 31,21    | 4300                 | 1050                 | 114                       |
| 14       | 33,40    | 1950                 | 550                  | 16                        |
| 16       | 33,80    | 450                  | 48                   | 2                         |
| 17       | 34,41    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 18       | 34,15    | 24                   | 20                   | 0                         |
| 19       | 34,39    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 20       | 34,44    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 21       | 34,27    | 34                   | 0                    | 0                         |
| 23       | 34,48    | 0                    | 0                    | 0                         |
| 24       | 34,40    | 8                    | 2                    | 0                         |
| 25       | 34,46    | 2                    | 2                    | 0                         |
| X        | 24,18    | 14000                | 5500                 | 2000                      |
| Y        | 31,74    | 1650                 | 800                  | 50                        |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

---

LEGENDE

Milieux testés : TCBS (S + et S- \*), TS \*\*, TD \*\*\*.  
D 42 (L + et L- ), DD ampicilline (L + et L- ),  
DS (L+ et L-), DD gentamycine (L+ et L-),  
DD 37 (L+ et L-), milieu de Chapman.

\* S+ et S- = Consommant ou non le saccharose, sélectionnant respectivement *Vibrio alginolyticus* et *V. parahaemolyticus*.

\*\* TS = milieu à la trypticase salée, sélectionnant les hétérotrophes halotolérantes.

\*\*\* TD = milieu à la trypticase douce, sélectionnant toutes les bactéries hétérotrophes.

(la signification des abréviations non explicitées est fournie dans l'étude d'impact).



BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - PM -2h30

---

| Stations | TCBS<br>S+ | TCBS<br>S- | D 42<br>L+ | D 42<br>L- | TS     |
|----------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 9        | 0          | 0          | 20         | 10         | 10.000 |
| 10       | 23         | 100        | <10        | <10        | 500    |
| 14       | 80         | 8          | 3.500      | 40         | 1.600  |
| 16       | 12         | 90         | 280        | 20         | 1.000  |
| 17       | 50         | 130        | 1          | 0          | 1.800  |
| 18       | 20         | 50         | 200        | 16         | 220    |
| 19       | 12         | 75         | <10        | <10        | 1.800  |
| 20       | 35         | 110        | 2          | 0          | 70     |
| 21       | 14         | 85         | 20         | 0          | 400    |
| 23       | 0          | 0          | 2          | 0          | ?      |
| 24       | 45         | 140        | 2          | 0          | 130    |
| 25       | 0          | 8          | 4          | -          | 360    |
| X        | 25         | 2          | 70         | 10         | 5.000  |
| Y        | 140        | 500        | > 500      | 30         | 16.000 |

---

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. -2h30

| Stations | D.D. Amp <sup>i</sup><br>L <sup>+</sup> | D.D. Amp <sup>i</sup><br>L <sup>-</sup> | D.D. genta<br>L <sup>+</sup> | D.D. genta<br>L <sup>-</sup> | TD       |
|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------|
| 9        | 100                                     | 600                                     | 0                            | 0                            | 9.000    |
| 10       | 0                                       | 2                                       | 0                            | 0                            | 260      |
| 11       |                                         |                                         |                              |                              |          |
| 14       | 34                                      | 70                                      | 0                            | 12                           | 2.800    |
| 16       | 80                                      | 56                                      | 20                           | 12                           | 2.400    |
| 17       | 0                                       | 2                                       | 0                            | 0                            | 520      |
| 18       | 10                                      | 35                                      | 2                            | 2                            | 1.300    |
| 19       | 0                                       | 4                                       | 0                            | 0                            | 700      |
| 20       | 0                                       | 1                                       | 0                            | 0                            | 1.000    |
| 21       | 1                                       | 3                                       | 0                            | 0                            | 240      |
| 23       | 0                                       | 5                                       | 0                            | 0                            | 1.000    |
| 24       | 0                                       | 4                                       | 0                            | 0                            | 280      |
| 25       | 0                                       | 5                                       | 0                            | 0                            | 140      |
| X        | 50                                      | 110                                     | 4                            | 2                            | 1.900    |
| Y        | 360                                     | 300                                     | 6                            | 20                           | > 10.000 |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. -2h30

| Stations | DS<br>L+ | DS<br>L- | DD 37<br>L+ | DD 37<br>L- | CHAPMAN |
|----------|----------|----------|-------------|-------------|---------|
| 9        | < 100    | < 100    | 100         | 400         | -       |
| 10       | 100      | < 100    | < 100       | < 10        | 1.300   |
| 11       |          |          | 900         |             |         |
| 14       | < 100    | 1.600    | 3.500       | 380         | 1.200   |
| 16       | 200      | 1.200    | 280         | 230         | 700     |
| 17       | 32       | 100      | 1           | 6           | 800     |
| 18       | 10       | 90       | 200         | 100         | 800     |
| 19       | ?        | ?        | < 100       | 10          | 800     |
| 20       | 100      | 0        | 2           | 1           | 700     |
| 21       | 0        | 360      | 20          | 10          | 1.800   |
| 23       | ?        | ?        | 2           | 3           | 500     |
| 24       | 0        | 120      | 2           | 2           | 800     |
| 25       | 2        | 300      | 4           | 5           | 2.000   |
| X        | 200      | 1.300    | 300         | 180         | 3.800   |
| Y        | 1.600    | 9.000    | 1.000       | 1.100       | ?       |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. -0h30

| Stations | TCBS<br>S+ | TCBS<br>S- | D 42<br>L+ | D 42<br>L- | TS     |
|----------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 1        | 100        | 70         | 1.800      | < 100      | 15.000 |
| 2        | 55         | 110        | < 100      | < 100      | 5.000  |
| 4        | ?          | ?          | 100        | 70         | 1.700  |
| 8        | 20         | 120        | 180        | 50         | 1.000  |
| 9        | 14         | 50         | < 10       | 90         | 800    |
| 10       | 40         | 80         | < 10       | < 10       | 2.000  |
| 11       | 15         | 65         | 200        | 20         | 700    |
| 12       | nappe      | nappe      | 1.000      | 300        | 35.000 |
| 13       | > 100      | > 100      | < 10       | < 10       | 1.500  |
| 14       | 30         | 110        | 80         | 10         | 10.000 |
| 15       | 25         | 70         | 160        | 30         | 800    |
| 16       | 60         | 130        | < 10       | < 10       | 2.000  |
| X        | 3          | 2          | 630        | 600        | 1.200  |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. -0h30

---

| Stations | D.D. Ampic<br>L+ | D.D. Ampic<br>L- | D.D. genta<br>L+ | D.D. genta<br>L- | TD     |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 1        | 800              | 1.800            | 30               | 40               | 36.000 |
| 2        | < 100            | 100              | < 10             | 0                | 1.200  |
| 4        | 10               | < 10             | 0                | 0                | 800    |
| 8        | 210              | 350              | 0                | 22               | 3.000  |
| 9        | < 12             | 30               | 0                | 4                | 500    |
| 10       | 0                | 4                | 0                | 0                | 600    |
| 11       | 100              | 70               | 0                | 0                | 1.200  |
| 12       | 200              | 1.400            | 0                | 380              | 50.000 |
| 13       | 120              | 200              | 6                | 2                | 5.000  |
| 14       | 0                | 12               | 0                | 0                | 1.300  |
| 15       | 40               | 30               | 0                | 8                | 2.500  |
| 16       | 12               | 48               | 0                | 0                | 2.000  |
| X        | 450              | 320              | 2                | 0                | 1.600  |

---

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. -0h30

| Stations | DS<br>L+ | DS<br>L-   | DD 37<br>L+ | DD 37<br>L- | CHAPMAN |
|----------|----------|------------|-------------|-------------|---------|
| 1        | 5.000    | 3.000      | 1.800       | 3.300       | 500     |
| 2        | < 1.000  | < 1.000    | < 100       | < 100       | 1.000   |
| 4        | 200      | 700        | 100         | 400         | 800     |
| 8        | 100      | 600        | 180         | 210         | 600     |
| 9        | < 100    | 700        | 10          |             |         |
| 10       | < 100    | 100        | < 100       | < 10        | 1.000   |
| 11       | < 100    | 200        | 200         | 170         | 500     |
| 12       | <1.000   | 60.000     | 1.600       | 6.000       | 8.000   |
| 13       | 200      | 3.000      | >20.000     | 110         | 1.200   |
| 14       | 100      | 200        | 80          | 340         | 1.600   |
| 15       | < 100    | 800        | 160         | 210         | 300     |
| 16       | < 100    | (souillée) | 210         | >10.000     | 3.300   |
| X        | 0        | 200        | 200         | 300         | 700     |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE  
SITUATION MAREE - P.M. + 1h00

| Stations | TCBS<br>S <sup>+</sup> | TCBS<br>S <sup>-</sup> | D 42<br>L <sup>+</sup> | D 42<br>L <sup>-</sup> | TS     |
|----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 1        | 30                     | 30                     | 1.000                  | 3.000                  | 13.000 |
| 2        | 45                     | 120                    | <10                    | 20                     | 3.000  |
| 4        | 110                    | 400                    | 600                    | 400                    | 2.000  |
| 8        | 14                     | 120                    | 110                    | < 10                   | 400    |
| 9        | 16                     | 70                     | <10                    | < 10                   | 600    |
| 10       | 28                     | 120                    | <10                    | < 10                   | 200    |
| 11       | 10                     | 80                     | 60                     | 20                     | 2.700  |
| 12       | nappe                  | nappe                  | 2.500                  | 400                    | 50.000 |
| 13       | 55                     | 140                    | 30                     | < 10                   | 50.000 |
| 14       | 35                     | 90                     | 160                    | 10                     | 1.000  |
| 15       | 45                     | 200                    | 130                    | < 10                   | 1.800  |
| 16       | 30                     | 130                    | <10                    | < 10                   | 600    |
| 17       | 8                      | 60                     | 0                      | 0                      | 260    |
| 18       | 14                     | 120                    | 1                      | 0                      | 360    |
| 19       | 15                     | 110                    | <10                    | < 10                   | 400    |
| 21       | 55                     | 160                    | 0                      | 14                     | 100    |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. + 1h00

---

| Stations | D.D. Ampic<br>L+ | D.D. Ampic<br>L- | D.D. genta<br>L+ | D.D. genta<br>L- | TD     |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 1        | 1.200            | 900              | 30               | 180              | 13.000 |
| 2        | < 10             | 10               | 0                | 6                | 350    |
| 4        | 200              | 500              | < 10             | 0                | 5.000  |
| 8        | 20               | 50               | 0                | 6                |        |
| 9        | 10               | < 10             | 0                | 0                | 350    |
| 10       | 2                | 0                | 0                | 0                | 290    |
| 11       | 20               | < 10             | 0                | 0                | 1.000  |
| 12       | 400              | 900              | 10               | 80               | 50.000 |
| 13       | < 10             | 10               | 0                | 2                | 600    |
| 14       | 28               | 50               | 2                | 2                | ?      |
| 15       | 30               | 60               | 0                | 0                | 700    |
| 16       | 0                | 4                | 0                | 0                | 350    |
| 17       | 0                | 0                | 0                | 0                | 160    |
| 18       | 4                | 2                | 0                | 0                | 10     |
| 19       | 0                | 0                | 0                | 0                | 160    |
| 21       | 0                | 0                | 0                | 0                | 140    |

---



BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - PM + 1h00

| Stations | DS    | DS     | DD 37 | DD 37 | CHAPMAN |
|----------|-------|--------|-------|-------|---------|
|          | L+    | L-     | L+    | L-    |         |
| 1        | 4.000 | 3.000  | 1.000 | 1.800 | 600     |
| 2        | < 100 | < 100  | < 100 | 30    | 300     |
| 4        | ?     | ?      | 600   | 900   | 1.300   |
| 8        | < 100 | < 100  | 110   | 60    | 1.600   |
| 9        | < 100 | 200    | 30    | 40    |         |
| 10       | < 100 | 220    | < 100 | < 100 | 300     |
| 11       | < 100 | 100    | 60    | 30    | 300     |
| 12       | 3.000 | 26.000 | 2.500 | 5.000 | 6.000   |
| 13       | < 100 | 600    | 300   | 500   | 1.800   |
| 14       | < 100 | 200    | 160   | 210   | 500     |
| 15       | < 100 | 1.200  | 130   | 100   | 800     |
| 16       | < 100 | 100    | ?     | ?     | < 100   |
| 17       | 6     | 120    | 0     | 35    | 500     |
| 18       | 4     | 100    | 1     | 3     | 600     |
| 19       | < 100 | 100    | ?     | ?     | < 100   |
| 21       | 0     | 120    | 0     | 40    | 500     |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE  
SITUATION MAREE - P.M. + 2h30

| Stations | TCBS<br>S+ | TCBS<br>S- | D 42<br>L+ | D 42<br>L- | TS    |
|----------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 4        | 40         | 160        | 500        | <100       | 3.000 |
| 9        | 28         | 180        | 100        | < 10       | 800   |
| 10       | 23         | 120        | < 10       | < 10       | 500   |
| 11       | 50         | 120        | 240        | 20         | 500   |
| 13       |            |            |            |            |       |
| 14       | 35         | 110        | 60         | 60         | 1.300 |
| 15       | 50         | 150        | 300        | 100        | 3.200 |
| 16       | 80         | 55         | 10         | < 10       | 1.600 |
| 17       | 13         | 40         | 0          | 0          | 90    |
| 18       | 10         | 70         | 21         | 1          | 360   |
| 19       | 15         | 85         | < 10       | < 10       | 500   |
| 21       | 24         | 120        | 0          | 0          | 90    |
| X        | 65         | 140        | 600        | 800        | 2.500 |
| Y        | > 600      | 0          | 160        | 20         | 3.500 |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. + 2h30

---

| Stations | D.D. Ampic<br>L+ | D.D. Ampic<br>L- | D.D. genta<br>L+ | D.D. genta<br>L- | TD      |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|
| 4        | < 100            | < 100            | < 10             | 40               | 2400    |
| 9        | < 10             | 10               | 0                | 0                | 180     |
| 10       | 0                | 8                | 0                | 0                | 350     |
| 11       | 70               | 60               | 0                | 0                | 1100    |
| 13       |                  |                  |                  |                  |         |
| 14       | 10               | 4                | 0                | 0                | 750     |
| 15       | 40               | 80               | 0                | 4                | 800     |
| 16       | 0                | 2                | 0                | 0                | 500     |
| 17       | 0                | 7                | 0                | 0                | 240     |
| 18       | 0                | 4                | 0                | 2                | 240     |
| 19       | 0                | 2                | 0                | 0                | 250     |
| 21       | 0                | 0                | 0                | 1                | 90      |
| X        | ?                | ?                | 6                | 10               | > 10000 |
| Y        | 110              | 250              | 0                | 100              | 7000    |

---

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. + 2h30

| Stations | DS<br>L+ | DS<br>L- | DD 37<br>L+ | DD 37<br>L- | CHAPMAN |
|----------|----------|----------|-------------|-------------|---------|
| 4        | < 1.000  | 5.000    | 500         | 300         | 600     |
| 9        | ?        |          | 100         | 50          | 300     |
| 10       | < 100    | 2.300    | < 100       | < 10        | 500     |
| 11       | < 100    | 100      | 260         | 200         | 400     |
| 13       |          |          |             |             |         |
| 14       | 100      | 600      | 60          | 130         | 400     |
| 15       | 100      | 300      | 300         | 160         | 500     |
| 16       | < 100    | 100      | 10          | 10          | 100     |
| 17       | 0        | 70       | 0           | 10          | 500     |
| 18       | 0        | 160      | 21          | 20          | 200     |
| 19       | < 100    | 100      | < 100       | 10          | 200     |
| 21       | 0        | 66       | 0           | 4           | 110     |
| X        | 300      | 2.000    | 260         | 450         | 600     |
| Y        | 0        | 3.500    | 450         | 800         | 30      |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - PM + 4h00

| Stations | TCBS<br>S+ | TCBS<br>S- | D 42<br>L+ | D 42<br>L- | TS    |
|----------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 4        | 80         | 350        | 1.400      | < 100      | 8.000 |
| 9        | 25         | 140        | 500        | 130        | 2.500 |
| 10       | 18         | 150        | 200        | < 10       | 2.700 |
| 11       | 55         | 200        | 90         | 60         | 1.800 |
| 13       | 240        | 25         | 130        | 10         | 8.000 |
| 14       | 200        | 140        | 200        | 60         | 8.000 |
| 15       | 300        | 100        | 3.500      | 40         | 1.700 |
| 16       | 17         | 120        | 70         | < 10       | 500   |
| 17       | 15         | 60         | 0          | 1          | 120   |
| 18       | 60         | 200        | 140        | 10         | 1.000 |
| 19       | 25         | 100        | < 10       | < 10       | 800   |
| 21       | 18         | 110        | 8          | 0          | 160   |
| Y        | 70         | 320        | 10         | 0          | 2.500 |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - P.M. + 4h00

| Stations | D.D. Ampic<br>L+ | D.D. Ampic<br>L- | D.D. genta<br>L+ | D.D. genta<br>L- | TD       |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| 4        | < 100            | 400              | 10               | 100              | 4.500    |
| 9        | 60               | 110              | 0                | 12               | 4.500    |
| 10       | 70               | 50               | 0                | 18               | 1.100    |
| 11       | 150              | 240              | 0                | 2                | 1.300    |
| 13       | < 10             | 50               | 0                | 8                | 10.000   |
| 14       | 80               | 240              | 0                | 14               | > 10.000 |
| 15       | 400              | 300              | 0                | 16               | 7.000    |
| 16       | 6                | 6                | 0                | 0                | 450      |
| 17       | 0                | 0                | 0                | 0                | 160      |
| 18       | ?                | 80               | 0                | 1                | 1.500    |
| 19       | 0                | 0                | 0                | 0                | 300      |
| 21       | 0                | 4                | 0                | 0                | 160      |
| Y        | 20               | 70               | 0                | 2                | 7.000    |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - PM + 4h00

| Stations | DS<br>L+ | DS<br>L- | DD 37<br>L+ | -DD 37<br>L- | CHAPMAN |
|----------|----------|----------|-------------|--------------|---------|
| 4        | < 1.000  | 1.000    | 1.400       | 1.000        |         |
| 9        | 200      | 2.000    | 580         | 380          |         |
| 10       | < 100    | 1.600    | 250         | < 10         | 400     |
| 11       | < 100    | 600      | 90          | 140          | 300     |
| 13       | 200      | 2.500    | 130         | 160          | 1.200   |
| 14       | 100      | 3.000    | 200         | 600          | 1.800   |
| 15       | < 100    | 3.000    | 3.500       | 800          | 800     |
| 16       | 100      | < 100    | 70          | 40           | 200     |
| 17       | 0        | 120      | 0           | 8            | 300     |
| 18       | ?        | ?        | 140         | 200          |         |
| 19       | < 100    | 100      | < 100       | 10           | 300     |
| 21       | 6        | 36       | 8           | 8            | 300     |
| Y        | 200      | 2.600    | 80          | 220          | 7       |

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - B.M.

| Stations | TCBS<br>S+ | TCBS<br>S- | D 42<br>L+ | D 42<br>L- | TS     |
|----------|------------|------------|------------|------------|--------|
| 10       |            |            |            |            |        |
| 11       | 280        | 10         | 900        | 40         | 7.000  |
| 14       | 120        | 250        | < 10       | < 10       | 5.000  |
| 16       | 16         | 130        | 210        | 20         | 1.200  |
| 17       | 20         | 120        | 3          | 0          | 180    |
| 18       | 20         | 120        | 75         | 0          | 600    |
| 19       | 14         | 60         | < 10       | < 10       | < 100  |
| 20       | 6          | 40         | 0          | 0          | ?      |
| 21       | 10         | 60         | 35         | 10         | 200    |
| 23       | 20         | 85         | < 0        | 0          | 120    |
| 24       | 15         | 60         | 8          | 1          | 130    |
| 25       | 50         | 120        | 0          | 0          | 90     |
| X        | 280        | 700        | 800        | ?          | 5.000  |
| Y        | 280        | > 100      | 120        | 20         | 14.000 |



BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - B.M.

---

| Stations | D.D. Ampic<br>L+ | D.D. Ampic<br>L- | D.D. genta<br>L+ | D.D. genta<br>L- | TD       |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| 10       |                  |                  |                  |                  |          |
| 11       | 3.000            | 650              | 4                | 4                | > 20.000 |
| 14       | 42               | 76               | 0                | 0                | 1.800    |
| 16       | 0                | 4                | ?                | 0                | 8.000    |
| 17       | 0                | 1                | 0                | 0                | 140      |
| 18       | 0                | 28               | 0                | 2                | 400      |
| 19       | 2                | 0                | 0                | 0                | 100      |
| 20       | 0                | 0                | 0                | 0                | 240      |
| 21       | 10               | 4                | 0                | 0                | 160      |
| 23       | 0                | 0                | 0                | 0                | 80       |
| 24       | 2                | 8                | 0                | 0                | 190      |
| 25       | 0                | 0                | 0                | 0                | 440      |
| X        | 5.000            | ?                | ?                | ?                | 15.000   |
| Y        | 170              | 300              | 180              | 200              | 6.000    |

---

BACTERIOLOGIE NON CONVENTIONNELLE

SITUATION MAREE - B.M.

| Stations | DS<br>L+ | DS<br>L- | DD 37<br>L+ | DD 37<br>L- | CHAPMAN |
|----------|----------|----------|-------------|-------------|---------|
| 10       |          |          |             | < 10        |         |
| 11       | 100      | 3 500    |             | 500         | 1.400   |
| 14       | < 100    | 1 500    |             | 450         | 1.100   |
| 16       | < 100    | 500      |             | 200         | 200     |
| 17       | 12       | 40       | 3           | 12          | 200     |
| 18       | 0        | 600      | 75          | 80          | 300     |
| 19       | < 100    | 200      | < 100       | < 10        | 200     |
| 20       | 12       | 90       | 0           | 2           | 400     |
| 21       | 10       | 100      | 35          | 20          |         |
| 23       | 0        | 120      | 0           | 8           | 300     |
| 24       | 0        | 100      | 8           | 7           | 100     |
| 25       | 0        | 70       | 0           | 10          | 500     |
| X        | 200      | 10000    | > 10000     | 0           | 3.500   |
| Y        | 400      | 7000     | 650         | 1600        | 12      |

FREQUENCE DIRECTIONNELLE DES VENTS A BREHAT - PERIODE 1951-1960  
(en pourcentage) (d'après DARCHEN, 1974)

| Mois                            | Secteur |       |       |       |
|---------------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                                 | N       | E     | S     | O     |
| Janvier                         | 16,7    | 18,1  | 33,5  | 30,7  |
| Février                         | 16,2    | 23,9  | 27,8  | 28,5  |
| Mars                            | 11,2    | 34,6  | 30,0  | 21,9  |
| Avril                           | 23,3    | 30,8  | 16,3  | 26,2  |
| Mai                             | 17,2    | 27,9  | 21,8  | 29,4  |
| Juin                            | 17,6    | 18,6  | 16,7  | 42,7  |
| Juillet                         | 16,7    | 13,2  | 16,3  | 51,7  |
| Août                            | 15,3    | 16,3  | 20,3  | 46,3  |
| Septembre                       | 12,0    | 21,6  | 26,4  | 36,8  |
| Octobre                         | 15,9    | 20,1  | 30,6  | 30,6  |
| Novembre                        | 13,9    | 19,2  | 38,7  | 25,1  |
| Décembre                        | 9,4     | 12,3  | 40,2  | 35,7  |
| Fréquence annuelle<br>moyenne.- | 15,45   | 21,38 | 26,55 | 33,80 |

Calmes = 2,82%

