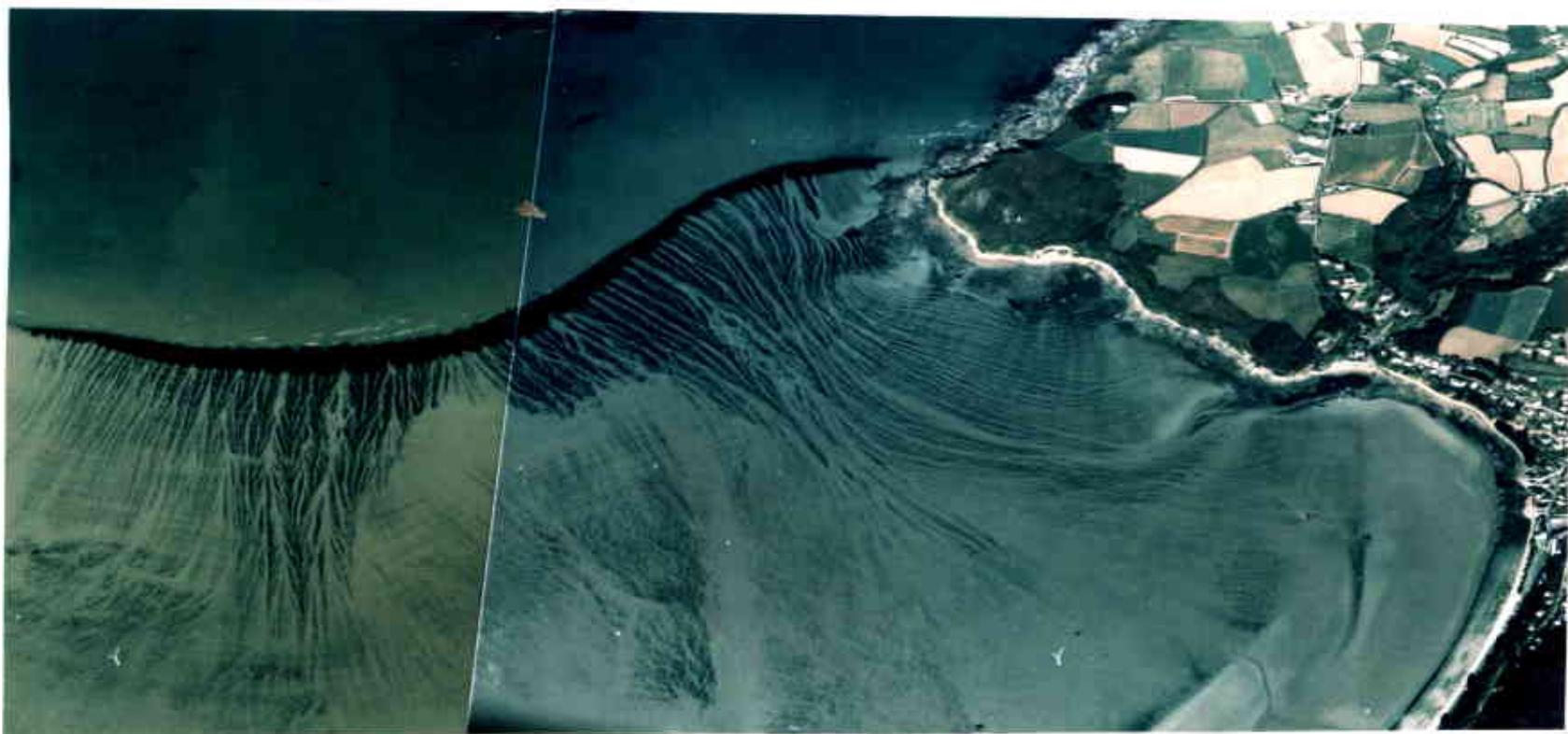


**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DES RECHERCHES OCEANIQUES**

**LES MAREES VERTES**

**SUR LE LITTORAL BRETON**

**BILAN 1985**



*Baie de Lannion*

*(Photo Vic.Chapron)*

*14/10/85*



IFREMER - Centre de BREST SDP  
BP 337 - 29273 BREST CEDEX  
Tel 98 22 40 40 - Telex 940627 F

**DERO - 86 . 29 - EL**

LES MAREES VERTES SUR LE LITTORAL BRETON

BILAN 1985

par

Jean-Yves PIRIOU (DERO/EL)

avec la participation de :

Alain MENESGUEN  
Gilles YOUENOU  
Victorien CHAPRON  
Pierre BODENES

## SOMMAIRE

<u>Introduction</u> .....	1
<u>I. Les marées vertes : un phénomène évolutif</u> .....	1
I.1. Quelques exemples dans le monde .....	1
I.1.1. Cuba .....	1
I.1.2. Australie .....	2
I.1.3. Etangs du Languedoc-Roussillon .....	2
I.1.4. Ailleurs, en France .....	2
I.2. Le cas particulier de la Bretagne .....	2
I.2.1. Tonnages échoués et évolution .....	2
I.2.2. Coûts de ramassage .....	9
I.2.3. Effets sur le tourisme .....	16
<u>II. Détermination des zones de prolifération</u> .....	16
II.1. Populations benthiques fixées (baie de St-Brieuc) .....	16
II.1.1. But de la recherche .....	16
II.1.2. Les Roches de St-Quay au début du printemps .....	16
II.1.3. La baie de St-Brieuc en été .....	18
II.1.4. Comparaison de photographies aériennes .....	18
II.2. Populations flottantes des bas de plage .....	29
<u>III. Influence des facteurs morphologiques et physiques</u> .....	32
III.1. Facteurs favorisant la prolifération en bas de plage ....	32
III.1.1. Morphologie .....	32
III.1.2. Courantologie .....	32
III.1.3. Apports d'origine terrigène .....	32
III.2. Facteurs physiques influençant l'échouage .....	35
III.2.1. Morphologie .....	35
III.2.2. Courantologie .....	35
III.2.3. Vents et houle .....	35
<u>IV. Les apports de sels nutritifs d'origine terrigène</u> .....	38
IV.1. Les apports globaux sur le littoral breton .....	38
IV.1.1. Emissions et apports .....	38
IV.1.2. Les concentrations en eau douce .....	42
IV.1.3. Les débits d'eau douce .....	52
IV.1.4. Les flux .....	52

IV.2. Les concentrations dans le milieu marin .....	63
IV.2.1. Concentrations moyennes .....	63
IV.2.2. Evolution durant l'année .....	63
IV.2.3. Le cas du fond de la baie de St-Brieuc .....	69
IV.3. Les quantités d'azote et de phosphore utilisées par les ulves .....	73
<u>Conclusion</u> .....	75
<u>Bibliographie</u> .....	76

## INTRODUCTION

Le terme marée verte s'applique aux échouages massifs d'algues vertes sur le littoral. Ils produisent des gênes au point de vue accaparement de l'espace ainsi que des mauvaises odeurs après dégradation. C'est un problème complexe, dont les causes n'ont jamais été élucidées avec précision. En effet différents facteurs aussi bien physiques que biologiques ou écologiques semblent a priori influencer le phénomène. L'importance de chacun des facteurs ainsi que les relations entre-eux restent à définir.

Le but de l'étude en cours est de modéliser le phénomène dans son ensemble en indiquant les causes qui le régissent. Il est aussi de montrer aux Pouvoirs Publics que telle action sur les causes prouvées des marées vertes provoquerait tel effet sur le volume des proliférations d'ulves.

Le présent dossier est le bilan de la première des quatre années d'étude, année dite de prospection. Elle fait intervenir une enquête sur les échouages en Bretagne, une bibliographie sur le domaine hydrologique ainsi qu'une cartographie des proliférations d'ulves. Le secteur de la baie de St-Brieuc a été particulièrement choisi parce qu'il y existe plus de connaissances dans le domaine océanologique que dans d'autres secteurs comme la baie de Lannion par exemple.

Un second dossier suivra, consacré plus spécialement à une synthèse bibliographique sur la physiologie des ulves et leur comportement dans le milieu marin.

## I - LES MAREES VERTES : UN PHENOMENE EVOLUTIF TRES ETENDU

### I.1 - Quelques exemples dans le monde

Des proliférations d'algues chlorophycées ont été signalées dans de nombreux pays sans qu'il y ait pour autant de ressemblance apparente entre eux tant du point de vue climatique qu'hydrologique. Certains estuaires de l'Inde sont envahis par les Entéromorphes, des proliférations d'ulves existent aussi bien à Dakar que dans le lac de Tunis ou dans certains fjords de Norvège.

Des articles plus ou moins anciens décrivent le phénomène sans toutefois donner d'explications précises sur son origine.

#### I.1.1 - Cuba

Des proliférations algales sont signalées sur la côte cubaine entre 1956 et 1959 (DIAZ-PIFERRA y LOPES, 1959). En plus d'un développement anormal de Sargassum polyceratium dans la partie Sud-Est de l'île, la côte du Nord-Est est touchée par des échouages très importants de Chlorophycées représentées surtout par Ulva lactuca, Enteromorpha lingulata et Ulva fasciata. Cette dernière algue atteint les 6 mètres de long pour 1,50 m de large. Les accumulations sur les plages ont des épaisseurs de 1 à 4 pieds sur des bandes de plusieurs centaines de mètres de large. Elles blanchissent en surface sous l'effet du soleil et pourrissent sur place.

Il semble, en 1959, que les recherches furent axées sur la valorisation dans les domaines de la nutrition et la fermentation alcoolique.

### I.1.2 - Australie (Anonyme, 1980)

Les algues qui prolifèrent sont du genre Cladophora aff. albida. Elles s'échouent sur les schorres et plages de la partie Ouest des Chimneys, dans le delta de Murray River, dans Austin Bay, dans Peel Inlet. Le phénomène, connu depuis 1960, a vu un net accroissement de 1969 à 1975 puis une légère décroissance jusqu'en 1980. Les années de proliférations et d'échouages intenses ont été accompagnées d'observations de blooms phytoplanctoniques dans les secteurs proches.

Cladophora pousse en eau peu profonde, flotte en surface et s'amoncelle sur les plages. Elle est portée lentement au rivage par l'action des vagues. L'échouage se fait en amas sinueux sur des centaines de mètres de long.

### I.1.3 - Etangs et lagunes du Languedoc-Roussillon (MOLLO, 1985)

Chaque année un phénomène connu sous le nom de "malaïgue" affecte la plupart des étangs et lagunes de cette région de Méditerranée. Au printemps, des Chlorophycées du genre Ulva prolifèrent et s'étalent à la surface de l'eau jusqu'à la fin du mois de juin. Début juillet, la mortalité des algues devient spectaculaire. Accumulées sur le fond, les ulves se dégradent par putréfaction et produisent de l'hydrogène sulfuré. Il y a alors baisse importante de l'oxygène dissous dans l'eau. C'est alors que les Chromatiaceae, bactéries anaérobies et photophiles, prolifèrent et donnent à l'eau une couleur pourpre. C'est la malaïgue.

### I.1.4 - Ailleurs, en France (BRAULT et GOLVEN, 1984)

Des échouages d'ulves sont signalés aussi dans le Nord-Cotentin (Barfleur), dans la baie de Somme, en Charente-Maritime, en Loire-atlantique, sans que cela atteigne les tonnages rencontrés en Bretagne.

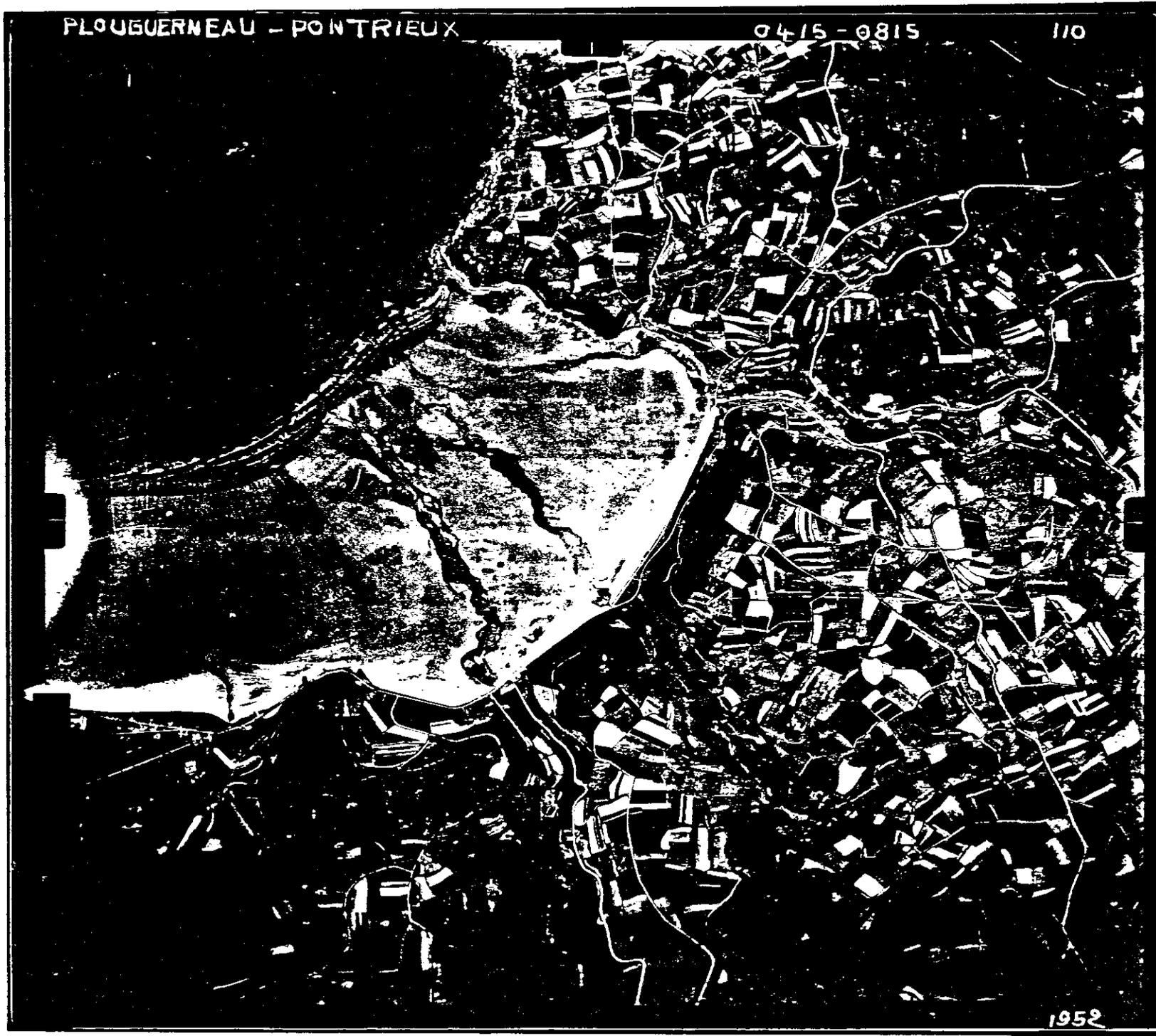
## I.2 - Le cas particulier de la Bretagne

### I.2.1 - Tonnages échoués et évolution

Déjà en 1924, VINCENT, directeur de la station agronomique INRA de Quimper, signale, en parlant d'ulves, que "l'été, sur les côtes de la Manche, le flot en apporte journellement qui, avec les autres algues, forment une sorte de bourrelet dessinant le niveau de la mer".

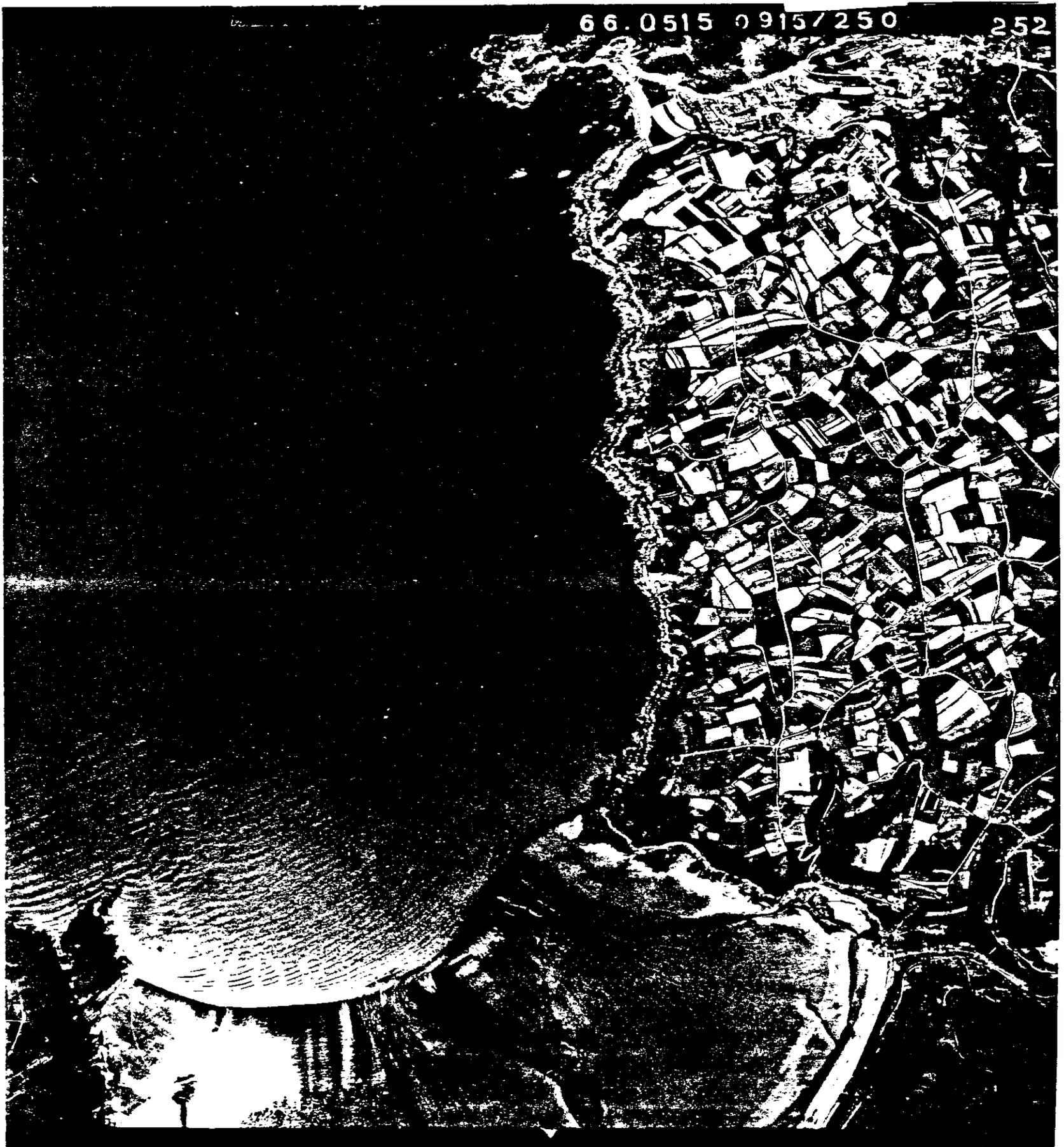
Des photographies aériennes prises par l'Institut Géographique National en 1952 (baie de Lannion, baie de Douarnenez et baie de St-Brieuc) puis en 1966 (baie de Lannion et baie de Douarnenez) indiquent très nettement des proliférations algales au bas de l'eau dans ces zones (photos 1 à 6). Sans qu'il soit possible de l'affirmer avec une certitude absolue, il semble qu'il s'agisse déjà d'ulves. En effet, les photos aériennes prises par l'IFREMER en 1985, avec vérité terrain à l'appui, donnent une même impression de frange au bas de l'eau et d'échouages dispersés en chevelu quand la mer se retire.

**Photo. 1**



*Baie de Lannion 1952 ;I.G.N.*

**Photo. 2**



*Baie de LANNION 1966 ;I.G.N.*

**Photo. 3**

*Baie de LANNION 1985 ;IFREMER(V.Chapron)*

**Photo. 4**

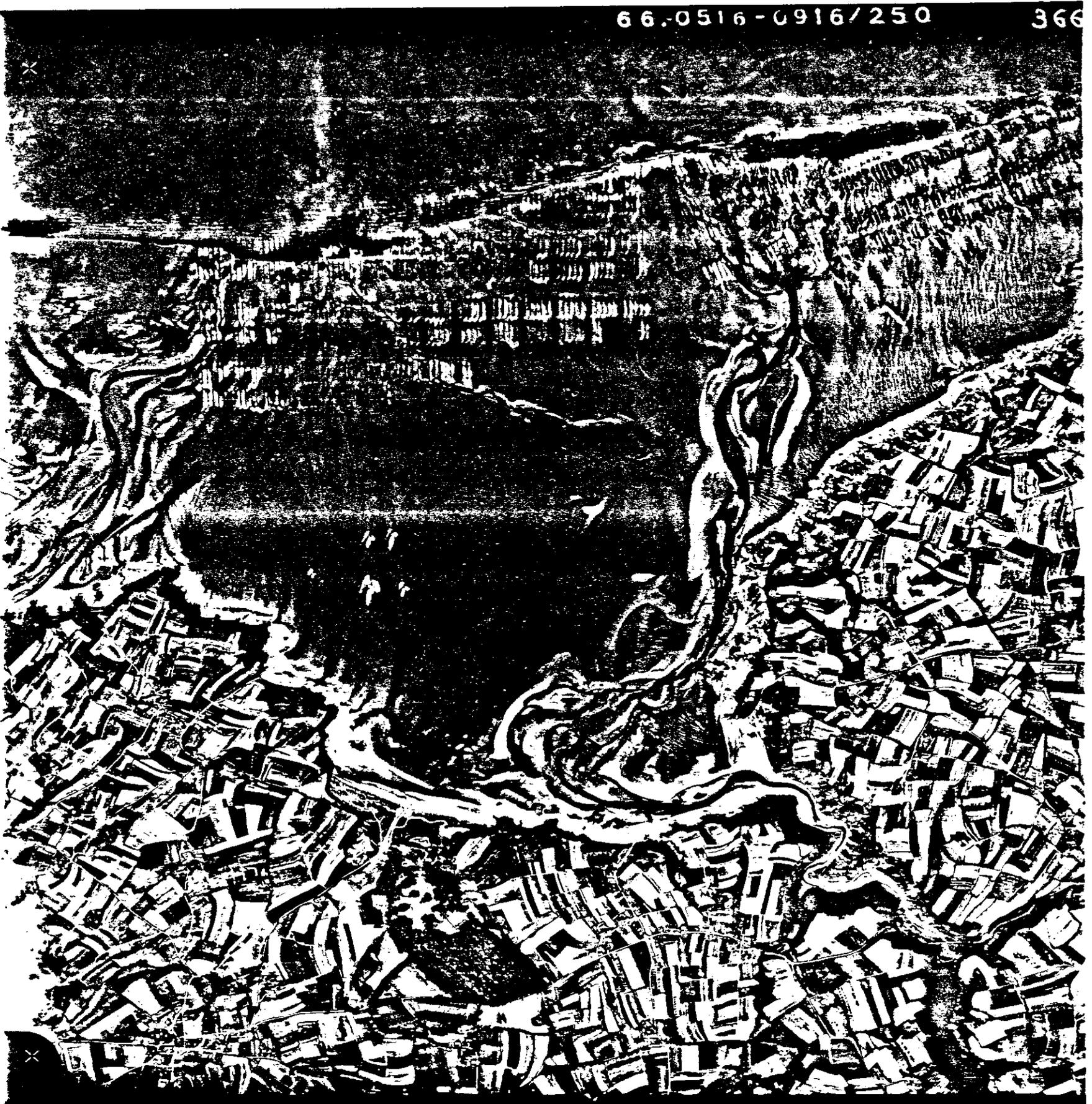


*Bale de DOUARNENEZ 1966 ;I.G.N.*

**Photo. 5**

66-0516-0916/250

366



*Baie de SAINT BRIEUC 1966 ;I.G.N.*

**Photo. 6**

*Baie de SAINT BRIEUC 1985 ;IFREMER(V.CHAPRON)*

Il est donc vraisemblable que les proliférations d'ulves ont existé depuis très longtemps sur les côtes bretonnes et déjà en assez grande importance dans les secteurs les plus touchés aujourd'hui. Les marées noires de ces 20 dernières années et la diminution qui s'en suit des animaux brouteurs (bigorneaux, oursins ...) ne font donc pas partie des causes majeures du phénomène.

Les marées vertes n'ont vraiment été révélées par les médias qu'à partir de 1968 en baie de Lannion, en 1972 en baie de St-Brieuc, en 1979 en baie de Douarnenez, en 1980 en baie de Concarneau. Ces années correspondent, dans la courbe de progression du phénomène, à un premier niveau critique : celui où les marées vertes deviennent une gêne préoccupante pour les riverains. Un deuxième niveau critique est atteint lorsque débute le ramassage sur les plages : 1973 en baie de Lannion et baie de St-Brieuc, 1980 en baie de Douarnenez, 1981 en baie de Concarneau.

L'évolution des quantités ramassées (figure 1) donne une estimation minimale de l'évolution des quantités échouées.

La baie de Lannion semble atteindre un seuil depuis 1981 correspondant à 20000 m<sup>3</sup> ulves ramassées. La baie de St-Brieuc atteindrait aussi un pallier en 1984 correspondant à 11000 m<sup>3</sup> d'ulves ramassées. Ce sont là les deux grandes zones d'échouages d'ulves en Bretagne (tableaux 1 et 2).

Par contre, la rade de Brest, la baie de Concarneau ainsi que le Sud-Bretagne en général, semblent encore dans la phase initiale de croissance du phénomène (figure 2).

### 1.2.2 - Coût du ramassage (tableaux 1 et 2)

Dans les zones où les ulves sont récupérées, les coûts de ramassage sont globalement élevés. La baie de Lannion (Plestin-les-Grèves et St-Michel-en-Grève) supporte la plus grosse part des dépenses qui correspondent à plus de 600 000 francs par an (tableau 2). En baie de St-Brieuc (Hillion surtout) la dépense est environ deux fois moindre. Deux zones finistériennes supportent des coûts relativement élevés : la rade de Brest (plage du Moulin Blanc surtout) avec plus de 200 000 francs par an et la baie de Concarneau qui dépense plus de 180 000 francs annuellement pour le ramassage des ulves sur ses plages. En baie de Douarnenez, par contre, le coût de ramassage serait moindre (environ 50 000 francs) alors que le volume des épaves est élevé (8000 m<sup>3</sup>).

Ces disparités de coûts sont dues à deux facteurs. Certaines villes mettent des moyens en personnel très importants sur des échouages dispersés. Le prix de ramassage au mètre-cube y est élevé : par exemple, 164 francs/m<sup>3</sup> à Brest. D'autres communes utilisent des moyens très rentables dans des secteurs à biomasse importante. Ceci donne un coût très inférieur au mètre-cube : 24 francs/m<sup>3</sup> à Hillion et à St-Michel, 28 francs/m<sup>3</sup> à Plestin, 36 francs/m<sup>3</sup> à Concarneau et Plounevez-Porsay.

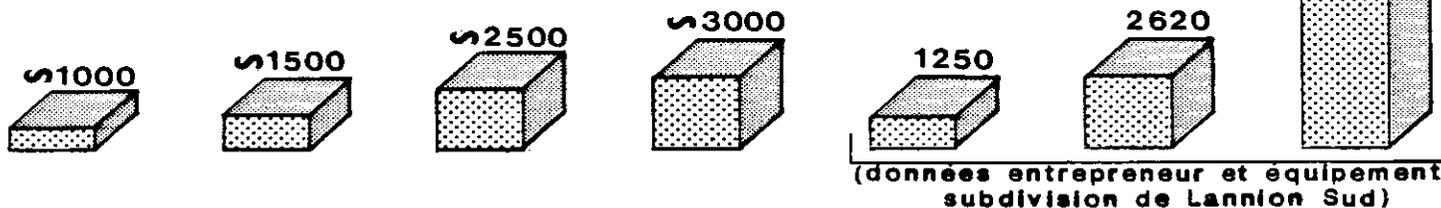
La limitation des subventions départementales dans le Finistère (<30 %) n'incite pas les petites communes à nettoyer leurs plages. Ceci est particulièrement remarquable en baie de Douarnenez. Globalement, le département des Côtes-du-Nord supportait jusqu'en 1984 une large part (80 %) des frais occasionnés. Il semble que 1985 ait vu une diminution de l'aide.

Fig.1

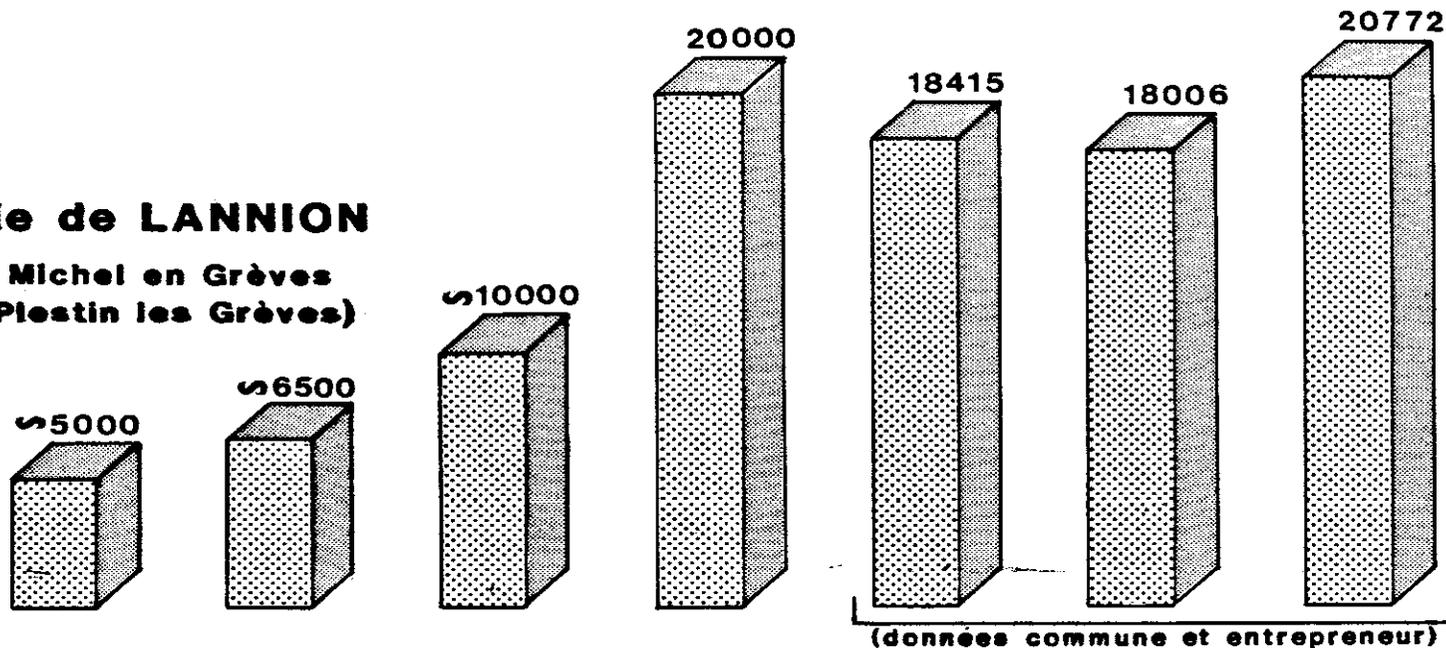
**Evolution des quantités d'ulves ramassées**  
d'après I. LOUINEAU

3000m<sup>3</sup>

**HILLION**  
(Baie de St Brieuc)



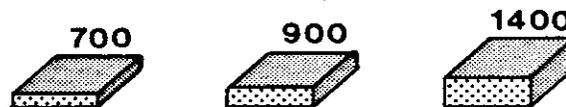
**Baie de LANNION**  
(St Michel en Grèves et Plestin les Grèves)



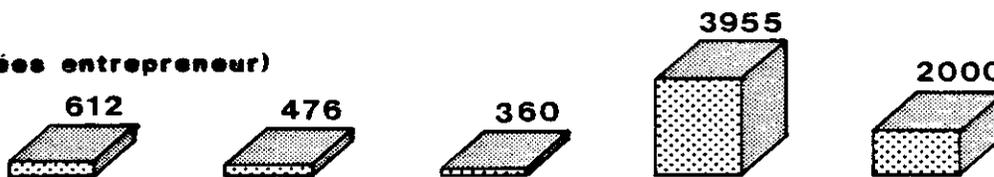
**St POL de LEON** (données entreprise)



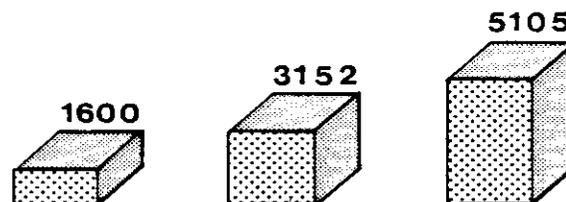
**BREST** (données service technique)



**Baie de Douarnenez** (données entrepreneur)  
(Plounévez Porzay, Ploeven et Douarnenez)



**CONCARNEAU** (données entrepreneur)



1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984

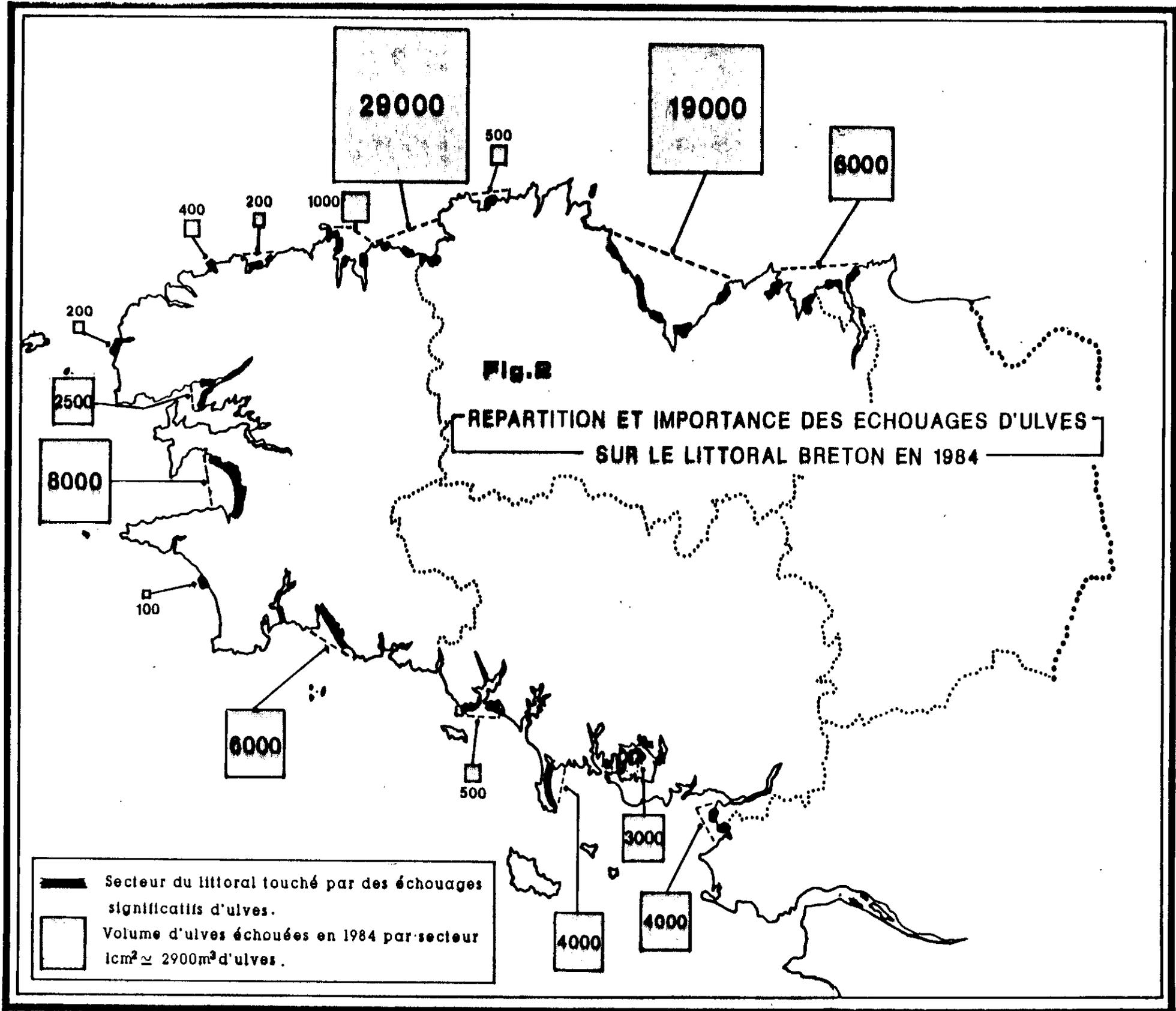


Tableau 1 : Marées Vertes - Bretagne 1984

Estimations globales des biomasses d'ulves échouées  
et des coûts de ramassage

BILAN BRETAGNE 1984

Volume total d'ulves échouées (m3) : 84 300 m3

Coût total annuel du ramassage (en francs) : 1 644 000 francs

POURCENTAGES

	Volume échoué (% du total)	Coût du ramassage (% du total)
Baie de Lannion	34,3	40,0
Baie de St-Brieuc	22,5	21,3
Baie de Douarnenez	9,5	3,0
Baie de Concarneau	7,1	11,1
Baies de St-Malo à Fréhel	7,1	1,7
Baie de Quiberon	4,8	4,2
Pointe de Penestin	4,8	3,0
Golfe du Morbihan	3,5	0,3
Rade de Brest	3,0	14,2
Baie de Morlaix	1,2	0,2
Estuaire de Lorient	0,6	0,5
Côte de Granit rose	0,6	0,5
Estuaire du Quillimadec	0,5	0
Baie de Goulven	0,2	0
Côte des Abers	0,2	0
Baie d'Audierne	0,1	0

Tableau 2 : RESULTATS

Enquête IFREMER Décembre 1984

Secteur	Zone, plage, ...	Volume d'ulves estimé (en m3)	Coût du ramas- sage en 1984 (en francs)
Baie de St-Malo à Fréhel	Baie de St-Malo	1 000	-
	Plages de St-Lunaire	2 000	30 000
	Baie de Lancieux	1 500	-
	Baie de la Fresnaye	1 500	-
	<b>TOTAL</b>	<b>6 000</b>	<b>30 000</b>
Baie de St-Brieuc	Porz Lazo	2 000	6 000
	Minard		
	Baie de Bréhec	2 000	10 000
	Port de St-Quay	500	40 000
	Anse de St-Marc	500	1 500
	Tournemine		
	Les Rosaires Plérin	3 000	80 000
	St-Laurent Hillion Morieux	11 000	210 000
<b>TOTAL</b>	<b>19 000</b>	<b>347 500</b>	
Côte de Granit rose	Anse de Trestel (Trévou-Tréguinec)	300	5 000
	Anse de Trestaou (Perros-Guirec)	200	3 000
	<b>TOTAL</b>	<b>500</b>	<b>8 000</b>
Baie de Lannion	Anse de Guimaëc	500	-
	Baie de Locquirec	3 000	45 000
	Grève de Plestin	15 000	280 000
	Grève de St-Michel	10 000	323 000
	Anse de Goalagorn (Lannion)	200	-
<b>TOTAL</b>	<b>28 700</b>	<b>648 000</b>	
Baie de Morlaix	Plage de St-Samson (Plougasnou)	200	2 500
	Anse de Lingoz (Henvic)	300	-
	Port de Pempoul (St-Pol)	300	-
	Roscoff	300	-
	<b>TOTAL</b>	<b>1 100</b>	<b>-</b>

Tableau 2 (suite).

Secteur	Zone, plage, ...	Volume d'ulves estimé (en m <sup>3</sup> )	Coût du ramas- sage en 1984 (en francs)
Baie de Goulven	Grève de Goulven (Tréfléz)	100	-
	Porzguen (Plouescat)	100	-
	<b>TOTAL</b>	<b>200</b>	<b>0</b>
Baie de Guisseny	Anse du Curnic	400	-
	Plage de Neiz Vran		
	<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>0</b>
Sortie de l'Aber-Ildut	Porzpol (Lampaul- Plouarzel)	100	0
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>0</b>
Rade de Brest	Plage du Moulin-Blanc (Brest)	1 500	230 000
	Presqu'île de Plougastel (Nord et Nord-Ouest)	1 000	5 000
	<b>TOTAL</b>	<b>2 500</b>	<b>235 000</b>
Baie de Douarnenez	Plage du Portzic (Crozon)	300	-
	Anse de Caon (Telgruc)	500	5 000
	Plage de Pentrez	1 200	-
	Anse de Kervigen	2 000	10 000
	Plage de Ste-Anne	2 500	25 000
	La Palud		
	Anse d'Ar Vechen	1 500	10 000
	<b>TOTAL</b>	<b>8 000</b>	<b>50 000</b>
Baie d'Audierne	Plages de Poulhan (Plozevet)	100	-
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>-</b>
Baie de Concarneau	6 plages de Concarneau et Fouesnant	6 000	185 000
	<b>TOTAL</b>	<b>6 000</b>	<b>185 000</b>

Tableau 2 (suite).

Secteur	Zone, plage, ...	Volume d'ulves estimé (en m3)	Coût du ramass- age en 1984 (en francs)
Sortie du Blavet	Baie de Locmalo (Riantec)	200	3 000
	Larmor Plage	300	5 000
	<b>TOTAL</b>	<b>500</b>	<b>8 000</b>
Baie de Quiberon	Plages Est de Quiberon	3 000	45 000
	Plages Est de St-Pierre Quiberon	1 000	20 000
	<b>TOTAL</b>	<b>4 000</b>	<b>65 000</b>
Golfe du Morbihan	Anse de Noyal	300	-
	Anse de Vannes	500	3 000
	Ile d'Arz	1 000	-
	Ile aux Moines	1 000	-
	Larmor - Baden	300	-
	<b>TOTAL</b>	<b>3 100</b>	<b>3 000</b>
Plage de Pénestin	Plage du Paladrin	4 000	50 000
	Plage de Maresclé	4 000	50 000
	<b>TOTAL</b>	<b>4 000</b>	<b>50 000</b>
	<b>VOLUME TOTAL ESTIME</b>	<b>84 200 m3</b>	
	<b>COÛT TOTAL ANNUEL DU RAMASSAGE EN BRETAGNE</b>		<b>1 632 000 F</b>

### I.2.3 - Effets sur le tourisme

L'impact négatif sur le tourisme pourrait avoir deux causes : la mauvaise odeur provoquée par la fermentation des ulves en haut de plage et l'accaparement de l'espace par les échouages et les proliférations. L'impact est cependant variable selon le type de tourisme traditionnellement implanté dans la région. Par exemple, une enquête (LOUINEAU, 1985) faite en baie de Lannion prouve que, dans le cas d'un ramassage régulier en été et **uniquement dans ce cas**, l'impact négatif sur le tourisme serait peu marqué. En effet, la majorité des vacanciers qui transitent en Bretagne-Nord sont relativement peu portés vers les activités plagistes, mais plutôt vers le nautisme, la pêche, la promenade, la découverte du milieu.

Par contre, l'enquête en baie de Douarnenez indique un effet négatif très important sur le tourisme estimé à plus de 50 % de baisse de fréquentation. Ceci est dû, d'une part à l'insuffisance du ramassage des algues, d'autre part à la recherche d'activités plagistes par les touristes dans ce secteur de Bretagne-Sud.

## II - DETERMINATION DES ZONES DE PROLIFERATION

### II.1 - Populations benthiques fixées (baie de St-Brieuc)

#### II.1.1 - Buts de la recherche

La baie de St-Brieuc a été choisie comme secteur d'étude parce qu'il y existe de bonnes connaissances en matière d'hydrologie qui serviront dans l'établissement d'un modèle faisant intervenir tous les facteurs influant sur la prolifération et l'échouage massif des ulves.

Une zone de prolifération d'algues fixées sur support benthique a été décrite en 1977 par KOPP. Elle comprend l'ensemble des roches de St-Quay, du plateau des Hors et du littoral de Bréhec à Etables-sur-Mer (figure 3).

Il est indiqué que ces colonies d'ulves sont extrêmement fluctuantes à cause d'une instabilité des fonds. Il s'agissait donc de vérifier, en 1985, la présence de peuplements d'ulves dans ces zones et les environs.

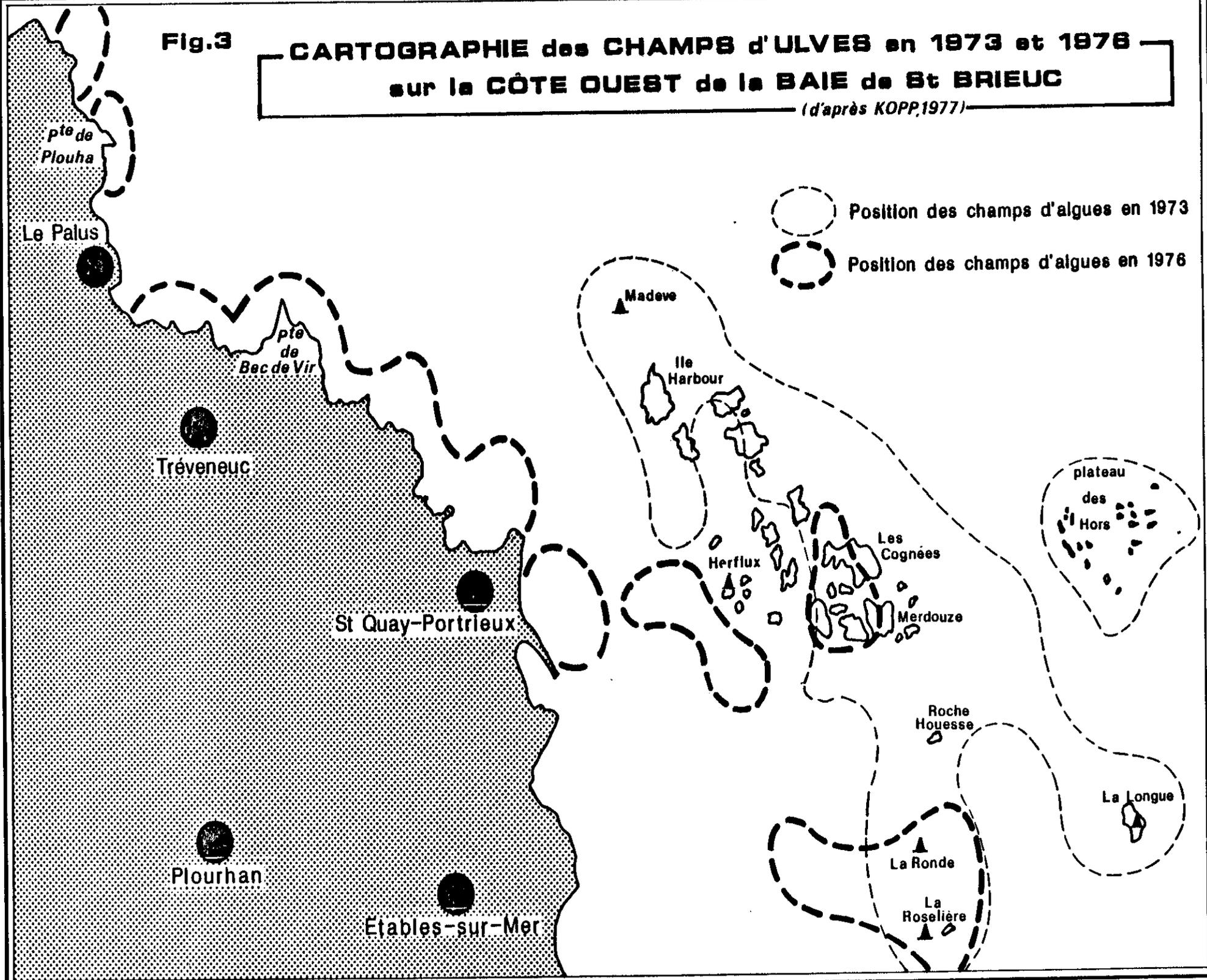
#### II.1.2 - Les roches de St-Quay au début du printemps

Des prospections à pied sur les roches émergées à basse mer de coefficient élevé ont fait découvrir, par endroits, des superficies assez notables d'ulves. Les rochers littoraux de St-Quay-Portrieux à Plouha en comportent déjà en février 1985 (de l'ordre de 100 à 200 thalles au maximum par mètre-carré). De semblables densités ont été constatées en mars sur les rochers émergés dans la partie Sud des roches de St-Quay. Mais ces zones éparses, situées entre + 0,5 m et + 2 m par rapport au zéro marin, ne constituent pas des champs denses comme l'indique KOPP (1977). Ce sont plutôt des touffes éparses d'*Ulva* sp. colonisant des secteurs du substrat dur, vierges d'autres espèces d'algues, et souvent recouverts d'une fine pellicule de sable. La présence de cette couche de sédiment fin peut expliquer la difficulté de colonisation par les autres algues (Rhodophycées, Phaeophycées). Il semble que les Chlorophycées s'adaptent plus facilement à ce genre de substrat et en profitent.

Fig.3

**CARTOGRAPHIE des CHAMPS d'ULVES en 1973 et 1976**  
**sur la CÔTE OUEST de la BAIE de St BRIEUC**

(d'après KOPP,1977)



Une prospection par vidéo sous-marine et plongées dans la zone constamment immergée, effectuée les 29 et 30 avril, n'a pas donné de résultats positifs concernant la présence de champs d'ulves sur les fonds marins. Des densités maximales de 2 à 10 petites ulves pour 10 m<sup>2</sup> sont observées sur les fonds de 5 à 10 mètres dans la partie Sud des roches de St-Quay et au centre du plateau des Hors. Ceci paraît négligeable en comparaison des biomasses échouées sur le littoral de la baie de St-Brieuc. Il semble cependant que les pentes rocheuses plus proches du zéro marin comportent par endroit, souvent associées à d'autres algues ou bien en épiphytes, des touffes d'ulves plus nombreuses et plus grandes (observations près de La Ronde), sans que ceci puisse être qualifié de prolifération.

### II.1.3 - La baie de St-Brieuc en été

Il semblait nécessaire de prospecter d'une part une zone plus étendue et d'autre part en saison d'échouage maximal. Une deuxième série de mesures a été effectuée les 25 et 26 juin 1985 entre l'embouchure du Trieux et le Sud des roches de St-Quay. La vidéo sous-marine en noir et blanc s'est avérée inefficace pour une détermination fiable des ulves sur le fond. En effet la définition insuffisante de la vidéo et la ressemblance morphologique entre certaines Rhodophycées (*Rhodymenia palmata* ...) et les ulves, provoquent des confusions, mises en évidence par des "vérités-terrain" effectuées par des plongeurs. Par contre, les photographies sous-marines en couleur prises à intervalle régulier et à différents endroits (figures 4 et 5) permettent de donner une idée de l'importance ponctuelle du phytobenthos et de ses espèces (tableau 3). Ces données permettent de dire qu'il existe des ulves en petite quantité sur les fonds marins de l'entrée du Trieux et des chenaux de l'île de Bréhat. En revanche, les fonds sédimentaires entre la pointe de l'Arcouest et St-Quay-Portrieux n'en supportent pas. La nouvelle prospection autour des roches de St-Quay (figure 6) confirme le fait qu'il existe des ulves en quantité moyenne ponctuellement sur des fonds sédimentaires abrités du Sud et du Sud-Ouest ou sur les pentes des rochers à Laminaires (tableau 4). La prospection dans le même secteur les 1er et 2 août 1985 n'a rien apporté de nouveau, si ce n'est qu'il existe moins d'ulves en fin d'été qu'au mois de juin, aussi bien dans l'entrée du Trieux (figure 4 ; tableau 5) qu'au Sud des roches de St-Quay (figure 7 ; tableau 6).

En conclusion, il ressort qu'il n'existe vraisemblablement pas de champs d'ulves très étendus et denses. Les ulves poussent préférentiellement en touffes sur les roches quand il n'y a pas d'autre colonisation algale, ou bien en épiphyte sur d'autres espèces (photographie). Un nouveau matériel vidéo en couleur et plus léger permettra sans doute de cartographier plus précisément cette zone en 1986.

### II.1.4 - Comparaison de photographies aériennes

Il est possible de suivre l'évolution des fonds rocheux de la zone des roches de St-Quay par comparaison de clichés aériens de l'IGN de 1952 à 1982 et de l'IFREMER en 1985 (CHAPRON et PIRIOU : 6 mai, 3 juillet et 14 octobre). Il est évident que, globalement, la superficie rocheuse non couverte de sédiments a plus que doublé dans la période comprise entre 1966 et 1978 (figures 6 et 7).

3'05 **Fig.4** — PHYTOBENTHOS —BAIE DE ST BRIEUC— —1985—

Traits de vidéo et photos sous-marines

— trait vidéo et photos  
-15-F- référence du trait

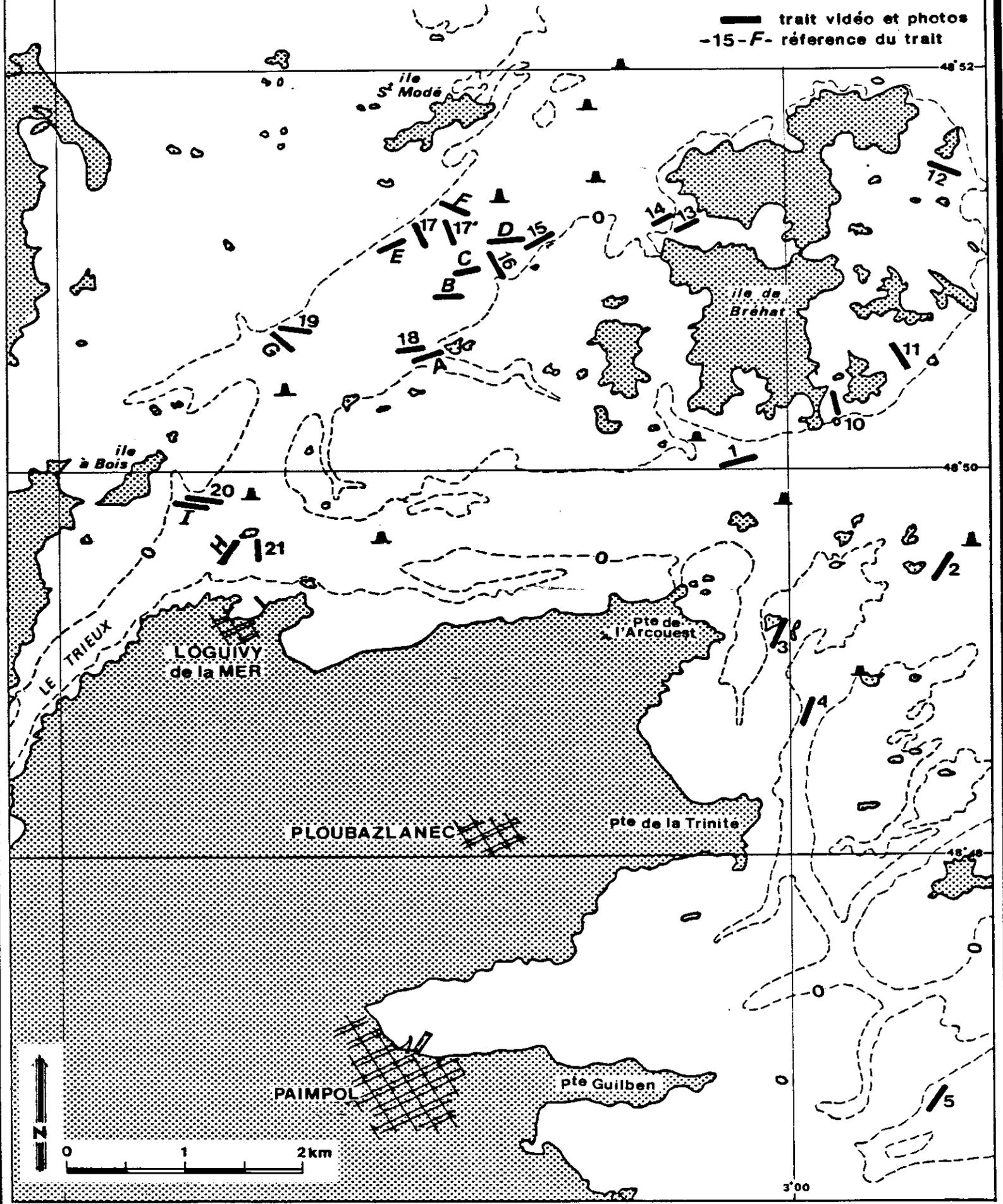
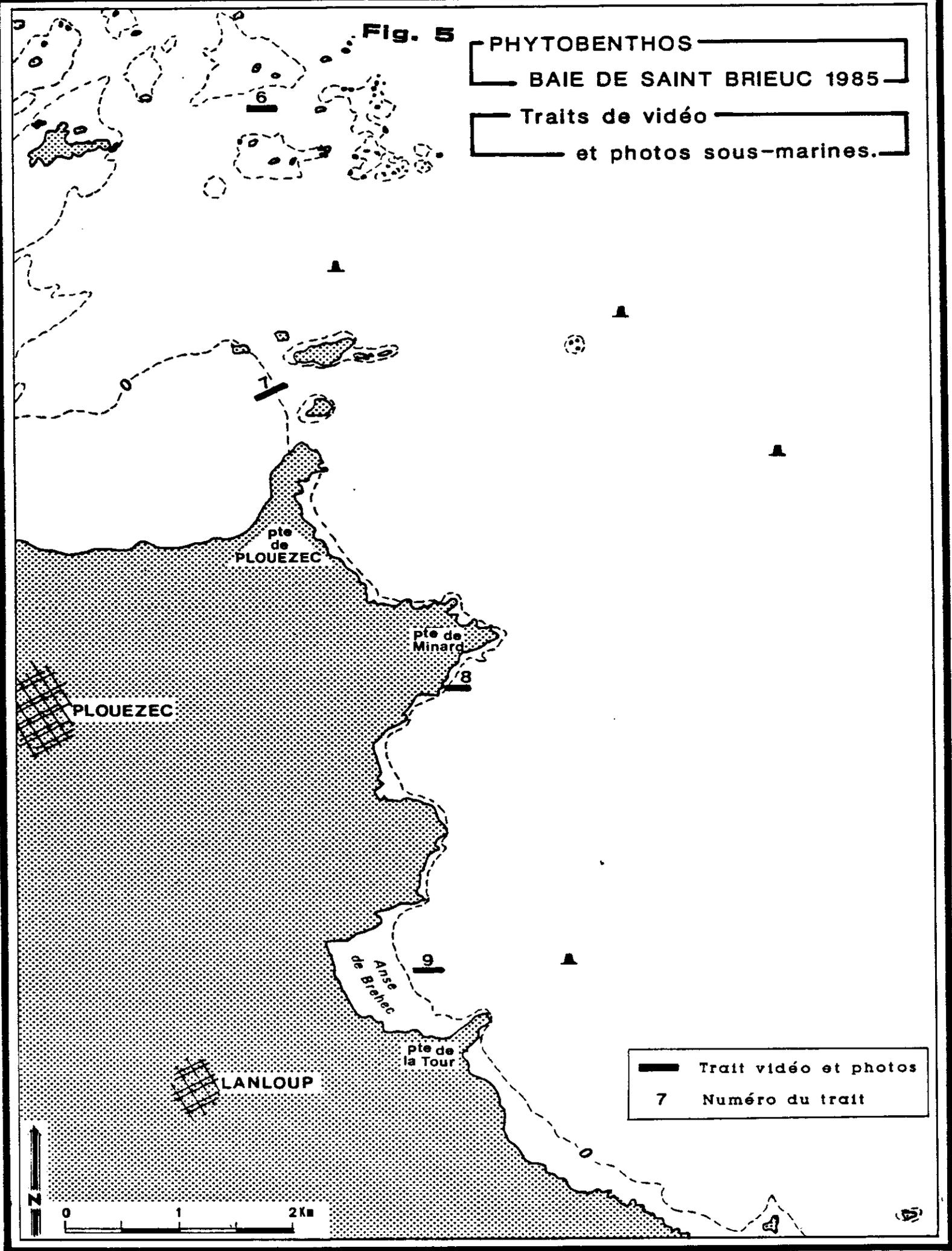


Fig. 5

PHYTOBENTHOS  
 BAIE DE SAINT BRIEUC 1985  
 Traits de vidéo  
 et photos sous-marines.



— Trait vidéo et photos  
 7 Numéro du trait

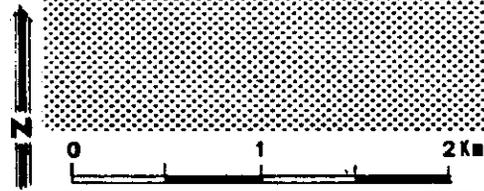


Tableau 3 : Phytobenthos - baie de St-Brieuc

Prospections du 26 juin 1985 dans le secteur Bréhat - Paimpol  
(vidéo et photos sous-marines)

Numéro du trait (cf. fig. 4 et 5)	Coordonnées DECCA		Nature du fond	Nature du phytobenthos			
	Début	Fin		% de re-couvrement	Groupes principaux (ou espèces)	Ulves	
						Nombre moyen (au m <sup>2</sup> )	Tailles estimées (en cm)
1			sable, maërl, coquilles	10 à 20	rhodophycées	0	
2			graviers, maërl, coquilles	5 à 20	sargasses ou zostères	0	
3			sables grossiers, coquilles	5 à 10 5 à 10	sargasses ou rhodophycées	0 0	
4			vase, coquilles	0 à 5	sargasses ou pieds rabougris de zostères	0	
5			vase, coquilles	0 à 10	sargasses ou zostères	0	
6			sables, coquilles	5 à 20	rhodophycées, chlorophycées (Cladophora, Chaetomorpha), quelques sargasses	0	
7			sables, coquilles	20 à 50	sargasses	0	
8	48°45'03"N 2°56'11"W		sables, coquilles	0			
9	48°43'50"N 2°56'13"W		sables, coquilles	0			
10			sable fin	20 à 70	champ de zostères, quelques sargasses	5 à 20	5 à 10
11	48°50'59"N		sable fin	10 à 50	sargasses, zostères éparses	0	

Tableau 3 (suite)

Numéro du trait (cf. fig. 4 et 5)	Coordonnées DECCA		Nature du fond	Nature du phytobenthos			
	Début	Fin		% de re-couvrement	Groupes principaux (ou espèces)	Ulves	
						Nombre moyen (au m <sup>2</sup> )	Tailles estimées (en cm)
12	48°51'49"N 2°58'79"W		sable fin ou graviers	20 à 80	sargasses	0 à 5	5 à 10
13	48°51'30"N 3°00'67"W		sable fin	5 à 20	entéromorphes Cladophora, Chaetomorpha	0	
14	48°51'30"N 3°00'74"W			40 à 70	zostères	0	
15	48°51'15"N 3°01'86"W	48°51'18"N 3°01'77"W	cailloutis, graviers	20 à 40	rhodophycées	20 à 50	2 à 5
16	48°51'00"N 3°02'01"W	48°31'04"N 3°01'82"W	cailloutis	40 à 60	rhodophycées surtout	10 à 20	2 à 10
17	48°51'19"N 3°03'33"W	48°51'20"N 3°02'23"W	cailloutis, coquilles	50 à 60	rhodophycées surtout	10 à 20	3 à 5
17'	48°51'19"N 3°02'39"W	48°51'24"N 3°02'01"N	cailloutis et graviers puis gros pavés	30 à 40 5 à 10	rhodophycées rhodophycées	2 à 10	3 à 5
18	48°50'76"N 3°02'54"W	48°50'79"N 3°02'44"W	cailloutis, graviers	30 à 60	rhodophycées dont <u>Delesseria sanguinea</u>	0	
19	48°50'71"N 3°03'16"W	48°50'73"N 3°03'06"W	cailloutis et coquilles	30 à 40	rhodophycées + chlorophycées	5 à 10	2 à 5
20	48°49'81"N 3°04'15"W	48°49'84"N 3°04'06"W	sable fin	10 à 20	zostères entéromorphes	3 à 10	2 à 5
21	48°49'68"N 3°03'67"W	48°49'71"N 3°03'70"W	sable grossier et cailloutis	50 à 60	rhodophycées Halidrys	10 à 50	10 à 20

Tableau 4 : Phytobenthos - baie de St-Brieuc

Prospections du 25 juin 1985 dans le secteur des Roches de St-Quay  
(vidéo et photos sous-marines)

Numéro du trait	Coordonnées DECCA		Nature du fond	Nature du phytobenthos			
	Début	Fin		% de re-couvrement	Groupes principaux (ou espèces)	Ulves	
						Nombre moyen (au m <sup>2</sup> )	Taille estimée (en cm)
1	Plateau des Hors		Sable et coquilles	5 à 20	Cladophora, Chaetomorpha	0	
2	Plateau des Hors		Sable grossier	10 à 40	Cladophora, Chaetomorpha	0	
9	Sud Roches de St-Quay		Sable, coquilles	20 à 40	Cladophora, Chaetomorpha, ulves	10 à 50	5 à 10
11	Sud Roches de St-Quay		Sable, coquilles	20 à 80	Chlorophycées, Zostères, champ de Sargasses	0	
12	Sud de la Ronde		Maërl, coquilles, roche	20 à 60	Cladophora, ulva, Laminaires	5 à 30	10 à 40
13	Entre la Ronde et la Roselière		Maërl, coquilles	10 à 60	Rhodophycées, Laminaires, Halidrys, ulves	maxi 5	10 à 20

Tableau 5 : Phytobenthos - baie de St-Brieuc

Prospections des 1er et 2 juin 1985 dans le secteur du Trieux à Bréhat  
(vidéo et photos sous-marines)

Numéro du trait Cf. fig.4	Coordonnées DECCA		Nature du fond	Nature du phytobenthos			
	Début	Fin		% de re-couvrement	Groupes principaux (ou espèces)	Ulves	
						Nombre moyen (au m <sup>2</sup> )	Taille estimée (en cm)
A	48°50'67"N 3°02'72"W	48°50'72"N 3°02'56"W	coquilles + graviers fin : blocs rocheux	0 5 à 10	rhodophycées*	0	
B	48°50'93"N 3°02'36"W		blocs rocheux	5 à 30	rhodophycées	0	
C	48°50'99"N 3°02'20"W	48°51'08"N 3°01'90"W	blocs rocheux fin : sable grossier	30 à 60 10 à 30	rhodophycées rhodophycées	0 0	
D	48°51'12"N 3°01'94"W		blocs rocheux	60 à 70	rhodophycées	0	
E	48°51'17"N 3°02'61"W	48°51'12"N 3°02'65"W	cailloutis, graviers coquilles	10 à 40	rhodophycées	0 à 3	10 à 15
F	48°51'26"N 3°02'36"W	48°51'19"N 3°02'33"W	cailloutis (+lanices)	30 à 50	rhodophycées	0	
G	48°50'80"N 3°03'50"W	48°50'63"N 3°03'29"W	vase puis cailloutis	5 à 20 30 à 60	zostères, sargasses, rhodophycées	0 à 10 0	5 à 20
H	48°49'65"N 3°03'74"W		cailloutis	50 à 70	rhodophycées	0	
I	48°49'86"N 3°04'13"W	48°49'92"N 3°04'11"W	vase ou sable coquillier	50 à 70	zostères	0	

\* Calliblepharis, Polysiphonia, Gigartina, Cystoclonium ...

Fig. 8

CARTOGRAPHIE DES FONDS ROCHEUX SUPPORTS DE  
PHYTOBENTHOS, DEVANT SAINT QUAY PORTRIEUX

(d'après photos aériennes I.G.N. en 1952 et 1966).

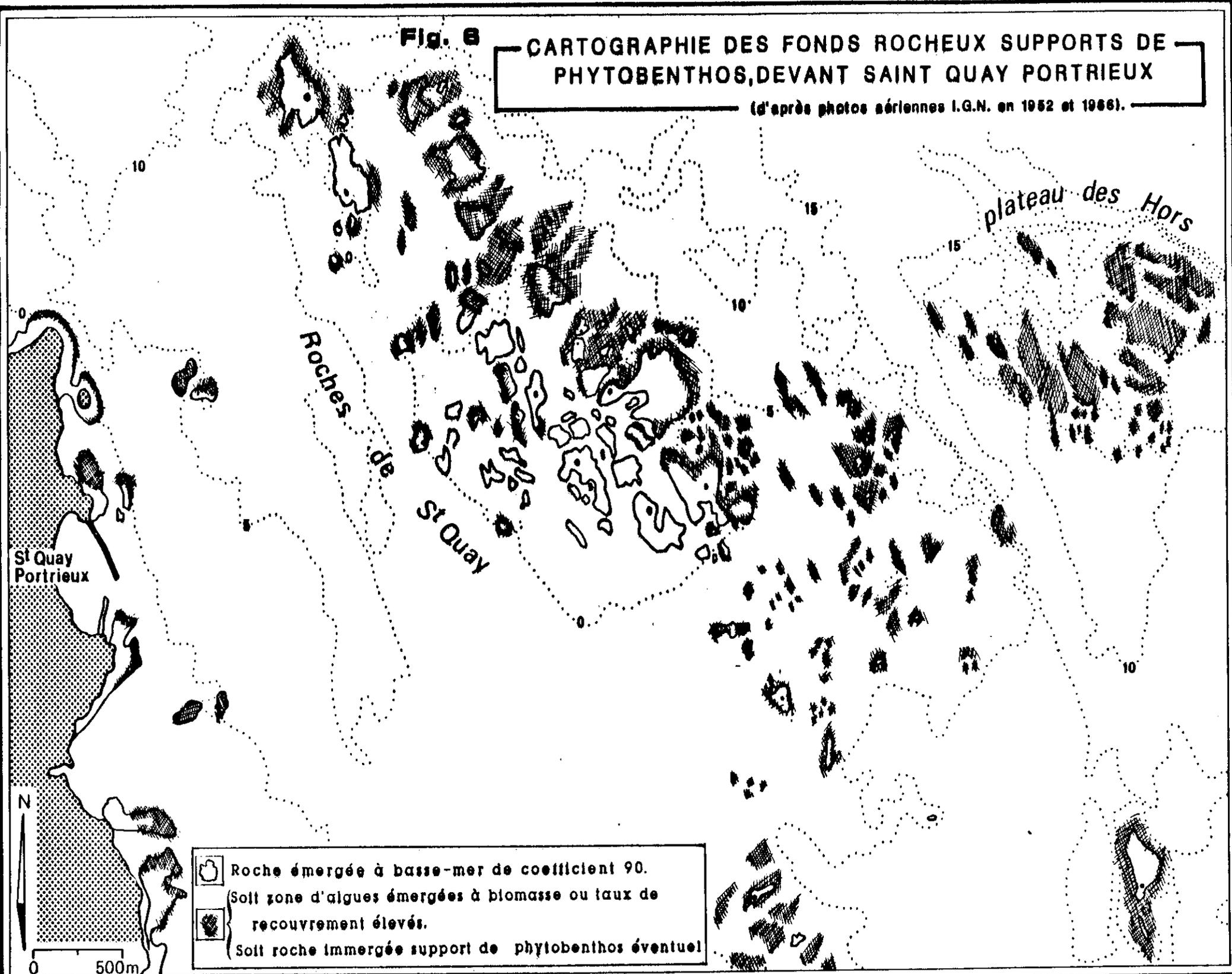
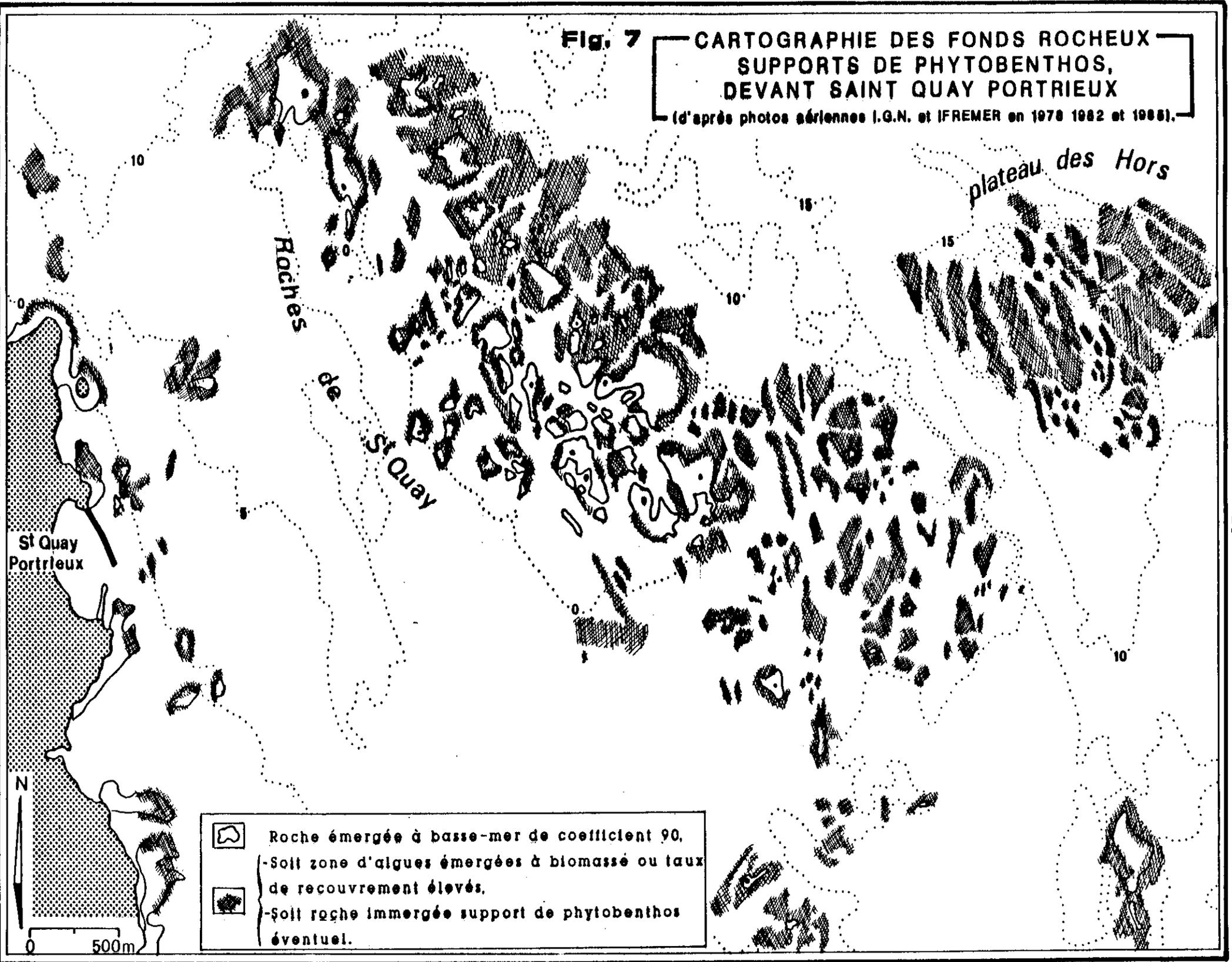


Fig. 7

CARTOGRAPHIE DES FONDS ROCHEUX  
SUPPORTS DE PHYTOBENTHOS,  
DEVANT SAINT QUAY PORTRIEUX

(d'après photos aériennes I.G.N. et IFREMER en 1978 1982 et 1985).



-  Roche émergée à basse-mer de coefficient 90,  
- Soit zone d'algues émergées à biomasse ou taux  
de recouvrement élevés.
-  - Soit roche immergée support de phytobenthos  
éventuel.

Tableau 6 : Phytobenthos - baie de St-Brieuc

Prospections du 2 août 1985 dans le secteur des Roches de St-Quay  
(vidéo et photos sous-marines)

Numéro du trait	Coordonnées DECCA		Nature du fond	Nature du phytobenthos			
	Debut	Fin		% de re-couvrement	Groupes principaux (ou espèces)	Ulves	
						Nombre moyen (au m <sup>2</sup> )	Taille estimée (en cm)
A	48°38'53"N 2°46'46"W	48°38'59"N 2°46'42"W	coquilles, graviers + sable	5 à 10	rhodophycées chlorophycées	0 à 10	2 à 10
B	48°38'82"N 2°46'52"W	48°38'92"N 2°46'42"W	coquilles + maërl	5 à 10	chaetomorpes sargasses fin : laminaires	0 à 3	2 à 10
C	48°38'88"N 2°46'89"W		sable + maërl	5 à 10	chlorophycées	0 à 10	2 à 10
D	48°38'71"N 2°47'71"W	48°38'78"N 2°46'98"W	sable et graviers	5 à 70	sargasses	0	
E	48°39'64"N 2°44'90"W		rocher	30 à 50	laminaires	0	

**Photo. 7**



*Ulve fixe ;IFREMER 1985*

Les clichés antérieurs à 1966 se ressemblent, ceux postérieurs à 1978 sont comparables (même à différentes saisons d'une même année : 1985). Il semble qu'une érosion sédimentaire intense ait provoqué une mise à nu de substrats rocheux entre 1966 et 1978. Ces roches sont aujourd'hui en partie colonisées par des algues de toutes espèces, en particulier par des Laminaires (Laminaria digitata, Laminaria saccharina) et par des Rhodophycées (Palmaria palmata ...). Les ulves (Ulva olivascens principalement) paraissent y avoir leur place, entre les autres espèces ou bien en épiphytes sur celles-ci. Le matériel utilisé en 1985 (bâti vertical suspendu sous bateau en dérive) rendait impossible la prospection dans ces zones rocheuses accidentées. L'année 1986 verra des recherches intensifiées dans cette zone constamment immergée grâce à un matériel nouveau.

## II.2 - Populations flottantes des bas de plage

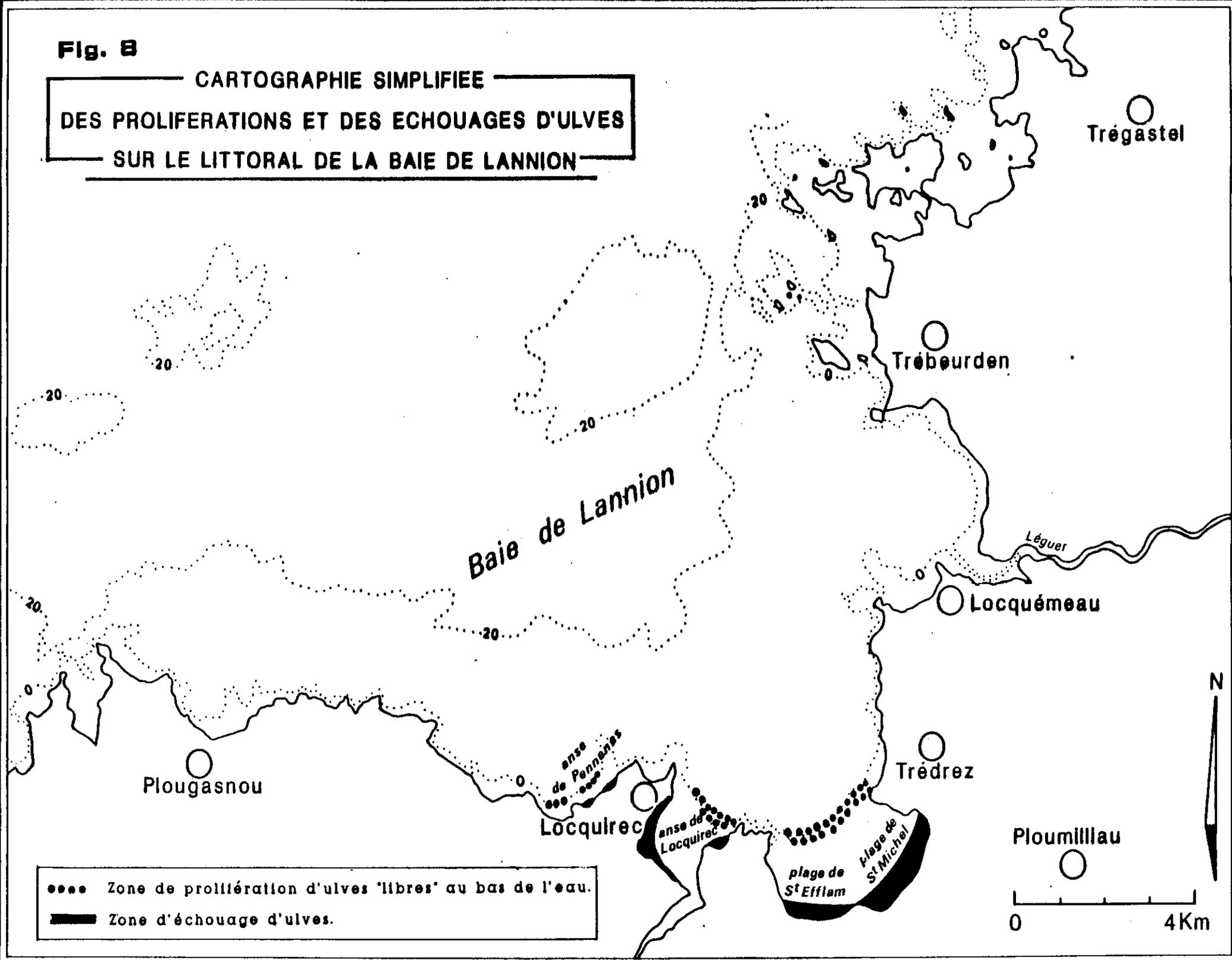
Des photographies aériennes, prises lors des sorties IFREMER les 6 mai, 3 juillet et 14 octobre 1985, ont permis de déterminer des zones de proliférations d'ulves au bas de l'eau, peu visibles à partir du sol. Une masse compacte de thalles d'ulves, flottant dans l'eau peu profonde, va et vient au gré des marées à la limite des eaux. Cette ligne sombre de séparation entre l'eau et le sable est visible sur des photographies aériennes prises par l'IGN et l'IFREMER (photographies 3 et 6). Il semble qu'il y ait un début de prolifération d'ulves en bas de plage, en baie de Douarnenez dès 1952 (plage de Pentrez, la lieue de Grève, anse de Kervigen) puis en 1966 (anse d'Ar Vechen, anse du Ris). Cette biomasse flottante est encore plus visible en baie de Lannion en 1952 (plages de St-Efflam et St-Michel) puis en 1966 (plage de St-Michel-en-Grèves), en 1982 (plage de St-Efflam, Locquirec, Pennenez). Des photographies de 1952 et 1966 montrent aussi des débuts de prolifération au fond de la baie de St-Brieuc (baie de Morieux, anse d'Yffiniac).

Une synthèse de ces informations permet de dresser des cartes de populations d'ulves flottantes des bas de plage en baie de Lannion (figure 8) et baie de St-Brieuc (figure 9). Les zones d'échouage se retrouvent dans les anses, à l'arrière de ces zones de prolifération.

Un suivi (en cours) de ces ulves flottantes en bas de plage permet actuellement de penser qu'une fraction de ces algues reste en place jusqu'en février. La biomasse diminue progressivement en automne et en hiver. La croissance faible ou nulle in situ ne réussit plus à compenser les échouages avec décomposition sur place et les pertes par les courants. Mais l'alimentation des ulves échouées en eau saumâtre et surtout leur remise fréquente à l'eau (les ramassages n'existent plus en automne et hiver) leur permet de survivre dans des conditions de lumière et de température a priori défavorables.

Fig. 8

CARTOGRAPHIE SIMPLIFIEE  
DES PROLIFERATIONS ET DES ECHOUAGES D'ULVES  
SUR LE LITTORAL DE LA BAIE DE LANNION



- Zone de prolifération d'ulves 'libres' au bas de l'eau.
- Zone d'échouage d'ulves.

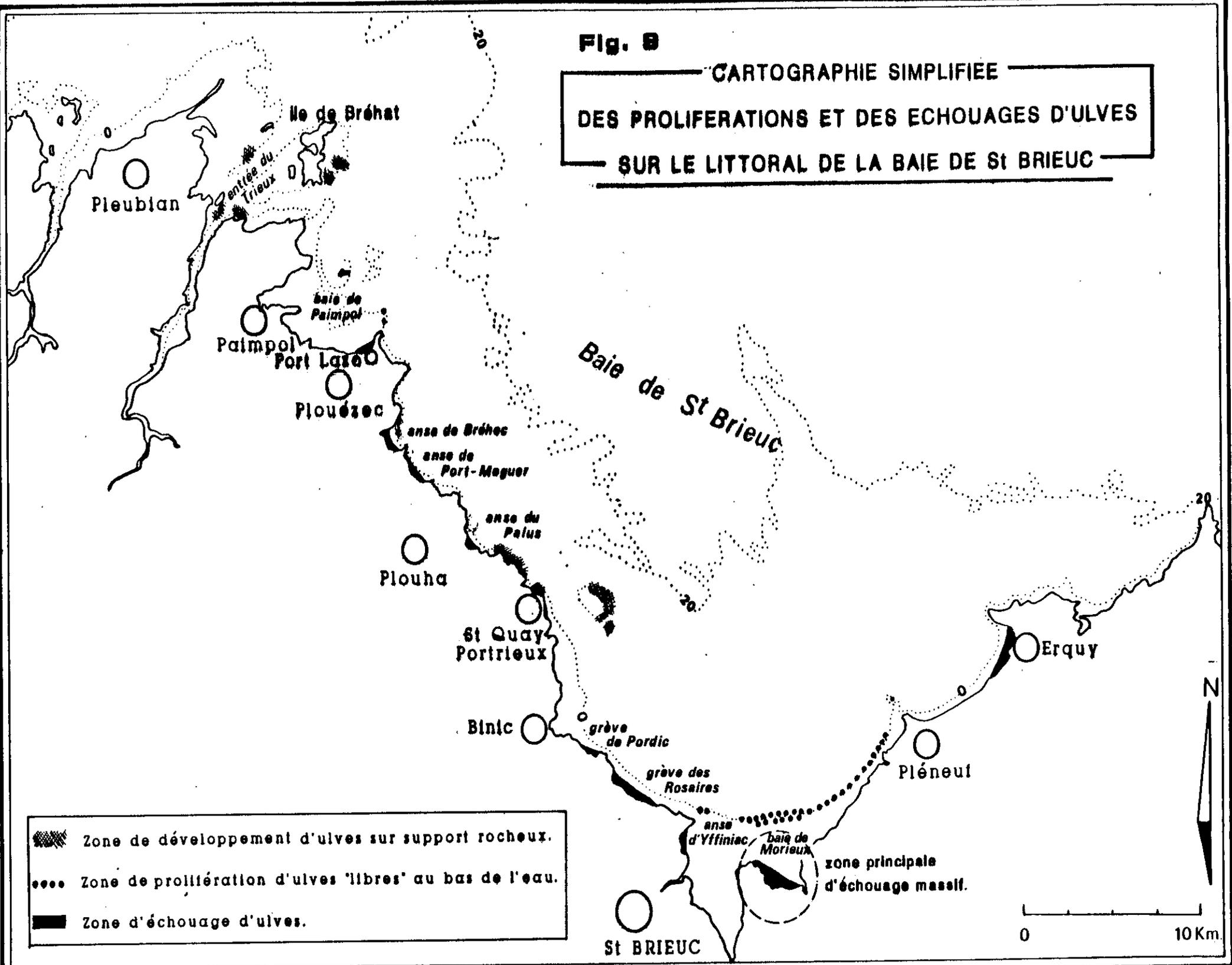
0 4Km

N

30

Fig. 8

CARTOGRAPHIE SIMPLIFIEE  
DES PROLIFERATIONS ET DES ECHOUAGES D'ULVES  
SUR LE LITTORAL DE LA BAIE DE ST BRIEUC



### III - INFLUENCE DES FACTEURS MORPHOLOGIQUES ET PHYSIQUES

#### III.1 - Facteurs favorisant la prolifération en bas de plage

##### III.1.1 - Morphologie

Les secteurs où les algues se développent en populations flottantes au bas de l'eau se trouvent en contrebas des zones d'échouages et correspondent à celles-ci (figures 8 et 9). Ce sont généralement des plages étendues de sable fin à pente relativement faible. Elles sont plus ou moins fermées par des pointes rocheuses. Les biomasses flottantes suivent généralement le balancement des marées dans la zone proche du fond.

##### III.1.2 - Courantologie

La circulation résiduelle (ORBI, 1985) (figure 10) a tendance à plaquer les algues à la côte dans les parties Ouest et Sud de la baie de St-Brieuc. Dans les anses de Bréhec et du Palus, les ulves seraient piégées à la côte par les résultantes de courants perpendiculaires à la côte (figure 11). Le tourbillon du Nord-Ouest de la baie (sens des aiguilles d'une montre) et sa dispersion principale vers le Nord (figure 10) tend à émettre l'hypothèse que les développements d'ulves de l'estuaire du Trieux ou de Bréhat ne peuvent alimenter les proliférations en flottaison de la côte Ouest ou du Sud de la baie de St-Brieuc.

La circulation du tourbillon du Sud-Ouest (dans le sens des aiguilles d'une montre) (figure 10) ne définit pas l'hypothèse d'un apport d'ulves à partir des roches de St-Quay et du littoral proche vers la partie Sud de la baie (KOPP, 1977). Les courants résiduels plaquent cependant les ulves dans le fond de la baie (ORBI, 1985). Mais l'élément le plus important pour le maintien de ces algues flottantes au bas de l'eau est certainement le manque d'effet de vidange dû aux courants marins. Il y a peu d'ulves en flottaison au droit de l'anse d'Yffiniac (photographie 6 - CHAPRON) ; elles se concentrent surtout devant la baie de Morieux. L'anse d'Yffiniac subit des courants relativement forts au jusant (jusqu'à 1 m/s). Les eaux du Gouessant stagnent sur les bouchots pendant tout le jusant (GODIN, 1977). Les courants maxima de jusant sont de l'ordre de 0,25 m/s dans les mêmes conditions que précédemment. Ceci laisse à penser qu'il existe une valeur de courant au-delà de laquelle les ulves sont chassées. Cette vitesse reste à définir.

##### III.1.3 - Apports d'origine terrigène

Ces zones de prolifération d'ulves flottantes sont toutes alimentées par une ou plusieurs arrivées d'eau douce se déversant directement sur la plage (photographies 1 à 6). La pente étant faible, ces cours d'eau serpentent et se divisent souvent en plusieurs branches. Ces eaux douces ou saumâtres procurent une humidité permanente aux ulves échouées qui peuvent ainsi survivre sur la plage elle-même. Elles apportent aussi des éléments nutritifs en concentration souvent importante (MERCERON, 1981). A basse mer, il est probable que les eaux douces se diluent relativement peu dans des eaux marines peu profondes et relativement peu agitées. Quand on sait que les ulves ont la faculté de stocker des sels nutritifs pour en vivre pendant plusieurs jours sinon plusieurs semaines, il est aisé d'imaginer qu'un apport terrigène concentré à chaque basse mer suffit à alimenter cette biomasse flottante au bas de l'eau.

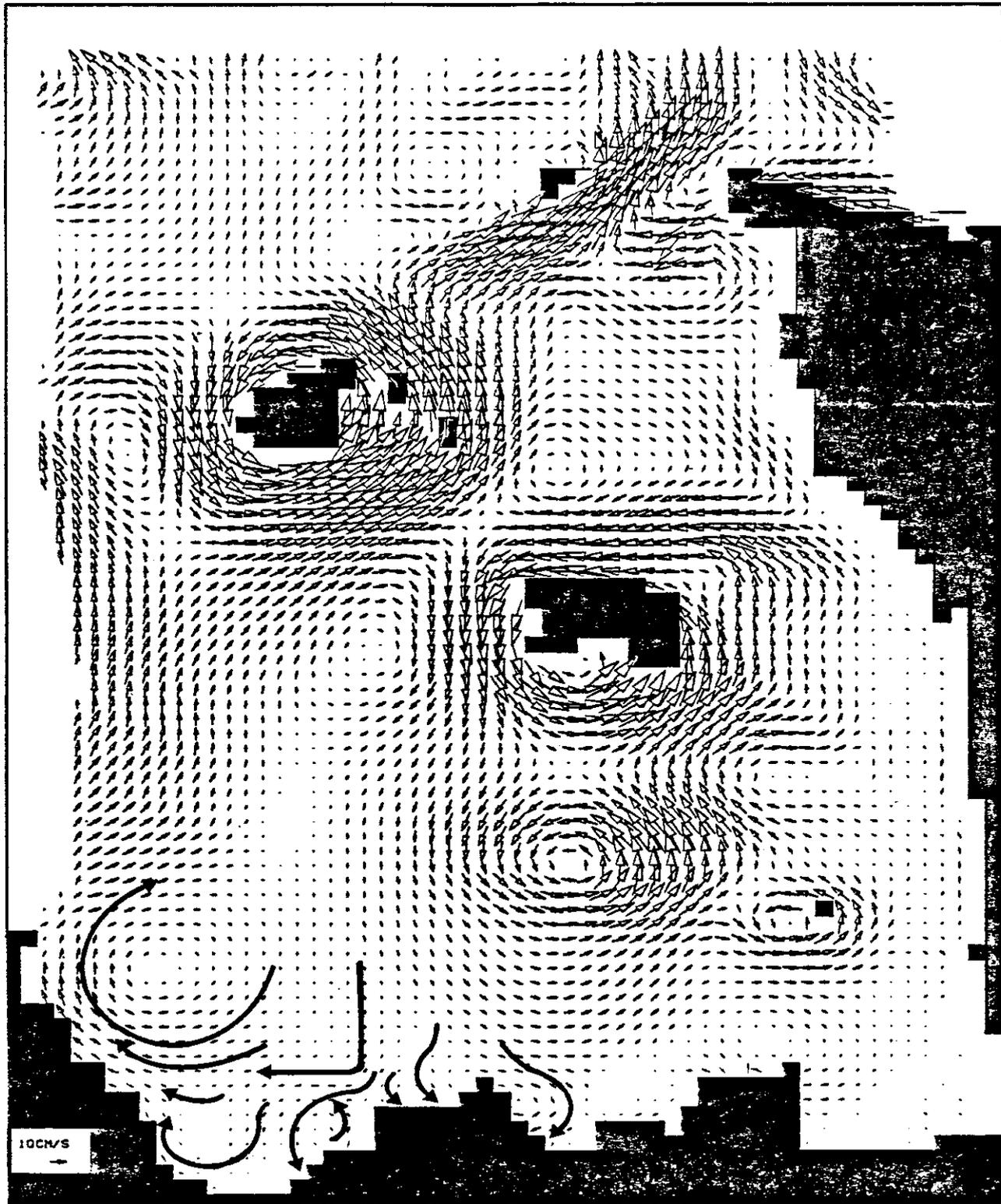
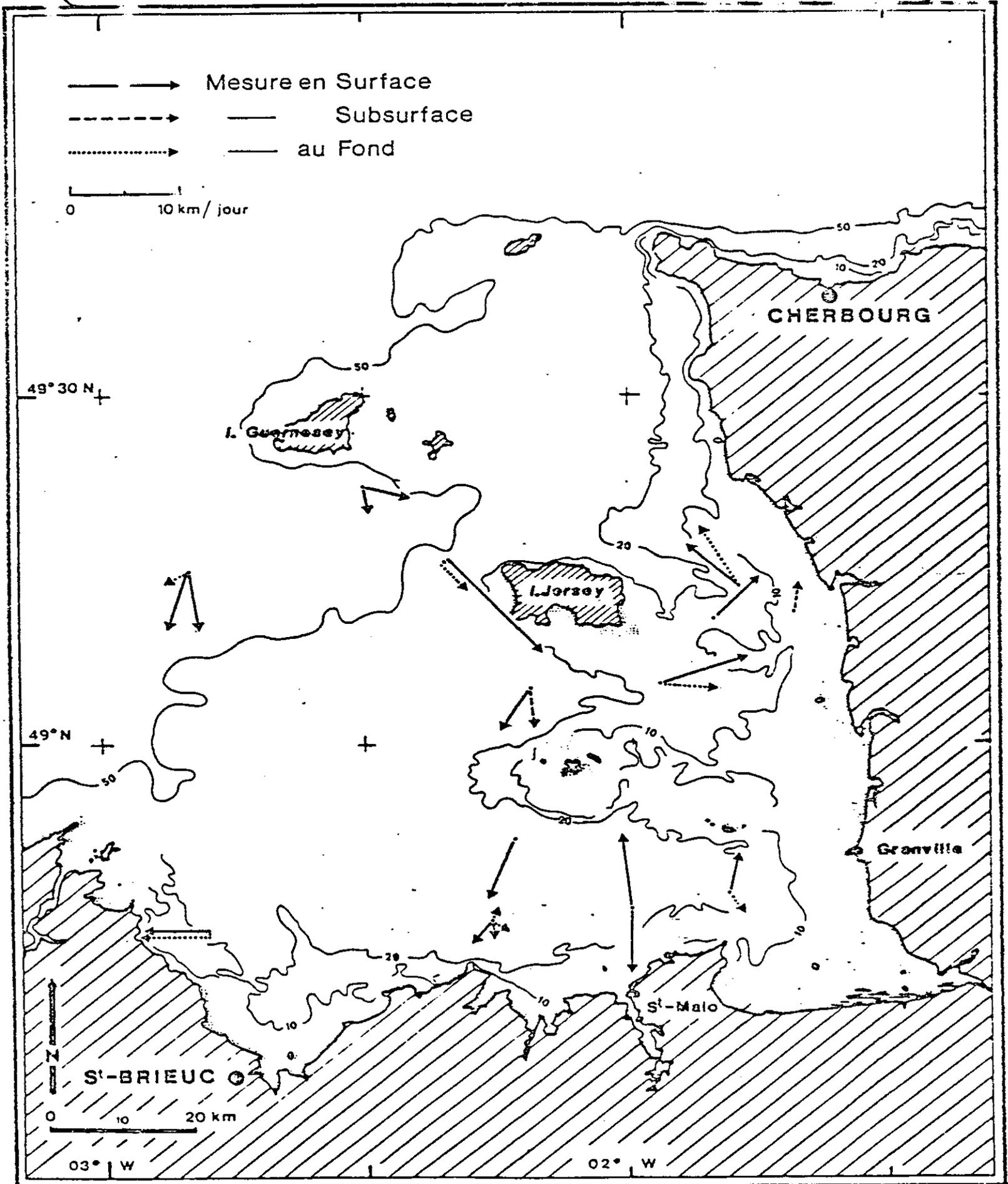


Fig. 10 Golfe normano-breton : MODELISATION NUMERIQUE DE LA  
CIRCULATION RESIDUELLE LAGRANGIENNE ( Coef. 92 )

d'après A.Orbi

GOLFE NORMANO-BRETON

Vitesses résiduelles moyennes observées



### III.2 - Facteurs physiques influençant l'échouage

#### III.2.1 - Morphologie

La faible pente de la plage rend, d'une façon générale, l'échouage des ulves plus facile. Les ripple-marks et les dunes hydrauliques constituent des pièges lors de la marée descendante. Des échouages peuvent se produire à tous coefficients de marée ; mais les coefficients les plus forts ont une probabilité plus importante d'en provoquer. En effet, les courants de marée ont tendance à "pousser" les ulves en haut de plage lors du flot. Plus celles-ci montent haut (gros coefficient), plus elles ont de chance de se faire piéger au jusant. Il existe souvent une dune en haut d'estran (ex. baie de St-Michel-en-Grèves et baie de Morieux) retient les ulves. Ceci se fait d'autant plus en période estivale que la dune s'est alors engraisée suivant un processus périodique classique. Cependant, il n'y a pas d'érosion ni de sédimentation notable d'une année sur l'autre dans le fond de la baie de St-Brieuc (MERCERON, 1983). Une éventuelle cause sédimentologique du phénomène d'échouage massif ne serait donc pas à rechercher à ce niveau.

#### III.2.2 - Courantologie

Les trajectoires des courants dans le fond de la baie de St-Brieuc (figures 12 et 13) indiquent que les ulves flottantes auraient tendance à être légèrement déportées vers le Nord-Ouest lors du jusant et vers le Sud-Est lors du flot. Il semble que la résultante vers le Nord-Est soit plus forte en morte eau qu'en vive eau.

Ceci, ajouté à la faiblesse des courants de vidange à l'Est de la pointe des Guettes, expliquerait les échouages massifs en baie de Morieux comparés à ceux de l'anse d'Yffiniac, en particulier de juin à août, période durant laquelle les gros coefficients de marée sont rares.

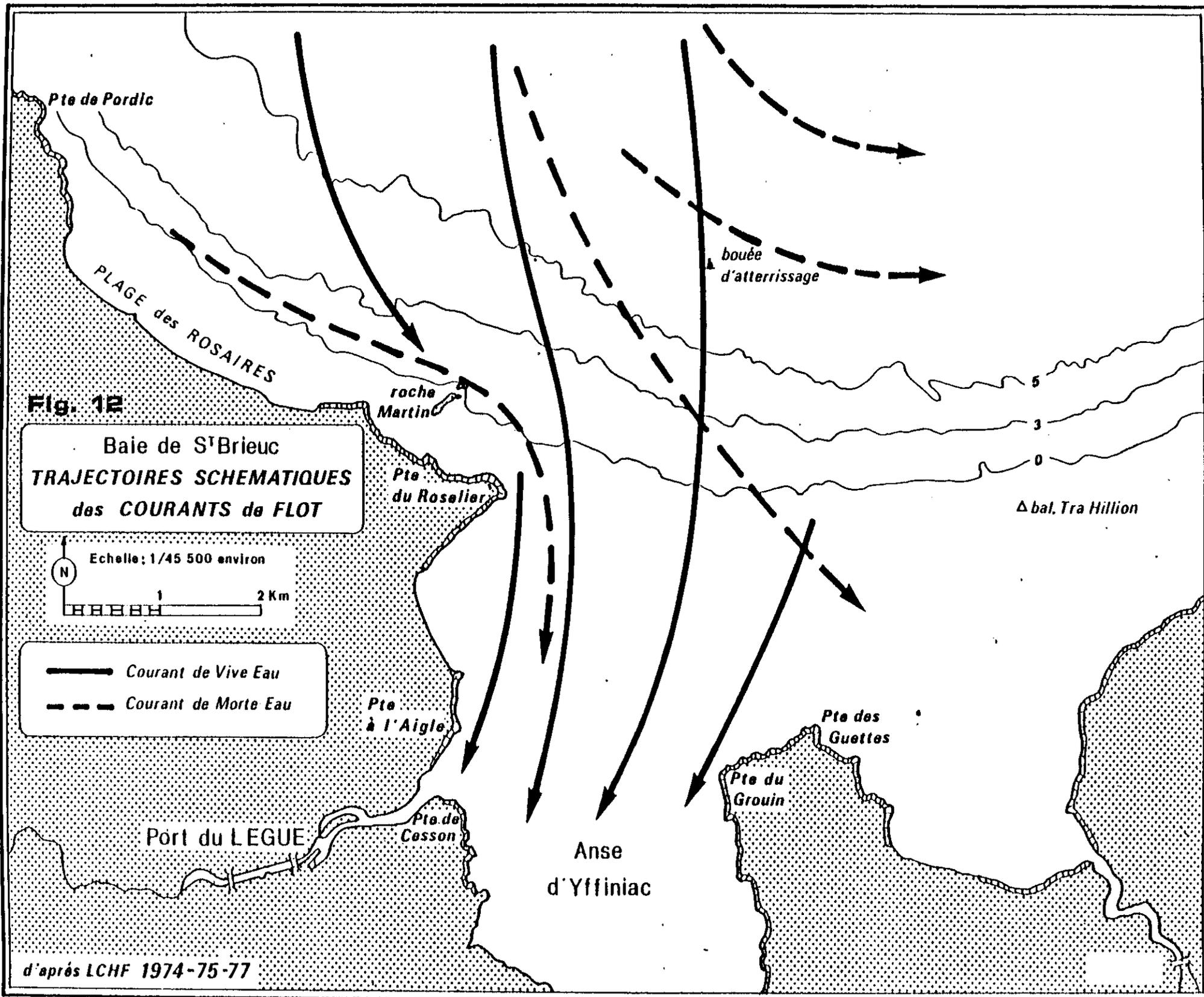
#### III.2.3 - Les vents

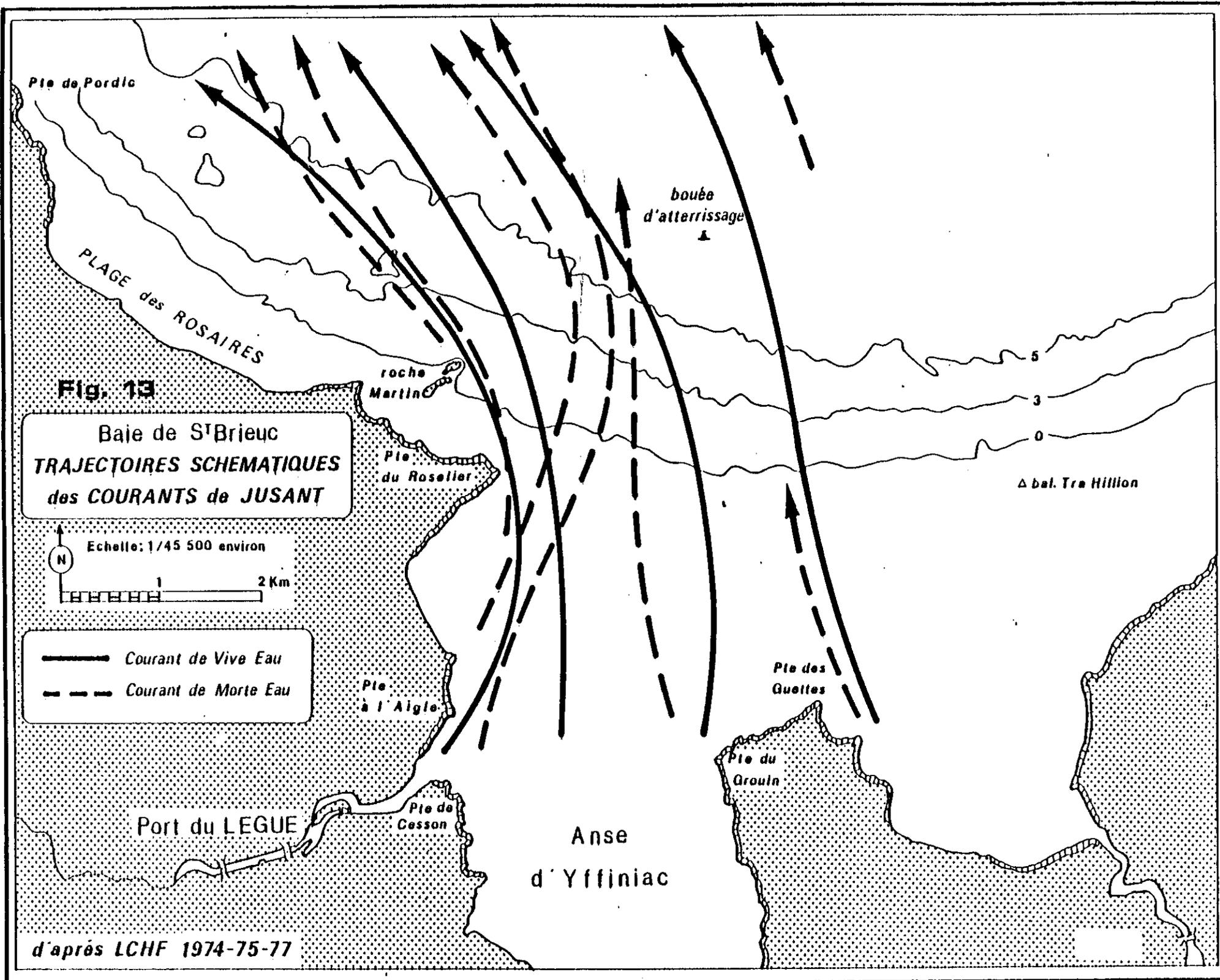
D'après I. LOUINEAU (1985) les vents ont un double rôle. Ils définissent les zones d'échouage et les périodes pendant lesquelles les ulves s'échouent.

La houle a tendance à pousser les proliférations d'ulves du bas de l'eau dans le sens de son propre déplacement. Les algues s'échouent sur la plage au droit de leur lieu de prolifération.

En baie de Lannion, par exemple, le lieu d'échouage est le plus souvent sur la zone Est, vu la forte proportion de vent d'Ouest ; mais il peut y avoir des accumulations à l'Ouest par vent d'Est ou Nord-Est.

Au contraire de ce que l'on pourrait imaginer, les échouages importants se font en période de calme (peu de vent). Les ulves ont à ce moment le temps de se déposer en douceur sur le sable, alors que la houle a tendance à brasser l'ensemble et à reprendre les algues quand la marée descend.





## IV - LES APPORTS DE SELS NUTRITIFS D'ORIGINE TERRIGENE

### IV.1 - Les apports globaux sur le littoral breton

#### IV.1.1 - Emissions et apports

##### IV.1.1.1 - Définitions

On appelle **émissions** tous les épandages, rejets et fabrication de sels nutritifs en début de chaîne sur la partie terrestre. Les **émissions ponctuelles** sont les rejets massifs et localisés directement vers le milieu aquatique. Elles concernent les effluents des stations d'épuration, des activités industrielles non raccordées, les écoulements directs de lisiers, ou les rejets de piscicultures. Les **émissions diffuses** sont les rejets dispersés individuellement peu importants ou bien les épandages filtrés par le sol. Il s'agit des excédents liés aux pratiques agricoles, des boues de stations d'épuration, des rejets dus à la population non raccordée, de l'azote atmosphérique fixé ou de la matière organique dégradée. Les **apports** sont les arrivées nettes de sels nutritifs en bout de chaîne dans le domaine aquatique. Les **apports ponctuels** sont pratiquement égaux aux émissions ponctuelles. Les **apports diffus** en milieu littoral sont équivalents à la charge spécifique mesurée dans l'eau soustraite des apports ponctuels. Ils sont caractérisés par le taux de restitution R des émissions diffuses

tel que  $R = \frac{\text{Apports diffus spécifiques en milieu littoral}}{\text{Emissions diffuses spécifiques sur le bassin versant}}$

R dépend principalement de la nature du sous-sol. Un sol granitique provoque un ruissellement rapide et important des eaux d'origine pluviale ainsi qu'un écoulement non négligeable par les fissures vers les nappes phréatiques. R y est donc important.

Un sol schisteux joue plutôt un rôle d'éponge en surface. L'absorption et l'utilisation des sels nutritifs par le sol sont élevées. Les réserves en eau du sous-sol sont faibles car le sol est peu perméable. R est relativement bas.

##### IV.1.1.2 - Résultats

En ce qui concerne la baie de St-Brieuc et le littoral d'Ille-et-Vilaine, les cartes de Véronique ALMERAS (figure 14) donnent des éléments pour la compréhension des chiffres indiquant les apports d'azote en milieu littoral (figure 15). L'agriculture est la principale origine de l'azote diffus. Les émissions diffuses sont très élevées sur la côte Est de la baie de St-Brieuc et sur le bassin de l'Îc (arrière-pays de Binic). Cependant, la nature schisteuse du sol de cette région (figure 16) donnant un taux de restitution (R) faible (10 à 15 %), provoque en définitive des apports diffus moins importants que prévus dans ce secteur. A l'autre extrême, le bassin versant du Couesnon, de nature essentiellement granitique (figure 16), bien qu'ayant des émissions en azote diffus plutôt faibles (figure 14), fournit des apports diffus importants (figure 15) à cause d'un taux de restitution élevé (70 %).

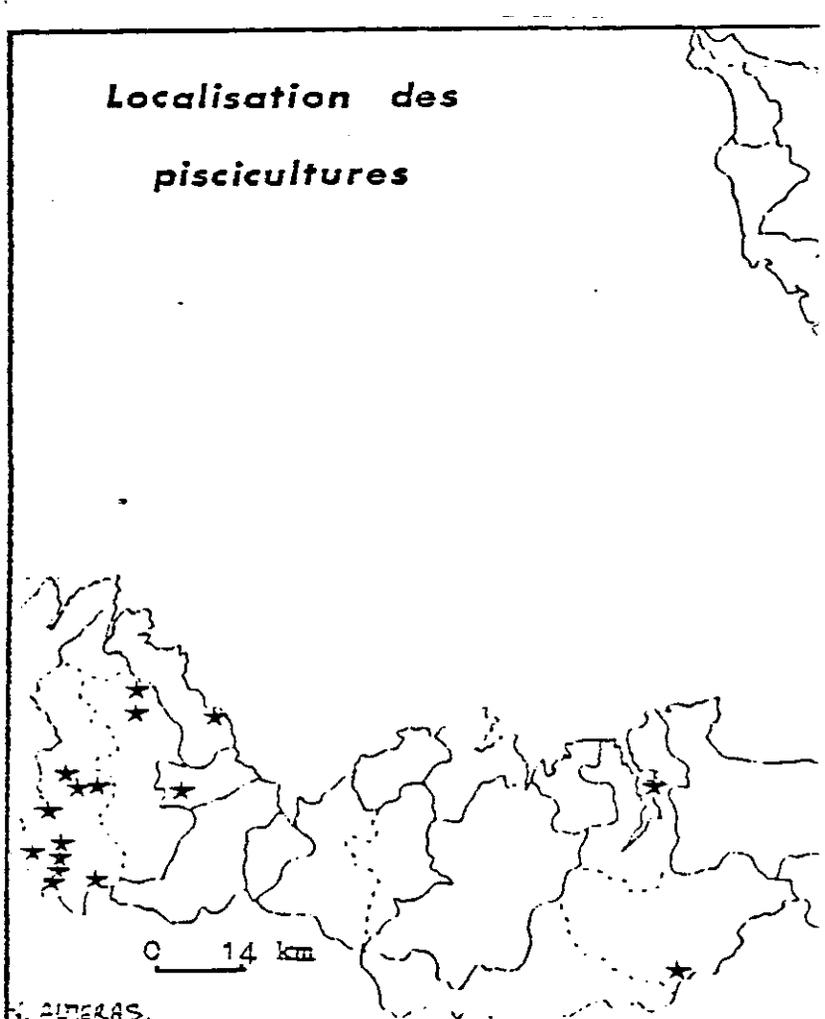
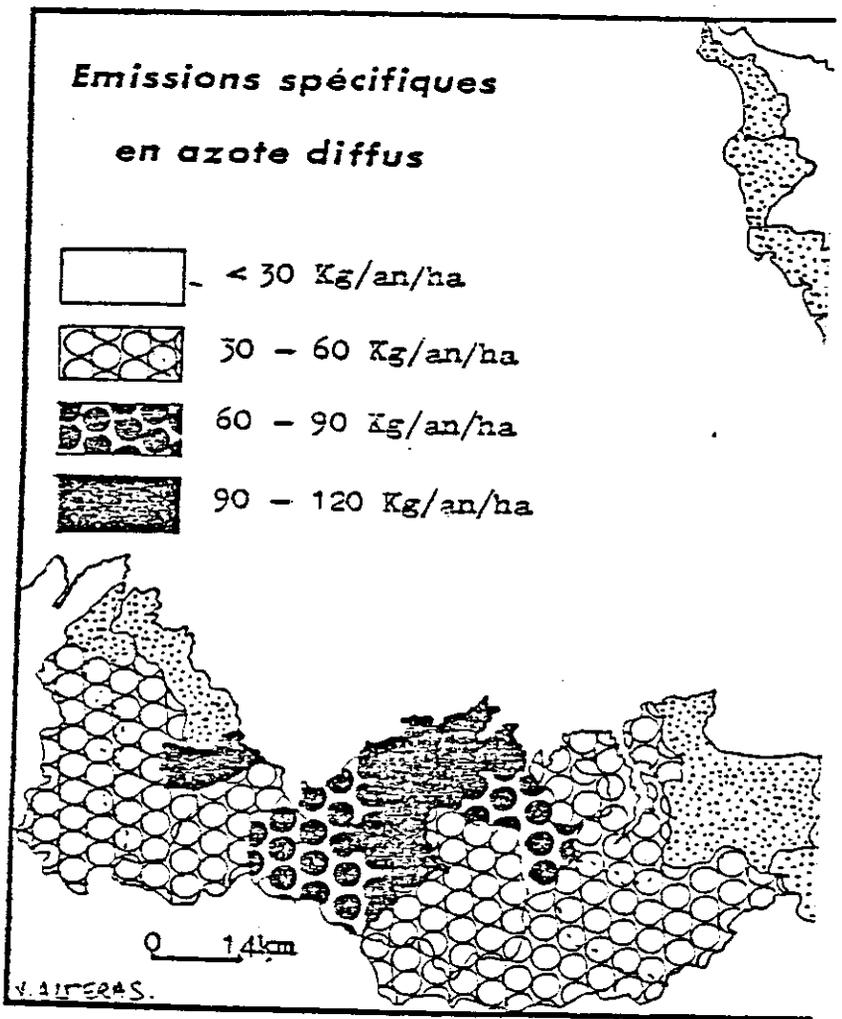
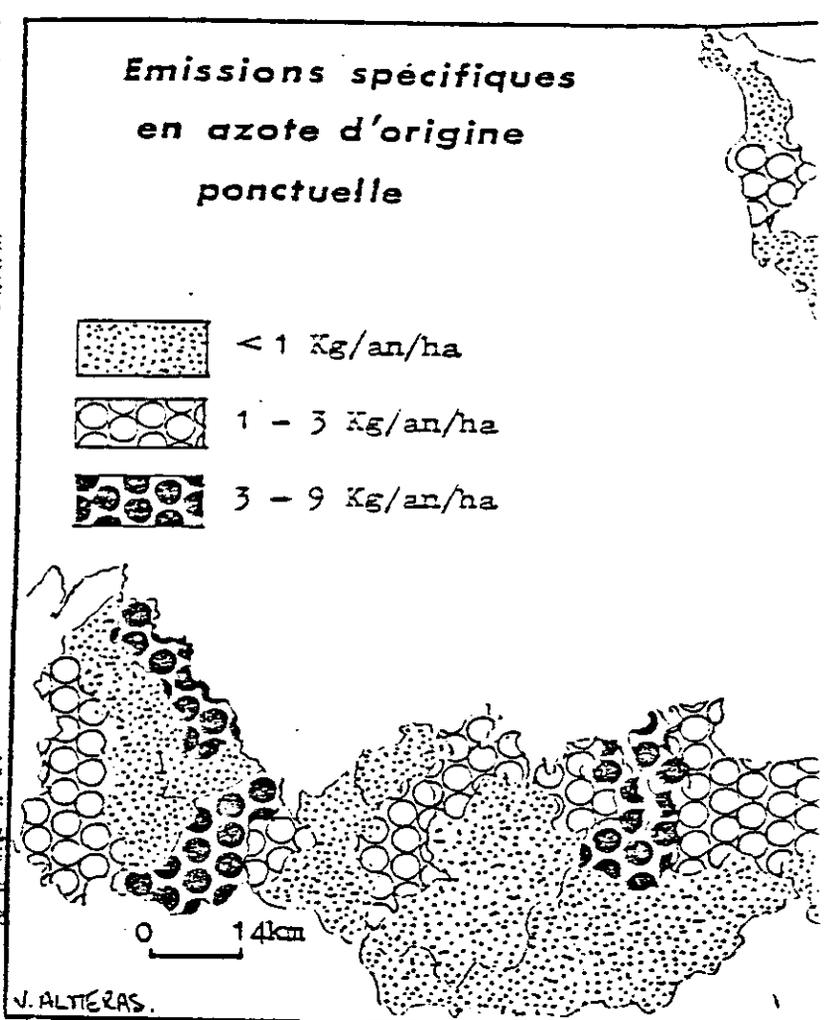
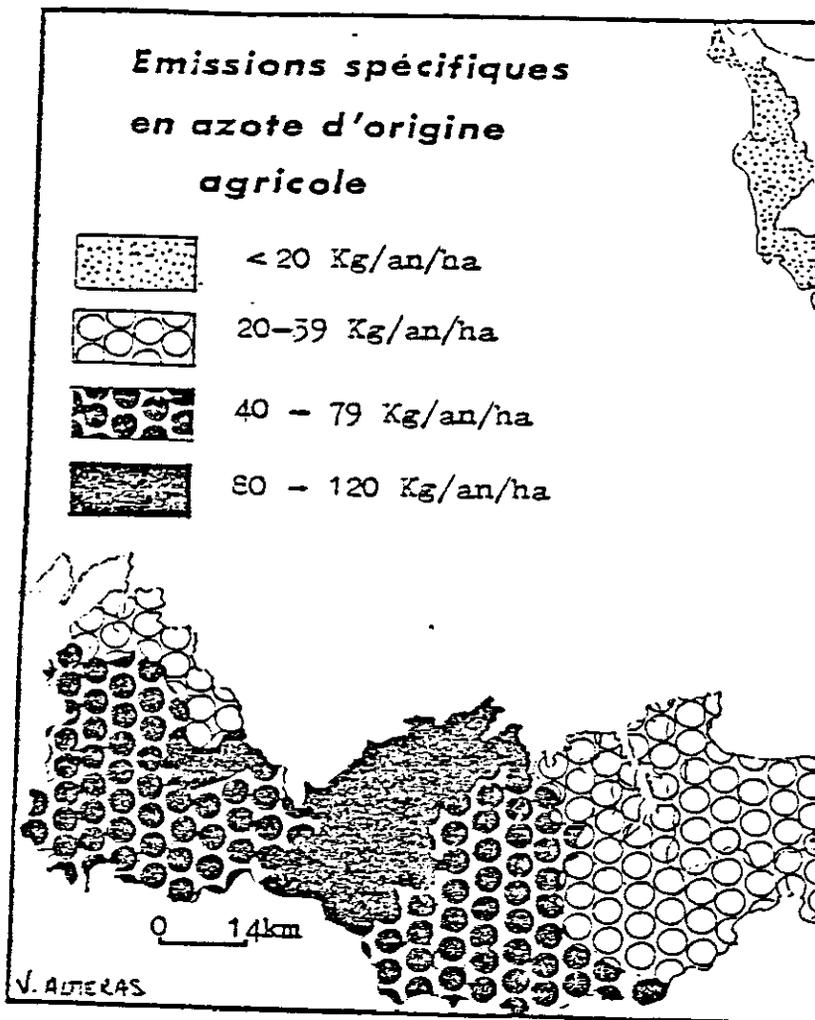
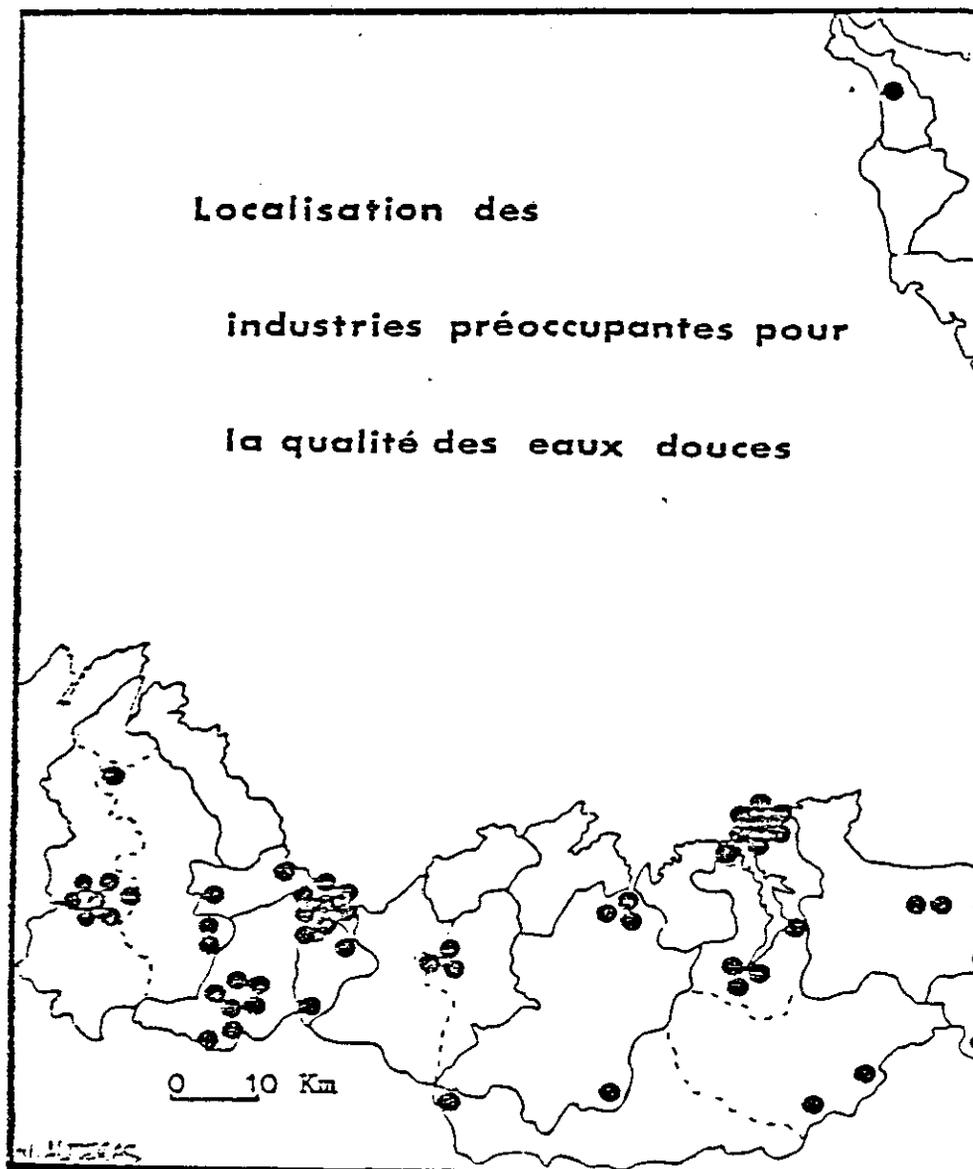


Fig. 15

BASSIN VERSANT	CHARGE MESUREE	APPORTS PONCTUELS	APPORTS DIFFUS	R
TRIEUX-LEFF	14,5	1,7	12,8	28 %
OUEST BAIE ST BRIEUC	10	3,6	6,4	41 %
IC	16,8	0,3	16,5	14 %
GOUET	16,8	6,3	10,5	24 %
URNE	10,6	2,1	6,8	10 %
GOUESSANT	10,6	0,6	10	10 %
EST BAIE ST BRIEUC	15	0,8	14,2	15 %
FREMUR	15	2	13	12 %
ARGUENON	10,3	0,3	10	16 %
FREMUR RUISSEAU	15	1,5	13,5	26 %
RANCE	10	3,1	6,9	17 %
MARAIS DE DOL	6,5	1,1	5,4	21 %
COUESNON	20	2	18	70 %

Charges spécifiques apportées sous forme diffuse et ponctuelle et part des émissions diffuses restituées par bassin-versant (Kg/Ra/an).



**(ALMERAS , 1985)**

Bil of Portland

Fig. 16

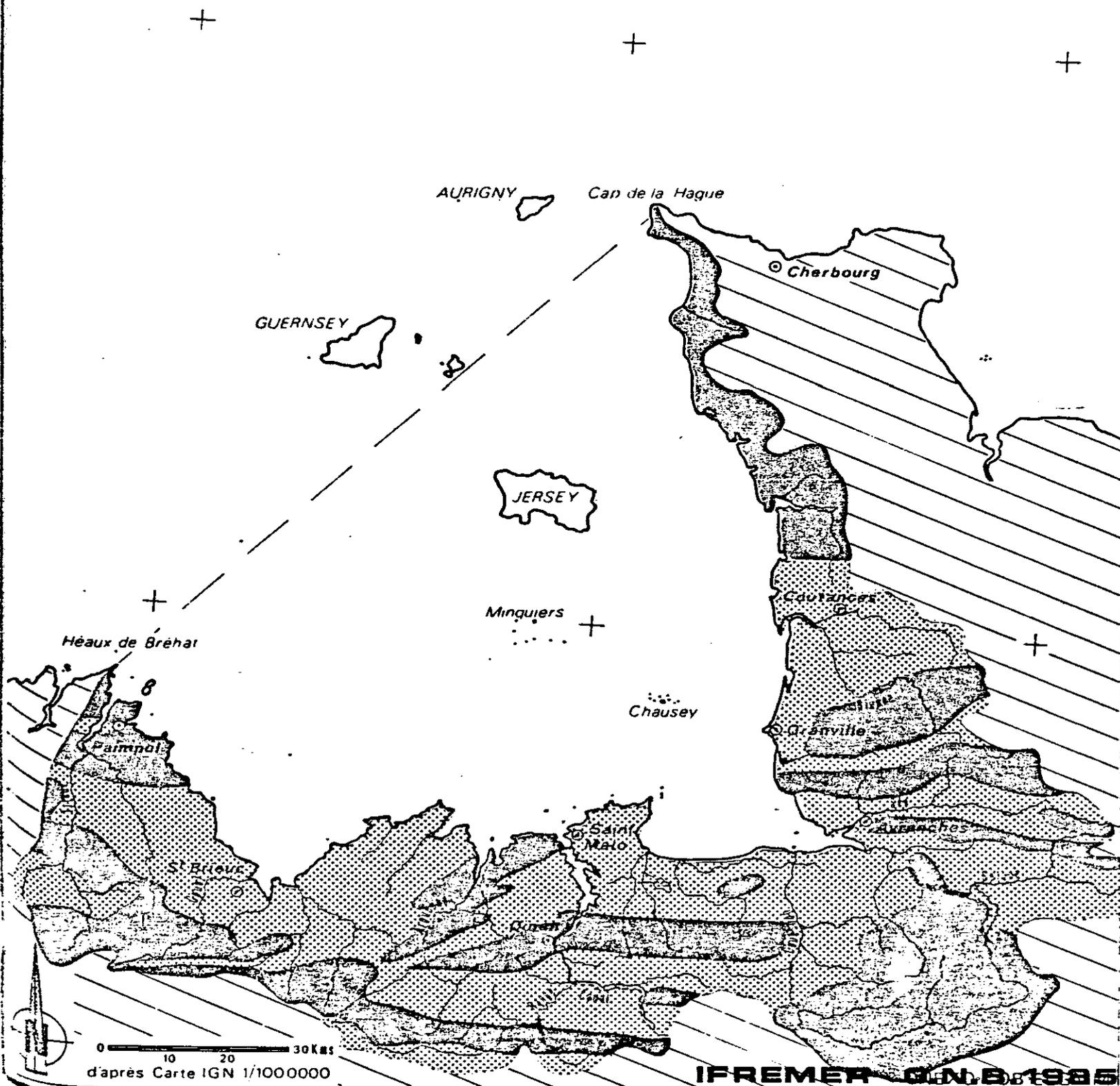
## RESERVES en EAU



FAIBLES : Formations métamorphiques ou Briovériennes



VARIABLES : Granits intrusifs ou Formations primaires (Grès)



De même, les bassins granitiques du haut-Trieux, haut-Léguer, du haut-Roscoat, des rivières du plateau léonard, et des rivières de Cornouaille-Sud allant du Goyen au Blavet en passant par l'Odet, la Laita et le Scorff auront des taux de restitution élevés. L'exemple type du grand bassin schisteux à taux de restitution faible est celui de la Vilaine. La Rance s'en approche.

L'apport diffus de sels nutritifs dans les eaux se déversant en mer sera donc dépendant de méthodes culturales agricoles dans le bassin versant mais surtout de la nature géologique de son sous-sol.

Les concentrations dans les eaux sont surtout alimentées par ces apports diffus. Les apports ponctuels (figure 15) peuvent cependant avoir un rôle important (ALMERAS, 1985) dans certains secteurs comme :

- la côte Ouest de la baie de St-Brieuc, à cause des mauvaises performances des stations d'épuration (effluents chargés en azote) dues aux variations saisonnières de populations notamment,

- le bassin du Gouët, dû aux rejets des pôles industriels et urbains de Quintin et St-Brieuc (apports azotés). La station d'épuration de St-Brieuc en particulier est surchargée et effectue un traitement insuffisant,

- le bassin de l'Urne, dû aussi à des stations d'épuration mal adaptées,

- le bassin aval de la Rance, dû à des émissions importantes de la population non raccordée qui, par rejet direct en mer, sont comptabilisées en émissions ponctuelles (= apports ponctuels).

A titre indicatif, une station d'épuration en bon état de fonctionnement traite environ 50 % de sa charge azotée d'entrée et 40 % de sa charge phosphorée.

#### IV.1.2 - Les concentrations en eau douce

##### IV.1.2.1 - Ammonium

Il existe peu de mesures de ce sel dans les cours d'eau bretons. Il semble qu'il y ait peu d'azote ammoniacal en général dans l'eau douce. Les apports diffus sont négligeables. Une bonne partie s'évapore lors de l'épandage des lisiers. Les seuls rejets significatifs sont ponctuels, dus à l'écoulement important de lisier, aux rejets d'eaux de pisciculture ou aux rejets domestiques non traités. L'azote ammoniacal a la propriété de se transformer très vite en azote nitreux d'abord, puis nitrique, ceci dans les stations d'épuration à traitement biologique ou dans les cours d'eau eux-mêmes. L'exemple du Douron est significatif (DDE, 1978). Les données élevées d'ammonium immédiatement en aval des rejets piscicoles (1 mgNH<sub>4</sub>/l) ou de la commune de Plestin-les-Grèves en particulier (4 mg/l) sont très vite amoindries au fur et à mesure que l'on descend vers l'estuaire. Par contre les valeurs en nitrites, dans un premier temps, puis en nitrates, augmentent proportionnellement au fur et à mesure de l'approche de la mer. Les valeurs en nitrites étant relativement faibles en aval,

les rejets d'ammonium dans le cours d'eau seront surtout décelés au débouché des rivières sous forme d'une légère augmentation du taux de nitrates, celui-ci étant généralement déjà élevé à cause des apports agricoles de l'amont.

Une dose élevée d'ammonium ( $> 0,5 \text{ mgNH}_4 / \text{l}$ ) dans le milieu marin littoral est due soit à des apports ponctuels très en aval d'un cours d'eau, soit à des rejets directs en mer (industriels, urbains, aquacoles).

#### IV.1.2.2 - Nitrates

##### - Concentrations moyennes

L'agriculture est fortement émettrice d'azote nitrique. Parmi les apports totaux d'azote en Bretagne, 20 % sont entraînées par les eaux de surface. Le déficit calculé du bilan azoté atteint 28 % (ASSOVIE, 1985). Ce dernier pourcentage est soit dispersé dans l'atmosphère (10 à 15 %, HENIN, 1980), soit stocké dans les nappes phréatiques. Les taux de nitrate ont augmenté régulièrement dans les aquifères jusqu'en 1983. Ils semblent atteindre actuellement un palier dans le Finistère (figure 17). Les résurgences des sources réintroduisent dans les eaux courantes une bonne partie des nitrates et ceci aussi bien en période d'étiage que de crue. Ceci fait que, d'une manière globale en Bretagne, entre un quart et un tiers des nitrates apportés en entrée se retrouvent en sortie dans les cours d'eau.

Les pratiques culturales et la nature des sous-sols interviennent dans la répartition des concentrations en nitrate des cours d'eau bretons (figures 18, 19 et 20). En moyenne pour la Bretagne, on considère que l'apport azoté provient à 40 % des déjections de bovins, à 20 % des lisiers de porcs, à 20 % des fientes de volailles et à 20 % des engrais chimiques (ASSOVIE, 1985). Des épandages plus importants d'engrais ou de lisiers sont pratiqués dans les zones à production légumière et les régions d'élevage hors-sol. Les épandages excessifs, pratiqués sur sols nus (après maïs), le drainage de zones humides ou encore l'abus dans l'abattage des talus contribuent à augmenter la vitesse et la quantité des apports de nitrates vers les cours d'eau ou les nappes phréatiques. Ce phénomène est accentué en région de sous-sol granitique (Léon, Trieux aval, ...). Il est amoindri sur sous-sol schisteux (Orne aval, Guessant aval, Frémur, ...).

Ces facteurs rendent possible la différenciation de plusieurs secteurs bretons suivant la concentration en nitrate dans les eaux douces courantes. Le haut-Léon détient le record ( $> 75 \text{ mgNO}_3 / \text{l}$ ) devant le bas-Léon (de 30 à 60  $\text{mgNO}_3 / \text{l}$ ). Ces zones sont influencées par leurs cultures intensives (légumes, maïs, fourrages, ...) et leur sous-sol granitique. Les rivières des Côtes-du-Nord possèdent en général des teneurs entre 20 et 40  $\text{mgNO}_3 / \text{l}$  (figure 18). La nature schisteuse du sous-sol de la partie Est de la baie de St-Brieuc compense l'effet de cultures intensives avec épandages massifs d'engrais minéraux et lisiers de porcs.

Fig. 17

Moyenne des concentrations annuelles des captages

source D.D.A.S.S. 29

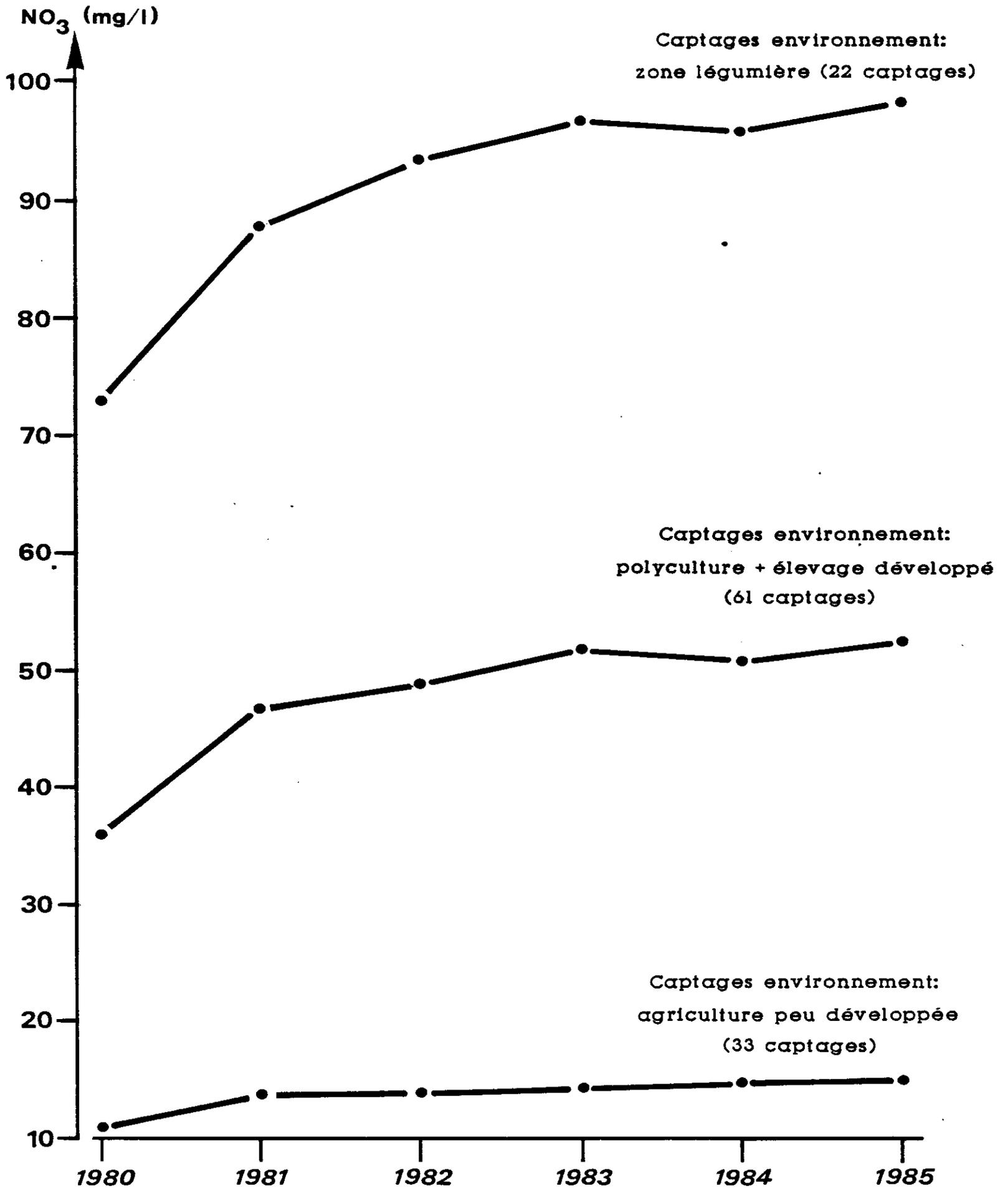




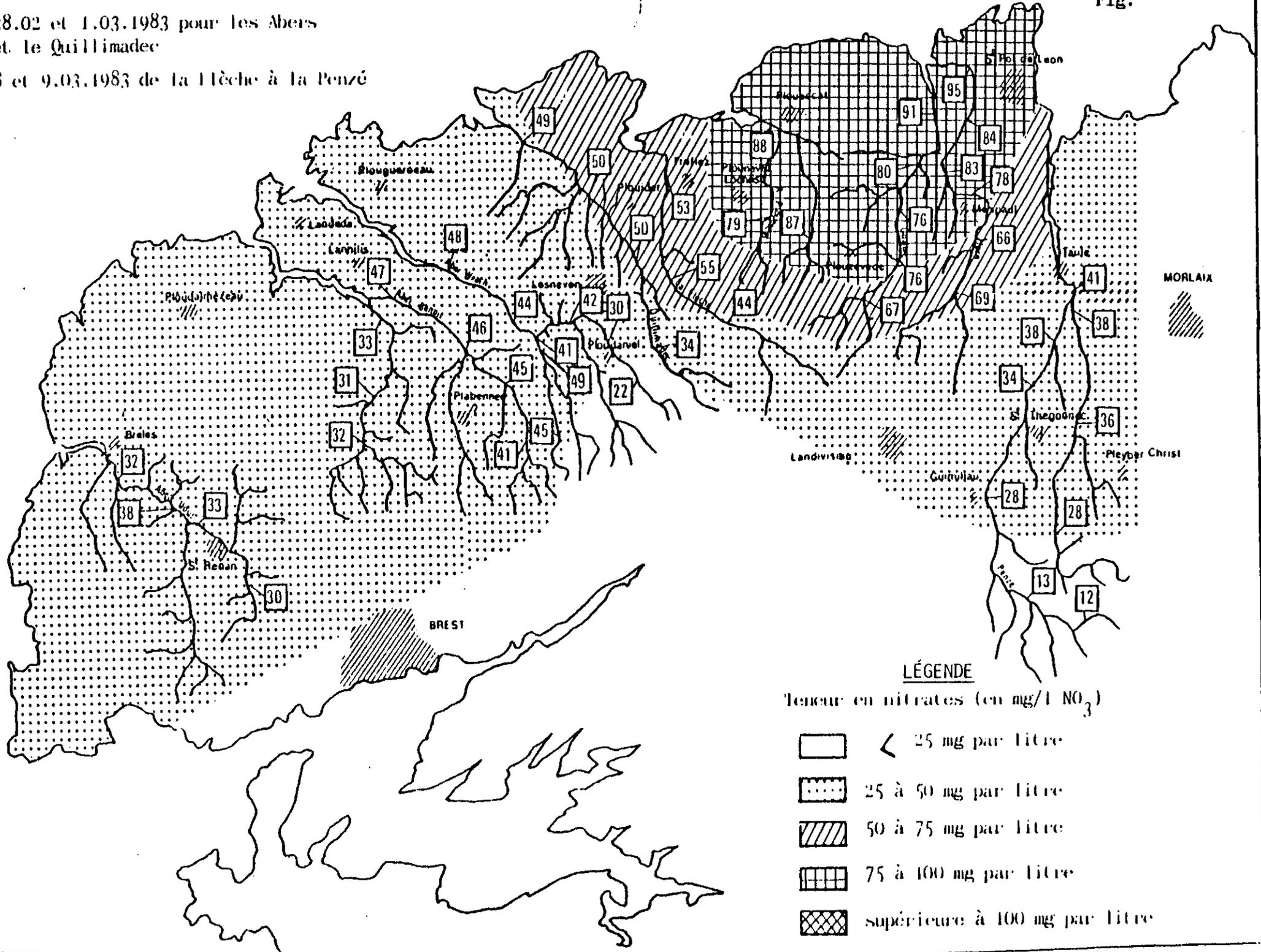
Fig. 19

CARTE DE LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SUPERFICIELLES  
DANS LE NORD FINISTÈRE  
(EN HIVER)

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
SERVICE RÉGIONAL  
DE L'AMÉNAGEMENT DES EAUX  
DE BRETAGNE

28.02 et 1.03.1983 pour les Abers  
et le Quillimadec  
8 et 9.03.1983 de la Flèche à la Penzé

Fig.



# TENEURS EN NITRATES DES COURS D'EAU

Fig. 20

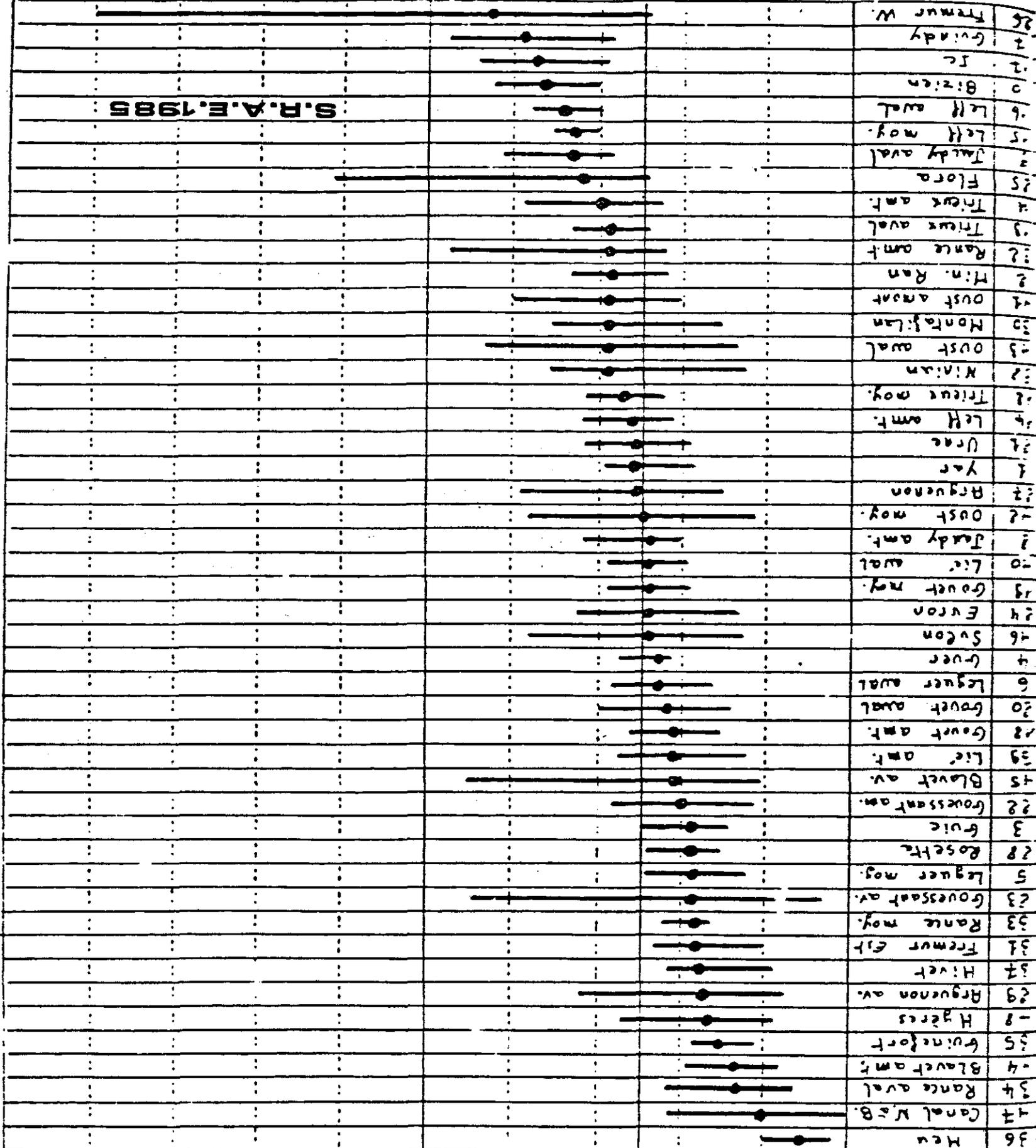
## DES COTES DU NORD

N.B. : Niveau guide  
C.M.A. : concentration maximale admissible

Étendue des valeurs observées

Moyenne

mg/l  
C.M.A.  
50  
40  
30  
20  
10  
0



S.R.A.E.1985

FIG 12

La partie extrême Est des Côtes-du-Nord, l'Ille-et-Vilaine, le Sud-Finistère et le Morbihan possèdent en général des concentrations en nitrate plus basses (15 à 30 mg/l) dans les parties aval de leurs cours d'eau. IL peut être admis que les teneurs dues aux origines naturelles (humus, matière organique naturelle, ...) équivalent en moyenne à 4 mgNO<sub>3</sub> /l (Rapport HENIN, 1981).

Il est à remarquer qu'il n'y a a priori aucune relation entre les zones de concentration élevée en nitrate dans l'eau douce et les zones d'échouages massifs d'ulves.

#### - Variations durant l'année

Malgré des différences de débits assez importants durant l'année (cf. chapitre IV.1.3), les concentrations en nitrates restent relativement faibles dans la Noé sèche (affluent du Gouët) (figure 21). Elles vont de 6 à 12 mgN-NO<sub>3</sub> /l, soit de 26 à 52 mg NO<sub>3</sub> /l. Elles sont stables en été à 35 mgNO<sub>3</sub> /l et légèrement fluctuantes le reste de l'année. Les baisses de concentration correspondent aux pluies abondantes. C'est un exemple d'émissions diffuses moyennes sur un sous-sol de nature granitique, c'est-à-dire à taux de restitution important et régulier. Le cas de l'Horn à Mespaul (figure 22) donne des résultats à taux de nitrate plus élevés (50 à 100 mgNO<sub>3</sub> /l) mais similaires dans leur évolution annuelle.

Les valeurs dans le Frémur sont plus fluctuantes. Elles vont de 20 mgNO<sub>3</sub> /l en été à 70 mgNO<sub>3</sub> /l en hiver. C'est un exemple d'émissions diffuses élevées sur un sous-sol schisteux, c'est-à-dire à taux de restitution irrégulier. Autre exemple de ce genre, celui de la Vilaine (figure 23) qui donne des valeurs plus faibles sur l'ensemble de l'année. Les teneurs moyennes hivernales en nitrates dans l'Aulne (TREGUER, 1984) ne dépassent pas cinq fois les teneurs moyennes estivales.

#### IV.1.2.3 - Phosphate

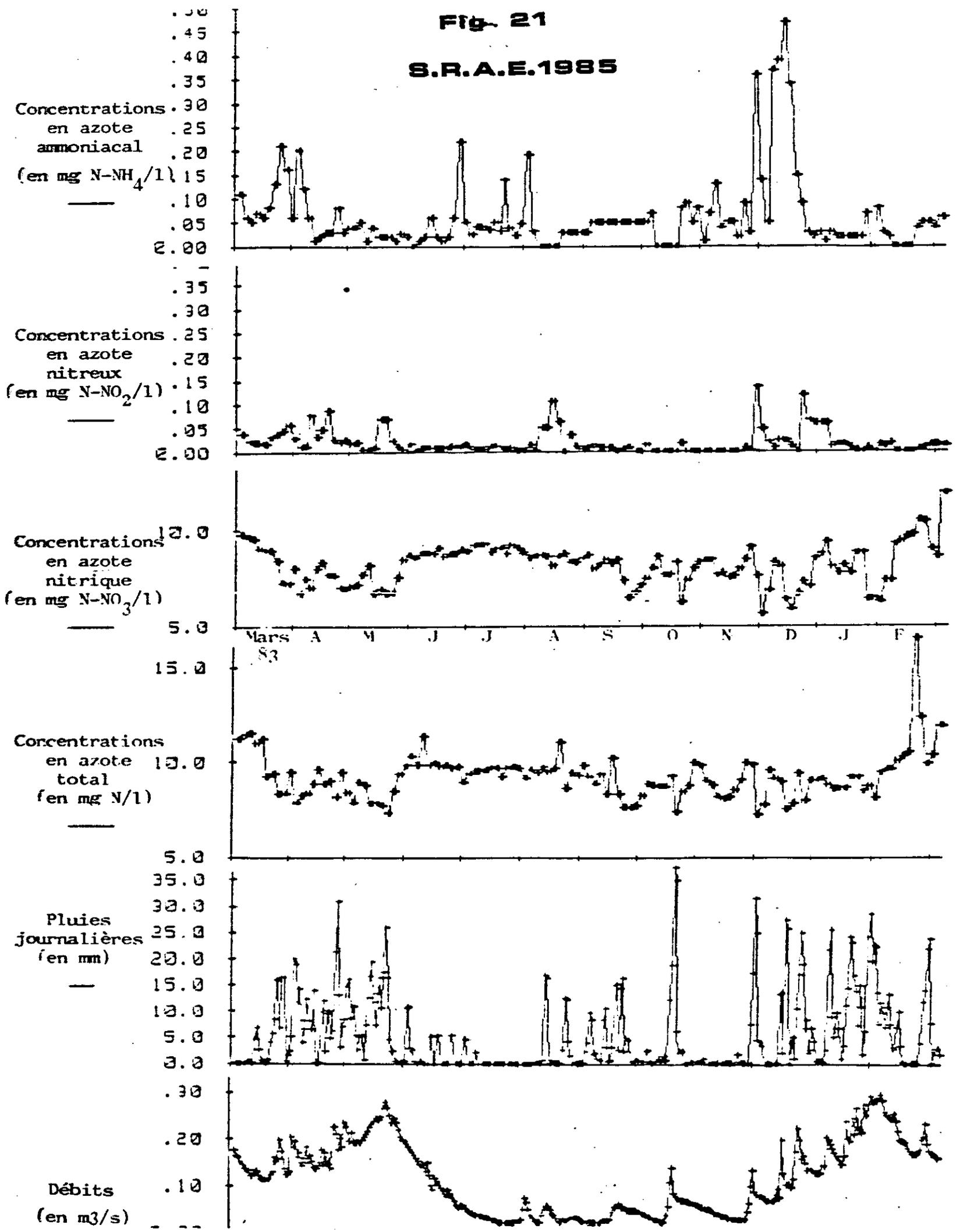
D'une façon générale, les apports diffus de phosphates d'origine agricole (lisiers, engrais) dans les eaux douces sont peu importants. Seulement 1 % des apports a été retrouvé dans les eaux de la Noé-Sèche, affluent du Gouët (SRAE, 1985). Il est en effet remarquable que le sol retienne bien le phosphore et s'en enrichisse (68 % des apports agricoles diffus sont retenus). Il existe peu de mesures de ce sel nutritif dans les eaux douces. Les concentrations dans la Noé-Sèche (SRAE, 1985) restent assez faibles toute l'année ( 0,30 mgPO<sub>4</sub> /l) avec cependant une légère élévation de novembre à janvier.

Les apports de phosphate dans le milieu aquatique sont surtout d'origine ponctuelle (détergents) : agglomérations industrielles et urbaines. La plupart des stations d'épuration enlèvent moins de 50 % des sels nutritifs de l'eau.

Les rejets phosphatés effectués dans la partie amont des cours d'eau ont la faculté d'être soit dégradés, soit piégés dans les sédiments (ex. : bouchon vaseux ou retenue d'eau comme sur le Gouessant). Les rejets ponctuels dans la partie aval des cours d'eau (Plestin : > 4 mgPO<sub>4</sub> /l) sont donc pratiquement les seuls parmi les apports terrigènes, à intervenir dans le milieu marin littoral.

Fig. 21

S.R.A.E. 1985



PROFIL HYDRO-CHIMIQUE DE L'HORN A MESPAUL

DEBITS, NITRATES ET AMMONIAC

— DEBIT M<sup>3</sup>/S  
 - - - NITRATES MG/L :100  
 - · - - AMMONIAC MG/L

ECHELLE DES CONCENTRATIONS EN MG/L

1.400  
 1.260  
 1.120  
 0.980  
 0.840  
 0.700  
 0.560  
 0.420  
 0.280  
 0.140  
 0.000

NUMERO DES ANALYSES

DATE

OBSERVATIONS

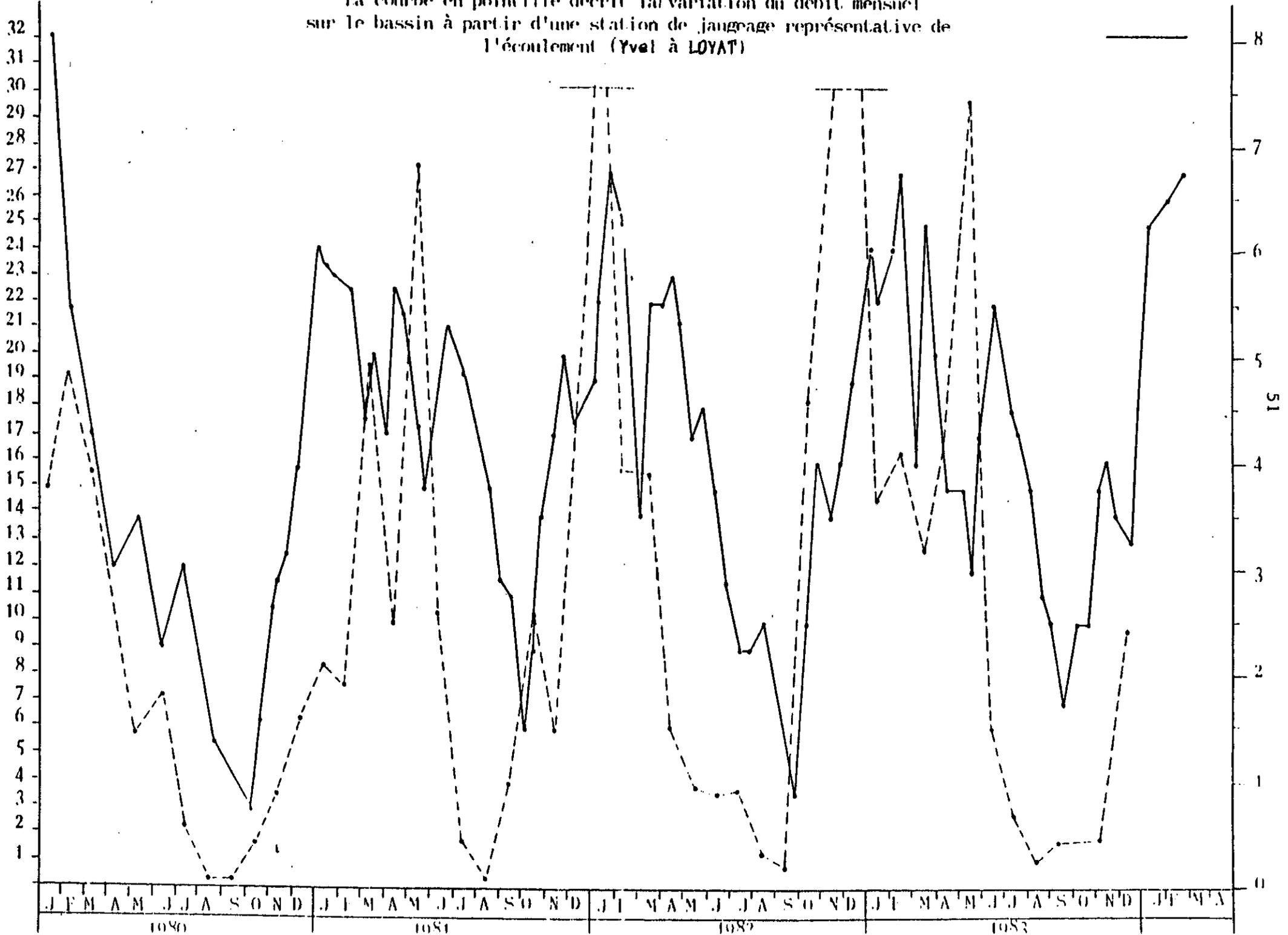
1 3 4 5 6 7 8 9 12 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25  
 5/4 12/4 19/4 27/4 4/5 11/5 18/5 25/5 1/6 8/6 15/6 22/6 29/6 7/7 14/7 21/7 28/7 5/8 12/8 19/8 26/8 2/9 9/9 16/9 23/9 30/9 6/10 13/10 20/10 27/10 3/11 10/11 17/11 24/11 31/11 7/12 14/12 21/12 28/12

**ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX DU LAC D'ARZAL  
À HAUTEUR DE LA PRISE D'EAU DE FÉREL**

$\text{NO}_3$  en mg/l

Débit en m<sup>3</sup>/s

La courbe en pointillé décrit la variation du débit mensuel  
sur le bassin à partir d'une station de jaugeage représentative de  
l'écoulement (Yvel à LOYAT)



### IV.1.3 - Les débits d'eau douce

#### IV.1.3.1 - Débits moyens interannuels

Les débits d'eau douce sont très dépendants de la superficie du bassin de réception. Il est remarquable (figure 24) que la Vilaine a largement le plus fort débit moyen ( $72 \text{ m}^3/\text{s}$ ) devant les rivières de la baie du Mont-St-Michel ( $47,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et l'ensemble des cours d'eau de la rade de Brest ( $40,70 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

#### IV.1.3.2 - Débits moyens mensuels

Pour tous les cours d'eau bretons, les plus forts débits moyens mensuels se situent en février et les plus faibles en août et septembre (figure 25). Il existe des différences dues à des inégalités de pluviométrie suivant les secteurs et surtout à des natures de sous-sols plus ou moins imperméables. Les schistes du bassin de la Vilaine provoquent une irrégularité assez importante du cours d'eau ; les granites intrusifs de l'Aber-Benoit donnent une irrégularité moins relevée. Il est cependant remarquable que la grande majorité de l'eau douce arrive sur le littoral entre les mois de novembre et d'avril compris. Pour la Vilaine les 7/8 de l'eau s'écoulent lors de ces 6 mois. Pour l'Aber-Benoit, le Scorff, le Léguer, le Trieux, le Gouessant, le Gouët, l'Arguenon, environ les 3/4 des eaux arrivent en mer pendant cette demi année. Ces dernières sont toutes des rivières comportant un bassin à sous-sol majoritairement granitique. Intermédiairement, l'Aulne et le Blavet voient transiter pendant cette même période les 4/5 de leur eau. Les bassins ayant peu de réserves d'eau (figure 16), tels ceux du Frémur (baie de la Fresnaye), de la Flora (Val-André), de l'Ic (Binic) devraient se rapprocher des valeurs de la Vilaine. Il n'existe pas, pour l'instant, de mesures de débits sur ces cours d'eau considérés comme secondaires.

### IV.1.4 - Les flux

#### IV.1.4.1 - Les moyennes annuelles

Les flux de phosphore ainsi que d'azote ammoniacal et nitreux ne peuvent être étudiés dans leur globalité, car les mesures sont trop peu nombreuses dans les cours d'eau bretons. Cependant, d'une façon générale, vues les valeurs des concentrations (chapitre 4.2.1), les flux peuvent être considérés comme faibles.

Par contre, les flux annuels concernant l'azote nitrique sont très élevés (figure 26) et peuvent être considérés comme composants majeurs sinon presque exclusifs des flux d'azote par cours d'eau (tableau 7 et figure 27).

Les tonnages d'apports annuels de nitrate en mer sont très dépendants des débits moyens (figure 24) donc des volumes d'eau douce arrivant sur le littoral par les cours d'eau. La Vilaine en rejette le plus (11 000 tonnes d'azote nitrique par an) devançant les rivières de la rade de Brest (6480 tonnes). A priori, il ne semble y avoir aucune relation entre ces déversements globaux de nitrate sur le littoral et les zones d'échouages massifs d'ulves.

Fig. 84

REPARTITION QUANTITATIVE DES DEBITS D'EAU DOUCE (M<sup>3</sup>/s)  
PROVENANT DES RIVIERES BRETONNES

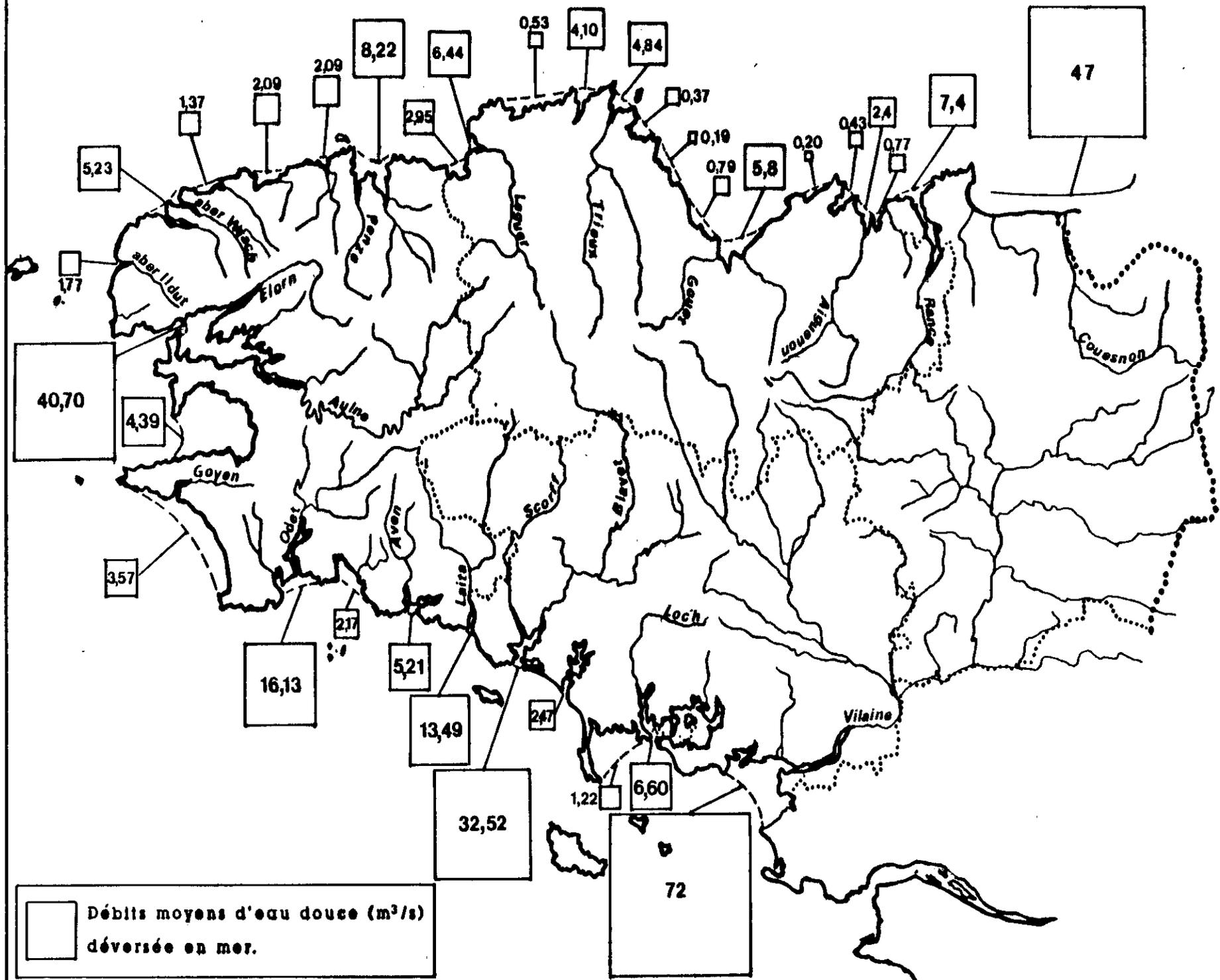
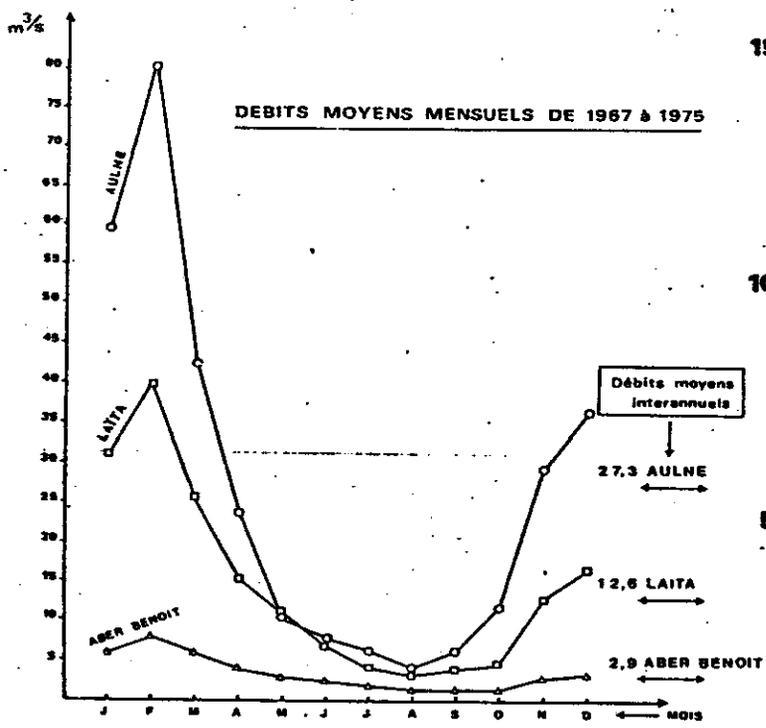
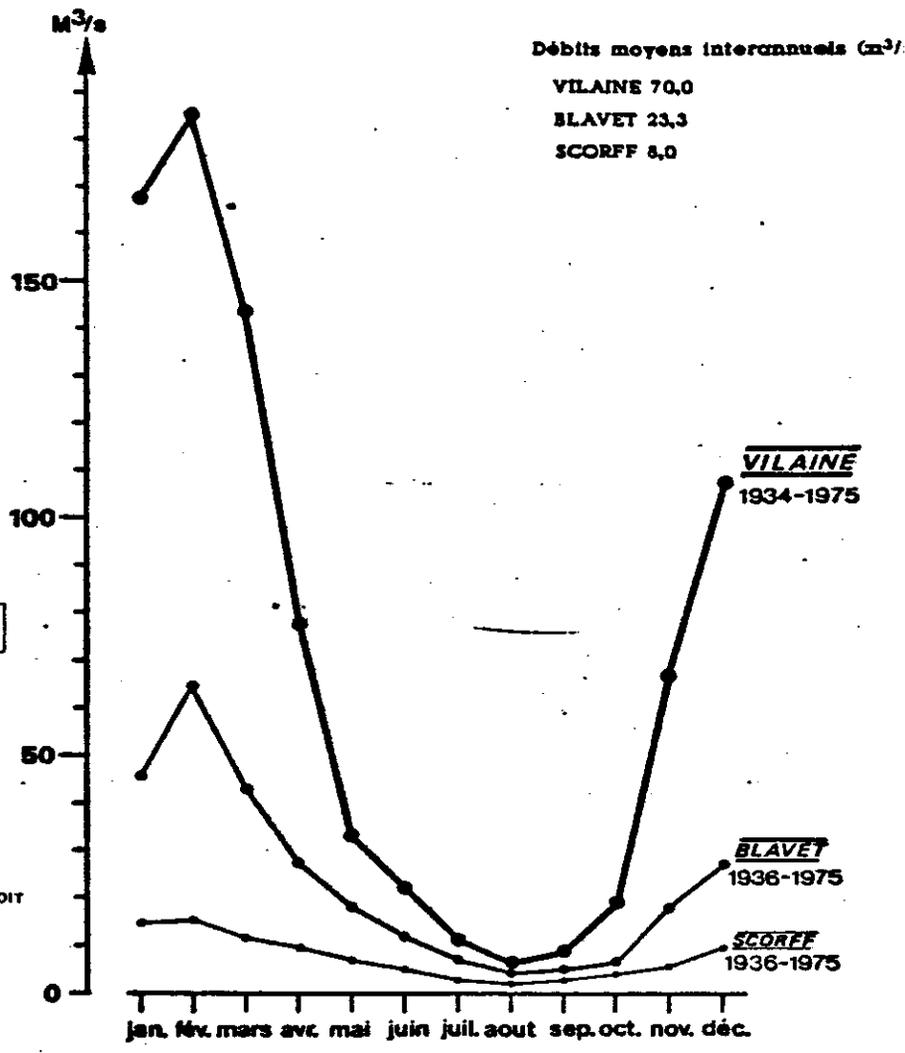


Fig. 25

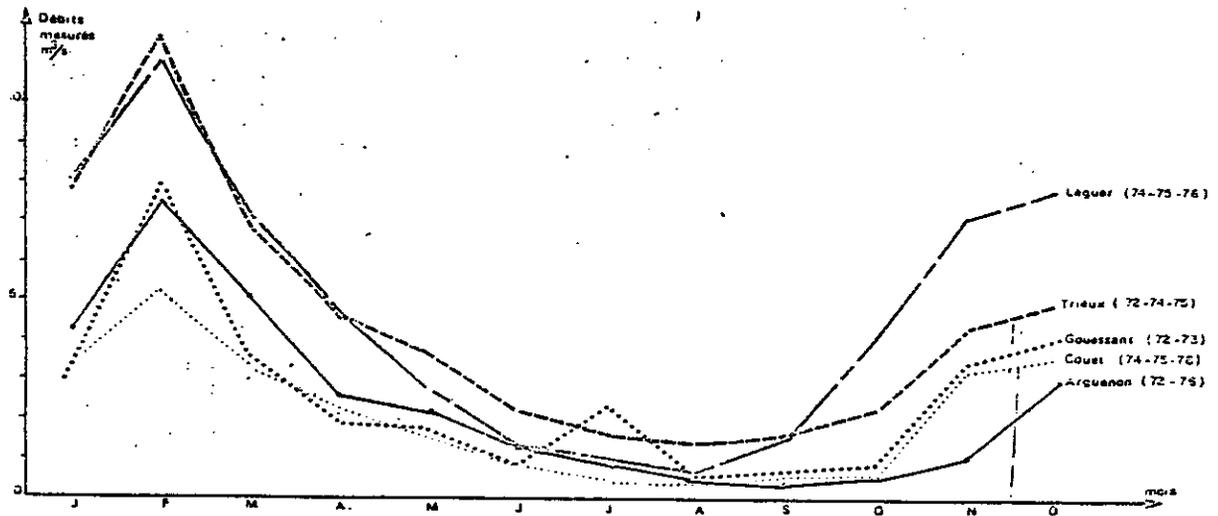
**DEBITS MOYENS MENSUELS**  
d'après le Comité Technique de l'Eau



D'APRES COMITE TECHNIQUE DE L'EAU DE BRETAGNE (RENNES)



DEBITS MOYENS MENSUELS



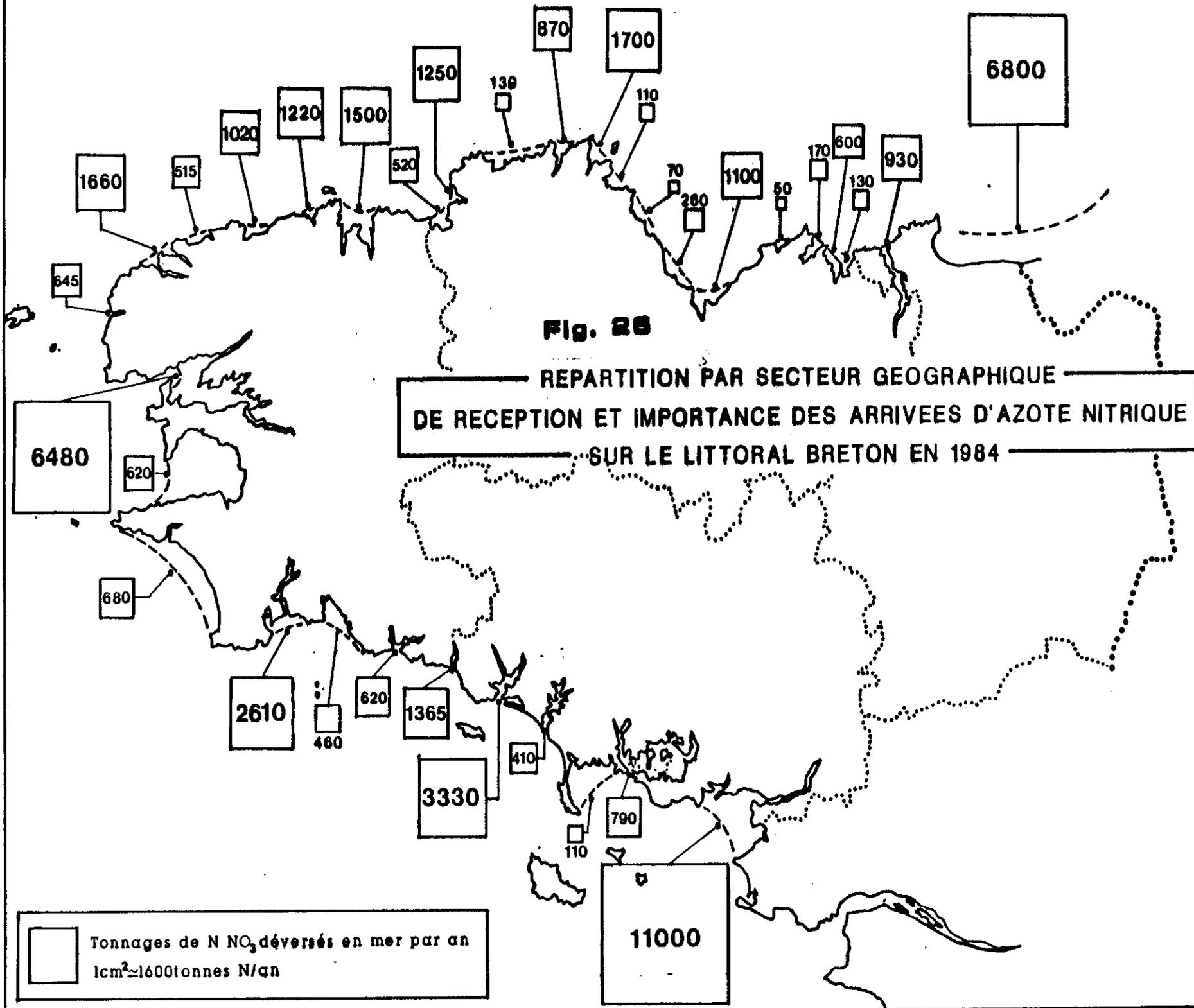


Fig. 27

REPARTITION CHIFFREE DES SORTIES D'AZOTE NITRIQUE

SUR LE LITTORAL BRETON EN 1984

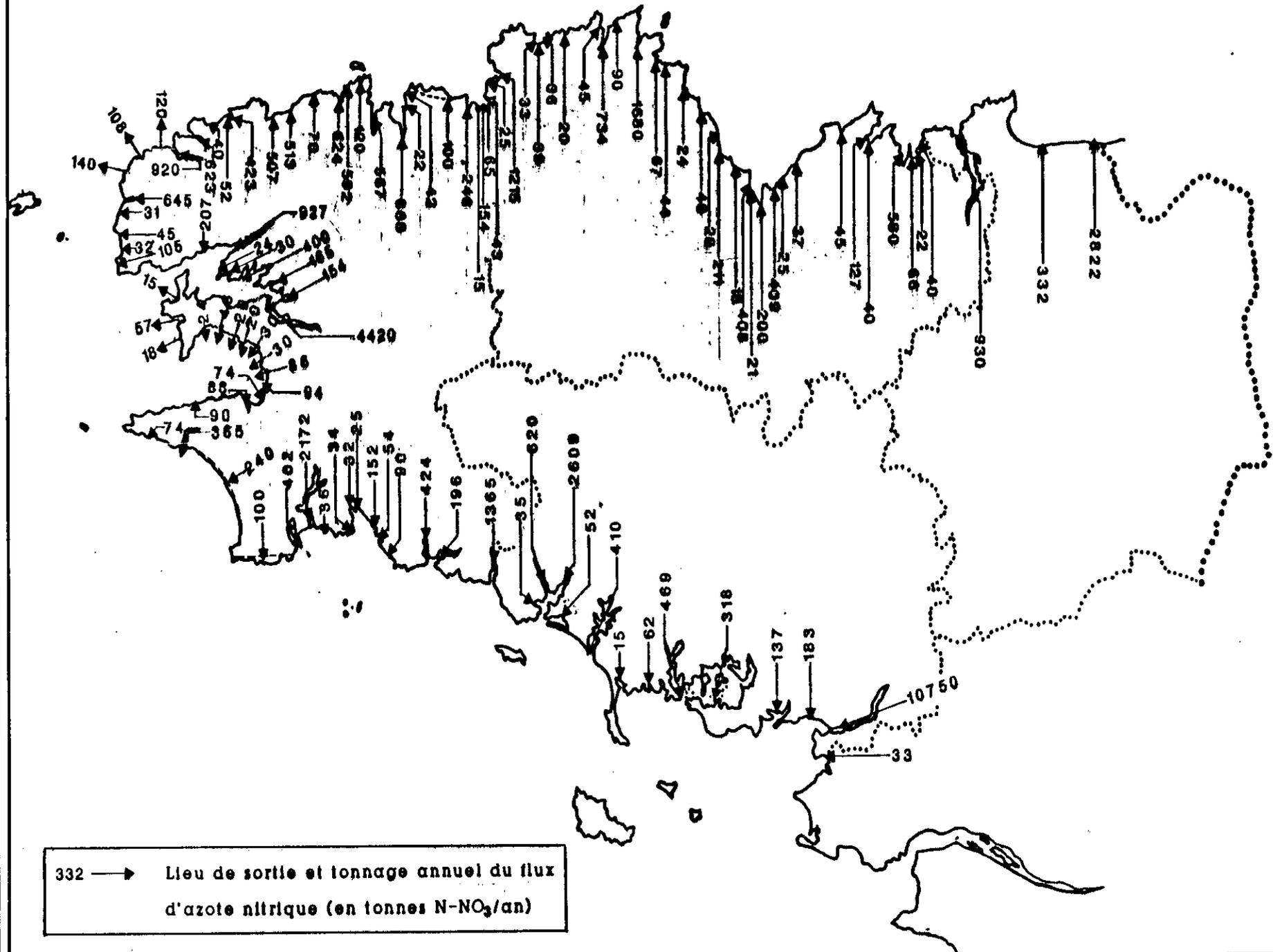


Tableau 7 : Les tonnages moyens d'azote déversés par les cours d'eau en mer.  
Débits moyens et superficies des bassins versants.

Secteur	Rivières	Superficies du B.V. (km <sup>2</sup> )	Débit moyen m <sup>3</sup> /s	Tonnes N/km <sup>2</sup> /an	Tonnes N/an	Total secteur
Baie du Mont (partie Sud)	Couesnon	1129	10,7	2,5	2822	3154
	Marais Dol	416	3,9	0,8	332	
Baie de St-Malo	Rance	1162	7,4	0,8	930	930
Baie de Lancieux	Riv. de Frémur	79	0,48	1,5	40	128
	Riv. de Ploubalay	18	0,12	1,2	22	
	Riv. de Beauvais	27	0,17	0,84	66	
Baie de l'Arguenon	Arguenon	380	2,43	1,0	380	580
	Arguenon aval	280		1,0	200	
Baie de la Fresnaye	Riv. Pont barré	17	0,10	2,35	40	167
	Frémur	54	0,35	2,35	127	
Est	Ruisseau de l'Islet	32	0,20	1,4	45	45
Baie de St-Brieuc	Flora Ruisseau des Coulées	44	0,14	1,4	62	107
Fond de baie de St-Brieuc	Gouessant	455	2,56	0,9	409	1141
	Urne	114	1,00	1,8	200	
	Douvenant	10	0,11	2,1	21	
	Gouët	240	2,12	1,7	408	
Fond baie de St-Brieuc	Rive de Perdic	9	0,06	2,0	18	458
	Ic	85	0,60	2,47	211	
	Riv. d'Étables	19	0,13	2,5	28	
	Riv. de Ploubalay	15	0,12	2,3	48	
	Riv. de Kergalo	11	0,07	2,3	24	
	Riv. de Plouézec	21	0,15	2,1	44	
	Riv. de Paispol	32	0,22	2,1	67	
Trieux	Trieux + estuaire	500	4,84	2,0	1000	1680
	Leff	340		2,0	680	
Jaudy	Entre Trieux et	35,7	0,25	2,5	90	824
	Jaudy Jaudy	429	3,85	1,71	734	
Baie de Perros élargie	Riv. de Plougrescant	18	0,13	2,5	45	173
	Riv. de Trévou	8	0,06	2,5	20	
	Riv. de Trélévern	14,5	0,11	2,5	36	
	Riv. de Louannec	15,6	0,12	2,5	39	
	Riv. de Perros	13,4	0,11	2,5	33	
Côte de Granit rose	Trégastel-Trébeurden	15	0,12	2,7	40	40
Léguer	Léguer	490	6,44	2,48	1215	1215

Tableau 7 (suite)

Fond de baie de Lannion	Riv. de Trédrez	10	0,13	2,48	25	558
	Kerdu	17,2	0,23	2,51	43	
	Roskoat	26	0,35	2,51	65	
	Yar	61,2	0,83	2,51	154	
	Quinquis	6	0,08	2,51	45	
	Ste-Barbe	4,2	0,05	2,51	100	
	Douron	106	1,28	2,32	246	
Tréger	St-Jacut	50	0,50	2,0	100	142
	Moulin de la rive					
	Riv. du Diben	21	0,22	2,0	42	
Baie de Morlaix	Riv. de St-Samson	10	0,1	2,2	22	1457
	Riv. de Morlaix	334	4,2	2,6	868	
	Penzé	210	3,0	2,7	567	
Haut-Léon	Petits Ruisseaux de Roscoff St-Pol	15	0,20	8,0	120	1406
	Horn	74	0,95	8,0	592	
	Guillec	77	0,99	8,1	624	
	Cléder	10	0,15	7,0	70	
Baie de Goulven	Kernic	79	1,11	6,5	513	1020
	Fleche	89	1,13	5,7	507	
Côte des Abers	Quillinadec	83	1,05	5,1	423	475
	Riv. du Curnic	13	0,18	4,0	52	
	Plouguerneau	19	0,14	4,0	40	40
	Aber Wrac'h	145	1,88	4,3	623	623
	Aber Benoit	230	3,0	4,0	920	920
	Riv. de Laspaul	30	0,35	4,0	120	368
	Riv. de Portsaill	27	0,32	4,0	108	
	Argenton	35	0,35	4,0	140	
	Aber Ildut	150	1,77	4,3	645	645
	Porzpol	7	0,08	4,5	31	213
	Porzmoquer	10	0,10	4,5	45	
Porz Ilien	8	0,10	4,0	32		
Riv. du Conquet	30	0,35	3,5	105		
Rade de Brest	Dellec	20	0,15	2,3	46	6483
	Penfeld	69	1,18	3,0	207	
	Elorn	403	6,90	2,3	927	
	Caro	8	0,13	3,0	24	
	Auberlac'h	10	0,16	3,0	30	
	Riv. de Daoulas et adj.	143	2,40	2,8	400	
	Riv. de l'Hôpital	59	9,97	2,8	165	
	Riv. du Faou	55	0,91	2,8	154	
	Aulne	1842	27,30	2,4	4420	
Presqu'île Nord	60	0,6	1,5	90		
Presqu'île Ouest	Camaret	10	0,10	1,5	15	
	Kerloc'h	38	0,45	1,5	57	
	Dinan	12	0,10	1,5	18	
Baie de Douarnenez	Crozon	12	0,10	2,0	24	622
	L'Aber	31	0,43	1,5	46	
	Telgruc - St-Nic	60	0,80	2,0	120	
	Riv. Kervigen	43	0,59	2,0	86	
	La Palud	47	0,65	2,0	94	
	Le Ris	37	0,51	2,0	74	
	Riv. de Douarnenez	44	0,61	2,0	88	
	Pointe du Raz-Nord	60	0,70	1,5	90	

Tableau 7 (suite)

Baie d'Audierne	Loc'h	31	0,37	2,4	74	679
	Goyen	152	2,10	2,4	365	
	Reves de la baie	100	1,10	2,4	240	
Sud Baie Guilvinec	Riv. cotières	50		2,0	100	100
Anse de Bénodet	Riv. de Pont l'Abbe	134	1,93	3,0	402	2610
	Odat	724	14,50	3,0	2172	
	Mousterlin	18		2,0	36	
Baie de Concarneau	Ster de Beg Meil	16	0,23	2,0	32	450
	Riv. de Fouesnant	16	0,23	2,0	32	
	Riv. de la Forest	10	0,14	2,5	25	
	Riv. Croas Avalou	30	0,30	2,5	75	
	Le Maros	61	0,88	2,5	152	
	Riv. de Trégunc	27	0,39	2,0	152	
Trévignon	60		1,5	90		
Aven Belon	Aven	212	3,80	2,0	424	620
	Riv. de Belon	98	1,41	2,0	196	
	Moëlan	40	0,35	2,0	56	56
Anse du Pouldu	Laita	920	12,64	1,4	1288	136
	Saudrais	29	0,43	1,3	37	
	Lannec	13	0,18	1,3	17	
	Kerroch	10	0,14	1,3	13	
	Locmeur	7,4	0,10	1,3	10	
Estuaire de Lorient	Scorff	477	8,02	1,3	620	3332
	Kerguelen	5,4	0,07	1,3	7	
	Ter	27,0	0,3	1,3	35	
	Blavet	2007	23,13	1,3	2609	
	Port Louis	7,0	0,20	1,3	9	
	Locmale	40	0,87	1,3	52	
De Gâvres à Quiberon	Carrec bien	6,3	0,09	1,2	8	454
	Riv. d'Étel	340	2,47	1,2	408	
	Erdeven	21,8	0,14	1,2	26	
	Quiberon	12,5	0,06	1,0	12	
Baie de Quiberon	Quiberon Est	8,4	0,03	1,0	8	111
	Plouharnel	15,5	0,13	1,0	15	
	Carnac	3,4	0,02	1,0	3	
	Beaumer	8,8	0,08	1,0	9	
	Crac'h	62	0,86	1,0	62	
	St-Philibert	10,7	0,15	1,0	11	
Kerlud	3,3	0,03	1,0	3		
Golfe du Morbihan	Riv. d'Auray	391	3,62	1,2	469	787
	Riv. du golfe	265	2,98	1,2	318	
Baie de Vilaine	Sud Rhuy	42,5	0,22	1,0	42	11163
	Kerboulicoa	12,1	0,06	1,1	13	
	Penerf	114	0,63	1,2	137	
	Kervoyal	5,5	0,03	1,1	6	
	Kervily	183	1,05	1,0	183	
	Vilaine	10750	70,10	1,0	10750	
	Varlingue	5,3	0,03	1,0	5	
	Penbé	33	0,17	1,0	33	

#### IV.1.4.2 - Les variations durant l'année

En raison d'un taux de restitution régulier pour la Noë-Sèche (chapitre 4.1.2) maintenant une concentration en nitrate plutôt stable durant l'année (figure 21), le flux d'azote apporté par cette rivière en mer varie en suivant fidèlement les fluctuations du débit (figure 28). Les rivières dont les bassins sont à sous-sols majoritairement granitiques (chapitre 4.1.1) verront donc en hiver (novembre à avril) les 3/4 des tonnages d'azote apportés en mer. Les cours d'eau à débit plus irrégulier et à taux de restitution supérieur, auront un taux d'apport hivernal encore plus élevé (> 7/8 pour la Vilaine, le Frémur, la Flora, l'Ic ...). Ceci veut dire que les faibles concentrations marines en nitrate rencontrées au printemps et en été dans les estuaires sont dues en partie aux réductions importantes des apports d'origine terrigène durant cette période. Cette influence devient négligeable en milieu ouvert, car la dilution de l'eau douce dans la masse d'eau marine y est très forte. Seules des fortes poussées de débit de crue en période hivernale pourront avoir une influence sur les concentrations en sels nutritifs dans le milieu marin ouvert.

#### IV.1.4.3 - Les variations interannuelles

L'évolution des flux d'azote nitrique de la Vilaine à Arzal de 1976 à 1982 (figure 29) montre une très nette tendance à la hausse en période hivernale. Les pics de janvier à avril, très bas en 1976 (< 10 g N-NO<sub>3</sub> /seconde) s'élèvent jusqu'en 1982 (300 g N-NO<sub>3</sub> /s, ce qui représente 8 mg NO<sub>3</sub> /l). Les valeurs moyennes des flux calculés chaque année entre novembre et avril compris, donnent cette évolution globale :

<b>Hiver</b> :	1976 - 1977	:	30 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1977 - 1978	:	40 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1978 - 1979	:	41 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1979 - 1980	:	48 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1980 - 1981	:	55 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1981 - 1982	:	85 g N-NO <sub>3</sub> /seconde

L'évolution en période estivale (mai à octobre compris) est moins évidente, bien qu'ayant une tendance à l'augmentation :

<b>Eté</b> :	1976	:	1,6 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1977	:	5,0 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1978	:	8,3 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1979	:	6,0 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1980	:	5,0 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1981	:	22,5 g N-NO <sub>3</sub> /seconde
	1982	:	8,3 g N-NO <sub>3</sub> /seconde

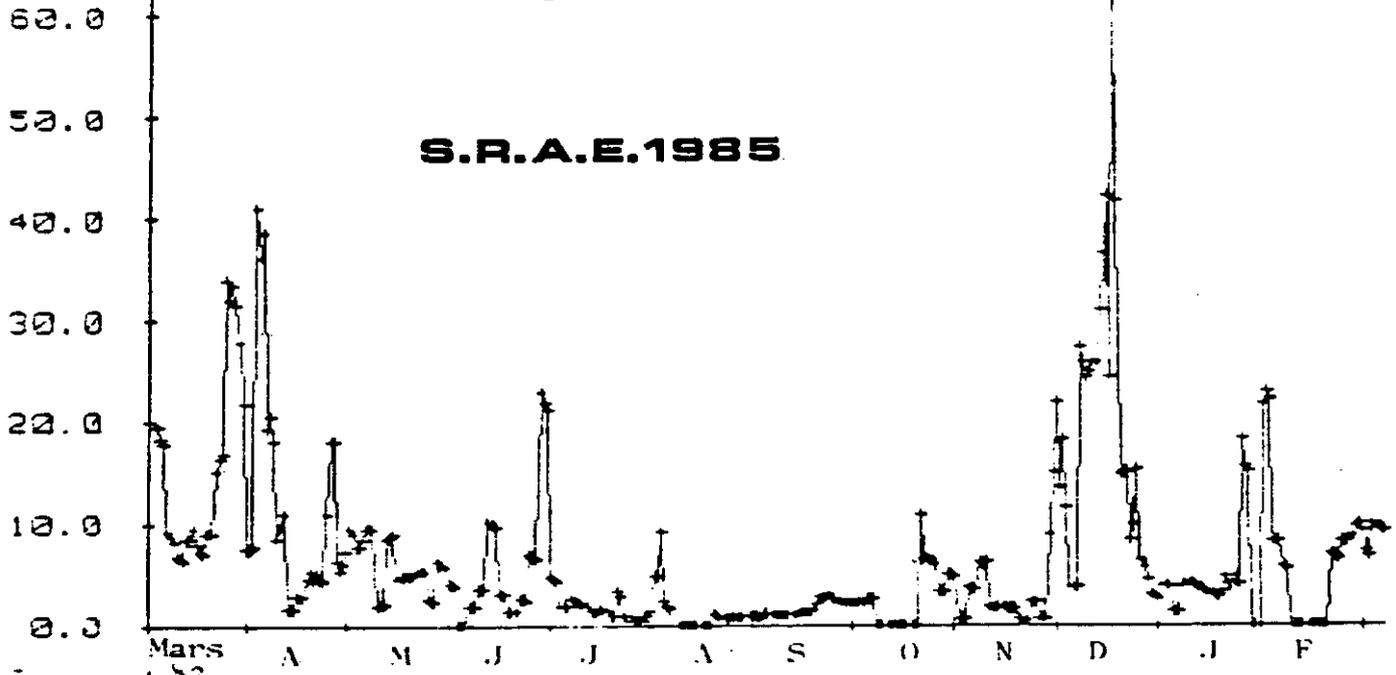
L'augmentation des apports globaux en azote nitrique vers le milieu littoral se fait essentiellement en période hivernale. Les apports diffus d'origine terrigène en période estivale sont faibles, et s'élèvent relativement peu d'une année sur l'autre.

Si les proliférations d'ulves sont dues à une augmentation des apports de sels nutritifs d'origine terrigène, ceci pourrait se produire à partir d'une élévation des flux de nitrates en période hivernale et début de printemps. Les pics de flux de nitrates, pouvant se faire ressentir de plus en plus loin en mer, alimenteraient des zones

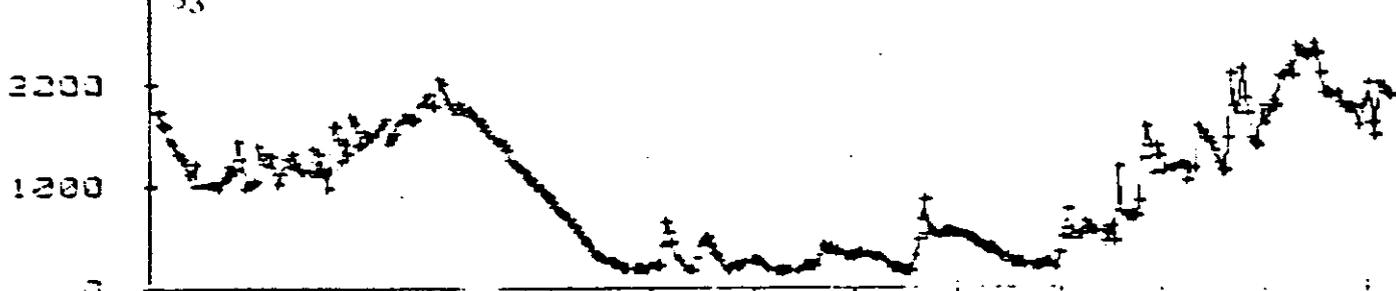
Fig. 28

S.R.A.E. 1985

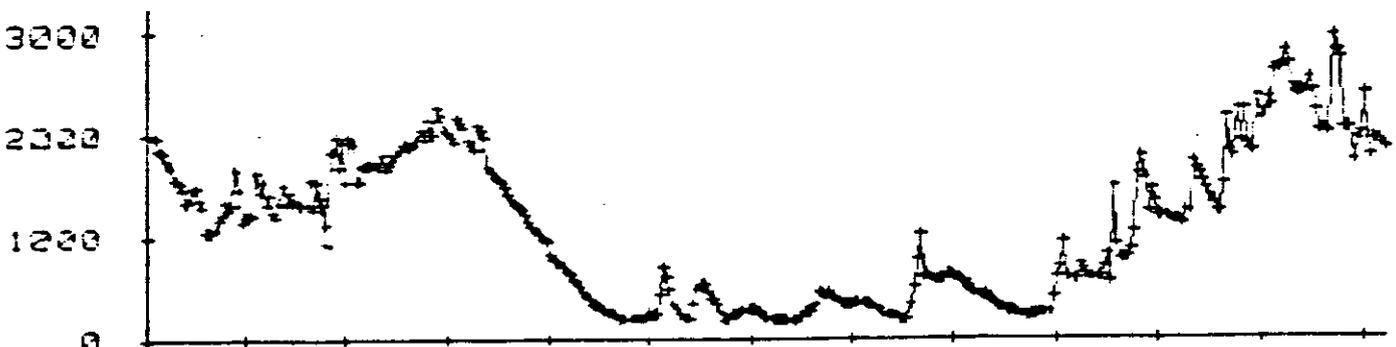
Flux d'azote  
ammoniacal  
(en mg N-NH<sub>4</sub>/s)



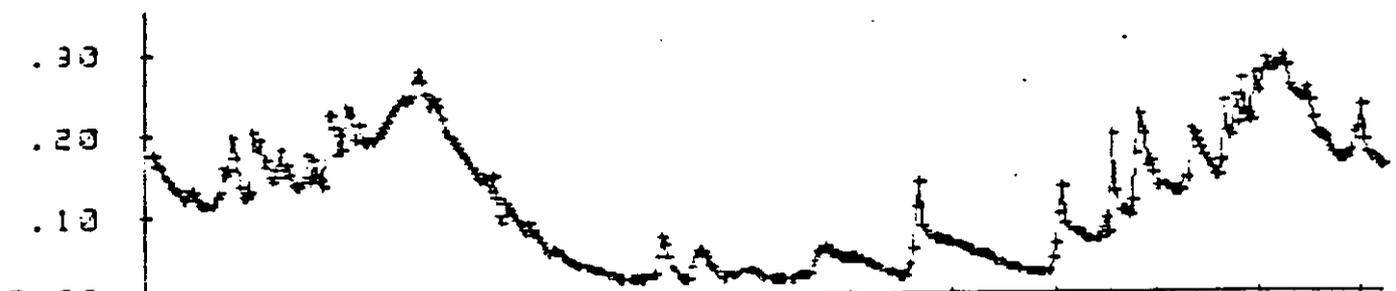
Flux d'azote  
nitrique  
(en mg N-NO<sub>3</sub>/s)



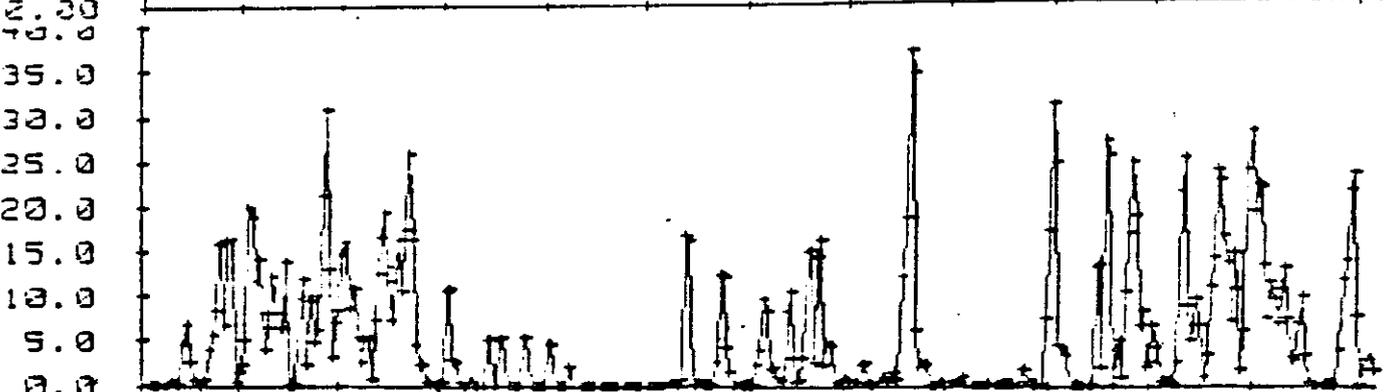
Flux d'azote  
total  
(en mg N/s)



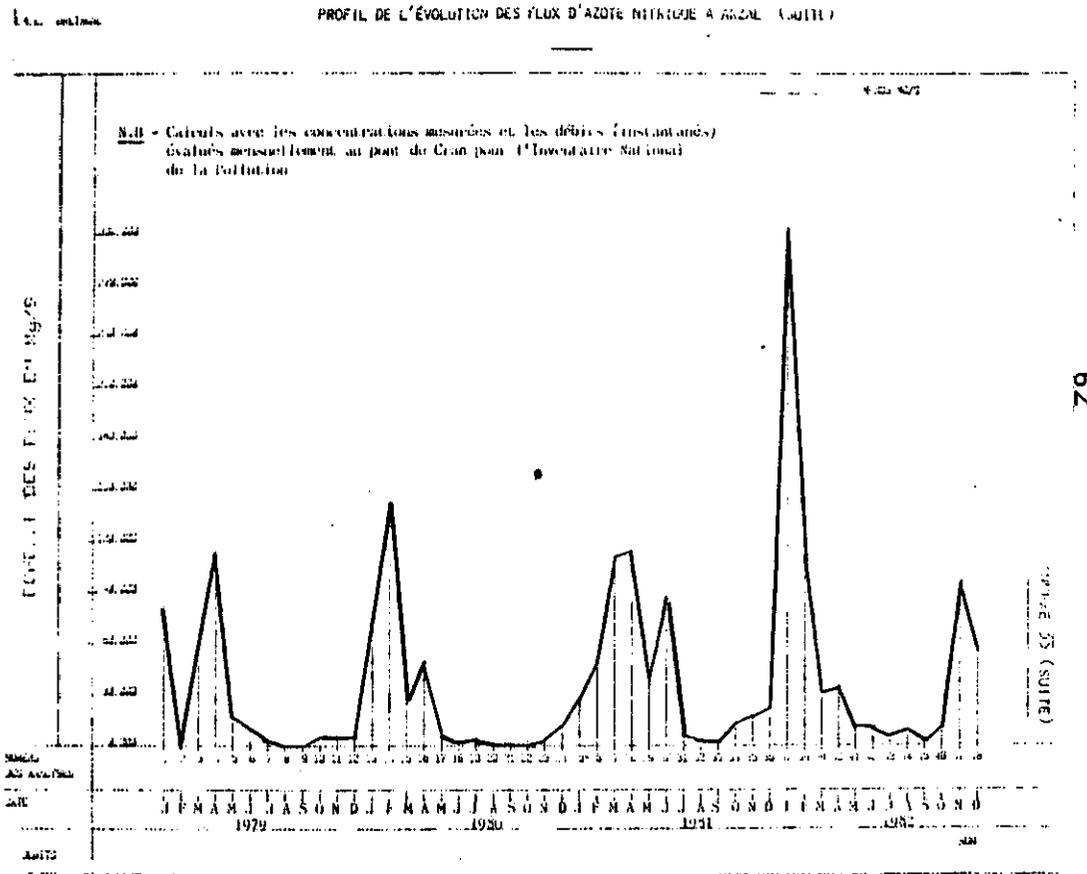
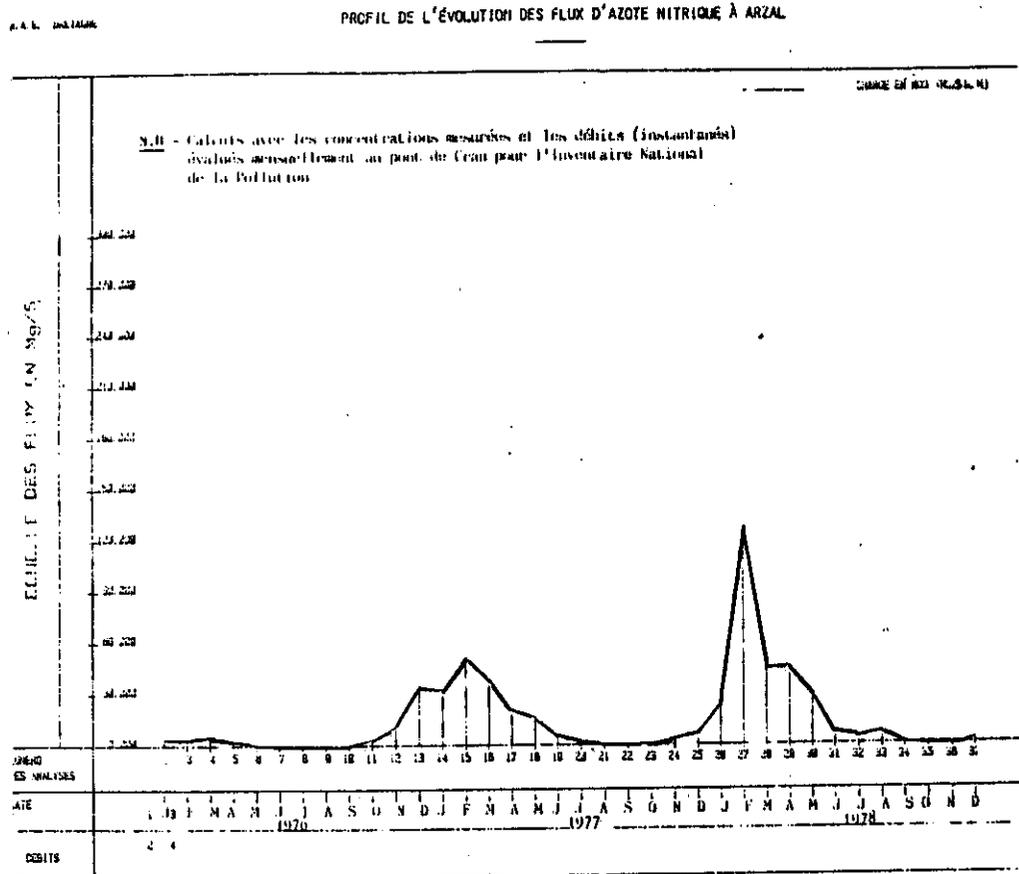
Débits  
(en m<sup>3</sup>/s)



Pluies  
journalières  
(en mm)



**Fig. 29**



auparavant peu concernées. Les capacités qu'ont les ulves de stocker à long terme les sels nutritifs leur donneraient le pouvoir de profiter de plus en plus d'apports momentanés et fugitifs à partir des crues hivernales.

La seconde hypothèse dans la recherche des causes des proliférations d'ulves est l'augmentation des taux estivaux de nitrates dans les cours d'eau alimentés par des sources (zones à sous-sol essentiellement granitique). Elles alimentent directement les biomasses d'ulves flottantes au bas de l'eau. Il peut y avoir aussi des résurgences directes sur le littoral.

La courbe d'évolution des concentrations moyennes annuelles de nitrates dans les nappes phréatiques (figure 17) est comparable à celle de l'évolution des biomasses d'ulves échouées globalement en Bretagne-Nord (figure 1).

La troisième hypothèse est l'augmentation des apports ponctuels dans les parties aval des cours d'eau ou directement en mer. Ces rejets, généralement peu étudiés, sont au moins égaux sinon supérieurs (tourisme) en période estivale par rapport à ceux de l'hiver. Ils sont surtout le fait d'activités aquacoles, industrielles et domestiques.

#### IV.2 - Les concentrations dans le milieu marin

##### IV.2.1 - Concentrations moyennes

Les données RNO de 1976 à 1978 sur la partie Ouest de la baie de St-Brieuc et dans l'intérieur de la baie de Lannion montrent des valeurs à peu près équivalentes et à évolution semblable aux six points étudiés. Ceci dénote une bonne dilution des eaux au-delà de la ligne des 10 mètres dans ces zones. Les valeurs moyennes en sels nutritifs près des roches de St-Quay (tableau 8) sont très faibles en été (mai à octobre) et relativement peu élevées en hiver (novembre à avril). Ces concentrations de sels nutritifs, comparables à celles de la baie de Morlaix, sont nettement moins élevées que celles du golfe du Morbihan ou bien de la rade de Brest (tableau 9). Ceci semble normal au vu de l'aspect semi-fermé de ces deux dernières entités géographiques.

Dans l'estuaire de l'Aulne (Sud rade de Brest) "aucun signe de dystrophie n'a pu être mis en évidence et aucune augmentation significative des teneurs en azote inorganique et organique dissous observé depuis 1978" (TREGUER, 1984). A fortiori, la partie Ouest de la baie de St-Brieuc ne semble pas menacée de sitôt d'un déséquilibre du milieu.

##### IV.2.2 - Evolution durant l'année

Les données mensuelles des sels nutritifs au point 2 RNO de la baie de St-Brieuc, proche des roches de St-Quay, montrent des évolutions annuelles classiques (figures 30 à 33). L'assimilation végétale du printemps et de l'été réduit les concentrations à des valeurs presque nulles. La reminéralisation automnale et hivernale fait remonter les concentrations naturelles jusqu'à des valeurs de  $10 \mu\text{atg N-NO}_3 / \text{l}$  (=  $0,6 \text{ mg NO}_3$ ) et  $0,60 \mu\text{atg P-PO}_4 / \text{l}$  (=  $0,056 \text{ mg PO}_4 / \text{l}$ ). Des doses comparables ont été observées au centre de la

**Tableau 8** : Synthèse des données RNO 1977 - 1979 -  
Point n° 2, Roches de St-Quay.

	Moyennes hivernales (1)	Moyennes estivales (2)
mg NO <sub>3</sub> /l	0,600	0,004
mg NH <sub>4</sub> /l	0,010	0,005
mg NO <sub>2</sub> /l	0,017	0,001
mg PO <sub>4</sub> /l	0,050	0,006

(1) sur les 6 mois à concentrations les plus élevées.

(2) sur les 6 mois à concentrations les plus faibles.

**Tableau 9** : Comparaison des concentrations moyennes hivernales  
grâce aux données RNO de la même période sur d'autres  
secteurs.

	Roches de St-Quay	Rade de Brest (centre)	Golfe du Morbihan (centre)	Baie de Morlaix (centre)
NO <sub>3</sub>	1	x 2 à 3	x 1,5 à 2	x 1
NH <sub>4</sub>	1	x 10	x 5	x 1
NO <sub>2</sub>	1	x 1,5	x 2	x 1
PO <sub>4</sub>	1	x 1	x 2	x 0,8

Fig. 30

**EVOLUTION des TENEURS en AMMONIUM**  
dans les eaux marines baignant les roches de St QUAY (point 2 R.N.O.)

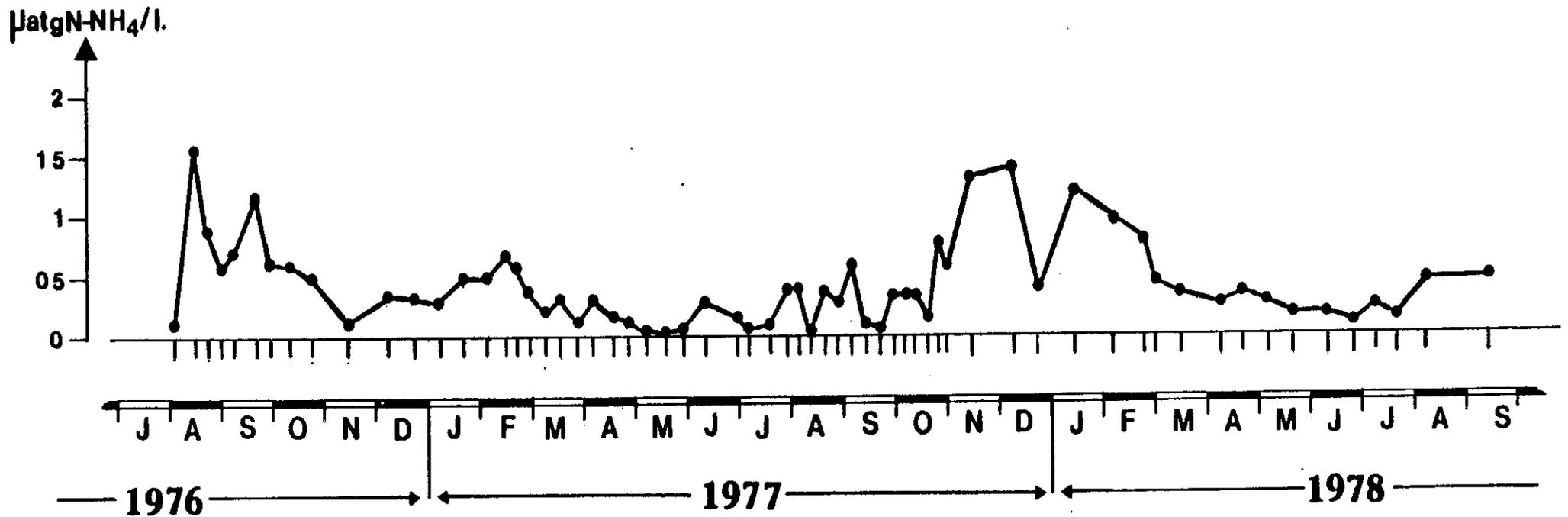


Fig.31

**EVOLUTION des TENEURS en NITRATE**  
dans les eaux marines baignant les roches de St QUAY (Point 2 R.N.O.)

$\mu\text{atgN-NO}_3/\text{l.}$

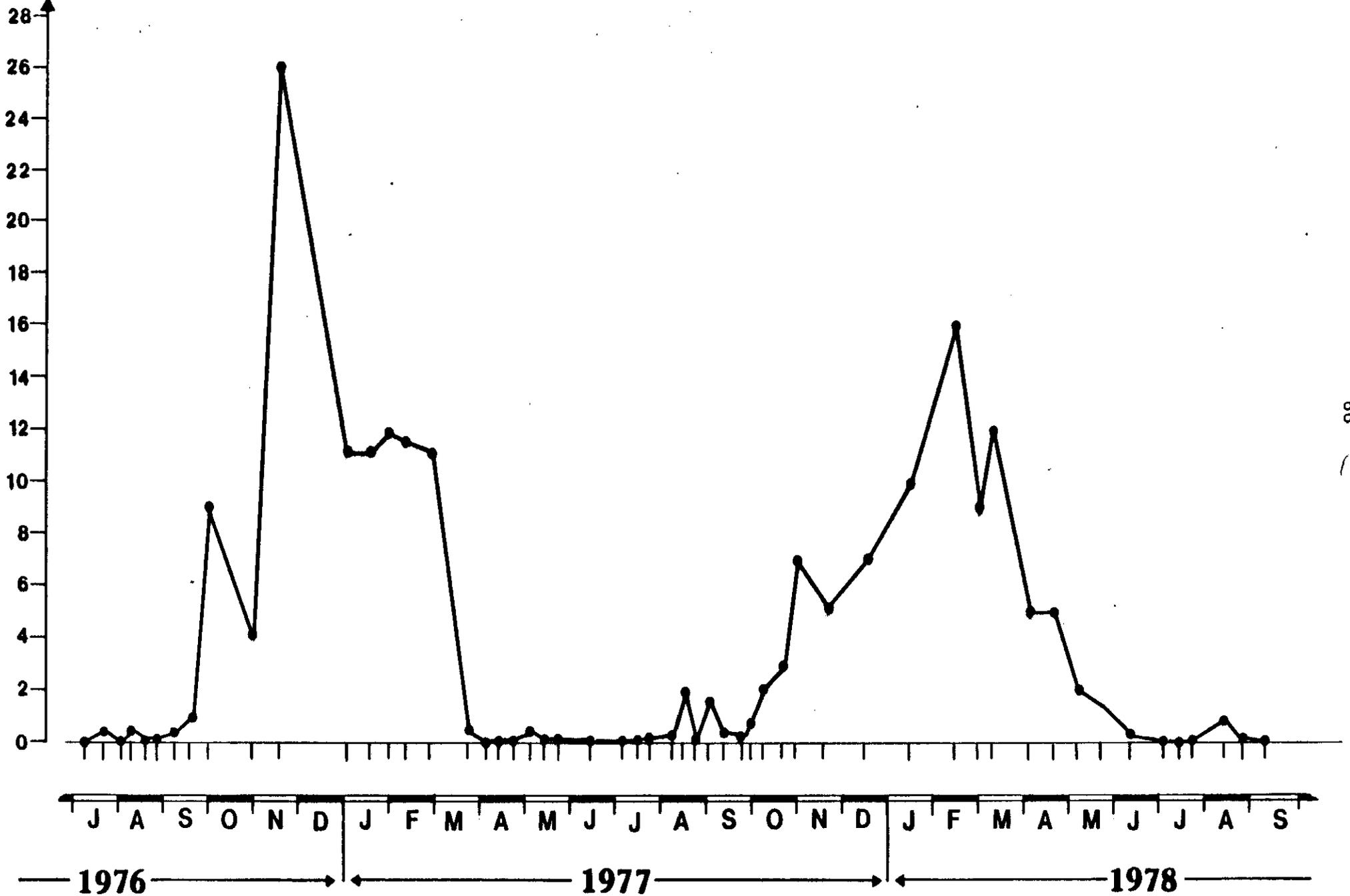


Fig.32

**EVOLUTION des TENEURS en NITRITE**  
 dans les eaux marines baignant les roches de St QUAY (Point 2 R.N.O.)

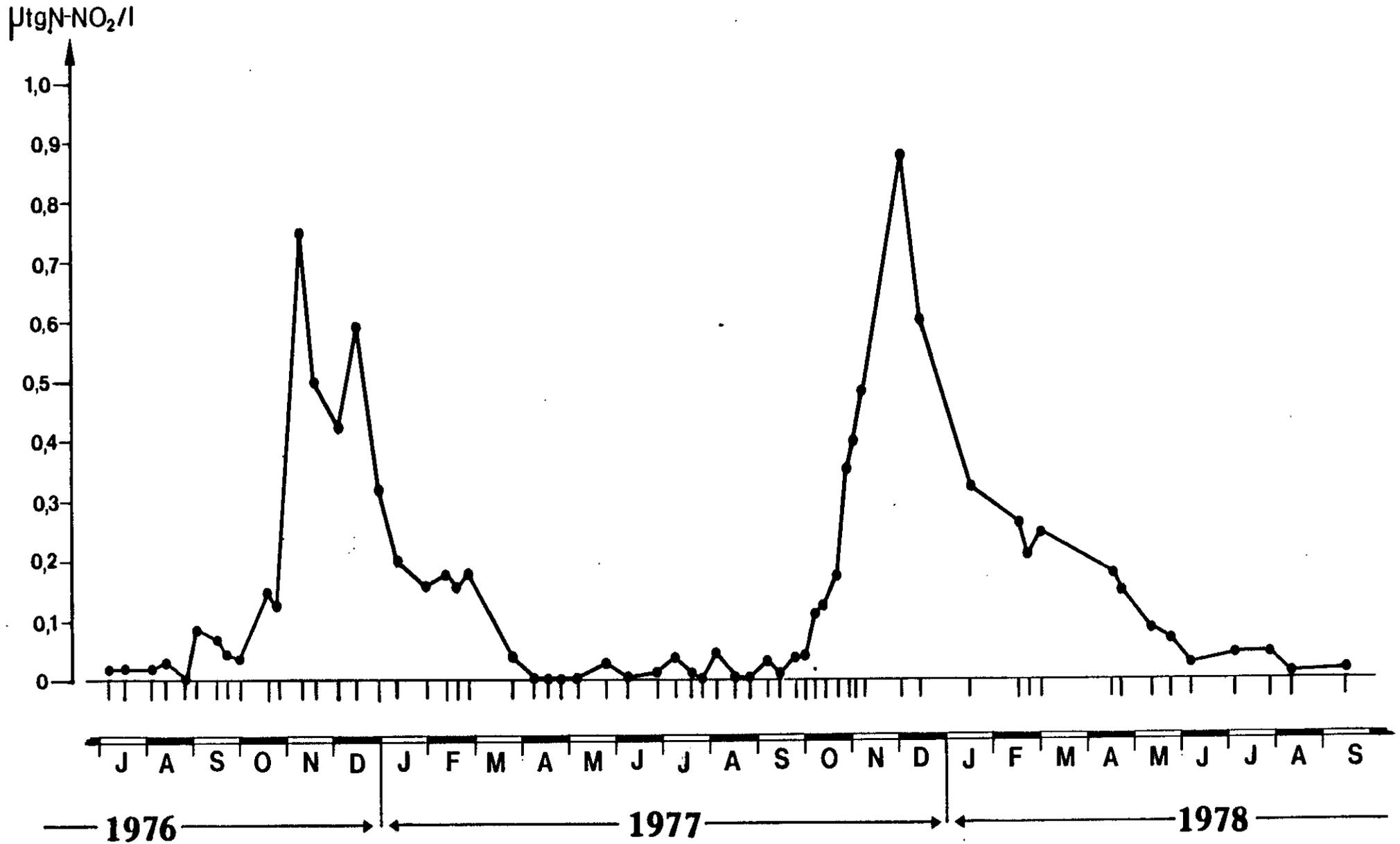
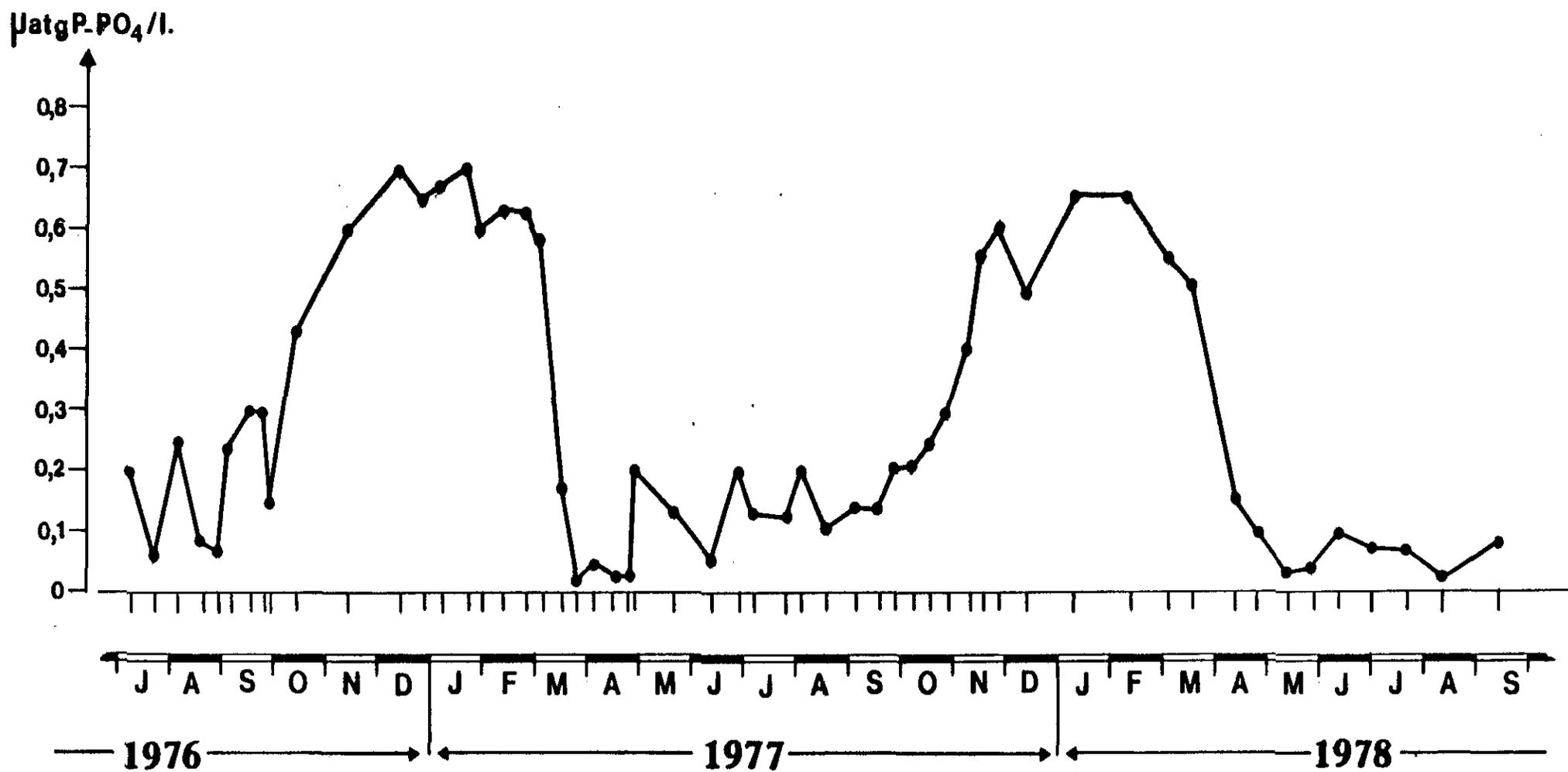


Fig.33

**EVOLUTION des TENEURS en PHOSPHATES**  
dans les eaux marines baignant les roches de St QUAY (Point 2 R.N.O.)



68.

baie de Douarnenez (LE CORRE, 1985) au sortir de la baie de Morlaix près de l'île de Batz (WAFAR, 1981, figure 34). Une valeur extrême de nitrate a cependant été notée en décembre 1976 aux quatre points RNO de la baie de St-Brieuc, et plus particulièrement aux points 2 et 4 (1,6 mg  $\text{NO}_3$  /l). Ceci pourrait être la conséquence d'une très forte crue provenant vraisemblablement du Sud de la baie. Il y a en effet correspondance avec une légère baisse de salinité de 35,150 (août à fin novembre) jusqu'à 34,700 / ‰ en décembre 1976. Ces poussées de sels nutritifs, de plus en plus au large lors des crues seront à étudier, de même que le niveau et la durée du stockage par les ulves. En baie de Vilaine, par exemple, où les échouages d'ulves sont en progression rapide depuis 3 ans, les poussées hivernales actuelles de nitrates provenant de la Vilaine se font sentir jusqu'à l'île d'Hoëdic. La moyenne hivernale y est de 13  $\mu\text{atg N-NO}_3$  en 1984 avec des valeurs de l'ordre de 20  $\mu\text{atg}$  de février à avril (MAGGI, 1985 en cours). Or les flux hivernaux de nitrates provenant de la Vilaine ayant tendance à augmenter depuis 10 ans (figure 29), il est vraisemblable que cette influence soit plus fortement ressentie actuellement et sur une zone plus étendue.

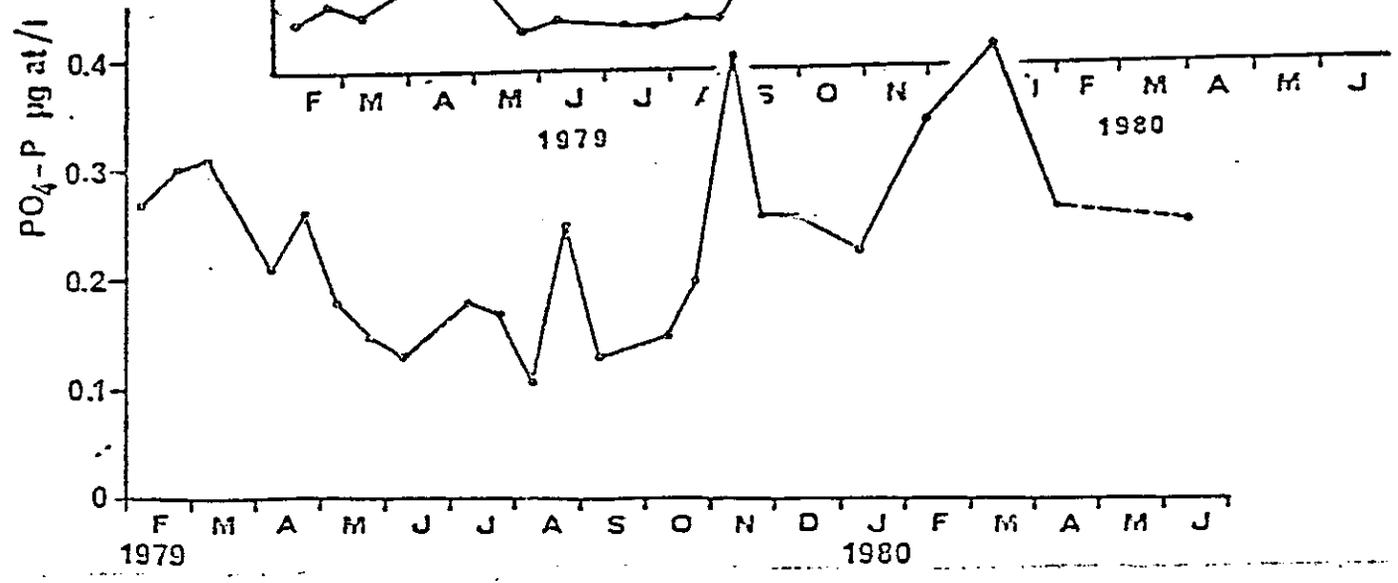
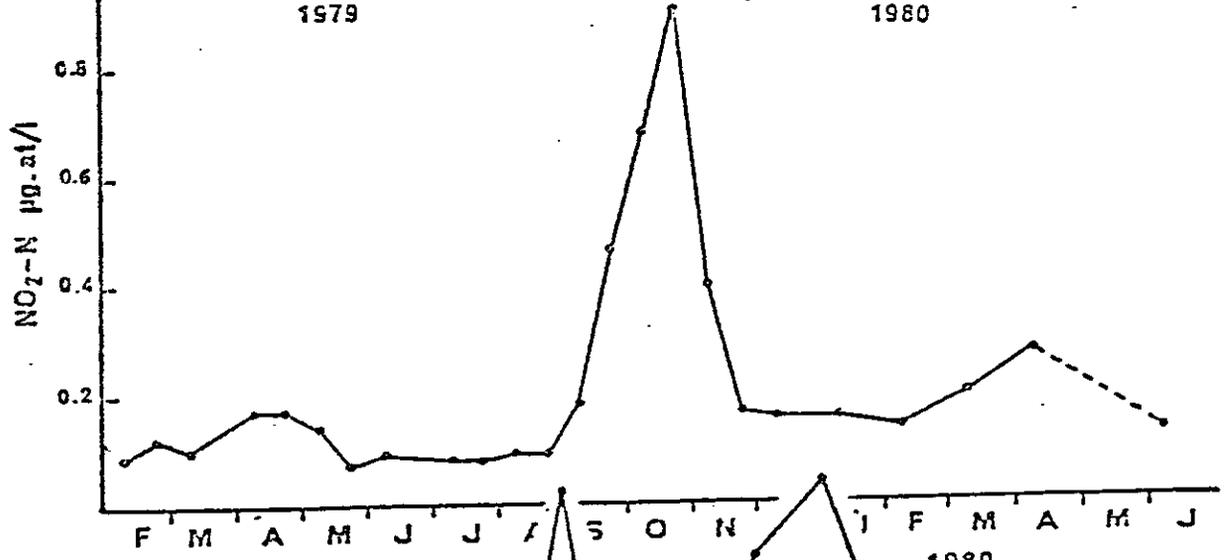
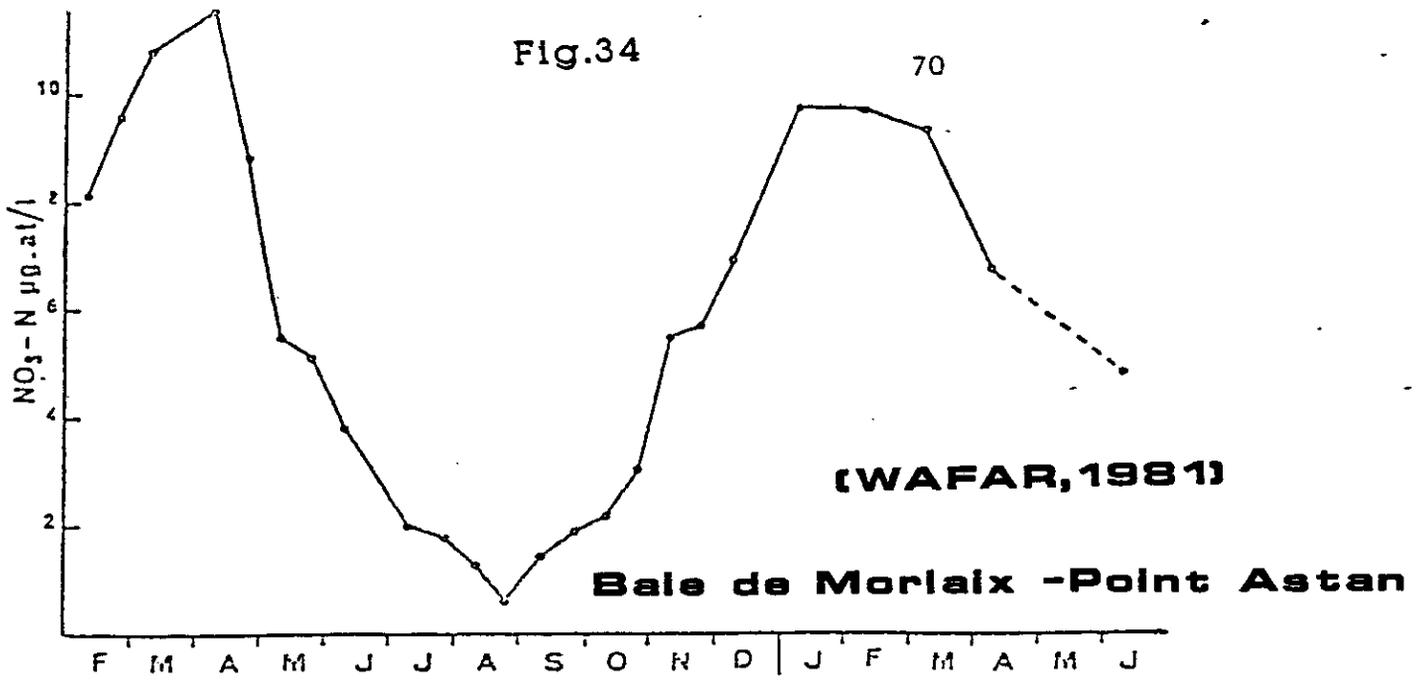
#### IV.2.3 - Le cas du fond de la baie de St-Brieuc

La biomasse d'ulves flottantes au bas de l'eau dans la partie Sud de la baie de St-Brieuc, est directement alimentée par trois cours d'eau : le Gouët, l'Urne et le Guessant. Les concentrations de sels nutritifs aux débouchés des rivières dans la baie sont relativement élevées d'une manière générale (tableau 10). Si le taux de nitrate est équivalent dans les trois cours d'eau (origine essentiellement agricole), les teneurs en ammoniac, nitrite et phosphate sont plus élevées dans le Gouët (origine urbaine). Les eaux du Guessant sont comparables à celles du Trieux à part les doses de phosphates élevées dans ce dernier cas dues à des sources domestiques (population non raccordée). En proportion (tableau 11) les nitrates du Guessant et tous les sels nutritifs du Gouët sont les principaux aliments des ulves du fond de la baie. Si à pleine mer la dilution peut être considérée comme bonne, les taux de concentrations au bas de l'eau à basse mer sont élevées (tableaux 12 et 13) en ce qui concerne les nitrates et les phosphates. Les nitrates présentent une stabilité temporelle de concentration (car apports diffus permanents d'origine agricole). L'ammonium et les phosphates montrent, par contre, une instabilité notable (MERCERON, 1983). Aux débits faibles du Gouët correspondent des concentrations élevées dues aux rejets ponctuels d'origine urbaine. Les nitrites, dans un milieu assez oxygéné comme celui-ci, ne représentent qu'une étape transitoire dans les phénomènes de nitrification.

Bien que le Gouët et l'Urne rejettent à eux deux proportionnellement plus de sels nutritifs dans l'anse d'Yffiniac que le Guessant dans la baie de Morieux, cette dernière entité géographique possède des concentrations généralement plus élevées. Deux phénomènes se conjuguent pour disperser les masses d'eau vers l'Est ou le Nord-Est : le sens de la dérive littorale et les vents majoritairement d'Ouest. En effet, les vents jouent un rôle important dans l'advection des effluents au cours de la marée. La houle intervient quant à elle dans la remise en suspension aux embouchures des cours d'eau des sels nutritifs et matières organiques stockées dans les éléments fins. Ceci concerne directement le phosphate et indirectement l'ammoniac, le nitrite et le nitrate par minéralisation et oxydation de la matière organique.

Fig.34

70



**Tableau 10** : Les apports de sels nutritifs par certains cours d'eau débouchant dans la baie de St-Brieuc.

(sources : MERCERON, 1983 et DDE, données brutes, 1985).

Concentrations moyennes en eau douce au débouché des cours d'eau (valeurs 1981 à 1983).

	Gouët+Gouédic	Urne + Riv. St-Jean + Riv. St-René	Gouessant	Mélange des 3 apports	Trioux (à Pontrieux)
mg NO <sub>3</sub> /l	24,5	22,0	24,0	24,0	25,0
mg NH <sub>4</sub> /l	1,20	0,30	0,40	0,70	0,30
mg NO <sub>2</sub> /l	0,226	0,095	0,170	0,180	0,200
mg PO <sub>4</sub> /l	0,716	0,400	1,140	0,420	1,000
Débits (m <sup>3</sup> /s)	2,12	1,00	2,56	5,68	4,84

**Tableau 11** : Proportions particulières des apports directs à basse mer en fond de baie de St-Brieuc (entre pointe de Roselier et rocher Romel).

	Gouët+Gouédic	Urne + Riv. St-Jean + Riv. St-René	Gouessant
% NO <sub>3</sub>	39	16	45
% NO <sub>4</sub>	66	8	26
% NO <sub>2</sub>	48	9	43
% PO <sub>4</sub>	67	18	15

En considérant que les cours d'eau se rejoignent et se mélangent à basse mer de vive eau dans la zone de prolifération des ulves flottantes au bas de l'eau.

**Tableau 12** : Concentrations en sels nutritifs sur la côte Ouest de la zone à bouchots (devant la pointe du Grouin) (d'après MERCERON, 1983).

	Valeurs minimales à PM+2h30	Valeurs maximales à 8M
mg NO <sub>3</sub> /l	0,250	2,50
mg NH <sub>4</sub> /l	< 0,010	0,080
mg NO <sub>2</sub> /l	0,010	0,030
mg PO <sub>4</sub> /l	0,050	0,100

**Tableau 13** : Limites au-dessus desquelles les concentrations peuvent être considérées comme anormalement élevées (PIRIOU, 1985 ; d'après diverses données).

	Eau douce	Estuaire amont	Estuaire aval
mg NO <sub>3</sub> /l	25,0	7,50	2,50
mg NH <sub>4</sub> /l	1,50	0,500	0,160
mg NO <sub>2</sub> /l	0,50	0,200	0,065
mg PO <sub>4</sub> /l	1,00	0,300	0,100

Il s'avère que les ulves du bas de l'eau subissent les mêmes phénomènes physiques que les effluents et se concentrent plus spécialement devant la baie de Morieux où elles ne sont pas chassées par manque de courants de vidange. Elles baignent donc en permanence dans les eaux les plus chargées du Sud de la baie de St-Brieuc, en particulier à basse mer. Les expériences de cultures d'ulves en laboratoire (KOPP, 1977) utilisent des concentrations proches de celles-ci. Les résultats de croissance pondérale en fonction des concentrations en sels nutritifs dans l'eau sont éloquentes (tableau 14). L'influence du phosphate à dose maximale au bas de l'eau ( $0,080 \text{ mg PO}_4 / \text{l}$ ) est presque aussi importante que celle du nitrate dans les mêmes conditions ( $2 \text{ mg NO}_3 / \text{l}$ ).

Mais c'est surtout la combinaison des deux éléments nutritifs qui procure le maximum de croissance. Ceci veut dire que, si les nitrates d'origine essentiellement agricole venant du Gouët et du Gouessant nourrissent les proliférations d'ulves au bas de l'eau en baie de Morieux, les phosphates d'origine essentiellement urbaine (St-Brieuc) auraient une influence aussi importante.

#### IV.3 - Les quantités d'azote et de phosphore utilisées par les ulves

Les ulves consommeraient de 100 à 400  $\mu\text{atg N}$  par gramme de poids frais (ROSENBERG et RAMUS, 1982). Les 10 000 tonnes d'ulves échouées annuellement dans le Sud de la baie de St-Brieuc accumuleraient donc de 14 à 56 tonnes d'azote. En considérant que seulement le quart des ulves ne s'échoue (KOPP, 1977), l'ensemble de ces algues retiendrait annuellement de 56 à 224 tonnes d'azote. Il peut être admis que ce phénomène d'assimilation se produit essentiellement pendant les six mois de printemps et d'été. Les apports annuels par les cours d'eau du Sud de la baie représentent en moyenne 1140 tonnes. Le quart de ceux-ci est déversé en mer au printemps et en été, soit 285 tonnes par saison. Une grande partie de l'azote pourrait donc être assimilée par les ulves qui prolifèrent au bas de l'eau quand la luminosité journalière devient suffisante (avril à septembre).

Le même calcul est effectué pour le phosphore en considérant un rapport N/P = 16 pour les ulves. 3,2 tonnes de phosphore sont déversées par les rivières du Sud de la baie, en moyenne au printemps et en été. Les ulves du bas de l'eau pourraient physiologiquement consommer de 3,5 à 14 tonnes pendant cette même période. Ceci veut dire, d'une part que les apports en phosphates sont d'une extrême importance en ce qui concerne ce secteur du Sud de la baie de St-Brieuc, et d'autre part que le phosphore d'origine essentiellement urbaine pourrait être le facteur limitant dans le cadre de la prolifération des ulves au bas de l'eau dans cette zone.

Ceci n'est qu'une hypothèse basée sur des données bibliographiques. Elle demande vérification par de nombreuses mesures dans le milieu.

Tableau 14 : Cultures d'ulves en laboratoire  
(provenance St-Quay-Portrieux).  
(Expérience de KOPP, 1977).

Concentration de l'eau marine de culture	Augmentation (%) du poids des ulves en 42 jours
1 mg NO <sub>3</sub> /l	42 %
0,80 mg PO <sub>4</sub> /l	45 %
1 mg NO <sub>3</sub> /l + 0,080 mg PO <sub>4</sub> /l	67 %
2 mg NO <sub>3</sub> /l	47 %
0,160 mg PO <sub>4</sub> /l	59 %
2 mg NO <sub>3</sub> /l + 0,160 mg PO <sub>4</sub> /l	97 %

## CONCLUSION

Un mécanisme en deux étapes successives pourrait être responsable des marées vertes sur le littoral breton. Dans une première phase, les flux hivernaux et printaniers d'azote provenant des cours d'eau (en augmentation d'année en année) provoqueraient non seulement des concentrations plus élevées en mer mais aussi une extension des superficies littorales touchées par ce phénomène. Or les ulves ont la capacité de stocker un apport momentané de sels nutritifs puis d'utiliser ces réserves pendant plusieurs semaines. Les apports terrigènes de fin d'hiver et début de printemps seraient donc particulièrement favorables à l'alimentation des jeunes algues. Ceci provoquerait une biomasse de départ plus importante qu'auparavant, sans qu'il soit pour autant possible de parler de prolifération d'ulves fixées dans le domaine benthique.

Dans un deuxième temps, cette biomasse de départ se détacherait du support benthique pour alimenter des zones comportant des facteurs morphologiques et courantologiques favorables. L'enrichissement des apports en sels nutritifs débouchant au bas de l'eau provoquerait au printemps et en été une augmentation régulière de la biomasse algale depuis plusieurs décennies (visible depuis 1952). Ces apports seraient composés de fortes doses de nitrates d'origine diffuse essentiellement agricole, mais aussi de phosphates d'origine ponctuelle, essentiellement urbaine.

L'effet de synergie dans la combinaison du phosphore et de l'azote semble essentiel au niveau du Sud de la baie de St-Brieuc. Eu égard aux conditions physiques nécessaires au phénomène de pollution algale, les secteurs potentiels de proliférations d'ulves flottantes au bas de l'eau peuvent être définis comme suit :

- baie ou anse peu profonde et semi-fermée,
- résultante courantologique portant plutôt vers la côte,
- absence de courants de "vidange",
- débouché au fond de l'anse d'un ou plusieurs cours d'eau.

Or le seul changement provoqué à ce niveau depuis quelques décennies ne peut être que l'augmentation de la concentration des cours d'eau en sels nutritifs.

Les proliférations d'ulves flottantes en bas de plage, existant depuis plus de 30 ans dans des endroits confinés favorables, se seraient développées régulièrement grâce à des apports terrigènes débouchant directement dans ces anses abritées, peu importants en débit au printemps et en été, mais de plus en plus chargés en sels nutritifs au fur et à mesure des années. Elles auraient été alimentées par une production benthique printanière de plus en plus importante bien que restant dans des proportions relativement faibles. Ces zones restent à définir et à quantifier avec précision.

Il est bien entendu que ceci n'est qu'une hypothèse de travail. Une étude bibliographique concernant la physiologie des ulves et leurs cycles de vie dans le milieu fera l'objet d'un rapport complémentaire. D'autre part, des recherches sur le comportement des ulves dans le milieu naturel sont en cours ou prévues. En effet, de nombreux points restent obscurs en ce qui concerne la provenance des ulves à partir du domaine benthique (espèces, courants de transport) ainsi que leur cycle de vie, leur alimentation par les sels nutritifs mis à disposition et le rôle de la lumière.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMERAS V., 1985. Golfe Normano-Breton : aspects socio-économiques des activités humaines du bassin versant. Université de Rennes I.
- ASSOVIE J., 1985. Bilan en azote et en phosphore de la péninsule bretonne. Mémoire de diplôme d'Agronomie Approfondie "Hydraulique et Climatologie Agricoles" : 96 p + annexes.
- BOUGIS P., 1974. Ecologie du plancton marin. Tome 1 : le phytoplancton. Edition Masson et Cie : 196 p.
- BRAULT D., GOLVEN P., 1983. Enquête sur les échouages et ramasses d'algues vertes : 35 p + annexes, CEVA, Pleubian.
- BRAULT D., GOLVEN P., 1984. Enquête sur les échouages de végétaux marins. C.E.R.A.A. Pleubian : 13 p + annexes.
- C.E.R.A.A. Pleubian, 1984. Marée verte, aspects qualitatifs et quantitatifs : 30 p + annexes.
- CNEXO-COB-ELGMM, 1981. Saint-Quay-Portrieux ; projet de création d'un port en eau profonde. Etude écologique préalable : 25 p + données chiffrées.
- D.D.E. 22, CIPOLMAR, 1984. Rapport d'activité 1984 : 117 p + tableaux de valeurs sur le Gouët, le Trieux et la baie de St-Brieuc.
- DIAZ-PIFFERRER M., LOPEZ H., 1959. Taxonomia, ecologia y valor nutrimental de las algas marinas cubanas. Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas. Série de Estudios sobre Trabajos de Investigación n° 6.
- E.N.S.P. Rennes, 1978. Essai de détermination des origines de la pollution reçue par le Douron. Evolution de la pollution terrigène drainée vers la baie de St-Michel-en-Grèves.
- FLEURY P., MERCERON M., 1980. Inventaire des sites possibles pour l'aquaculture sur le littoral du Morbihan. Tome 1 : 128 p. CNEXO-Chambre de Commerce du Morbihan.
- GODIN J., 1977. Etude de la dispersion des effluents du Gouët, du Gouessant et de l'Urne à l'aide d'un traceur radioactif. Laboratoire Régional d'Angers : 2 tomes + tableaux + figures + cartes.
- GODIN J., 1979. Simulation d'un rejet en mer d'effluents urbains à l'aide d'un traceur radioactif ; baie de St-Brieuc. Compte rendu des essais. Laboratoire Régional d'Angers. Les Ponts-de-Cé : pp. 2-21 + cartes.
- HENIN S., 1980. Rapport du groupe de travail "Activités agricoles et qualité des eaux". Tome 1 : 50 p.

- JEGOU A.M., 1980. Inventaire des sites potentiels pour l'aquaculture sur le littoral d'Ille et Vilaine. 1ère phase : Aquaculture nouvelle. CNE XO.
- KOPP J., 1977. Etude du phénomène de "Marée verte" affectant les baies de Lannion et de St-Brieuc. I.S.T.P.M. Rapport de synthèse : 102 p.
- L.C.H.F., 1977. Trajectoires schématiques des courants en fond de baie de St-Brieuc : 2 cartes.
- LE CORRE P., BIRRIEN J.L., 1985. Conditions d'information des eaux colorées à Gyrodinium aureoleum. Cas de la baie de Douarnenez. Contrat IFREMER/UBO : 56 p.
- LOUINEAU I., 1985. Les marées vertes sur le littoral breton. Rapport de stage M.S.T. Université de Rennes I. IFREMER/CERAA Pleubian : 85 p. + annexes.
- LE HAY D., juin 1986. Rapport provisoire sur l'hydrodynamisme de la baie de Saint-Brieuc. Contrat IFREMER-D.R.V.
- LE RAT Y., 1984. Echanges de l'ammonium et des nitrates à l'interface eau-sédiment d'un parc à huîtres en baie de Penzé. Rapport de D.E.A. Faculté des Sciences et Techniques U.B.O. : 46 p.
- MARTIN-JEZEQUEL V., 1981. Successions des populations phytoplanctoniques en relation avec les conditions nutritionnelles dans les eaux littorales de la Manche (Roscoff). Thèse de doctorat 3ème cycle. U.B.O. : 145 p.
- MERCERON M., COUTEAUX B., 1979. Inventaire des sites potentiels pour l'aquaculture sur le littoral des Côtes-du-Nord. Fascicule 1 : Aquaculture nouvelle. CNE XO
- MERCERON M., JEGOU A.M., BERTRAND B., PIRIOU J.Y., 1978. Inventaire des sites potentiels pour l'aquaculture sur le littoral du Finistère. Fascicule 1 : Aquaculture nouvelle. CNE XO.
- MERCERON M., MANAUD F., GUILLAUD J.F., MONBET Y., 1981. Extension du port du Légué (St-Brieuc). Etude d'impact sur l'environnement. CNE XO - Chambre de Commerce et d'Industrie des Côtes-du-Nord : 111 p.
- MERCERON M., 1983. Complément méthodologique à l'étude d'impact de l'extension du port du Légué (St-Brieuc). CNE XO-ELGMM : 72 p.
- MOLLO P., 1985. La Malaïgue. Revue Oxygène : numéros 74-75-76 : pp. 28-30.
- ORBI A., 1985. Etude régionale intégrée du Golfe Normano-Breton. Avancement des travaux au 30 juin 1985. IFREMER.
- PEREZ R., BRAUD J.P., MAGGI P., BARBAROUX O., 1973. Etude du phénomène de "Marée verte" affectant la baie de St-Brieuc. I.S.T.P.M. : 14 p + cartes.
- RIVIERE C., 1985. Etat de santé du littoral de la pointe St-Matthieu à Roscoff. Mémoire de maîtrise de Géographie. U.B.O. Brest : 101 p.
- R.N.O., 1980. Données baie de St-Brieuc, rade de Brest, golfe du Morbihan de 1976 à 1984. CNE XO.

- ROSENBERG G. and RAMUS J., 1982. Ecological growth strategies in the seaweeds Gracilaria foliifera (Rhodophyceae) and Ulva sp. (Chlorophyceae) : Soluble Nitrogen and reserve Carbohydrates. *Marine Biology* : 66 : pp. 251-259.
- TREGUER P., 1984. Evolution des composés de l'azote organique et inorganique dans un estuaire à marée soumis à des pollutions d'origine agricole. Institut d'Etudes Marines. U.B.O. Brest : 105 p.
- WAFAR M., 1981. Nutrients, primary production, and dissolved and particulate organic matter in well-mixed temperate coastal waters (Bay of Morlaix - Western english channel). These de doctorat 3ème cycle. Université Pierre et Marie Curie : pp. 64-105.

ANNEXE - CONVERSION DES UNITES POUR L'AZOTE ET LE PHOSPHORE

1 $\mu$ atg N-NO <sub>3</sub>	=	14 $\mu$ g N-NO <sub>3</sub>	=	61,6 $\mu$ g NO <sub>3</sub>
1 $\mu$ atg N-NO <sub>2</sub>	=	14 $\mu$ g N-NO <sub>2</sub>	=	46,2 $\mu$ g NO <sub>2</sub>
1 $\mu$ atg N-NH <sub>4</sub>	=	14 $\mu$ g N-NH <sub>4</sub>	=	18,2 $\mu$ g NH <sub>4</sub>
1 $\mu$ atg P-PO <sub>4</sub>	=	31 $\mu$ g P-PO <sub>4</sub>	=	93 $\mu$ g PO <sub>4</sub>

1 mg NO <sub>3</sub>	=	0,23 mg N-NO <sub>3</sub>	=	16 $\mu$ Mole
1 mg NO <sub>2</sub>	=	0,30 mg N-NO <sub>2</sub>	=	22 $\mu$ Mole
1 mg NH <sub>4</sub>	=	0,78 mg N-NH <sub>4</sub>	=	56 $\mu$ Mole
1 mg PO <sub>4</sub>	=	0,33 mg P-PO <sub>4</sub>	=	11 $\mu$ Mole