

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

ifremer

**Direction de l'Environnement et de l'Aménagement
Littoral**

Agence de l'eau Loire Bretagne

R. INT. DEL/98.02/Brest

Inventaire des ulves en Bretagne

Année 1997

Rapport de synthèse

Michel Merceron

2001

KX

N 300
MER
I

IFREMER
Direction de l'Environnement
et de l'Aménagement Littoral

AGENCE DE L'EAU
LOIRE-BRETAGNE

EXCLU DU PRÊT

INVENTAIRE DES ULVES EN BRETAGNE

ANNÉE 1997

Rapport de synthèse

Michel MERCERON

IFREMER-Bibliothèque de BREST



OBR34024

R. INT. DEL/98.02/Brest

Inventaire ulves Bretagne 1997 - **IFREMER** DEL/EC/BB - fév. 1998

IFREMER-SDB
Centre de BREST
Bibliothèque
B.P. 70 - 29280 PLOUZANE

59623

Résumé : L'inventaire annuel des ulves en Bretagne a pour but d'établir une chronique des proliférations d'ulves et des apports nutritifs qui les alimentent. L'objectif est de détecter les effets d'une réduction volontaire de ces apports, et de les distinguer des variations naturelles. Ce premier inventaire véritablement quantifié de 1997 constitue le point zéro de la démarche.

Un recensement général des sites atteints sur la côte bretonne a été effectué. 45 sites touchés sont répertoriés. Ce sont à peu près les mêmes que ceux recensés antérieurement en 1988, 1991 et 1994. Les Côtes d'Armor sont les plus concernées, suivies du Finistère. Le Morbihan l'est peu, et l'Ille et Vilaine pas du tout.

Des quantifications précises des biomasses d'ulves ont été effectuées sur une quinzaine de plages à la belle saison, ainsi que la mesure des apports azotés par les cours d'eau locaux (nitrate principalement). Le flux d'azote - le facteur limitant des marées vertes, avec un faible déplacement des masses d'eau et une plage sableuse de grande taille - ont été très faibles en fin de printemps-début d'été 1997 : de 55 à 60 % des flux de 1996 en centre baie de Douarnenez. La saison 1997 peut être considérée comme une année sèche de référence. Mais cela ne semble pas s'être traduit par des biomasses d'ulves plus faibles, du moins en baie de Saint-Brieuc (saturation en sels nutritifs ? orientation des vents favorables aux échouages ?). Les quantités observées se montent à 20 000 t pour l'ensemble de la Bretagne, et celles ramassées à 43 000 t. Les baies de Saint-Brieuc et Lannion sont les plus atteintes.

Le rapport entre la quantité maximum d'algues constatée (observée ou ramassée) et celle, théorique, provenant de la conversion intégrale du flux d'azote de juin en ulves a été calculé. Très variable selon les sites, ce rapport indique leur plus ou moins grande efficacité à utiliser l'azote disponible pour la prolifération des algues.

L'existence d'un stock d'ulves "off-shore" est probable. Son étude doit commencer en 1998.

A l'avenir, la quantification des ulves sur les plages devra être faite entre mi-juin et mi-juillet, juste avant les ramassages estivaux. Pour mieux appréhender les flux azotés des crues (brèves) de la belle saison, il est conseillé d'établir des enregistreurs de débit au débouché des cours d'eau les plus irréguliers.

Abstract : The yearly study of *Ulva* in Brittany aims at building a time series of its proliferations and corresponding nutrient loadings. The goal is to detect results of wilful loading reductions, and to distinguish them from natural variations. This first actually quantified study is the starting bench-mark of the process.

Forty-five concerned sites were listed in 1997. They are nearly the same as in 1988, 1991 and 1994 (previous rough census). The Côtes d'Armor and then the Finistère are the most affected departments. The Morbihan is less and Ille et Vilaine not at all.

Ulva biomass was precisely quantified in about fifteen locations during the growing season, along with nitrogen loadings of local streams (mostly nitrate). The fluxes of nitrogen - the limiting factor in association with a long flushing time of seawater and a large sandy beach - were very low during the end of spring and summer beginning of 1997. So in the mid part of the bay of Douarnenez, they were only 55-60 % of 1996. The 1997 season is to be considered as a dry reference year. But it seems that it did not induce a substantial lowering of the *Ulva* biomass, at least in the bay of Saint-Brieuc (possibly due to a saturation of the site by nutrients, or winds favouring algae beaching ...). On the Brittany coasts as a whole, the *Ulva* observed stocks amounted to 20 000 metric tons, and the collected production to 43 000 t. The bays of Saint-Brieuc and Lannion were the most loaded.

The ratio between the maximum *Ulva* biomass (observed or collected) and that, theoretical, obtained by converting the whole nitrogen flux of June to *Ulva* was computed. This index is very different among the sites. It displays their more or less efficient ability to make the available nitrogen to be utilized by *Ulva* proliferation. An offshore *Ulva* stock probably also exists. Its study must begin in 1998.

In future, algae biomass on beaches must be estimated from mid-June to mid-July just before summer collecting. In order to pick up the nitrogen fluxes of summer (short) floods, it is recommended to fit out the most irregular streams with discharge recorders.

Mots-clés :

Eutrophisation, ulve, prolifération, nitrate, Bretagne

Keywords :

Eutrophication, *Ulva*, proliferation, nitrate, Brittany

Sommaire

	page
Introduction	2
Résultats	4
A/ Recensement général sur le littoral breton	4
1/ Recensement 1997	4
2/ Recensements antérieurs	4
B/ Quantification détaillée des ulves et des apports azotés (1997)	6
1/ Ulves observées et ramassées	6
2/ Débits, concentrations et flux d'azote	9
3/ Production potentielle d'ulves, indice de sensibilité aux apports azotés	11
C/ Remarques	12
1/ Saison 1997	12
2/ Remarques méthodologiques	13
Conclusions	16
Références citées	18
 Annexes	

INTRODUCTION

Objectif de l'étude

Depuis plus d'une décennie, des proliférations d'algues vertes du genre *Ulva* ont lieu chaque année à la belle saison sur certaines plages bretonnes. Ce phénomène de marée verte génère plusieurs inconvénients directs, affectant principalement le tourisme (odeur nauséabonde due au pourrissement, accès difficile à la mer pour le bain et les sports nautiques, pêche du bord impossible, etc.). L'image environnementale de la Bretagne subit également de ce fait une dégradation certaine, quoique plus diffuse.

La cause de ces proliférations est l'augmentation des flux de nitrate à la côte (Ménèsquen et Piriou, 1995). Ils sont le fait, dans la grande majorité des cas, d'une agriculture très intensifiée. Pour se développer, une marée verte requiert, simultanément à un apport de nitrate, la présence d'une plage sableuse d'assez grande dimension, et une masse d'eau peu renouvelée (Piriou *et al.*, 1991).

Jusqu'à l'heure actuelle, la seule parade est constituée par le ramassage des algues, suivi d'un enfouissement ou d'un enlèvement avec mise en décharge ou épandage agricole. L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne souhaite promouvoir des moyens de lutte se situant plus en amont dans le processus, en s'attachant à une réduction des apports polluants par les bassins versants. Pour qu'on puisse en mesurer les effets, la démarche implique que l'on dispose d'un inventaire régulier des proliférations algales et de leurs variations interannuelles, ainsi que des apports nutritifs qui les nourrissent. Il est également très utile de connaître les conditions météorologiques de la saison, de façon à tenter de distinguer leur influence dans ces flux polluants de celle des actions de reconquête de la qualité de l'eau. L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne a confié ces travaux à l'IFREMER par contrat pour l'année 1997.

Contenu global

Comme il était convenu, l'inventaire des ulves en 1997 a été effectué à deux niveaux de précision. A une échelle générale, le littoral breton a fait l'objet d'un survol aérien permettant de recenser l'absence ou la présence de marées vertes sur la totalité de son linéaire. Un indice semi-quantitatif a été affecté aux sites touchés, et une vérité terrain rapide a permis d'identifier le genre d'algue accumulée.

Il était également prévu que sur 9 sites sélectionnés par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, la quantification des ulves serait faite de façon aussi précise que les méthodes actuelles le permettent, une fois au cours de la belle saison (baies de Lancieux, l'Arguenon, la Fresnaye, secteur du Froust près de Morlaix, anse de Pempoul près de Saint-Pol-de-Léon, anses de Dossen-Guillec, de Guissény-Quillimadec, baie de Concarneau-La-Forêt, est du Golfe du

Morbihan). Les apports azotés à ces sites devaient être mesurés à 6 reprises durant la période de croissance des ulves.

L'ensemble de ces travaux a été réalisé en sous-traitance, par le CEVA* pour ce qui concerne les algues (CEVA, 1997b) et par MAÏA-Infosciences pour ce qui a trait aux apports azotés (Coïc *et al.*, 1997). Ils font l'objet de rapports séparés qui sont annexés à celui-ci. On les consultera avec intérêt à propos du déroulement et des méthodes de travail ainsi que des résultats détaillés.

D'autres sites présentant des échouages importants étaient étudiés par ailleurs dans des contextes contractuels différents (baie de Saint-Brieuc, anses de Binic et du Léguer, plage de Saint-Michel-en-Grève, anse de Locquirec, baie de Douarnenez). Les résultats en termes de quantités d'algues et d'apports azotés ont été obtenus par l'IFREMER (auprès du SDAE 22** sauf pour le dernier site), et intégrés au présent travail. Les méthodes d'étude, et souvent les intervenants, étaient similaires.

Les tonnages d'ulves ramassées au cours de la belle saison ont été obtenus auprès des services départementaux ou préfectoraux *ad hoc*, et également pris en compte. Nous avons ainsi adjoint le site de Brest à notre liste, car si le stock observable est faible, le ramassage qui y est très fréquent arrive à totaliser une masse non négligeable.

Enfin les données climatologiques de pluies, vent, insolation/éclairage ont été rassemblées pour treize sites et pour la période du 1/3 au 31/7/97. Elles peuvent servir de base explicative à certaines observations, et trouveront leur meilleure utilisation lorsque plusieurs années d'inventaire auront été accumulées.

Présentation des résultats synthétiques

Les résultats présentés ci-après comprennent en première partie le recensement des sites bretons touchés par des accumulations d'algues. Une comparaison avec les anciens travaux similaires est effectuée.

La quantification détaillée des ulves et des apports azotés est développée ensuite sur 17 sites (fig. 1). Aux neuf sélectionnés par l'Agence en ont été ajoutés huit où le stock d'ulves observé et/ou le total ramassé le justifiait. Des tableaux rassemblent les tonnages observés et ramassés, les apports d'azote, les tonnages potentiels d'ulves qu'ils pourraient théoriquement engendrer, une proposition d'indice de sensibilité des sites aux apports d'azote, etc.. Ces tableaux sont commentés et discutés.

Des remarques concernant les résultats de l'année 1997 et les méthodes de ce premier inventaire composent la dernière partie.

* Centre d'Études et de Valorisation des Algues (à Pleubian, 22)

** Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement des Côtes-d'Armor

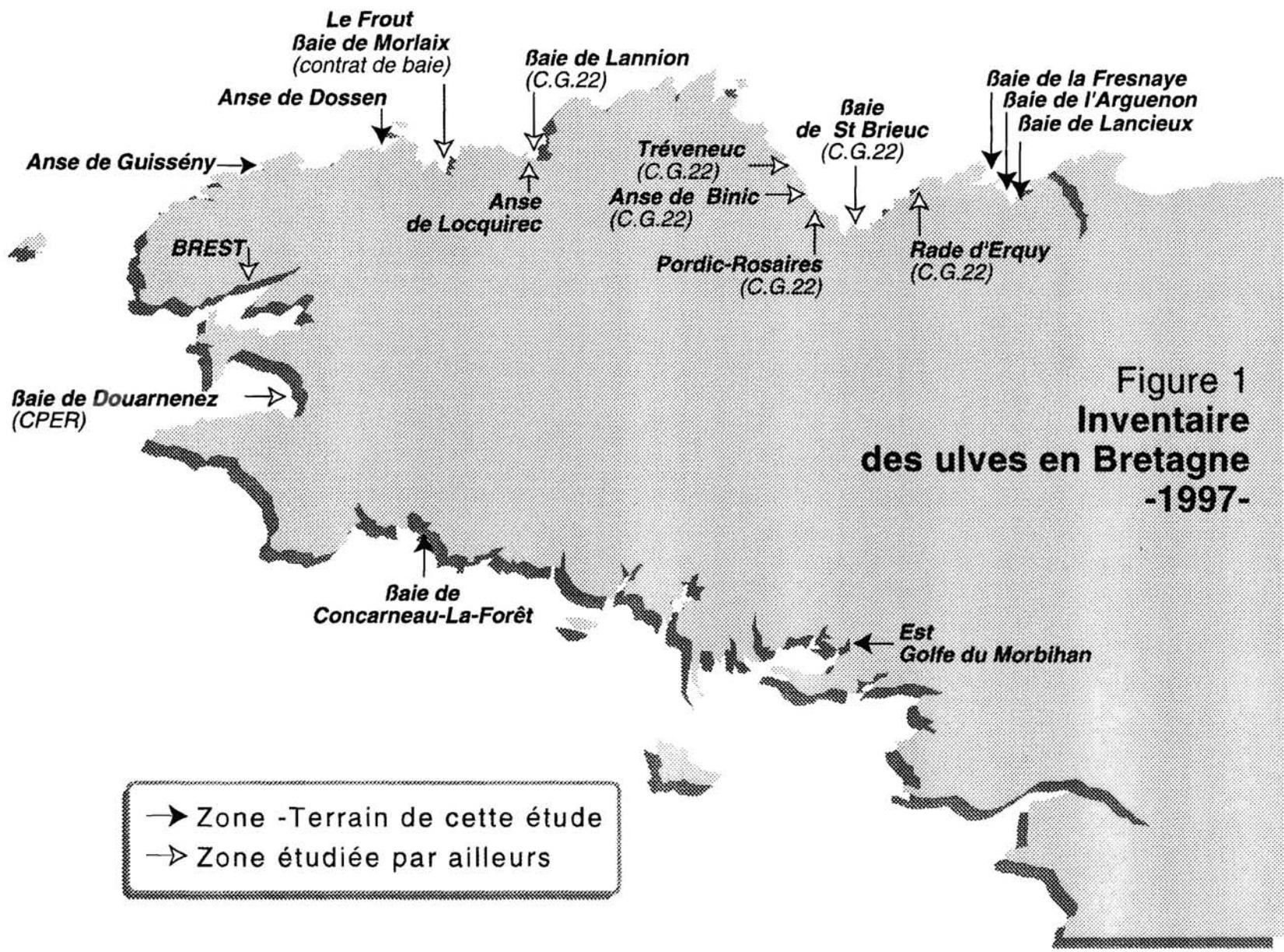
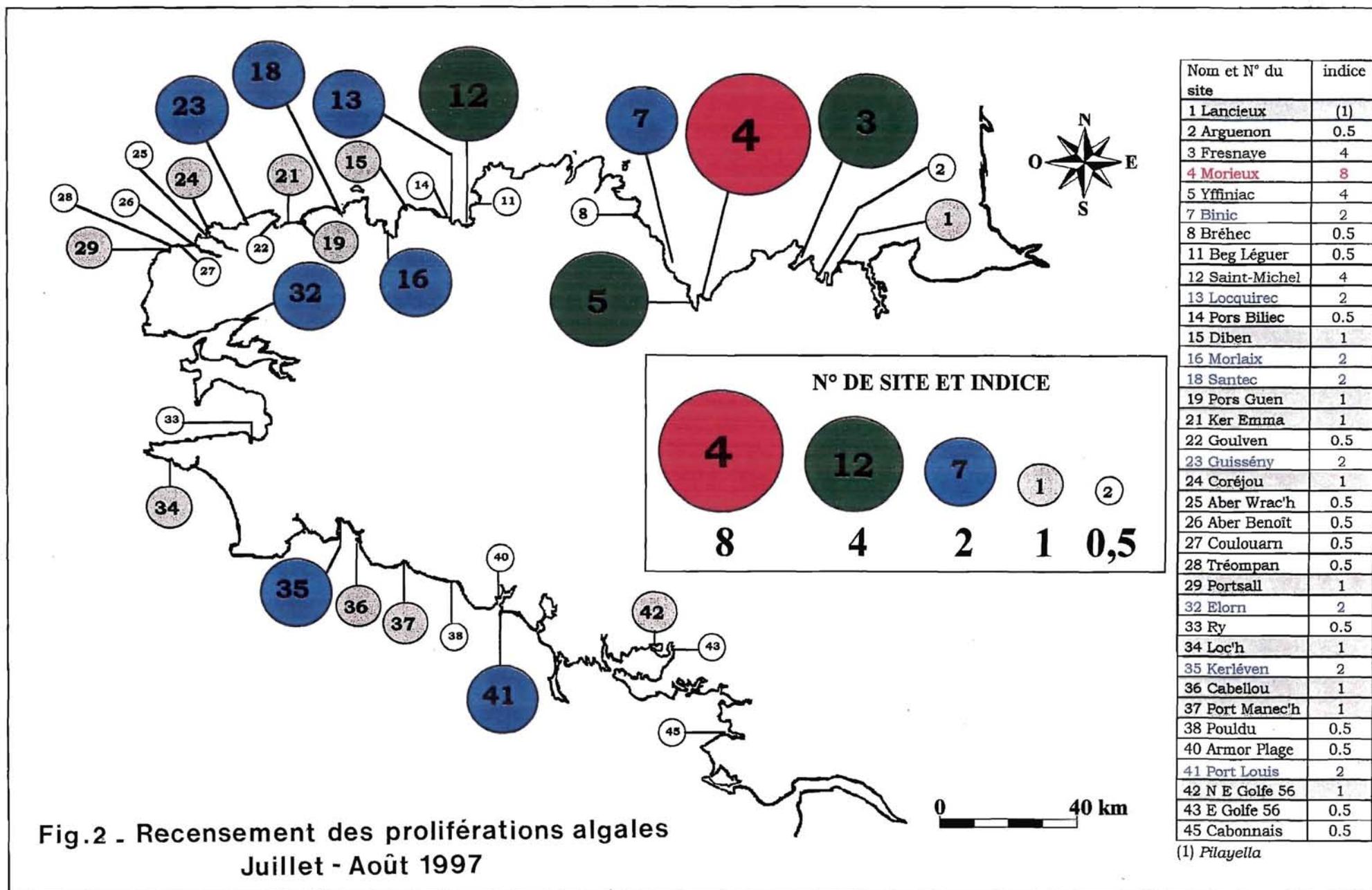


Figure 1
Inventaire
des ulves en Bretagne
-1997-



RÉSULTATS

A/ Recensement général sur le littoral breton

1/ Recensement 1997

Sur l'ensemble du littoral breton, les sites où des ulves sont présentes en accumulations significatives sont au nombre de 45 en 1997 (cf. figure 2). Ils ont été classés en cinq catégories selon l'importance pondérale estimée de la biomasse (cf. tableau 1).

Biomasse fraîche estimée	Indice
de 4000 à 8000 t	8
de 2000 à 4000 t	4
de 1000 à 2000 t	2
de 500 à 1000 t	1
moins de 500 t	0,5

Tableau 1 - Indexation des sites à marée verte de Bretagne suivant l'estimation de la biomasse (1997)

L'Ille-et-Vilaine n'est pas touchée par le phénomène de marée verte, et le Morbihan assez peu.

A ces sites il convient d'en ajouter dix autres, où les missions de terrain ont révélé qu'il s'agissait d'espèces autres que des ulves : *Enteromorpha sp.* le plus souvent (algue verte), et *Pilayella* à Lancieux (algue brune). Ils sont répartis dans les trois départements concernés - Côtes-d'Armor, Finistère et Morbihan - les biomasses y atteignant des valeurs peu élevées.

2/ Recensements antérieurs

En 1994, il avait été réalisé un recensement des sites de prolifération et une estimation des tonnages échoués sur deux d'entre eux (cf. figure 3a, et tableaux en annexe 1, d'après Piriou et Annezo, 1995). En 1991 et en 1988 une opération semblable avait été également effectuée, dont les résultats groupés sont présentés aux figures 3b et 3c et tableau à l'annexe 2 (Piriou *et al.*, 1993).

La comparaison de ces états fait apparaître :

- globalement, une atteinte très importante des segments concaves de la côte (35 à 55 sites selon les années), avec une nette prédominance dans les Côtes-d'Armor, une importance un peu moins grande dans le Finistère, et un littoral morbihannais assez peu concerné ;
- une absence d'évolution temporelle nettement marquée du nombre de sites atteints ; les deux derniers recensements (1997 et 1994) font état de 45 sites ;

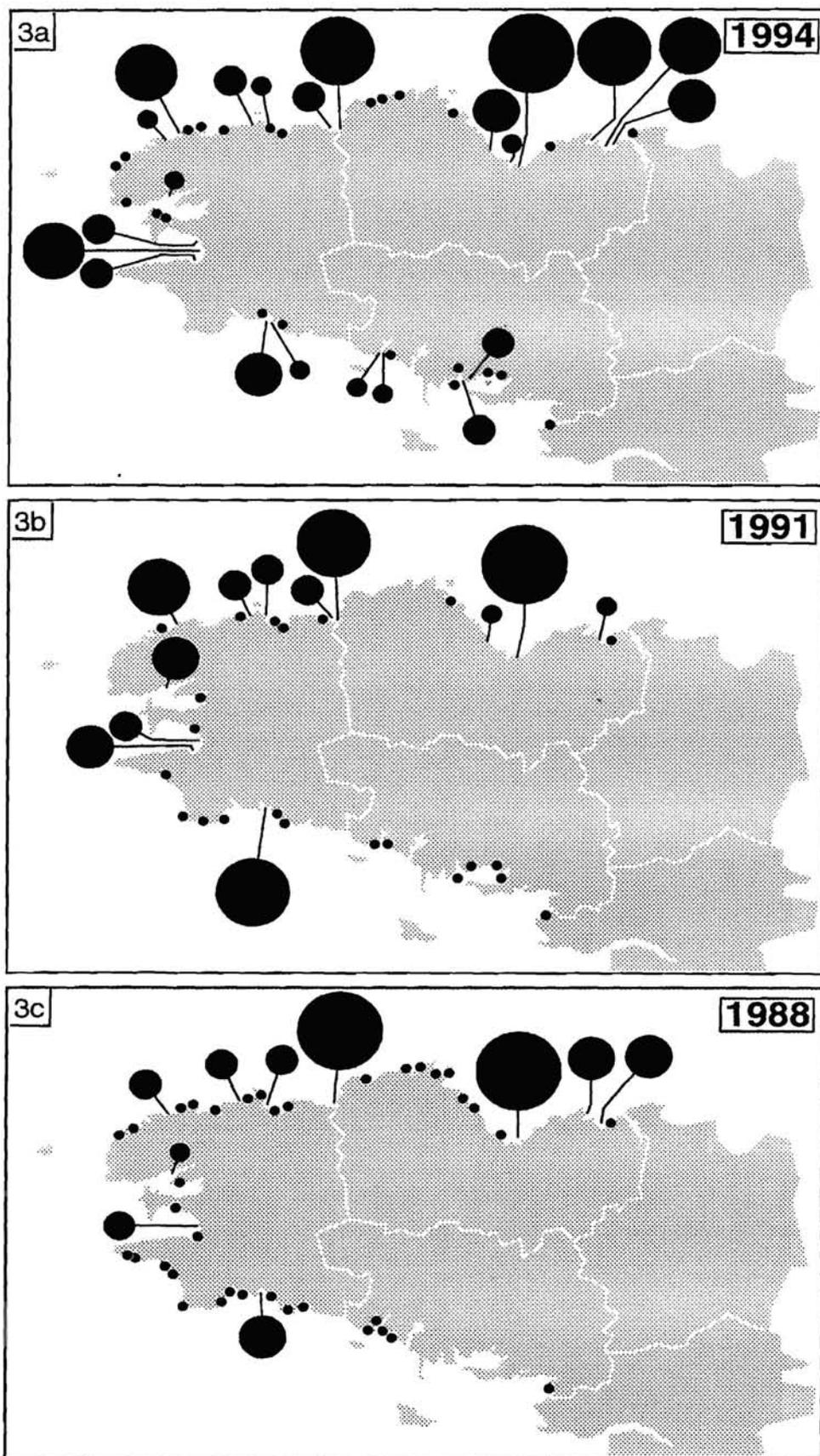


Figure 3 Sites de prolifération des ulves -
Importances relatives estimées

- d'un point de vue semi-quantitatif (le seul possible), certains sites sont fortement atteints et cela de façon systématique : baies de Saint-Brieuc, de Lannion et de Concarneau-La Forêt. D'autres ne le sont que trois fois sur quatre : baies de la Fresnaye, de Guissény et de Douarnenez. Les autres sites sont plus ou moins concernés selon les années, mais généralement de façon moindre que ceux précités.

Par ailleurs, Piriou (1986) présentait des estimations des tonnages cumulés d'ulves échouées durant l'année 1984, ainsi que des cubages collectés cette année-là et durant les années antérieures (cf. figures 4 et 5 et annexe 3). Il faut prendre garde à ne pas assimiler ces données à celles citées plus haut qui, elles, concernent des états instantanés du stock observé. L'estimation des échouages cumulés en 1984 totalise plus de 84 000 m³ (1 m³ peut être assimilé *grosso modo* à 1 tonne). Cela est déjà important, même si l'on tient compte d'une imprécision peut-être élevée dans l'appréciation des échouages. Il en est de même pour les ramassages.

A l'aide de clichés aériens de l'IGN de 1952 et 1966, l'auteur présente la preuve de l'existence d'une petite prolifération d'ulves en certains sites. Dès 1952, et probablement antérieurement, le phénomène existait dans les baies de Saint-Brieuc, Lannion et Douarnenez. Le grand public en a eu connaissance par les médias en 1968 pour la baie de Lannion, en 1972 pour celle de Saint-Brieuc, en 1979 pour celle de Douarnenez et en 1980 en baie de Concarneau. Le ramassage a débuté l'année suivante sur chaque site. Il s'avère donc que les endroits qui furent les premiers touchés sont ceux qui maintenant sont atteints le plus fortement et le plus régulièrement.

En 1997 la prolifération d'ulves a touché une cinquantaine de sites bretons, comme les autres années où ils furent recensés. Les Côtes-d'Armor et le Finistère sont les plus atteints. Dans certains sites l'apparition de marées vertes date de quelques décennies au moins (baies de Saint-Brieuc, Lannion et Concarneau-La-Forêt). Ce sont eux qui sont maintenant touchés à la fois le plus fortement et le plus systématiquement. L'atteinte de quelques autres sites, quoique forte, est un peu moins régulière (baies de la Fresnaye, Guissény, et Douarnenez).

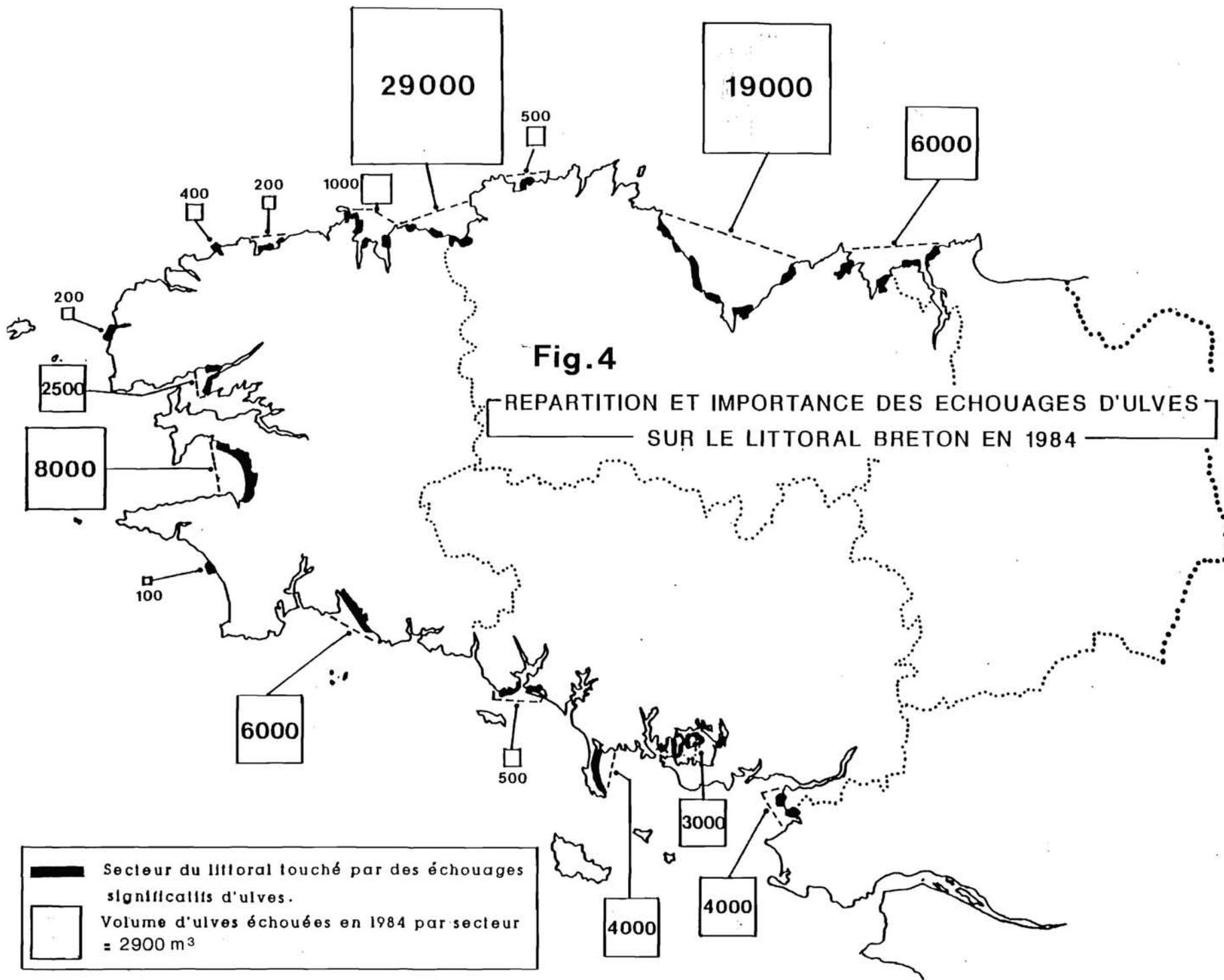


Fig.5

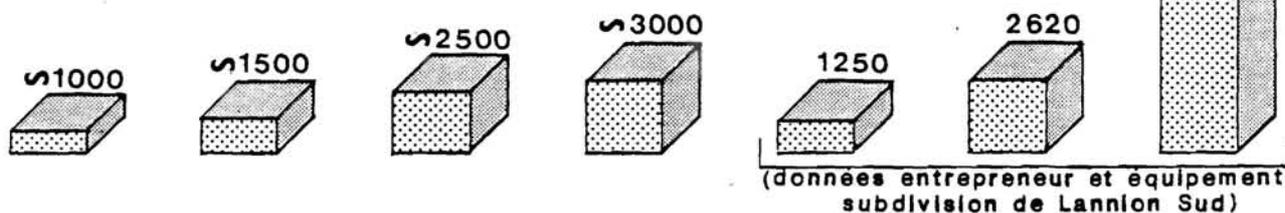
Evolution des quantités d'ulves ramassées

d'après I. LOUINEAU

3000m³

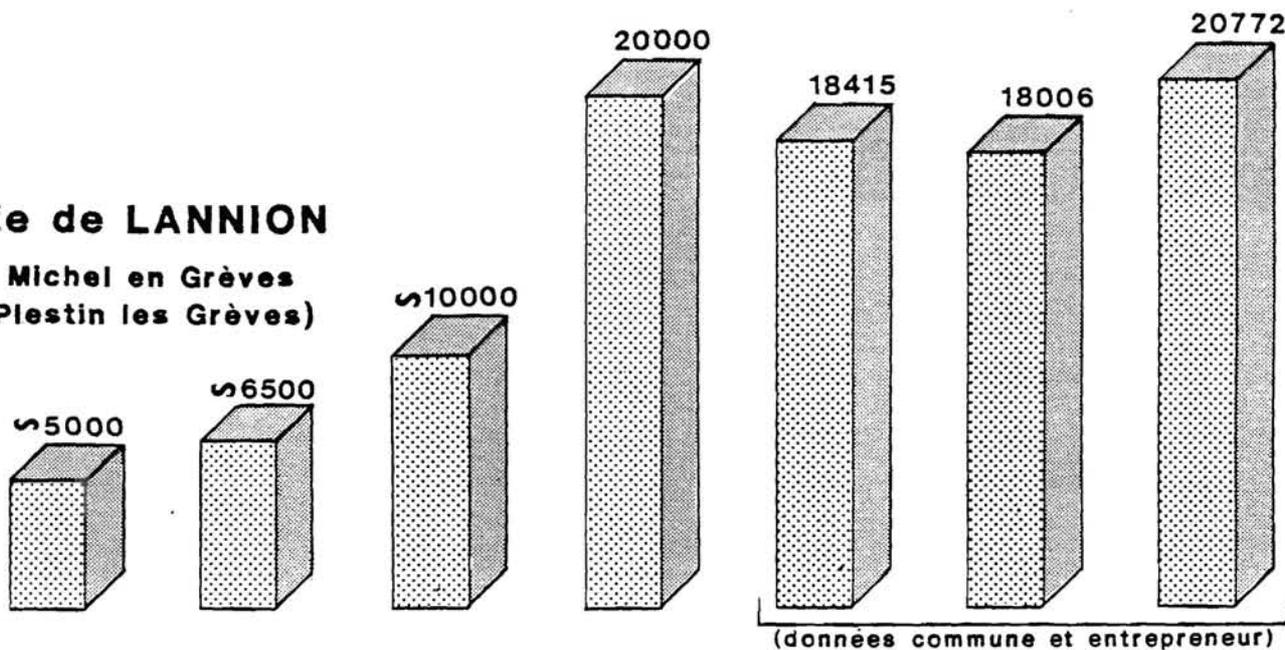
HILLION

(Baie de St Brieuc)



Baie de LANNION

(St Michel en Grèves et Plestin les Grèves)



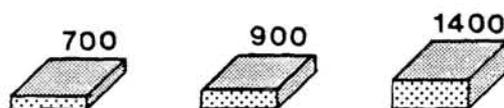
St POL de LEON

(données entreprise)



BREST

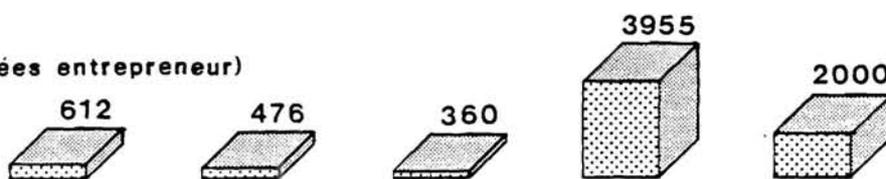
(données service technique)



Baie de Douarnenez

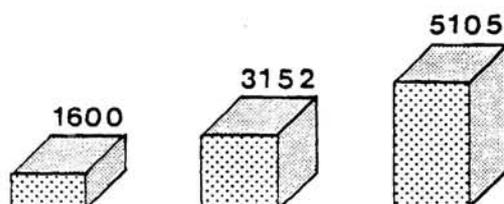
(Plouñevéz Porzay, Ploeven et Douarnenez)

(données entrepreneur)



CONCARNEAU

(données entrepreneur)



1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984

B/ Quantification détaillée des ulves et des apports azotés (1997)

1/ Ulves observées et ramassées

a/ Données

Le tableau 2 et la figure 6 regroupent les quantités d'ulves observées et ramassées au cours de l'été 1997.

Tableau 2 Ulves en Bretagne en 1997

	obs. (t)	ram. (m ³)
Lancier	23	75
Arguenon	68	120
La Fresnaye	1 806	3
Erquy		953
Saint-Brieuc	10 773	11 388
Pordic	0	612
Binic	350	1 686
Tréveneuc		500
Lannion	4 012	9 985
Locquirec	241	5 630
Le Froust	28	
Dossen-Guillec	907	
Guissény	773	2 910
Brest		253
Douarnenez	99	4 475
La-Forêt-Concarneau	403	4 818
Morbihan	380	
Total	19 863	43 408

Tous les tonnages d'ulves observés sont exprimés ici en poids frais, lavé et égoutté (ce qui explique certaines différences entre ces chiffres et ceux correspondants dans les rapports du CEVA - voir Commentaires, page suivante). Les blancs correspondent à des absences d'observation.

A titre informatif, le rapport poids sec d'ulves* / poids frais est de 2,8 %, et le rapport poids d'azote / poids sec d'ulves* est en moyenne de 2,5 %.

Les tonnages (ou m³) d'ulves ramassés proviennent des déclarations à l'administration effectuées en vue de récupérer une fraction des dépenses occasionnées. Généralement ces ramassages sont effectués uniquement à la belle saison, et seuls ceux-ci ont été pris en compte (à Brest le ramassage est effectué tout au long de l'année). Les algues non vertes ont été

* Il s'agit ici du poids sec obtenu par séchage en étuve. Les ulves séchées en plein air sur les plages pèsent environ 12 % de leur poids frais.

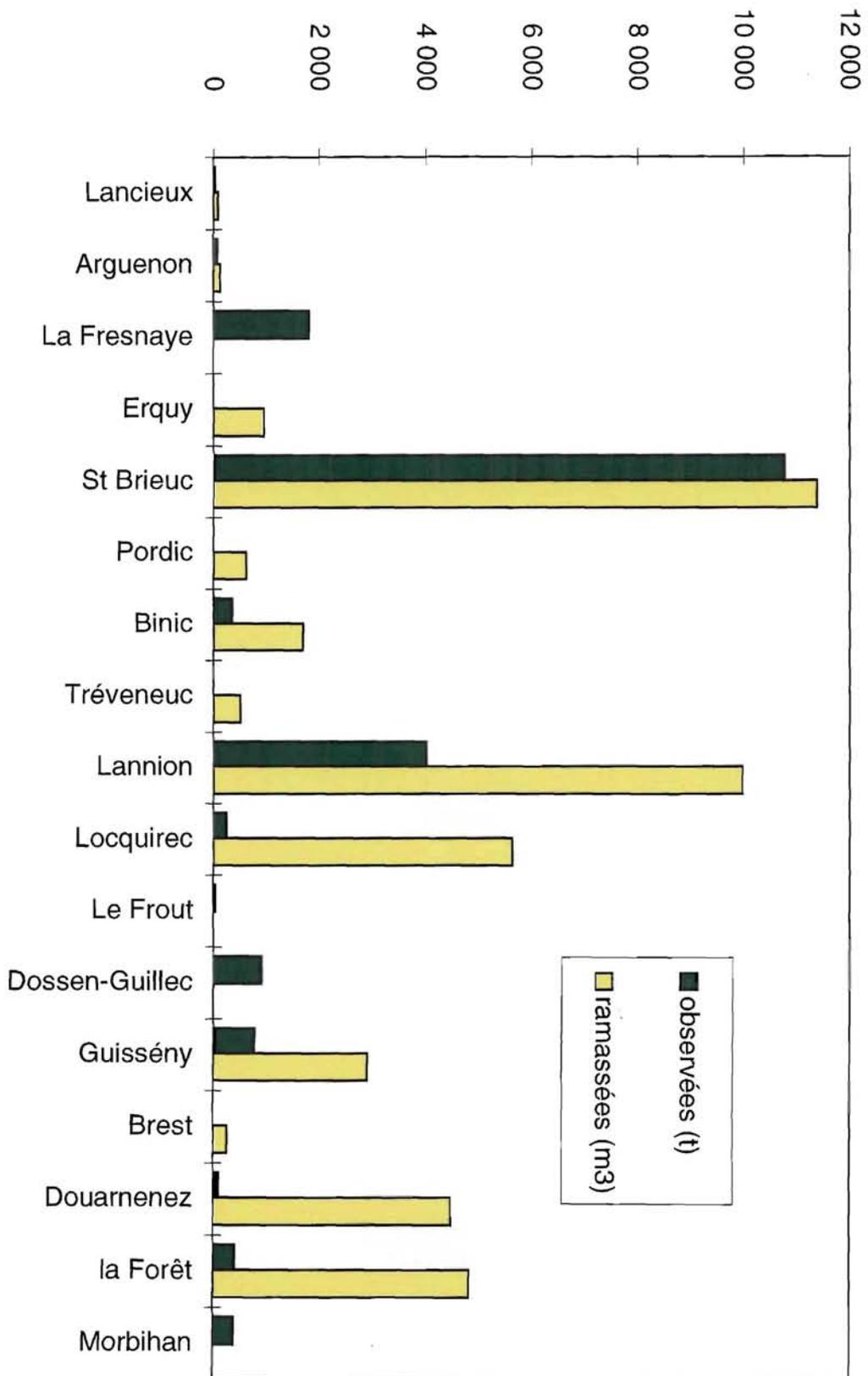


Figure 6 Uives - Bretagne - 1997

exclues des données. Par ailleurs, l'unité de compte du ramassage est le camion, un certain pourcentage de sable, inconnu et variable selon les sites, est inclus dans les chiffres, et une fraction également variable du chargement correspond à des algues desséchées de haut de plage. Ces trois causes au moins contribuent à une erreur d'estimation difficile à appréhender, que les efforts de l'administration tendent à réduire.

b/ Commentaires

Les tonnages globaux présentés ici sont très inférieurs aux 100 à 200 000 tonnes souvent citées pour l'ensemble de la Bretagne. Au fil des années, la mesure des tonnages gagne en précision tant dans les ramassages que dans les observations. Cela se traduit souvent par une diminution des chiffres. Ainsi, la technique récemment mise au point et adoptée par le CEVA pour calculer les surfaces d'échouage (que l'on multiplie ensuite par les masses/m² mesurées lors des vérités terrain pour obtenir les tonnages) a souvent conduit à les diviser par deux (CEVA, 1997a). Par ailleurs, le passage de l'expression en poids d'ulves égouttées sur le terrain à des poids d'ulves égouttées après lavage (c'est-à-dire débarrassées des autres algues et du sable) a fait diminuer les chiffres de 23 %.

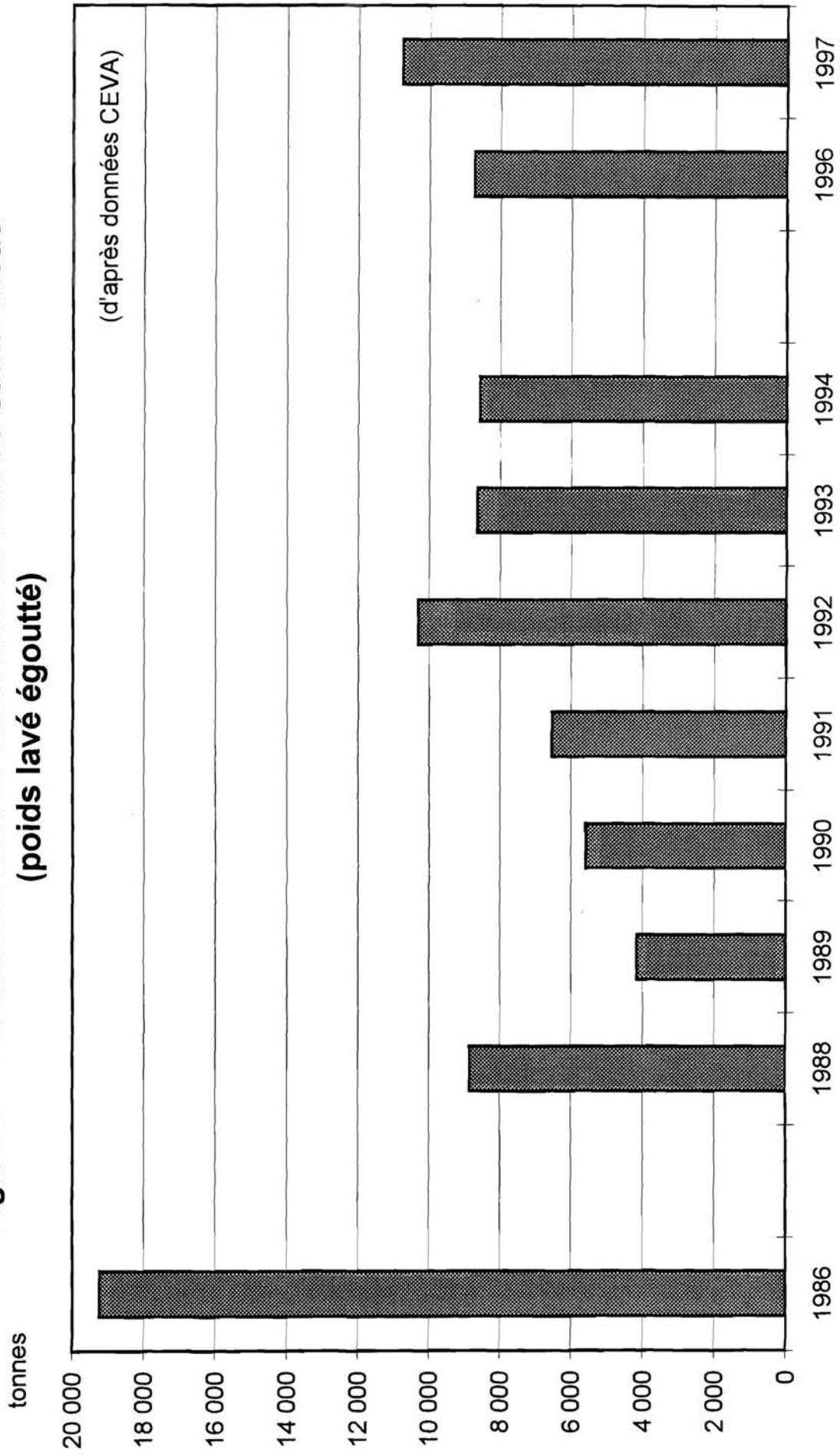
Il convient d'insister sur le fait que la meilleure évaluation des tonnages ne réduit aucunement les quantités d'algues présentes et leurs nuisances, olfactives et autres.

De façon plus conjoncturelle, l'année 1997 a été ressentie comme assez sèche par le public. Néanmoins, des précipitations tardives sont tombées sur la Bretagne en mai et surtout fin juin à une période favorable à la croissance des algues. Finalement, là où la comparaison des observations est possible, les situations sont contrastées. En baie de Saint-Brieuc le stock 1997 est similaire à celui des autres années (cf. fig. 7). En baie de Douarnenez le stock observé a été très faible comparativement à celui des années précédentes (1610 t en 1995 ; 2434 t en 1996 ; 99 t en 1997). Cette disparité de réponse pourrait s'expliquer comme suit : il y aurait à Saint-Brieuc une sorte de saturation de la capacité du site à répondre aux variations des apports nutritifs (limitation densitaire par auto-ombrage ?), et en baie de Douarnenez une limitation par les sels nutritifs et/ou une autre limitation due aux conditions de vent, au moment des grandes marées notamment, tendant à chasser les algues des plages. Cela demeure du domaine des hypothèses et, après la répétition de quelques inventaires comme celui-ci, une revue des résultats sur une série de sites, associée aux conditions nutritives et météorologiques, permettra d'y voir clair.

Les 380 t observées en 1997 dans l'est du golfe du Morbihan représentent une très grande amélioration par rapport aux 3 200 t estimées deux ans plus tôt dans la même zone (Piriou *et al.*, 1995). L'amélioration de la station d'épuration de Vannes en est probablement la cause majeure.

Du point de vue géographique, et comme pour le nombre de sites atteints, la côte nord de la Bretagne est à l'évidence beaucoup plus touchée que celle du sud. Il ne semble pas cependant que les apports d'azote printaniers et estivaux soient très différents. En ce qui concerne les courants résiduels, Obaton (1996) et Garreau (1993) ont même montré qu'ils étaient nettement plus faibles au sud qu'au nord, y occasionnant des renouvellements d'eau plus lents. Mais, au sud, la présence de grandes plages sableuses n'est probablement pas conjuguée aux deux facteurs précédents. La cause de cette différence de sensibilité aux marées vertes devrait être

Figure 7 Biomasses d'ulves observées en baie de Saint-Brieuc
(poids lavé égoutté)



authentifiée par l'utilisation, actuellement en cours, d'un système d'information géographique, couvrant l'ensemble de la Bretagne et couplant les données terrestres et marines nécessaires.

Plus précisément, les trois quarts des tonnages observés le sont dans les baies de Saint-Brieuc et de Lannion, avec en outre un tonnage notable en baie de la Fresnaye. En ce qui concerne les quantités ramassées, les sites de Saint-Brieuc et Lannion en totalisent moins de la moitié, et ceux de Binic, Locquirec, Guissény, Douarnenez, et Concarneau-La-Forêt contribuent de façon très significative au total général.

Les tonnages d'ulves observés sont nettement plus faibles que ceux ramassés (19 900 t contre 43 400 t). Chacune des deux catégories comptabilisées est d'ailleurs biaisée par certains aspects. Les observations n'ont lieu qu'une fois dans la saison, en fin de période de pousse en principe. Mais la date dépend aussi de la disponibilité d'un avion, d'équipes de terrain, et de la visibilité verticale. De plus, l'observation quotidienne de certaines plages a montré la variabilité très prononcée des échouages sur certaines d'entre elles, comme en baie de Douarnenez (coefficient de marée, orientation et force du vent). En revanche, la baie de la Fresnaye, protégée des vents dominants, semble être assez réfractaire à cette variabilité.

Le ramassage, quant à lui, dépend de la gêne que les ulves occasionnent, de l'écoute de la municipalité aux demandes des habitants, de ses ressources financières, du taux de subvention départemental, des facilités techniques pour se débarrasser des algues, etc..

La supériorité des tonnages d'ulves ramassés semble logique puisque ils correspondent à un cumul de biomasses successives collectées après repousse, alors que les observations concernent un état instantané du stock.

On peut noter cependant que dans trois des sites observés les ramassages n'ont pas eu lieu (le Froust près de Morlaix, l'anse de Dossen-Guillec, et l'est du golfe du Morbihan). Dans la baie de la Fresnaye le ramassage est négligeable par rapport au stock observé.

Les tonnages d'ulves observés et ramassés en 1997 (20 000 t et 43 000 t) sont largement inférieurs aux chiffres souvent avancés (100 à 200 000 t). L'amélioration des méthodes d'estimation y est certainement pour beaucoup. Le déficit pluviométrique et d'apports azotés de la saison y contribue peut-être aussi, de façon variable selon les sites. La côte nord de la Bretagne est beaucoup plus atteinte par les proliférations que la côte sud, probablement à cause d'une différence de morphologie littorale. Les quantités ramassées durant la saison touristique sont généralement très supérieures à celles observées. La mesure de ces deux catégories reste empreinte de plusieurs sources d'imprécision.

2/ Débits, concentrations et flux d'azote

La moyenne des débits de l'ensemble des cours d'eau alimentant chaque site, leurs concentrations moyenne et extrême d'azote, ainsi que les flux résultants et le pourcentage d'azote ammoniacal dans ces flux sont présentés dans le tableau 3. Les flux moyens d'azote sont obtenus en moyennant les flux calculés lors des six missions de terrain (débit × concentration d'azote nitrique + ammoniacal).

Ces données correspondent à la période allant de début mai à fin juillet 1997. Même ainsi globalisés par site, les débits restent généralement peu élevés. Les concentrations moyennes en nitrate des cours d'eau donnant lieu à des proliférations se répartissent entre 23 et 88 mg/l. Aux valeurs les plus basses correspondent des contributions parfois importantes d'azote ammoniacal. Les concentrations basses de nitrate sont celles qui, *a priori*, seront les moins faciles à faire diminuer. Lorsqu'on disposera d'un certain recul, l'ampleur de la gamme (maximum - minimum) sera à rapprocher de la nature géologique du sous-sol du bassin versant et de sa capacité à réguler le flux de nitrate du cours d'eau sur l'année (cf. André, 1997). Une régulation importante entraîne un flux nitrique relativement soutenu au printemps et en été, favorable à la croissance des ulves.

En baie de Lancieux et dans l'est du golfe du Morbihan, cependant, il est probable que les minima de 1 mg/l de nitrate sont le fait d'un des cours d'eau affluents du site, resté hors influence agricole.

Les flux moyens d'azote dans les baies de Saint-Brieuc et de Douarnenez et dans l'anse du Dossen-Guillec sont particulièrement élevés par rapport aux autres. Ils correspondent à des tonnages d'ulves très différents, qu'ils soient observés ou ramassés.

La comparaison des apports 1997 avec ceux de 1996 peut être faite sur trois cours d'eau du centre de la baie de Douarnenez (tableau 4 et figure 8). Sur ces trois ruisseaux les débits moyens de 1997 ne représentent qu'environ 75 % de ceux de 1996, et les concentrations moyennes seulement 63 % à 80 % de celles de 1996. Les flux de 1997 ne correspondent qu'à 54 % - 60 % de ceux de l'année précédente. Le coefficient de variation calculé pour chaque paramètre lors de chaque saison montre qu'à cette échelle de temps la variation du flux est due plutôt à celle des débits qu'à celle des concentrations.

Dans les flux d'azote de 1997 la fraction ammoniacale est élevée à Saint-Brieuc et dans l'est du golfe du Morbihan ; elle est non négligeable à Lancieux. Il s'agit de la marque de rejets de stations d'épuration. A noter qu'en d'autres sites comme dans l'anse de Pempoul près de Saint-Pol-de-Léon, l'apport d'ammoniaque peut augmenter très fortement lors des épisodes de crue qui altèrent le fonctionnement des stations d'épuration.

Les flux de la station d'épuration de Vannes sont passés de 418 kg N/j, moyenne de la saison 1995, à une gamme de 20 à 60 kg N/j à la saison 1997 avec un pic à 160. La nouvelle station, pratiquant une dénitrification efficace, a été mise en service en mars 1997, juste avant le début de nos échantillonnages.

Tableau 3	Débits - Concentrations et flux d'azote				
Anse, baie	Déb.moy.glob.	 C NO3 moy.	 C NO3 min-max	Flux moy. N	NH4 in flux N
	(m3/s)	(mg/l)	(mg/l)	(kg/j)	(%)
Lancierx	0.11	24	1-32	89	6.6
Arguenon	0.30	38	13-80	144	1.0
La Fresnaye	0.08	44	19-53	68	2.9
Erquy					
St Briec	1.69	24	13-52	1 319	35.0
Pordic					
Binic					
Tréveneuc					
Lannion	0.61	28	17-45	362	0.6
Locquirec	0.63	33	23-38	402	0.4
Le Frouit	0.09	67	23-109	90	1.0
Dossen-Guillec	1.21	88	53-106	1 799	1.5
Guissény	0.65	56	24-69	596	1.6
Brest					
Douarnenez	0.65	35	17-68	2 092	0.5
la Forêt	0.21	46	40-50	189	0.3
Morbihan	0.49	23	1-29	366	#18
Total	6.73			7 516	
Les concentrations moyennes de nitrate sont celles du cours d'eau délivrant le flux maximum					
Les concentrations min-max de nitrate sont extraites de l'ensemble des affluents du site					

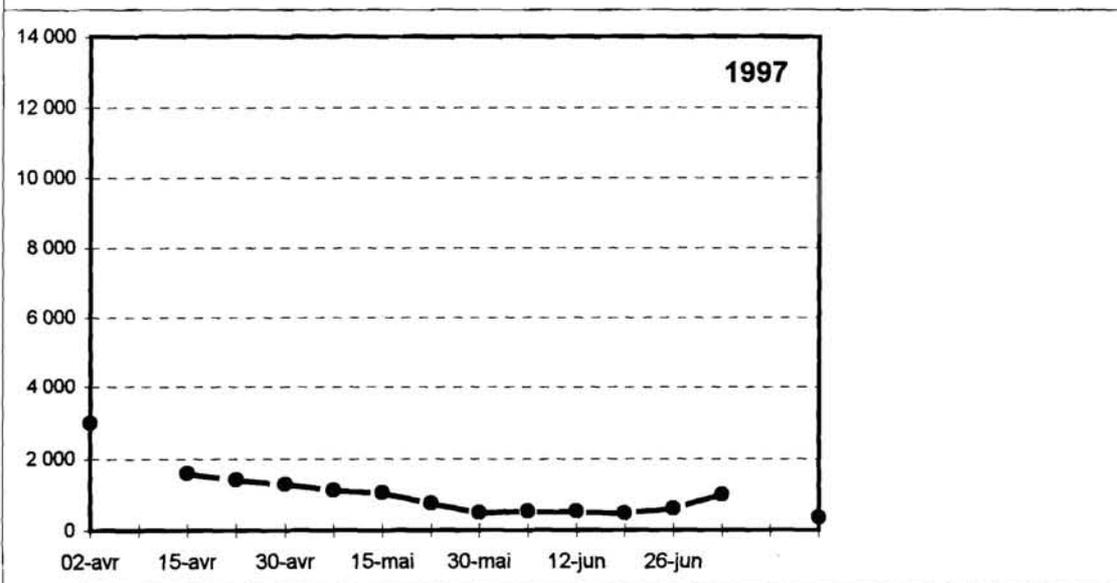
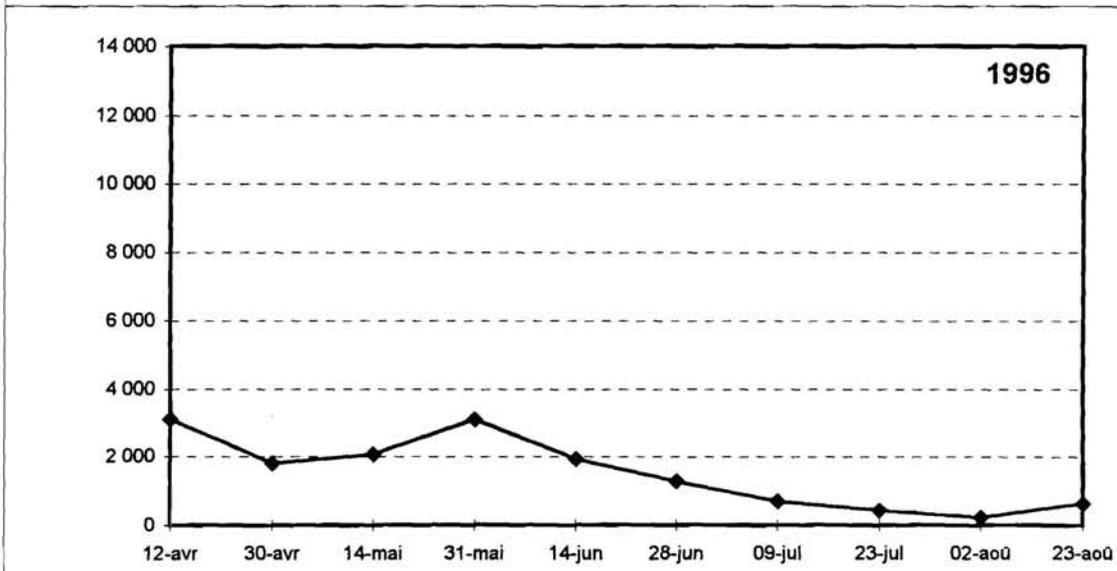
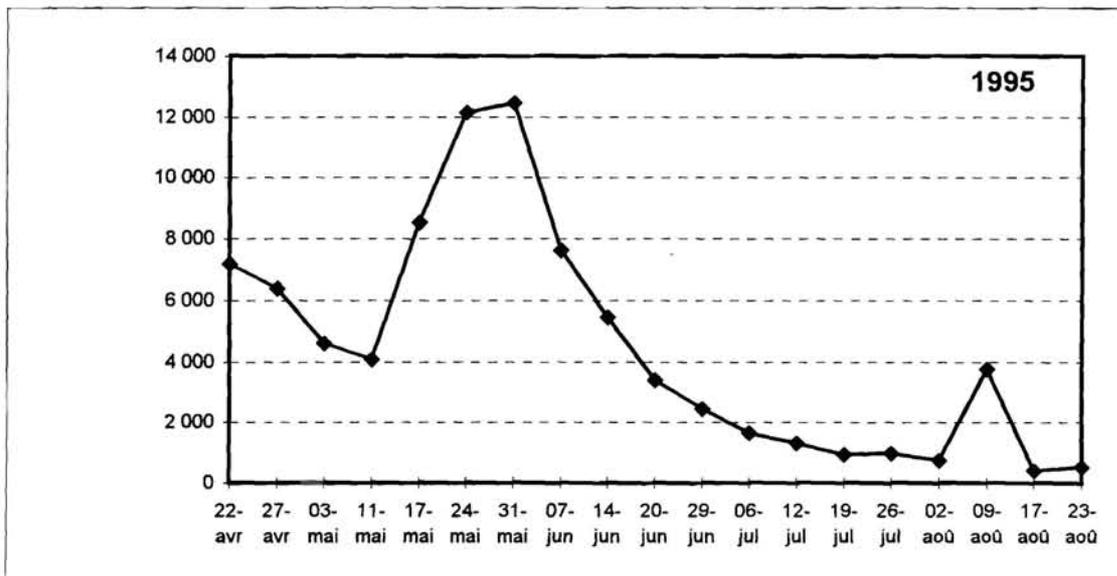
Tableau 4 Comparaison des apports de nitrate 1996 -1997 - Centre baie de Douarnenez

		ruiss. Kerharo		ruiss. Ty Anquer		ruiss. Lopic	
		1996	1997	1996	1997	1996	1997
Débit	moy. (m3/s)	0.200	0.145 (73%)	0.026	0.020 (77%)	0.179	0.129 (72%)
	<i>% var.</i>	61	46	100	100	59	60
Conc. NO3	moy. (mg/l)	42.8	34.4 (80%)	48.3	30.4 (63%)	53.7	43.8 (82%)
	<i>% var.</i>	18	14	14	32	18	11
Flux NO3	moy. (kg/j)	747	439 (59%)	114	61.3 (54%)	860	513 (60%)
	<i>% var.</i>	63	56	100	130	63	74

Les pourcentages indiqués en 1997 ont pour base les valeurs correspondantes de 1996

Figure 8

Flux de nitrate - Centre de la baie de Douarnenez
(kg/jour)



Les débits des cours d'eau provoquant des marées vertes sont en général peu élevés. Les concentrations moyennes de nitrate s'y répartissent entre 23 et 88 mg/l. Les flux les plus importants sont délivrés en baies de Saint-Brieuc, de Douarnenez et dans l'anse du Dossen-Guillec. L'importance des proliférations générées n'est pas proportionnelle au flux de nitrate (cf. morphologie littorale et temps de résidence de l'eau sur zone). Ponctuellement, les apports d'azote ammoniacal d'origine urbaine peuvent être importants, notamment en période de fortes pluies. Au centre de la baie de Douarnenez, les flux n'ont atteint en 1997 que 54 à 60 % de ceux de 1996. Pour chaque cours d'eau et à l'échelle d'une saison, c'est le débit plus que la concentration qui fait varier le flux de nitrate.

3/ Production potentielle d'ulves, indice de sensibilité des sites aux apports azotés

Dans le tableau 5 et la figure 9 nous avons rapproché la biomasse d'ulves effectivement constatée (valeur maximum de l'observation ou du ramassage) et celle tout-à-fait théorique issue de la transformation intégrale en poids frais d'ulves du flux d'azote des cinq semaines centrées sur juin 1997.

Le résultat indique que généralement la fraction des apports d'azote réellement transformée en ulves est faible. En début de saison les algues sont trop peu nombreuses à la côte pour absorber efficacement les flux azotés qui sont encore relativement importants. En fin de saison par contre, la forte densité des algues pourrait limiter leur croissance par auto-ombrage dans certains sites.

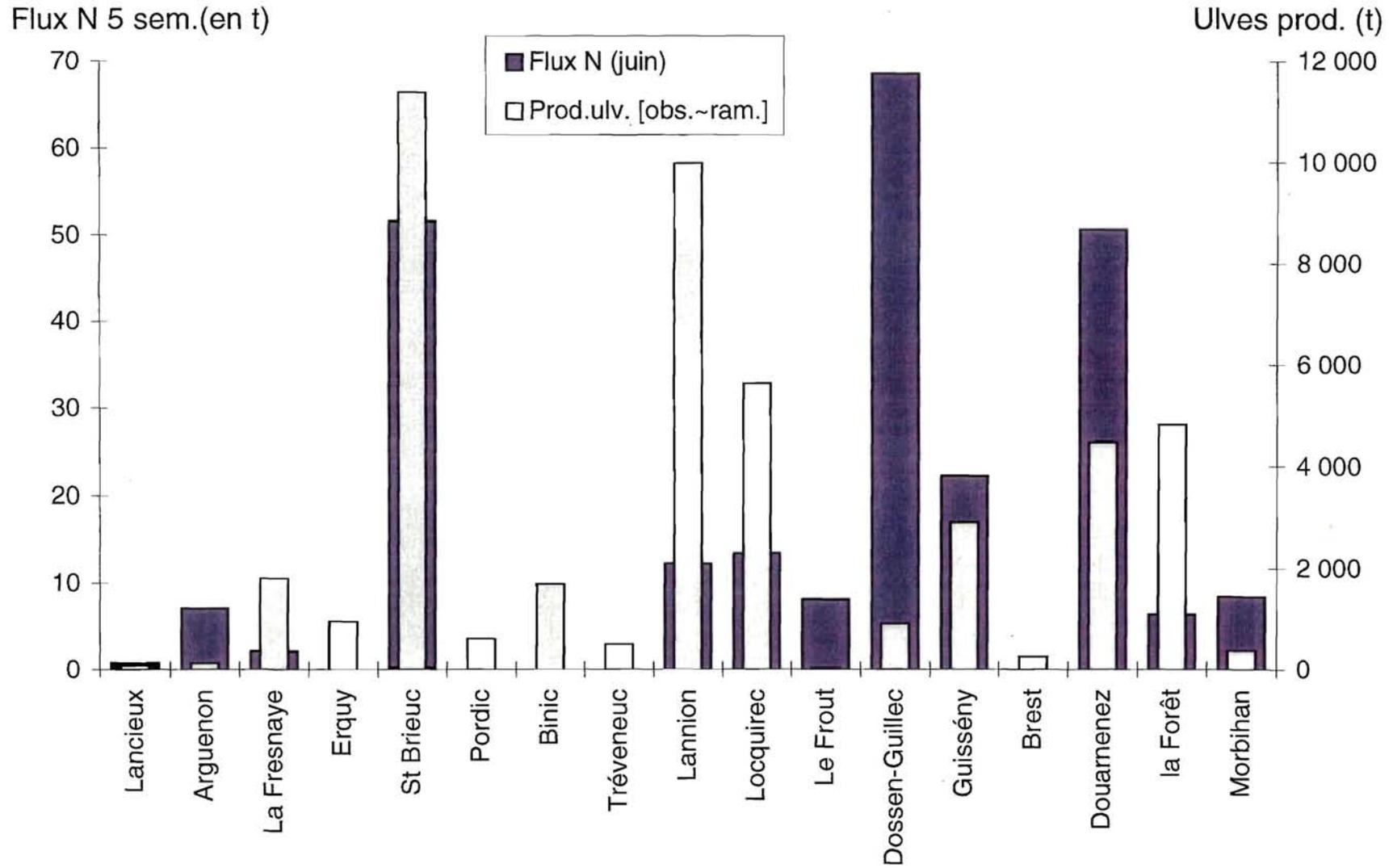
L'intérêt principal de ce calcul est de faire ressortir les sites où l'utilisation de l'azote apporté semble plus élevée lors de la période de forte croissance. La Fresnaye, Lannion, et Concarneau-La-Forêt ressortent entre 50 et 60 %, Locquirec à 30 %, Saint-Brieuc à 15 %, et Guissény à 9 %. Ces sites correspondent généralement à une indentation particulièrement marquée de la côte (la Fresnaye) et/ou à une orientation au moins partielle de leur ouverture en direction des vents dominants du secteur ouest, favorisant la rétention (les autres sites). On peut logiquement penser que ce ratio biomasse réelle/biomasse potentielle constitue un indice global de sensibilité relative des sites aux apports azotés. Là où il est élevé, la diminution naturelle ou provoquée des apports aura vraisemblablement une répercussion sur la production d'ulves plus prononcée qu'ailleurs. L'accumulation de données pluriannuelles sera ici encore très profitable pour valider et affiner l'idée.

Pour expliquer cette bonne utilisation de l'azote, différentes causes peuvent être avancées : temps de résidence élevé de l'eau, importance de l'inoculum en début de saison, morphosédimentologie favorable, moindre sensibilité aux vents faisant dériver la suspension d'ulves hors du site, ou même le biais d'un défaut de prise en compte de certaines sources d'azote.

Les biomasses d'ulves observées ou ramassées sont souvent faibles par rapport au potentiel que représentent les apports d'azote sur le site. Sur certains cependant, le rapport biomasse réelle/biomasse potentielle est assez élevé : baies de la Fresnaye, Lannion, Concarneau-La-Forêt, et dans une moindre mesure Locquirec, Saint-Brieuc et Guissény. Cela correspond au caractère rétif de ces sites bien que d'autres raisons puissent être également envisagées. Ce rapport peut sans doute constituer un indice global de sensibilité relative des sites aux apports azotés.

Tableau 5		Indice de sensibilité relative des sites aux apports azotés			
Anse, baie	Hr pluies cumul. (avril-juin, mm)	Flux N (juin) (t)	Ulv.pot. (flux N juin) (t)	Prod.ulv. [obs.~ram.] (t)	Indice de sensibilité Prod.ulv. / Ulv.pot. (%)
Lancieux	167	0.75	1 071	75	7.0
Arguenon	185	7.05	10 066	120	1.2
La Fresnaye	195	2.14	3 058	1 806	59.1
Erquy				953	
St Brieuc	200	51.60	73 715	11 388	15.4
Pordic				612	
Binic	215			1 686	
Tréveneuc				500	
Lannion	241	12.20	17 428	9 985	57.3
Locquirec		13.43	19 180	5 630	29.4
Le Froust	232	8.07	11 530	28	0.2
Dossen-Guillec	193	68.54	97 910	907	0.9
Guissény	245	22.30	31 854	2 910	9.1
Brest	244			253	
Douarnenez	223	50.63	72 334	4 475	6.2
la Forêt	186	6.39	9 125	4 818	52.8
Morbihan	174	8.46	12 085	380	3.1
Total		251.55	359 357	46 526	
Le flux d'azote pris en compte est celui des 5 semaines centrées sur le mois de juin.					
Le calcul du tonnage potentiel d'ulves fraîches a été effectué en prenant un rapport poids sec/poids frais de 2.8 %.					
Le pourcentage d'azote par rapport au poids de matière sèche a été pris égal à 2.5 %. Le phosphore est supposé non limitant.					
La production d'ulves constatée a été prise comme le tonnage le plus élevé entre les observations et les ramassages.					

Figure 9 Tonnages d'ulves constatés / flux azotés juin 1997



C/ Remarques

1/ Saison 1997

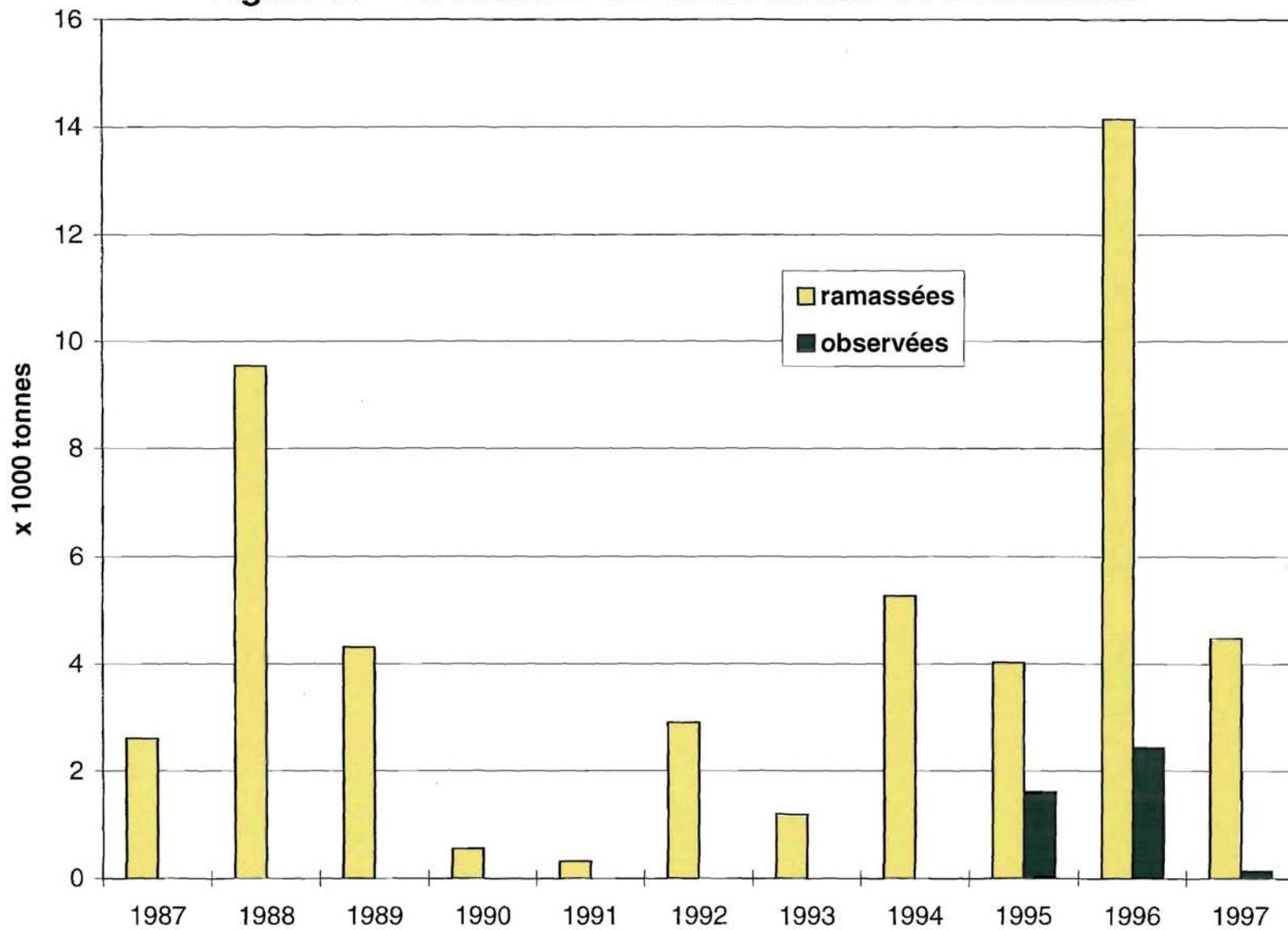
Le printemps et le début de l'été 1997 se caractérisent par des débits assez faibles des cours d'eau bretons, en dépit de quelques pluies au cours de la période. Les flux de nitrate qui y sont fortement liés sont également nettement moindres que les années précédentes. A titre d'exemple les flux délivrés au centre de la baie de Douarnenez lors des trois dernières années ont été représentés sur la figure 8. Les flux de 1997 ont diminué précocement et fortement. La saison peut être considérée comme une année sèche de référence.

La chronique décennale des tonnages d'ulves ramassés montre que cela ne s'est pas traduit par de faibles quantités, mais par un ordre de grandeur équivalent à celui de 1995, lorsque les apports étaient très importants (fig. 10). Avec le recul de quelques années d'inventaire, nous verrons comment les tonnages d'algues vertes de l'ensemble de la Bretagne se situent en 1997. Mais au vu de ces éléments, et de ceux de Saint-Brieuc (fig. 7), ils ne semblent pas particulièrement faibles.

Revenant aux quantités d'ulves en baie de Douarnenez (fig. 10), on constate qu'en 1996 elles ont été très élevées, alors que les apports furent moyens. Comme on l'avait noté pour la baie de Saint-Brieuc, le lien entre apports d'azote et tonnages produits existe sans aucun doute à grande échelle, mais à celle d'un site il dépend sans doute aussi d'autres facteurs, notamment météorologiques.

Au vu des éléments de comparaison dont nous disposons, les débits et les flux azotés de la saison 1997 ont été très faibles et constituent ceux d'une année sèche de référence. De façon surprenante, les biomasses d'ulves constatées (ramassées ou observées) n'ont pas été inférieures aux années précédentes, au moins en baies de Lannion et de Douarnenez.

Figure 10 Abondance des ulves en baie de Douarnenez



2/ Remarques méthodologiques

a/ Quantification des ulves

L'observation du stock d'ulves telle qu'elle a été pratiquée jusqu'à présent est censée appréhender l'accroissement annuel de la biomasse en se situant au moment de la fin de la croissance des algues. Celle-ci est présumée s'arrêter au mois de juillet, avec quelques variations selon les sites. Pour être valide, cette approche implique plusieurs conditions :

- une quasi absence de stock hivernal,
- pas de mortalité notable durant la période de croissance,
- une croissance annuelle achevée au moment de l'observation,
- un stock étudié non affecté par des prélèvements et/ou des apports extérieurs avant d'avoir atteint son maximum.

Les causes de mortalité ne sont pas parfaitement connues, mais *a priori* il n'y a pas de raison de mettre en doute la réalisation approchée de la deuxième condition.

Certaines apparitions tardives d'ulves à la côte (par exemple en septembre et même en novembre en baie de Lannion) supposent que la croissance peut être plus tardive que généralement admis. A moins qu'un stock situé à quelque profondeur puisse être alors ramené sur la grève lors de conditions météorologiques favorables. L'existence de ce stock est affirmée en plusieurs sites par des pêcheurs (baies de Lannion, Douarnenez, Concarneau-La-Forêt), et attestée en une occasion par des enregistrements vidéo (baie de Saint-Brieuc). Ceci remet en cause la validité des conditions 3 et 4. Si le stock profond se maintenait en hiver, la première condition serait invalidée.

Nous avons noté précédemment que le report de la date du survol d'observation est parfois rendu nécessaire par des contraintes techniques. De plus l'observation est prise en tenaille entre l'intérêt d'être plutôt tardive (en intégrant tout la période de pousse), et celui d'être plutôt précoce (pour éviter les ramassages qui débutent avec le mois de juillet).

Une amélioration de la méthode actuelle de quantification consiste à situer rigoureusement le moment des observations dans le mois qui précède la saison touristique, en commençant par ceux où le ramassage est le plus précoce.

Les tonnages ramassés sont également à prendre en compte bien que nous ayons vu plus haut qu'ils sont biaisés par une série de facteurs. Même en négligeant ceux-ci, le simple fait de diminuer la densité des ulves par ramassage est de nature à augmenter la croissance de ce qui reste en place par la meilleure disponibilité rétablie de lumière et de sels nutritifs, entre autres. En revanche, il semble très peu probable que les enlèvements ramènent la quantité restante à un niveau suffisamment bas pour retarder la repousse.

A cet égard, un site comme celui de la baie de la Fresnaye s'avère particulièrement intéressant. Il n'est quasiment pas affecté par les ramassages, son indice de sensibilité semble élevé, et sa configuration en encoche profonde suggère une faible variabilité du stock du fait de la météorologie. Un abattement du flux azoté y aurait donc de bonnes chances de retentir visiblement sur la biomasse d'ulves.

Enfin, concernant les quantités d'ulves, la principale inconnue réside dans l'existence et l'importance éventuelles du stock "off-shore" évoqué plus haut. Cela constitue un point capital. En 1998 l'IFREMER prévoit de lancer une opération à ce sujet en baie de Douarnenez. Si la matérialité et l'importance de ce stock étaient confirmées, d'autres questions se poseraient

alors comme celles des échanges d'algues entre ce stock et celui de l'estran, des taux de croissance et de mortalité qui y règnent, de son rôle dans la population d'ulves du site, etc..

De manière accessoire à l'inventaire, au cours de nos contacts pour recueillir les quantités ramassées, il est apparu que les procédés actuellement utilisés pour se débarrasser des algues ne satisfont pas les collectivités concernées. Le ramassage étant probablement destiné à durer encore un certain nombre d'années, et la mise en décharge devant être interdite à bref délai (réglementation européenne oblige), il y aurait sans doute lieu de réfléchir dès maintenant à l'évolution des méthodes employées.

En attendant de pouvoir appréhender parfaitement la masse d'ulves sur tous les sites, la saisie des flux azotés aux débouchés des cours d'eau représente un niveau d'observation *a priori* plus facile à cerner.

Pour améliorer la méthode de quantification des ulves, il est proposé de ne pratiquer les observations qu'entre la mi-juin et la mi-juillet avant les ramassages de la saison touristique. Les quantités d'algues ramassées sont également dignes d'intérêt. L'ensemble restera cependant biaisé par une série de facteurs auxquels s'ajoute l'inconnue d'un stock d'algues situé à une certaine distance de la côte. Le site de la baie de la Fresnaye présente *a priori* une capacité de réponse intéressante.

b/ Quantification des flux azotés

Globalement la méthode d'échantillonnage des débits et des concentrations de nitrate (+ ammoniacale dans les stations concernées) est satisfaisante.

Dans la baie de la Forêt-Concarneau, les apports de deux cours d'eau ont été négligés jusqu'ici, peut-être à tort. Une campagne test est à prévoir pour la saison prochaine. En cas d'apports significatifs de leur part, l'indice de sensibilité du site serait minoré *de facto*.

Entre le milieu du printemps et celui de l'été les débits des rivières ont habituellement tendance à diminuer. Les concentrations de nitrate font de même. En effet, dans ces débits en décroissance, la part relative des eaux souterraines, souvent moins chargées en nitrate, tend à augmenter. Par ailleurs les prélèvements d'azote par les végétaux en croissance et d'autres facteurs tendent à minorer les concentrations des eaux de surface. Mais dans la diminution des flux qui résulte de cet ensemble de facteurs, le terme débit a l'influence prépondérante.

L'échantillonnage hebdomadaire ou bimensuel pratiqué ici sur de petits cours d'eau est susceptible d'ignorer un épisode de crue souvent bref à la belle saison. Or, au cours d'un tel événement, on assiste, lors du pic initial, à une diminution des concentrations du nitrate du fait de la dilution par les eaux de ruissellement, suivie d'une remontée allant parfois jusqu'au dessus des niveaux d'avant crue. Le bilan global du flux de nitrate de l'épisode est toujours supérieur à celui d'une période identique de débit normal. On pourrait donc penser à équiper certains cours d'eau d'enregistreurs de débit. Lesquels choisir ?

Les débits des cours d'eau présentent des réponses aux précipitations différentes selon la pente et la nature géologique du sous-sol des bassins versants, entre autres. André (1997) a montré par l'analyse de plusieurs dizaines de bassins jaugés du Finistère que cinq classes de

comportement étaient identifiables de ce point de vue. Il conviendrait évidemment d'équiper préférentiellement des bassins versants à réponse rapide et forte (micaschiste, granit et pente soutenue). Le choix pourrait être facilité par le système d'information géographique en cours de complétion sur l'ensemble de la Bretagne. Ce type de travaux et la gestion des équipements pourraient être confiés à des services régionaux ou départementaux ou à un organisme d'état comme le Cémagref.

Les échantillonnages manuels de nitrate, seraient conservés. Ils pourraient être espacés et leur durée un peu allongée.

La mesure des flux azotés alimentant les proliférations d'ulves est globalement satisfaisante. Elle pourrait être améliorée à l'avenir et en dehors du cadre de cet inventaire en équipant les cours d'eau les plus irréguliers d'enregistreurs de débit.

CONCLUSIONS

L'inventaire annuel des ulves en Bretagne a pour but d'établir une chronique des biomasses d'ulves produites et des apports nutritifs qui les alimentent, de façon à pouvoir détecter les effets d'une réduction volontaire de ces apports, et les distinguer des variations naturelles. Ce premier inventaire véritablement quantifié constitue le point zéro de la démarche.

Le recensement général des sites atteints, effectué par le survol de toute la côte bretonne, ne fait pas apparaître de différence notable avec les exercices antérieurs. Le nombre de sites touchés, près de 50, paraît stable.

Concernant le volet plus détaillé de l'étude, plusieurs éléments sont mis en évidence. L'hiver et le début du printemps ont été très secs en 1997. Sur les côtes bretonnes il s'en est suivi des débits d'eau douce et des flux d'azote très bas au début de la saison des proliférations algales. Des pluies ultérieures ont pu soutenir ces flux et parfois les amplifier, mais de façon limitée du fait de l'évapotranspiration et des prélèvements azotés de la végétation. Les débits et les apports d'azote en 1997 peuvent être considérés comme ceux d'une année sèche de référence.

Au vu des éléments dont on dispose, les quantités d'ulves observées et celles ramassées ne semblent pas avoir été très basses comme on pouvait logiquement s'y attendre. Cela peut tenir au fait que, dans les sites très sensibles, les concentrations de nitrate maintenant atteintes seraient telles qu'une diminution des débits ne pourrait plus entraîner une diminution des flux suffisante pour revenir en dessous du seuil de saturation de la capacité des sites à produire des algues vertes. On conçoit que, dans ces conditions, il faudrait une très forte réduction des apports pour en voir les effets tangibles sur les plages en terme de biomasse d'algues vertes. Cela peut tenir, d'autre part, à des conditions de vent particulièrement favorables à l'échouage des ulves durant la saison (par exemple, vent d'est fréquent cet été en baie de Douarnenez).

Ce qui précède met en relief l'intérêt de répéter annuellement cet inventaire et d'optimiser la méthode. A ce propos quelques réflexions se dégagent dès à présent. Les observations d'algues échouées devront être faites dans le mois qui précède la saison touristique et les ramassages. Ceux-ci restent cependant intéressants à appréhender, en dépit des biais qui les affectent. L'existence éventuelle d'un stock "off-shore", actuellement non considéré, est susceptible de changer quelque peu l'approche. Des investigations sont programmées à ce sujet en 1998.

Dans chaque bassin versant, les variations des flux de nitrate sont majoritairement influencées par les débits. Pour éviter de méconnaître les flux supplémentaires générés par les crues souvent brèves à la belle saison, il est suggéré d'installer des enregistreurs de débit sur quelques cours d'eau, de préférence ceux qui sont à la fois les plus irréguliers et les plus importants, au lieu de s'en tenir à un échantillonnage hebdomadaire ou bimensuel. Le choix peut dès à présent s'appuyer sur un système d'information géographique en développement. La réalisation et la gestion de ces équipements sortiraient du cadre du présent travail.

La répétition de ce type d'inventaire permettra entre autres de distinguer dans les réactions des sites aux apports azotés ce qui tient aux aléas météorologiques - particulièrement au déplacement des ulves sous l'effet du vent - de ce qui est leur réponse structurelle.

RÉFÉRENCES CITÉES

- ANDRÉ, S., 1997. Transferts des nitrates des bassins versants au littoral Région Bretagne. Mém. stage E.N.S.M. de Nancy au BRGM/Brest, 87 p.
- CEVA, 1997a. Expérimentation d'une méthode d'évaluation "automatique" des biomasses d'algues vertes à partir de photographies aériennes scannées. Contrat de Plan Etat-Région Bretagne, Rapport de contrat CEVA-CEMAGREF, mai 1997, 31 p. + 1 vol. d'annexes.
- CEVA, 1997b. Etude d'inventaire des sites de prolifération d'algues vertes sur le littoral breton. Rapport de contrat CEVA-IFREMER, oct. 1997, 24 p. + annexes.
- COÏC, D., LE FOLL, D., SAISOU, P., 1997. Suivi des flux d'azote responsables de marées vertes dans divers secteurs de Bretagne, au cours du printemps-été 1997. Rapport de contrat MAÏA infosciences-IFREMER, sept. 1997, 70 p. + annexes.
- GARREAU, P., 1993. Conditions hydrodynamiques sur la côte nord-Bretagne. Rapport IFREMER, DEL 93.02, 20 p.
- MÉNESGUEN, A., PIRIOU, J.Y., 1995. Nitrogen loadings and macroalgal (*Ulva sp.*) mass accumulation in Brittany (France). *Ophelia*, **42**: 227-237.
- OBATON, D., 1996. Caractéristiques hydrodynamiques du littoral sud Bretagne. Rapport IFREMER, DEL 96.05, 23 p.
- PIRIOU, J.Y., 1986. Les marées vertes sur le littoral breton. Bilan 1985. Rapport interne IFREMER DERO - 86.29 - EL, 79 p.
- PIRIOU, J.Y., ANNEZO, J.P., 1993. Mesure des flux azotés et phosphorés à l'exutoire de bassins versants bretons au printemps 1991. Programme "Cartographie des zones sensibles à l'eutrophisation ; cas des côtes bretonnes", Rapport IFREMER, 24 p. + annexes.
- PIRIOU, J.Y., ANNEZO, J.P., 1995. Évaluation des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en juin 1994. Rapport IFREMER n° 95.05, sur contrat avec l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, janv. 1995, 31 p. + annexes.
- PIRIOU, J.Y., CHAPRON, V., ANNEZO, J.P., 1995. Pré-contrat de baie "Golfe du Morbihan" - Mesures de flux nutritifs et inventaire d'algues vertes en 1995. Rapport IFREMER DEL 95.19, nov. 1995, sur contrat avec le Conseil Général du Morbihan, 26 p.
- PIRIOU, J.Y., MÉNESGUEN, A., SALOMON, J.C., 1991. Les marées vertes à ulves : conditions nécessaires, évolution et comparaison de sites. - In M. Elliot & Ducrotoy J.P. (eds) : Estuaries and coasts : spatial and temporal intercomparisons, p. 117-122. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark.
- PIRIOU, J.Y., MÉROT, P., JEGOU, A.M., GARREAU, P., YONI, C., WATREMEZ, P., URVOIS, M., HALLÉGOUET, B., AUROUSSEAU, P., MONBET, Y., CANN, C., 1993. Cartographie des zones sensibles à l'eutrophisation, cas des côtes bretonnes. Rapport de synthèse. Rapport IFREMER DEL 93.25, déc. 1993, sur contrats avec le Conseil Régional de Bretagne et la CEE, 80 p.²

ANNEXE 1

**Tableau EVALUATION DES SITES DE PROLIFERATIONS
D'ALGUES VERTES. BRETAGNE - JUIN 1994.**

N° (sur carte)	Nom du site	Nom de la plage (éventuellement)	Indice semi-quantitatif	Espèce d'algues vertes	Remarques
1	Baie de St. Briec	Baie de Morieux	10	ulves (U.M.V.)*	avec l'anse d'Yffiniac, 10 500 tonnes en juin 1994 (CEVA)
2	Baie de Lannion	Grèves de St. Michel & St. Efflam	8	ulves (U.M.V.)	entre 4 000 et 7 000 tonnes en 1994 (avec Baie de Locquirec)
3	Baie de La Fresnaye		8	ulves (U.M.V.)	après absence en 1991, forte prolifération en 1994
4	Baie de l'Arguenon		7	ulves (U.M.V.)	peu en 1991, beaucoup en 1994
5	Baie de Guisseny		7	ulves (U.M.V.)	relative stabilité
6	Baie de Douarnenez	Plages de Kervigen et Ste Anne La Palud	7	ulves (U.M.V.)	poussée de biomasse en 1994
7	Baie de Concarneau	Anse de St. Jean à Kerleven	7	ulves (U.M.V.)	relative stabilité
8	Baie de Lancieux		6	ulves (U.M.V.)	reçoit sans doute une partie des ulves produites dans la baie de l'Arguenon
9	Baie de St. Briec	Anse de Binic	5	ulves (U.M.V.)	stabilité
10	Baie de Lannion	Anse de Locquirec	4	ulves (U.M.V.)	une partie des ulves produites ici rejoint la grève de St. Efflam
11	Baie de Plougoulm	Anse de Moguéric	4	ulves (U.M.V.)	une partie des ulves produites ici rejoint les plages de Santec
12	Baie de Douarnenez	Plage de Lestrevet	4	ulves (U.M.V.)	poussée de biomasse en 1994
13	Baie de Douarnenez	Anse du Ris & plage de Keriolet	4	ulves (U.M.V.)	moindre quantité d'ulves en 1994, mais prolifération conjointe de <i>Falkenbergia rufalonosa</i> (algue rouge)
14	Golfe du Morbihan	Etang du Roc'h Du & anse du Moustoir	4	ulves (non U.M.V.)	autres espèce d'ulve et système proche de la lagune
15	Golfe du Morbihan	Anse de Baden & étang de Locmiquel	4	ulves	système lagunaire + estran
16	Baie de St. Briec	Plage de Plérin	3	ulves (U.M.V.)	même système de production que la baie de Morieux

* U.M.V. = Ulves de la Marée Verte.

17	Baie de Morlaix	Anse de Pempoul	3	Entéromor- phes surtout	stabilité
18	Anse de Corréjou	Plage de Plouguerneau	3	U.M.V.	stabilité
19	Rade de Brest	Plage du Moulin Blanc	3	ulves	ramassage important (presque quotidien)
20	Baie de Concarneau	Anse de Cabellou, plages de Concarneau	3	ulves	petits sites dispersés
21	Rade de Lorient	Anse de Quilisoy (Larmor-plage)	3	ulves ?	stabilité
22	Rade de Lorient	Anse St-Catherine (Port-Louis)	3	Entéromor- phes + ulves	stabilité
23	Baie de St. Malo	La Grande Plage	2	Entéromor- phes	échouages répertoriés depuis quelques années
24	Baie de St. Briec	Port d'Erquy	2	<i>Ulva</i> sp.	pas d'échouages répertoriés auparavant
25	Anse de Paimpol	partie Sud	2	Entéromor- phes	
26	Baie de Perros	Plage de Trestel	2	Entéromor- phes + ulves	
27	Baie de Perros	Nantouar	2	ulves <u>non</u> U.M.V.	
28	Baie de Perros	port et plan d'eau	2	Entéromor- phes + ulves	
29	Baie de Morlaix	estran de Kerdanet	2	Entéromor- phes + ulves <u>non</u> U.M.V.	plutôt échouées
30	Baie de Morlaix	Grande Grève	2	Entéromor- phes + ulves <u>non</u> U.M.V.	plutôt échouées
31	Baie de Goulven	port de Plouescat	2	Entéromor- phes	dont beaucoup fixées
32	Anse de Brignogan	Pontusval	2	Entéromor- phes + ulves	échouages
33	Côte des Légendes	Kerlouan, la digue	2	ulves	mélange avec d'autres algues
34	Anse de Portsall	port	2	Entéromor- phes	
35	Côte de Landunvez	Argenton, bassin	2	Entéromor- phes	
36	entrée Rade de Brest	Plage du Trez-Hir	2	Entéromor- phes + ulves	échouages
37	Rade de Brest	Plage de Quéléarn	2	Entéromor- phes + ulves	échouées ou fixées
38	Rade de Brest	Le Fret	2	Entéromor- phes + ulves U.M.V.	entéromorphes plutôt fixées et ulves sortie étang
39	Baie de Concarneau	Plage de Cap Coz	2	ulves	sur rochers + haut de plage
40	Baie de Concarneau	Baie de Pouldohan	2	ulves	

Evaluation des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en juin 1994

41	Rade de Lorient	Anse de Riantec	2	Entéromor- phes	échouages (5 à 10 cm d'épaisseur)
42	Golfe du Morbihan	Anse de Kerouarc'h	2	ulves	
43	Golfe du Morbihan	Baie de Kerdréan	2	Entéromor- phes + ulves	
44	Golfe du Morbihan	Anse de Kerlan	2	ulves	
45	Golfe du Morbihan	Anse de Couleau	2	Entéromor- phes + ulves	
46	Golfe du Morbihan	Plage de Lanseria	2	ulves	

ANNEXE 2

Annexe 2

CLASSIFICATION DES SITES BRETONS DE MAREE VERTE LITTORALE
SUIVANT L'IMPORTANCE ESTIMEE (ETAT 1991)

Site littoral	N° de département	Entité littorale	Indice (≥ 4) d'importance d'ulves	Nom des rivières concernées	Superficie du bassin versant (km ²)
Baie de Morieux et Anse d'Yffiniac	22	Baie de Saint-Brieuc	10	Gouët Gouédic Douvenant Urne Touche St René Gouessant	210 27 10 50 38 27 416
Grèves de St-Michel et St-Efflam	22	Baie de Lannion	9	St-Efflam Yar Roscoat Kerdu Toul ar Vilin	6 63 29 17 3
Anses de St-Laurent et de St-Jean Plage de Kerléven	29	Baie de Concarneau	9	Lesnevard Rivière de St-Jean	39 8
Anse de Tresseny	29	Baie de Guisseny	8	Quillimadec	88
Anse du Moulin-Blanc	29	Rade de Brest	7	Stang-alar Costour (+ urbain)	6 8
Anses du Ris et d'Ar Vech'en	29	Baie de Douarnenez	7	Nevet Treizmalaouen	36 9
Plage de Ste-Anne-la-Palud et Kervijen	29	Baie de Douarnenez	6	Lapic Ty-an-quer Kerharo	28 12 48
Baie de Pempoul (Saint-Pol)	29	Baie de Morlaix	6	Rivière de Pempoul (+ urbain)	13
Baie de Loquirec	29-22	Baie de Lannion	6	Douron Dour Meur	109 15
Anse du Dossen	29	Baie de Plougoulm	6	Rivière de Mogueñec Guillec Horn	4 77 74
Baie de l'Arguenon	22	Baie de l'Arguenon	5	Arguenon Guébriand Montafilan	485 60 65
Port de Binic	22	Anse de Binic	5	lc	87
Baie de la Fresnaye	22	Baie de La Fresnaye	4	Frémur Rat Clos Kermiton	75 22 14 5
Anse du Frouit	29	Rade de Morlaix	4	Frouit	11
Anse du Corréjou	29	Littoral Plouguerneau	4	Rivière de Kergoff	7
La Lieue de Grève	29	Baie de Douarnenez	4	Lestrevet Saint-Côme Pentrez	13 4 14
Anse Ste-Catherine	56	Rade de Lorient	4	(urbain)	-
Anse de Kernével	56	Rade de Lorient	4	(urbain)	-
Anse du Moustoir	56	Golfe du Morbihan	4	Rivière du Moustoir	14
Anse de Baden	56	Golfe du Morbihan	4	Rivière de Baden	7

ANNEXE 3

Tableau : 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	-
	TOTAL	6 000	30 000
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	11 000	210 000
Morieux			
TOTAL	19 000	347 500	
Côte de Granit rose	Anse de Trestel (Trévou-Tréguinec)	300	5 000
	Anse de Trestaou (Perros-Guirec)	200	3 000
	TOTAL	500	8 000
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	-
TOTAL	28 700	648 000	
Baie de Morlaix	Plage de St-Samson (Plougasnou)	200	2 500
	Anse de Lingoz (Henvic)	300	-
	Port de Pempoul (St-Pol)	300	-
	Roscoff	300	-
TOTAL	1 100	-	

Tableau : 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	-
	TOTAL	6 000	30 000
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	11 000	210 000
Morieux			
TOTAL	19 000	347 500	
Côte de Granit rose	Anse de Trestel (Trévou-Tréguinec)	300	5 000
	Anse de Trestaou (Perros-Guirec)	200	3 000
	TOTAL	500	8 000
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 Goualagorn (Lannion)	200	-
TOTAL	28 700	648 000	
Baie de Morlaix	Plage de St-Samson (Plougasnou)	200	2 500
	Anse de Lingoz (Henvic)	300	-
	Port de Pempoul (St-Pol)	300	-
	Roscoff	300	-
TOTAL	1 100	-	

Tableau (suite).

Secteur	Zone, plage, ...	Volume d'ulves estimé (en m3)	Coût du ramas- sage en 1984 (en francs)
Baie de Goulven	Grève de Goulven (Tréfléz)	100	-
	Porzguen (Plouescat)	100	-
	TOTAL	200	0
Baie de Guisseny	Anse du Curnic	400	-
	Plage de Neiz Vran		
	TOTAL	400	0
Sortie de l'Aber-Ildut	Porzpol (Lampaul- Plouarzel)	100	0
	TOTAL	100	0
Rade de Brest	Plage du Moulin-Blanc (Brest)	1 500	230 000
	Presqu'île de Plougastel (Nord et Nord-Ouest)	1 000	5 000
	TOTAL	2 500	235 000
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
	TOTAL	8 000	50 000
Baie d'Audierne	Plages de Poulhan (Plozevet)	100	-
	TOTAL	100	-
Baie de Concarneau	6 plages de Concarneau et Fouesnant	6 000	185 000
	TOTAL	6 000	185 000

Tableau 2 (suite).

Secteur	Zone, plage, ...	Volume d'ulves estimé (en m3)	Coût du ramas- sage en 1984 (en francs)
Sortie du Blavet	Baie de Locmalo (Riantec)	200	3 000
	Larmor Plage	300	5 000
	TOTAL	500	8 000
Baie de Quiberon	Plages Est de Quiberon	3 000	45 000
	Plages Est de St-Pierre Quiberon	1 000	20 000
	TOTAL	4 000	65 000
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	-
TOTAL	3 100	3 000	
Plage de Pénestin	Plage du Paladrin	4 000	50 000
	Plage de Maresclé		
TOTAL		4 000	50 000
	VOLUME TOTAL ESTIME	84 200 m3	
	COÛT TOTAL ANNUEL DU RAMASSAGE EN BRETAGNE		1 632 000 F