

Note sur les marées vertes à ulve en Bretagne, à partir des travaux de l'Ifremer.

Christian Buson ISTE septembre 2003

Dans cette courte note nous reprenons les termes mêmes des articles de l'Ifremer sur la prolifération d'ulves en Bretagne (rapportés ici en italique et avec des guillemets) et nous en dégagons quelques principaux arguments synthétiques.

1 Les constats sur le phénomène algal

Jusqu'ici, les travaux de l'Ifremer sur la prolifération d'ulves sur les côtes Bretonnes ont permis de dégager les résultats suivants :

- « la prolifération massive, au printemps et en été, d'algues vertes des genres *Ulva* et *Enteromorpha* est un phénomène observé depuis fort longtemps en de nombreux points du globe, ce qui laisse à penser qu'il s'agit au départ d'un phénomène naturel. Mais dès le début du siècle, un lien net entre l'amplification du phénomène et l'augmentation des apports terrigènes de sels nutritifs azotés et phosphorés a été mise en évidence... » Menesguen, 1990.
- « les lagunes, semi-fermées, constituent naturellement les biotopes d'élection de ce genre de phénomène d'eutrophisation. » Menesguen, 1990.
- « les caractéristiques dynamiques fines des processus hydrodynamiques et biologiques qui conditionnent finalement le développement de « marées vertes » littorales. Menesguen, 1990.
- « en plus d'arrivées d'eau douce chargée en nitrate, deux autres facteurs sont absolument nécessaires pour induire une prolifération d'ulves : la présence d'une plage de sable à faible pente (effet de lagunage) et surtout un piégeage de l'eau en fond de baie à la faveur d'une résiduelle de courant nul (Menesguen et Salomon, 1988). Selon leur géomorphologie, les sites naturels seront donc plus ou moins susceptibles d'amplifier la réponse à des enrichissements terrigènes en sels nutritifs ». Piriou, 1990. Notons que les eaux douces contiennent toujours des nitrates et que, par conséquent, ces « deux autres facteurs » que l'on peut résumer sous l'expression des conditions hydrodynamiques du site sont d'autant plus déterminants.
- « De nombreux secteurs de la côte très découpée de Bretagne possèdent ces conditions et sont naturellement prédisposés à une eutrophisation, déjà décelable en 1952. L'augmentation des apports azotés et phosphorés n'a fait qu'accroître un phénomène endémique. L'accroissement des biomasses d'ulves s'est fait particulièrement ressentir entre 1978 et 1984 ». Piriou, Menesguen et Salomon, 1991.



ISTE

Nous pouvons donc retenir les points suivants :

-le phénomène marée verte est ancien (début du siècle au moins, observations de marées vertes en baie de st Brieuc dès les premières campagnes de photographies aériennes de 1952, 1966, 1973, 1982, 1983...),

-aucune quantification n'est disponible sur les biomasses correspondantes, ni sur les « apports de N et P » invoqués comme cause de « l'accentuation d'un phénomène endémique »,

-la configuration géomorphologique du site favorisant l'effet de « lagunage » est essentielle pour l'apparition du phénomène. L'absence de dilution des sels nutritifs vers le large est un facteur favorable.

II L'hypothèse d'une corrélation entre les flux totaux d'azote terrigène et la prolifération des ulves

Les observations développées par l'IFREMER ont porté sur la comparaison entre les flux d'azote terrigène et l'importance des biomasses d'ulves observées :

- - « *La carte de Bretagne des flux d'azote nitrique se déversant sur le littoral (fig.2) montre qu'il n'existe aucune superposition entre les zones de flux élevés en nitrates et les sites de marées vertes. De la même manière, il n'y a pas de corrélation avec la carte des concentrations en nitrates.* » Piriou, 1990.
- « *La superposition de la carte des flux d'azote nitrique débouchant en mer et de la carte des sites à prolifération d'ulva sp. démontre un manque de corrélation directe entre ces deux phénomènes* ». Piriou, Menesguen et Salomon, 1991.
- « *les niveaux de biomasse maximale sont très fluctuants d'une année sur l'autre et sont en relation directe avec le flux moyen d'azote apporté par les rivières en juin, mois où les besoins (et donc la limitation) doivent être les plus ressentis au niveau des algues.* » Piriou, 1990.
- « *On the specific Saint-Brieuc site, the study carried out from 1986 to 1991, determined a correlation between the maximal annual biomasses produced and the nitrogenous flow carried by rivers in June.* Piriou, Dion, Le Bozec(1992).
- « *Les fluctuations de biomasses d'ulves sont relativement bien corrélées aux fluctuations interannuelles des flux azotés moyens déversés en mer au mois de juin...Ce sont donc les apports azotés directs du printemps (et uniquement de cette saison) qui vont conditionner l'ampleur de la biomasse d'algues vertes produite dans une zone géographiquement favorable. Les apports d'ammoniaque à partir de stations d'épuration domestique (ex. : st Brieuc ne sont pas à négliger dans le bilan azoté global (Piriou, 1991).* »
- Pour résumer, nous pouvons retenir de tous ces travaux, qui ont été abondamment publiés, les résultats suivants

Nous retenons donc que :

- la comparaison des cartes des sites de prolifération d'ulves et des flux d'azote nitrique déversé par les rivières souligne l'absence totale de corrélation, c'est à dire l'indépendance entre ces deux données
- aucune corrélation avec la **quantité totale d'azote** n'a pu être établie



ISTE

- lorsque le phénomène existe, la biomasse serait directement corrélée à *l'azote (nitrique et ammoniacal)* apporté par les rivières en fin de printemps, c'est à dire « **au mois de juin** » essentiellement.

L'absence de correspondance entre les flux de nitrates déversés par les rivières et les sites de prolifération d'ulves est un fait crucial, dont il convient de mesurer l'importance : les secteurs recevant les apports les plus importants d'azote ne sont pas ceux où le phénomène est le plus marqué. La Vilaine qui apporte, par exemple, le flux d'azote le plus important ne provoque pas de prolifération d'ulves. A l'inverse des flux très modestes d'azote suffisent pour permettre le développement de marées vertes dans des sites particuliers. Les flux d'azote nécessaires pour que les ulves trouvent suffisamment de nutriment azoté sont donc faibles ; les rapports de masse entre les besoins en azote des ulves et les apports d'azote montrent que jamais l'azote ne peut manquer : des quantités d'azote largement supérieures aux besoins des ulves sont apportés par les largages naturels des bassins versants concernés, quelque soit leur occupation des sols.

A l'inverse si c'était l'azote terrigène qui constituait le facteur limitant du phénomène, alors les proliférations d'ulves devraient être généralisées, car les quantités d'azote nécessaires sont systématiquement présentes dans toutes les baies. Le phénomène devrait également s'étendre bien au-delà des côtes bretonnes.

L'affirmation du rôle de l'azote nitrique, qui est fréquemment évoqué dans ces différentes publications, n'y figure qu'en tant qu'**hypothèse et seulement pour le mois de juin**. Ce rôle supposé n'y est jamais établi par des observations, des mesures des teneurs en nitrate (ni en autres composés de l'azote) de l'eau de mer, ni des sédiments. Ce type de suivi a cependant été mené par l'IFREMER et sera examiné ultérieurement.

L'hypothèse de la limitation de la biomasse algale par l'azote, au mois de juin uniquement, mérite toute notre attention. En effet, cela signifie que tout l'azote apporté aux autres périodes resterait sans effet sur l'apparition et la croissance des ulves.

Or, il est clairement établi que l'essentiel de l'azote nitrique provenant des sols est entraîné lors des premières phases du drainage hivernal, en novembre, décembre ou janvier suivant la pluviosité de l'année considérée.

Dès le printemps, les flux d'azote nitrique terrigènes sont infimes à nuls et ne résultent que des conditions climatiques de cette période, favorisant plus ou moins la minéralisation de la matière organique des sols, puis la lixiviation éventuelle de ces reliquats tardifs. Cette lixiviation printanière reste en outre une éventualité à faible probabilité d'occurrence, de l'ordre de moins d'une année sur 10.

De plus, aucune action particulière n'est envisageable pour réduire ce relargage d'azote terrigène du mois de juin.

Nous sommes donc en droit de conclure que la quasi totalité de l'azote nitrique, perdu par les sols agricoles en période hivernale, ne contribuerait nullement aux proliférations d'ulves. Rappelons toutefois que le départ d'azote constitue une perte pour les sols agricoles, comme pour l'économie de l'agriculteur, et n'est donc pas souhaitable. Différentes actions doivent être mises en place pour limiter ces fuites, mais avant tout pour des raisons agronomiques, puisque les fuites d'azote semblent sans effet sur la prolifération des ulves.



ISTE

Dans les apports d'azote au mois de juin au milieu marin, il faudrait compter :

- les faibles reliquats d'azote nitrique terrigènes
- les apports d'azote organique et ammoniacal provenant des rejets des stations d'épuration,
- les divers rejets organiques plus ou moins bien contrôlés,
- les rejets et les produits de dégradation de la biomasse marine ; celle-ci peut en effet contribuer à la fourniture d'azote organique, puis minéral après minéralisation ; dans certaines baies l'implantation de fortes productions conchylicoles a pu contribuer à des masses de fèces et de pseudofèces importantes,
- la fourniture par le large d'azote
- la fourniture par les cyanobactéries marines fixatrices d'azote et par leur dégradation

Les quantités d'azote provenant de ces différentes sources ne sont pas documentées dans les articles de l'IFREMER, qui se focalisent essentiellement sur les sources de nitrates terrigène..

A ce stade de la réflexion, si l'affirmation que l'azote contribue au phénomène de prolifération d'ulve, peut être émise comme hypothèse, encore faut-il préciser que c'est **seulement de l'azote du mois de juin qu'il s'agit** et non de tout l'azote rejeté en mer par les cours d'eau, et que l'azote en question comprend toutes les formes : organique, ammoniacale et pour une part relativement faible en juin, nitrique. L'absence de distinction entre les différentes formes de l'azote peut en effet induire des associations erronées avec des évolutions des activités humaines ou naturelles.

En outre, l'hypothèse de la limitation par l'azote, au mois de juin n'a été émise qu'à partir de l'interprétation des travaux du CEVA, (Dion, 1988, in Piriou, Dion, Le Bozec 1992) portant sur les variations de composition des tissus de l'ulve, au cours de la saison, qui montrent, pour la teneur en azote, une baisse de 6 à 2% de la matière sèche, entre avril et juin, juillet. Une telle baisse des teneurs ne serait pas observée avec le phosphore. Cette hypothèse eût été plus solide si elle avait été confirmée par des mesures in situ des teneurs en azote (sous toutes ses formes) des eaux et des sédiments des zones de proliférations d'ulves. En outre il est tout à fait possible d'imaginer qu'il existe des variations de la teneur en azote des tissus sans lien systématique avec un quelconque manque d'azote dans le milieu.

III Les enseignements des mesures de terrain

Suite aux travaux de l'IFREMER sur le sujet, et aux hypothèses émises, un programme de surveillance et de mesure de terrain des ulves observées et échouées a été mis en place dès 1997. Ce programme a été financé par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, et confié directement à l'IFREMER. Le compte rendu de cette mission a été publié en 1998 (Merceron, 1998). Les résultats suivants y sont résumés ci-après:

*-« 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 ?) ».*



ISTE

-« 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 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 ».

On objectera toutefois que cette hypothèse n'est étayée par aucune teneur en nitrate de l'eau concernée.

Pour l'année 1998, la même étude de surveillance et de mesure de terrain a été menée et les résultats sont les suivants (Merceron 1999) :

-« L'inventaire 1998 des marées vertes sur les côtes bretonnes fait suite à celui de 1997. Il a été réalisé de la même manière de façon à permettre la comparaison. Il comprend un recensement sur la totalité de la côte de tous les sites atteints par une prolifération d'algues vertes, et une quantification précise sur treize d'entre eux, en général les plus affectés. Sur ces derniers, un suivi des flux d'azote à la période critique a été effectué, et le stock d'algues présentes sur la plage et dans les premières vagues a été quantifié. Le contraste climatologique fort entre 1997 et 1998 a été mis à profit pour comparer les conditions printanières et estivales et rechercher un lien avec l'abondance des algues. Les précipitations de mars à juillet 1997 sont déficitaires par rapport aux références interannuelles, alors que celles de 1998 sont largement excédentaires. Le rayonnement présente un contraste inverse, et de plus faible ampleur. Les concentrations de nitrate, et surtout les débits, sont supérieurs en 1998. ils ont engendré des flux azotés en moyenne 3,3 fois plus élevés qu'en 1997. Les ulves quantifiées sur l'estran et dans les premières vagues totalisent 21 000 tonnes en 1998, contre 19 900t en 1997. La forte augmentation du flux d'azote ne se traduit apparemment que par une faible augmentation des tonnages observés.»

Ces résultats de campagnes de mesures de terrain sont particulièrement riches d'enseignements : **l'hypothèse qui considérait jusqu'ici que la biomasse d'ulve pouvait être corrélée aux flux de nitrates de la fin du printemps ne s'est pas avérée exacte. Cette hypothèse ne permet nullement de prévoir la biomasse d'ulves qui sera produite.**

Au contraire, les mesures et observations in situ, malgré des apports d'azote terrigènes fortement réduits lors de la saison 1997, n'ont montré aucune réduction notable des biomasses d'ulves.

De même, en 1998, malgré des flux azotés, plus de trois fois plus importants, aucune augmentation sensible n'a été mise en évidence. En conclusion, **les faits mesurés et rapportés par l'IFREMER infirment l'hypothèse et la théorie de l'azote terrigène du printemps en tant que facteur limitant du phénomène.** L'hypothèse de l'azote comme facteur limitant doit donc être définitivement abandonnée.



ISTE

La pseudo « responsabilité du nitrate »

Dans une publication, Menesguen (2003) tente ce qu'il appelle une « explication scientifique du phénomène de marées vertes » : « *En ce qui concerne les nutriments disponibles, il a été montré à maintes reprises au niveau des thalles individuels eux-mêmes, par le suivi régulier de leur teneur en azote et en phosphore, que les ulves subissent chaque année une chute rapide de leur teneur en azote au printemps tendant vers des valeurs estivales insuffisantes pour une croissance correcte des algues, et ne recouvrent des teneurs élevées qu'en fin d'automne. Ce phénomène d'appauvrissement des algues est également visible pour le phosphore, mais est moins marqué et plus transitoire que pour l'azote, ce qui établit au niveau physiologique que la prolifération estivale des ulves sur les côtes bretonnes est limitée par l'azote... Des considérations macroscopiques faites au niveau d'un site tout entier ont permis de confirmer, d'une façon indépendante, que le rôle limitant de l'azote ne se faisait sentir qu'en fin de printemps et en été, lorsque les apports par les cours d'eau et par l'eau du large ne pouvaient plus subvenir aux énormes besoins d'une biomasse déjà largement constituée... L'examen des données météorologiques correspondantes a permis de constater que, sur ce site, la prolifération était d'autant plus intense que la pluviométrie printanière était forte, et que le lessivage important des terres agricoles conduisait à une arrivée sur l'estran de forts débits d'eaux riches en nutriments, au moment où la demande des ulves en croissance était maximale. Le fait qu'il apparaisse une bonne corrélation entre le maximum annuel de biomasse algale et les flux d'azote inorganique apportés sur l'estran pendant le mois de juin, alors qu'aucune corrélation ne se dégage avec les flux de phosphore, prouve que la biomasse maximale atteinte annuellement est contrôlée par les apports d'azote et non par ceux de phosphore : l'azote est donc le facteur nutritif limitant de la croissance algale en fin de printemps et d'été.* »

Cette argumentation ne nous semble nullement démonstrative :

- concernant d'abord les variations des teneurs en azote des ulves, comme en phosphore, celles-ci ne prouvent pas que les ulves « manquent d'azote », mais seulement que les ulves peuvent se développer avec des teneurs variables d'azote dans leurs tissus. Nous noterons également que les extraits secs des ulves présentent également d'importantes variations.

En quoi ce « manque d'azote » apparent serait-il établi par des mesures dans le milieu aquatique, et en quoi provoque-t-il une limitation de la biomasse algale durant la saison ? En réalité, face aux courbes de variation de la teneur en azote des ulves, il n'y a aucune mesure simultanée de l'azote en présence dans l'eau marine ; de sorte que traduire la baisse relative de la teneur en azote des ulves par un « manque d'azote dans le milieu marin » ne traduit qu'une hypothèse qui n'a fait l'objet d'aucune vérification.

En outre, de telles variations de la teneur en nutriments des tissus végétaux constituent un phénomène assez courant en biologie végétale ; ces variations ne constituent aucune valeur explicative en soi.

- concernant « les considérations macroscopiques » aucune référence précise n'est fournie sur les publications dans lesquelles ces observations auraient été rapportées,

- concernant les apports d'azote inorganique du mois de juin, les déductions à partir de la météorologie printanière sur les flux d'azote arrivant à l'estran semblent hasardeuses ; seules des mesures des débits et des concentrations permettraient d'obtenir des estimations des flux fiables. Or les affirmations sur les concentrations et les flux ne sont étayées par aucune donnée précise mesurée qui confirmerait ce supposé « lessivage important des terres agricoles conduisant à une arrivée sur l'estran de forts débits d'eaux riches en nutriments », au moment propice à la croissance des ulves.

Concernant la courbe sur le phosphore, comme pour les milieux dulçaquicoles, il ne suffit pas de prendre en compte les apports quotidiens par les rivières, puisque les sédiments en ont



accumulé des quantités considérables. C'est bien la quantité totale disponible dans le milieu qu'il aurait fallu prendre en compte. En outre, l'année 1986, de forte production algale, n'est pas reportée sur le graphique.

On notera en outre que peu de travaux ne quantifient ou ne prennent en compte les échanges d'azote avec l'atmosphère (rôle des cyanobactéries et de la dénitrification), ni avec le large (upwelling) dont l'importance est régulièrement rapportées par les travaux océanologiques les plus récents. Le fait que l'on n'étudie pas ou peu ces questions ne suffit pas à démontrer que le phénomène serait absent du milieu marin côtier.

C'est à partir des travaux cités précédemment et des théories qui en résultent, que des modèles mathématiques ont été mis au point. Ces modèles ont retenu les hypothèses en vigueur lors de leur conception et notamment le rôle supposé essentiel des apports d'azote terrigène du printemps. A l'issue de la modélisation, les orientations des actions ont été proposées pour trouver une solution à ces marées vertes. Le choix s'est porté essentiellement sur la réduction volontaire des apports nutritifs azotés d'origine agricole.

Les résultats de ces simulations ne reflètent rien d'autre que les conséquences des hypothèses retenues dans l'élaboration des modèles ; ces simulations ne « démontrent » donc absolument rien. Faire état des résultats de ces simulations ne peut ni constituer une preuve supplémentaire, ni une explication au phénomène des marées vertes. C'est tout au plus une forme de répétition élaborée.

Par contre, il semble surprenant que Menesguen n'ait fait, à aucun moment, **référence aux campagnes de terrain et des résultats de mesures en 1997 et 1998**, publiés en 1998 et 1999 (Merceron) **lors de sa publication postérieure de 2003, cherchant à établir « la responsabilité du nitrate »**. Ces campagnes viennent pourtant **infirmer l'hypothèse de la limitation du phénomène des marées vertes par les nitrates terrigènes du mois de juin**, sur les sites favorables du point de vue hydrodynamique.

Discussion et Conclusions :

Les premiers travaux de l'Ifremer que nous avons cités dans cette note ont permis l'élaboration d'hypothèses, puis de modèles numériques ; les résultats des simulations obtenues par ces modèles ne doivent nullement être confondus avec les faits biologiques observés, qui contredisent les hypothèses retenues dans les modèles.

Les autres facteurs permettant d'expliquer le phénomène, comme les apports de phosphore ou d'autres éléments minéraux, ont été fort peu étudiée. Le fait que le phosphore soit jugé pléthorique aujourd'hui, par suite d'une inaction historique concernant ses rejets, ce qui empêcherait d'espérer une quelconque action à ce niveau, reste hautement discutable. Des opérations de dragage et de relargage sont en effet toujours envisageables.

En outre même si l'on admettait cette présence de phosphore comme définitive cela ne démontrerait pas pour autant la pertinence de la focalisation des actions sur l'azote : **l'azote ne peut constituer ni le facteur limitant, ni le facteur de maîtrise du phénomène.**



ISTE

En outre, la fourniture d'azote au milieu marin peut tout à fait provenir :

- de l'azote de l'air (près de 80 mg de NO₃/l potentiels) et des cyanobactéries capable de fixer cet azote atmosphérique,
- du large,
- ou encore de nombreuses autres composants de la biocénose marine.

Cette fourniture directe et indirecte d'azote au milieu marin, par l'atmosphère, par le large et par la biologie, rend encore plus hypothétique l'effet d'une quelconque réduction d'azote issu des bassins versants et apporté en mer, pour réduire le phénomène ; en effet il est très vraisemblable qu'en cas de carence momentanée d'azote, les cyanobactéries fixatrices d'azote compenseraient rapidement ce déficit, réduisant à néant les efforts consentis pour réduire les flux d'azote terrigène. Un tel processus de « compensation rapide par l'apport d'azote atmosphérique » n'existe pas pour le phosphore qui reste donc un élément de maîtrise potentiel.

En outre, il sera indispensable de s'interroger sur **l'azote du mois de juin en tant que facteur de maîtrise du phénomène**. Si des réductions fortes de l'azote terrigène de près de la moitié des flux habituellement observés (cas observé en 1997 par l'Ifremer pour l'Agence de l'Eau) restent sans répercussion sur le phénomène, c'est qu'il faut rechercher d'autres explications pour comprendre ces proliférations et qu'**il sera nécessaire d'imaginer d'autres solutions que la réduction volontaire des apports azotés sur les sols agricoles, pour agir de façon efficace sur la réduction des proliférations d'ulves**. Les programmes d'actions en cours dans les bassins versants ne devraient donc pas modifier quoi que ce soit concernant les proliférations d'ulves en Bretagne ; en outre, ces actions volontaristes menées dans les bassins versants supposent qu'elles puissent avoir une efficacité quelconque concernant cet azote du mois de juin, période où les flux de nitrate issus de la solution des sols sont infimes.

Enfin, il paraît pour le moins inapproprié de se servir des résultats de la modélisation, pour prétendre « expliquer » et « démontrer » les facteurs limitants et les indications de maîtrise du phénomène (Menesguen 2003) : en effet, ces modèles ont depuis l'origine retenu des hypothèses conformes aux paradigmes en vogue chez les océanologues depuis le début du XX^{ème} siècle, telles que le rôle prépondérant des apports terrigènes d'azote au milieu marin, sur le phénomène dit des « marées vertes », alors que ces hypothèses sont infirmées par les faits et les mesures effectuées par l'équipe de l'Ifremer, elle-même. Ces mesures et ces observations infirment les hypothèses retenues dans la modélisation, telle qu'elle a été conçue ; cela relativise par conséquent l'intérêt des enseignements issus de cette modélisation, en termes d'aménagement et d'objectifs de stratégie écologique.

Quand des hypothèses et des théories s'avèrent contredites par les faits et les mesures de terrain, il nous semble salutaire de les abandonner définitivement, surtout en ce qui concerne l'environnement. Nous nous étonnons que ces conclusions évidentes puissent encore faire l'objet de retard dans leur mise en application.

BIBLIOGRAPHIE



ISTE

MENESGUEN A. 1990 - La modélisation des marées vertes littorales et des applications - IFREMER Centre de Brest - La Houille Blanche n° 3/4 - 1990. Pages 237 à 242.

MENESGUEN A. 2003 – Les marées vertes en Bretagne, la responsabilité du nitrate. Ifremer Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral. 11 pages

MENESGUEN A. ET SALOMON J.-C. 1988 Eutrophication modelling as a tool for fighting against ulva sp. Coastal mass bloom. In B.A. Schrefler et O.C. Zienkiewicz (eds): Computer modelling in ocean engineering : problems and solutions in coastal and offshore systems, pp.443-450. A.A.Balkema, Gower Publ. CO.

MERCERON M. 1998 - Inventaire des ulves en Bretagne Année 1997 Rapport de synthèse IFREMER. 17 pages + figures et annexes.

MERCERON M. 1999 - Inventaire des ulves en Bretagne Année 1998 Rapport de synthèse IFREMER. 26 pages + figures et annexes.

PIRIOU J.-Y. Novembre 1990 - Marées vertes littorales et nitrates - International symposium NITRATE - AGRICULTURE - EAU . René Calvet éditeur. INRA pages 113 à 120.

PIRIOU J.-Y., MENESGUEN A. et SALOMON J.-C. 1991 - Les marées vertes à ulves: conditions nécessaires, évolution et comparaison de sites - ECSA 19 Symposium. éditeurs : Michael Elliot et Jean-Paul Ducrottoy. 6 pages.

PIRIOU J.-Y., DION P., LE BOZEC S. Août 1992 - Ulva biomass fluctuations in the bay of Saint-Brieuc, north Brittany, France - Communication présentée à l'International Seaweed Symposium. 8 pages + figures.

PIRIOU J.-Y. Décembre 1991 - Marées vertes sur le littoral breton et critères d'évaluation de zones sensibles à l'eutrophisation - Colloque "Agronomie et Environnement en Grand Ouest". 8 pages + figures.



ISTE