



Explore, Ifremer, Konk
Ar Lab

IMPACT DES ACTIVITÉS HUMAINES SUR LA BIODIVERSITÉ MARINE

CONTINUUM AQUATIQUE :
UN LIEN TERRE-MER TRÈS
FORT



LES SOURCES DE POLLUTION
MARINE ET LEURS IMPACTS SUR
LES ÉCOSYSTEMES

Nous contacter : contact@konkarlab.bzh

Table des Matières

Liste des Abréviations	3
1. Impact des activités humaines sur les milieux naturels	4
1.1. L'évolution du littoral	4
1.2. La diversité de la vie marine.....	4
1.3. La diversité des milieux aquatiques marins.....	5
1.4. Premier constat.....	6
1.5. Quelles sont les sources de pollution ?.....	8
1.6. Le continuum aquatique : exemple de la lixiviation des matières azotés.....	11
1.7. Impact des activités humaines sur la biodiversité.....	12
2. Exemple type : Cas de la pollution par les nitrates et prolifération des algues vertes	16
2.1. Qu'est-ce que la directive nitrate ?	16
2.2. Quelles sont les zones vulnérables aux nitrates ?	17
2.3. Comment les nitrates impactent la vie marine ?	18
2.4. Quel est le cycle de développement des algues vertes « <i>Ulva rigida</i> »?.....	19
2.5. Le plan de lutte contre la prolifération des algues vertes dans la baie de la Forêt.....	20
2.6. Enjeux économiques et sanitaires en lien avec les pollutions marines littorales	23
3. Ouverture.....	25
Table des illustrations.....	26
Bibliographie	27

Liste des Abréviations

AB : Agriculture Biologique

AE : Exploitation Agricole

CCA : Communauté d'Agglomération Concarneau- Cornouaille

CCPF : Communauté de commune du Pays Fouesnantais

GREN : Groupe Régional d'Expertise des Nitrates

HVE : Haute Valeur Environnementale

JPP : Journée de Présence au Pâturage

OSPAR : Commission pour la protection des ressources marines en mer du Nord

PAR6bis : Six Programmes d'Actions Régional Directive Nitrates

PLAV : Plan de Lutte contre les Algues Vertes

REBENT : Réseau Benthique

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SAMO : Surface Amendée en Matière Organique

SAU : Surface Agricole Utile

SIE : Surface d'Intérêt Ecologique

SMF : Sonde Multifaisceaux

SPE : Surface Potentiellement Épandable

UGB : Unité Gros Bovin

ZSCE : Zones Soumises à Contraintes Environnementales

1. Impact des activités humaines sur les milieux naturels

1.1. L'évolution du littoral

Les Hommes ont toujours vécu près des côtes car elles offrent de nombreuses ressources ainsi qu'un accès direct à la mer et à la navigation. Au XVIIIème siècle, les grands ports commerciaux voient le jour et le commerce maritime se développe à grande échelle. Peu de temps après, au XIXème, des nouveaux ports, des villes et des chemins de fer sont créés pour développer le commerce et l'essor du tourisme. Enfin, les espaces littoraux sont submergés par les activités humaines à partir des années 1970 avec la création des stations balnéaires, les congés payés et le commerce mondial. L'apogée de l'occupation du littoral arrive à partir de 1990 jusqu'à aujourd'hui avec la construction de centres de recherches marins et côtiers, d'universités, de centres d'innovations, ...

1.2. La diversité de la vie marine

La vie marine se compose à 80% de micro-organismes. Ceux-ci sont vitales pour le bon fonctionnement de l'écosystème. Leur disparition ou la modification de l'état d'équilibre peut fortement perturber l'équilibre de l'écosystème. Nous pouvons prendre l'exemple du plancton et de ses bienfaits, documenté par Pierre MOLLO. En effet, c'est une des espèces la plus présente au monde. Elle produit de grandes quantités d'oxygène pour la vie marine mais également pour la vie terrestre grâce aux échanges gazeux qui ont lieu à l'interface mer-air. Elle est la base de la chaîne alimentaire et compose un vivier pour l'alimentation humaine. Cependant, l'écosystème plancton est en danger. De nombreux paramètres affectent le développement et la présence du plancton dans les océans. Et cela est souvent dû aux activités humaines. (Fondation Tara océan). Parmi les principales causes de la diminution du taux de plancton dans les océans, on compte :

- L'augmentation constante des gaz à effet de serre,
- La hausse température des océans,
- La perte d'oxygène et acidification de l'océan,
- La présence de certains pesticides qui entraîne la mort des diatomées (espèce planctonique)
- La pollution plastique, des filaments de plastique sont présents au sein même des organismes planctoniques qui mesure moins de 1/1000 de centimètre.

La diminution de la quantité de plancton peut affecter drastiquement la chaîne trophique et impacter le développement de d'autres espèces autant aquatiques que terrestre. C'est pourquoi sa protection est vital et afin de préserver la qualité de nos océans.

La durée de vie bref du plancton en fait un bon indicateur de qualité des milieux aquatiques. Il permet d'observer les résultats du comportement humain et de ses activités (physique, chimique, biologique, barrage, pesticides, déjections, ...) sur l'environnement. Les diatomées sont très sensibles au réchauffement des océans, ils préfèrent les zones polaires, et ne supportent pas plus de 18-20 degrés. Leur sensibilité à la pollution est également très élevée. Ils sont les principales victimes des relargages de pesticides dans les eaux littorales (Round Up et autres pesticides). On retrouve également dans l'eau des résidus de métaux lourds et des phtalates qui sont aujourd'hui considérés comme perturbateurs endocriniens susceptible d'affecter la reproduction.

1.3. La diversité des milieux aquatiques marins

Le REBENT, REseau de surveillance BENThique est un dispositif lancé par la Région Bretagne en réponse à un besoin de connaissance et de suivi de la biodiversité marine en Bretagne. A Concarneau, c'est le Muséum Nationale d'Histoire Naturelle (MNHN) qui a la charge du pilotage du projet. Depuis 2006, le REBENT cartographie les fonds marins dans des endroits d'intérêts (30 stations) sur les côtes Bretonnes.

L'Ifremer a mis en place une étude cartographique des fonds marins côtier afin de documenter les habitats présents, ainsi que et la faune et la flore y vivant. Une étude de 2003 à 2006 a été menée sur la baie de Concarneau et l'Archipel des Glénan. Les données ont été obtenue grâce au passage du navire océanographique Thalía. Les données collectées ont été obtenus au moyen d'un sonar, d'une sonde multifaisceaux, de système vidéo sous-marin et de prélèvements sédimentaires. Ces données ont permis d'établir la carte ci-dessous montrant la richesse des habitats et des écosystèmes s'y trouvant.

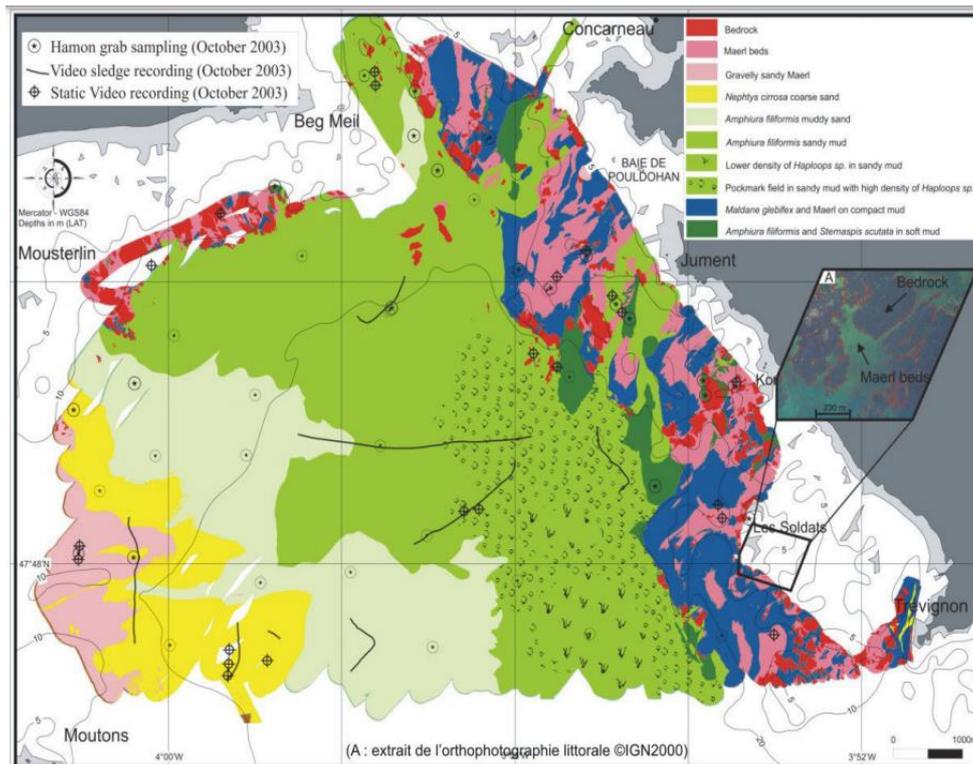


Figure 1 : Carte des habitats benthiques du secteur de Concarneau (REBENT, 2007) à une échelle comprise entre le 1/2000 et le 1/10000 (Source Ehrhold A. et al., 2007 ; Produit numérique REBENT Ifremer, 2007)

Aujourd'hui, le projet Kosmos mené en partenariat avec le Konk Ar Lab et l'Ifremer consiste à s'appuyer sur ces cartes et observer si des changements dans les écosystèmes ont eu lieu. La caméra Kosmos est placée sur des lieux stratégiques permettant de voir si les habitats sont bien les mêmes quand 2003. Si une évolution a eu lieu, alors le projet Kosmos documente les cartes existantes afin de rester au plus près de la réalité. De plus, le projet Kosmos permet de visualiser les espèces présentes dans les différents habitats, de les recenser et de voir en quelle quantité elles sont présentes.

1.4. Premier constat

Les cours d'eaux en Bretagne et plus particulièrement dans le bassin versant de ODET-AVEN ont une mauvaise qualité écologique. A titre d'exemple, le taux de nitrate mesuré est souvent supérieur à la norme fixée par la directive nitrate (91/676/CEE).

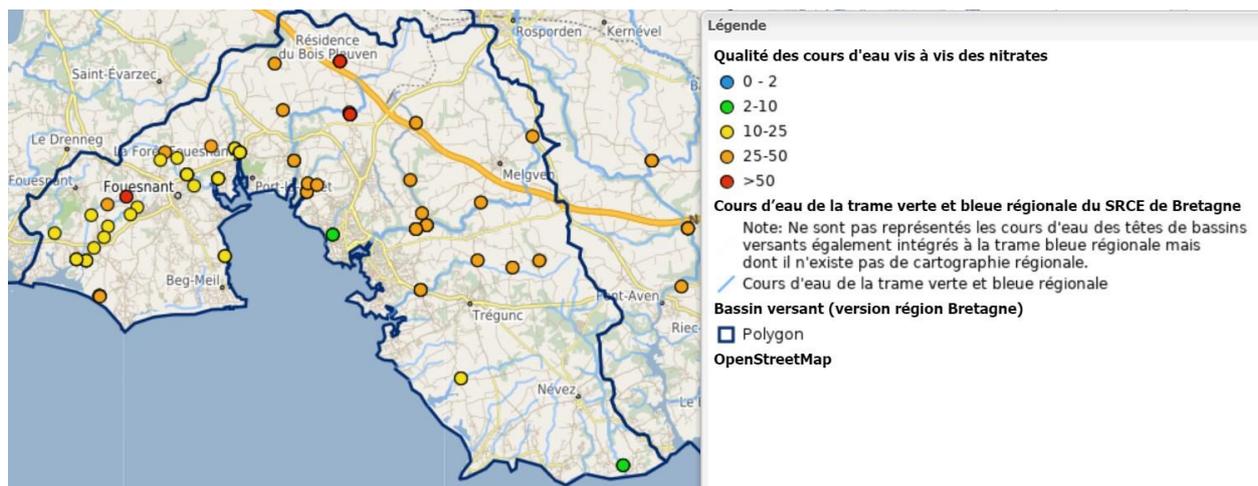


Figure 2 : GeoBretagne, Carte de la qualité des cours d'eau vis-à-vis des nitrates

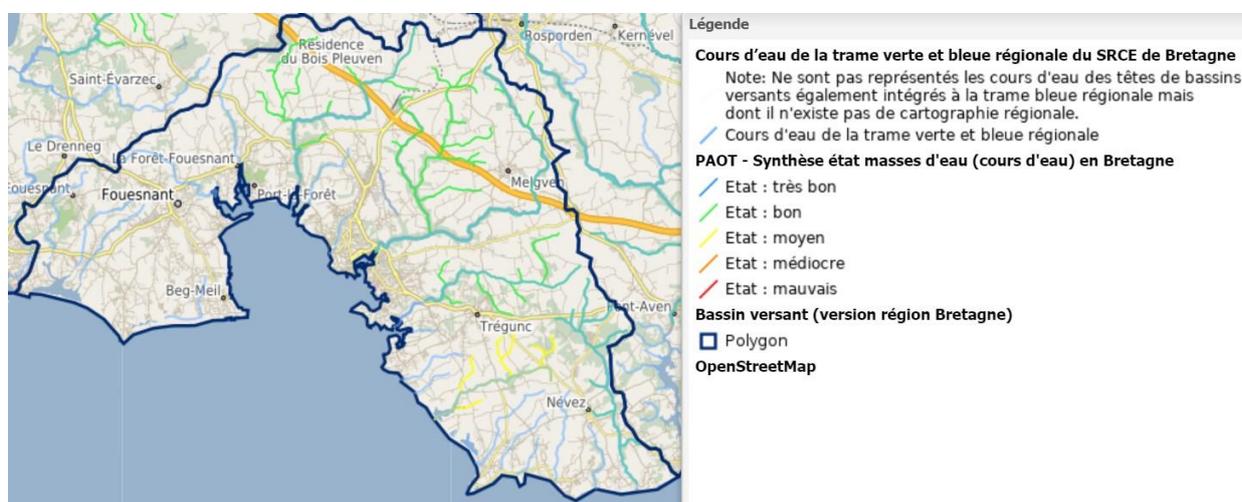


Figure 3 : GeoBretagne, Carte synthèse de l'état écologique des masses d'eau du bassin versant ODET-AVEN.

Ces deux cartes du bassin versant de l'ODET-AVEN et de la baie de la Forêt montrent bien que l'état écologique des rivières laisse perplexe. Ceci est flagrant avec les indications de qualité de l'eau vis-à-vis de la pollution aux nitrates. La quantité de nitrates dans les rivières du bassin versant et plus largement en Bretagne est nettement supérieure à la norme fixée par le gouvernement. Cependant, la qualité générale des trames vertes et bleues reste raisonnable mais sans être à son maximum. Bon nombre de rivières en Bretagne se trouvent dans un état plus médiocre que celui du bassin versant ODET-AVEN. D'autres pollutions s'ajoutent à l'exemple des nitrates. Lors des prélèvements d'eau pour les analyses qualitatives et quantitatives, on trouve un véritable cocktail de molécules allochtones qui finit tôt ou tard par gagner la mer.

Ce premier constat nous amène à parler du phénomène d'eutrophisation. L'eutrophisation se définit par un processus selon lequel les nutriments s'accumulent dans un habitat (terrestre ou aquatique)

comme le phosphore et l'azote à des périodes de fort ensoleillement. A la base, l'eutrophisation est un système naturel d'autorégulation sans danger pour les espèces et l'équilibre du milieu. Cependant, les activités anthropiques et les pollutions engendrées (rejets déchets, eaux usées, engrais azotés) ont rapidement accéléré le cycle de base, déstabilisant l'équilibre du milieu, notamment les communautés planctoniques.

1.5. Quelles sont les sources de pollution ?

On peut définir trois grandes sources de pollutions :

- 1- **Pollution urbaine** : Les déchets gagnant le réseau d'égout atteignent les stations d'épuration qui se trouvent en surproduction à la saison estivale ou lors des pluies et crues importantes. Tous les déchets ne peuvent être traités dans ces stations à cause de leur sous dimensionnement. Elles relarguent ainsi de fortes concentrations d'ammoniaque et de nitrate dans les cours d'eau. Leur système de fonctionnement ne vise pas à éliminer certains types de déchets comme les microplastiques, les pesticides, les métaux lourds ou les hydrocarbures. On peut également considérer les fosses septiques individuelles qui parfois sont mal dimensionnées ou vieillissantes, laissant passer les matières organiques usagées ou les pollutions autres vers le continuum aquatique. Ainsi on retrouve différents types de pollutions qui se retrouve dans les cours d'eaux et finissent leur trajet au sein du continuum aquatique en direction de la mer (*Fondation Tara Océan, Impact des activités humaines sur la biodiversité le long du littoral : évolution de l'occupation des zones côtières*).

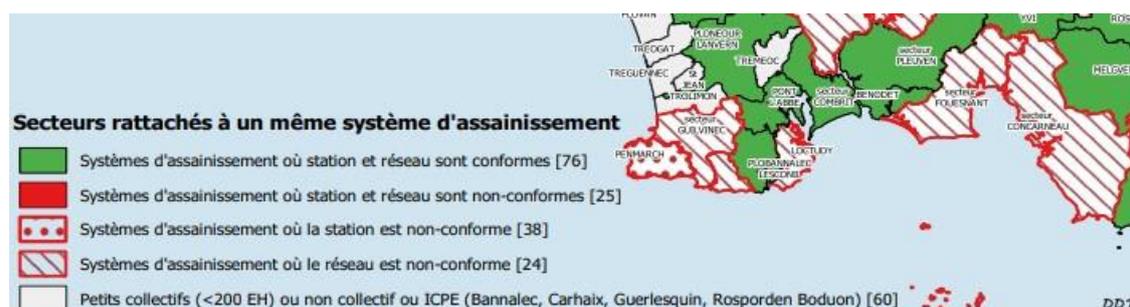


Figure 4 : Assainissement collectif et conformité en 2019

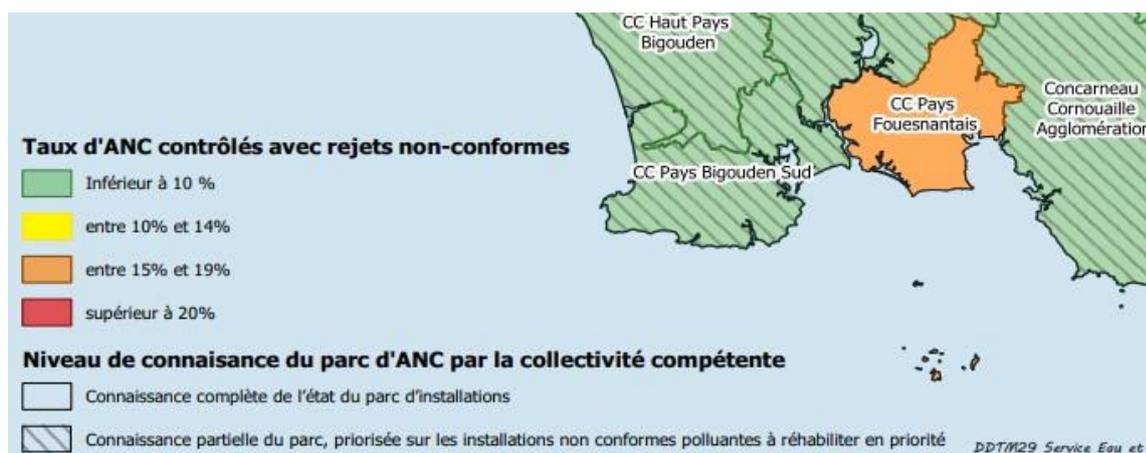


Figure 5 : Assainissement non collectif et conformité en 2019

- 2- **La pollution agricole** : Les activités agricoles demandent une grande quantité d'intrants azotés qui sont épanchés pour nourrir les cultures. Les nitrates appartiennent à la catégorie des intrants chimiques. Ils se trouvent sous la forme d'engrais ou bien dans les solutions nitrées tel que le fumier ou le lisier. (Source : *Observatoire de l'Environnement en Bretagne, Encore trop de nitrates dans les cours d'eau breton*) Le surplus de nitrates et des autres engrais chimiques (phosphates ou potassium) ruissellent avec la pluie et gagnent le continuum hydrique vers la mer. De la même façon, des molécules comme les hydrocarbures, les pesticides, les métaux lourds, sont déversés sur les parcelles agricoles et polluent les cours d'eau et les milieux naturels. A l'image de la pollution agricole, les industries se situant à proximité des cours d'eau rejettent également des polluants (*Fondation Tara Océan, Impact des activités humaines sur la biodiversité le long du littoral : évolution de l'occupation des zones côtières*)
- 3- **La pollution industrielle** : Celle-ci est également multi-sourcée. La pollution industrielle comprend le rejet des eaux plus chaudes des centrales nucléaires ou thermiques ou autres industries nécessitant des systèmes de refroidissement grandeur nature ; mais aussi des rejets plus polluants qui sont mal filtrés dans le système de traitement de l'usine (*Fondation Tara Océan, Impact des activités humaines sur la biodiversité le long du littoral : évolution de l'occupation des zones côtières*).

On observe sur le schéma suivant une cartographie générale resituant les différentes sources de pollution sur un territoire.

Au cours des siècles, de nouveaux types de pollution sont apparus, complexifiant le territoire et l'identification des sources. Toutes affectent l'environnement terrestre et côtier via le continuum hydrique.



Figure 6: Schéma de l'anthropisation du littoral sur les trois derniers siècles ©Fondation Tara Océan

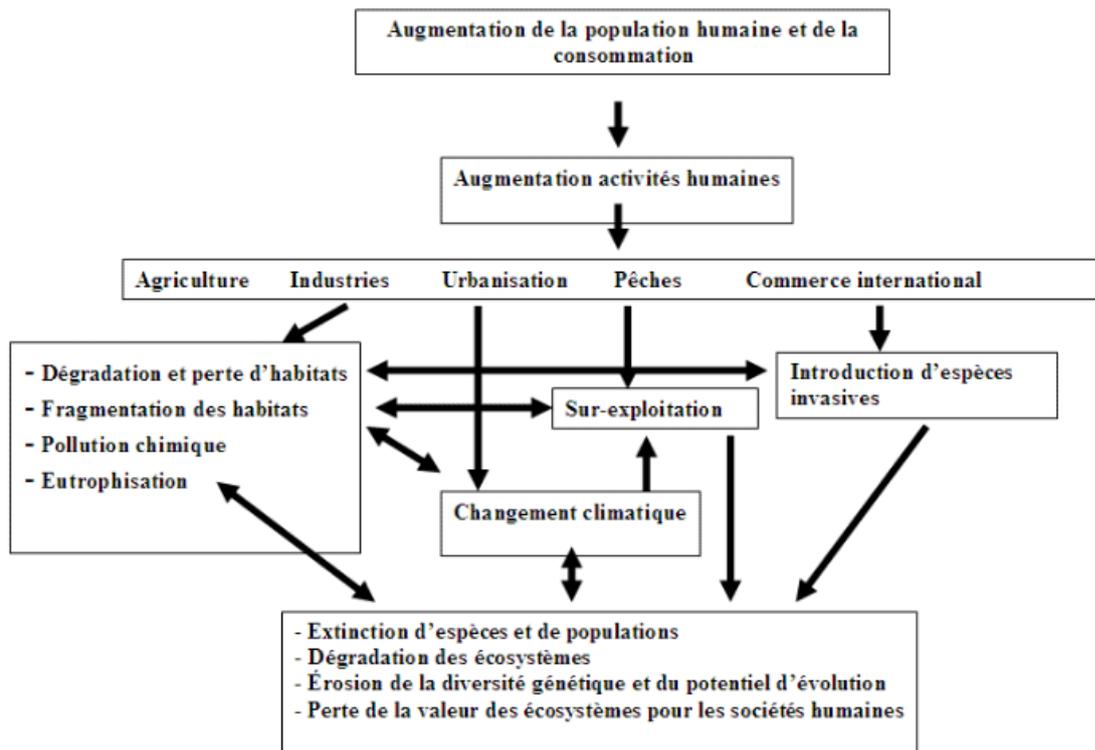


Figure 7: Principales causes ayant une incidence sur la biodiversité marine (Source : Groom et al., 2006)

Ce schéma résume l'articulation entre l'Homme et ses activités et les pollutions effectives selon le secteur d'activité. On distingue globalement les impacts que ces activités ont sur les écosystèmes comme la perte d'habitats, l'eutrophisation ou bien encore les espèces invasives introduites, ...

1.6. Le continuum aquatique : exemple de la lixiviation des matières azotées

La compréhension du continuum hydrique est un début de solution pour traiter les pollutions nitrées et les autres types de pollutions dans la mer et l'océan. En effet, les pollutions terrestres correspondent à la base de la pollution marine par le biais du continuum hydrique.

Le continuum hydrique correspond au chemin que l'eau emprunte du nuage à l'océan. Lors de son parcours, l'eau se charge, entraîne et déplace des éléments tel que les nitrates, des hydrocarbures, des pesticides, de substrats et beaucoup d'autres molécules.

Le continuum hydrique :

Grâce à l'évapotranspiration du sol et des plantes avec la chaleur, de l'eau s'évapore et charge l'atmosphère. Les molécules d'eau se fixent à des particules de poussière et forment un amas de molécules d'eau. Cette concentration d'eau dans l'atmosphère va créer des nuages qui vont se charger en eau, on appelle ça le phénomène de condensation. Lorsque le nuage atteint une concentration

suffisante, la pluie tombe sur la terre (phénomène de précipitation). A partir d'ici, les molécules d'eau sur la terre se déplacent et se chargent en éléments.

Dans la suite logique de notre raisonnement, nous admettons que la pluie et les gouttes d'eau se retrouvent sur une parcelle agricole. Lors de son ruissellement sur la parcelle (dans le sens de la pente), l'eau va entraîner avec elle, les matières épandues comme les matières fécales richement azoté (fumier / lisier), ainsi que les engrais NPK (Azote, Phosphate et Potassium) (exemple : Pour 1 hectare de maïs grain, le rendement estimé est de 70 quintaux , il faut répartir 160 kilos d'azote sur la culture pour obtenir ce rendement). Les éléments vont suivre les courants provoqués par l'eau et vont rejoindre un cours d'eau (phénomène de lixiviation) dans le bas de la pente.

Le cours d'eau est une portion d'un réseau hydrique bien vaste. Il se jette dans une rivière qui se jette dans un fleuve, qui se jette dans un estuaire ou une baie puis regagne la mer et l'océan. Une fois que les molécules polluantes comme les nitrates gagnent le réseau hydrique, elles impactent de façon irréversible les écosystèmes des rivières et des océans.

Les sources de pollutions azotées ont été définis plus haut. L'agriculture contribue à plus de 90% à ce type de pollution. L'azote libérée dans les cours d'eau est souvent dû à une surdose dans les parcelles agricole en réponse au type de pratique agricole, à un manque d'information sur les conséquences des nitrates sur l'environnement, à des calculs trop imprécis, ou à une surestimation du dosage afin d'obtenir les meilleurs rendements, ...). Les nitrates peuvent également venir des stations d'épuration en surcharge lors des périodes estivales ou si elles sont mal dimensionnées.

De nombreuses autres sources de pollution intègrent le continuum aquatique composé d'une multitude d'écosystèmes interconnectés entre eux et atteignent la mer en impactant les différentes strates du continuum et les écosystèmes marins comme les pesticides, des pollutions plastiques, des hydrocarbures, métaux lourds, ...

1.7. Impact des activités humaines sur la biodiversité

Les littoraux ont été transformé au cours des années pour laisser libre cours aux activités humaines. Le fait d'effacer des dunes, de recouvrir des étangs, de supprimer les méandres et les zones de nature va déséquilibrer les écosystèmes (*Fondation Tara Océan, Impact des activités humaines sur la biodiversité le long du littoral : évolution de l'occupation des zones côtières*).

La biodiversité se voit impactée par l'artificialisation des côtes et l'usage actuel des espaces marins. La pollution sonore et lumineuse est une pollution importante négligée, affectant la biodiversité. Une partie des rejets des activités humaines fini également par rejoindre le continuum hydrique et gagner

la mer affectant les milieux marins côtiers avec une surconcentration de molécules allochtones dans ces milieux très riches. Ainsi, le contrôle et la limitation de la quantité de ces molécules dans le milieu est importante.

1) Les herbiers de Zostères

Les zostères sont des phanérogames marines qui se développent sur les sédiments sableux et sablo-vaseux intertidaux et infralittoraux des côtes de la Manche et de l'Atlantique (*Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable, connaître pour mieux agir ; Ifremer*). Elles possèdent un système racinaire appelé rhizome et représentent un écosystème marin très riche. Seulement, les activités humaines dégradent énormément ce type d'habitat, par méconnaissance le plus souvent. Les phanérogames sont très importantes dans les espaces marins car elles sont source de nourriture, d'habitat, de nurserie pour les êtres vivants et surtout elles permettent de stocker le carbone dans l'eau. Cependant, les zostères sont très sensibles aux variations climatiques, physico chimique de l'eau ou bien aux conditions de sédimentation. Une modification des paramètres de l'eau (température, courant, turbidité, concentration en sel, ...) ou une perte de sédiment peut vite venir mettre en danger l'herbier. Les travaux du REBENT (Ifremer), ont permis d'établir une cartographie des habitats d'herbier sur les côtes Bretonnes. Ils ont pu continuer à se développer après leur protection dans des lieux très spécifiques.

Cependant, les herbiers sont impactés là où les activités anthropiques se répercutent sur les côtes. Plusieurs facteurs viennent limiter le développement des zostères. La pose de corps-mort ou l'ancrage des bateaux sur les herbiers viennent irrémédiablement dégrader les rhizomes de ces derniers, tout comme le reste des aménagements portuaires. On sait également que les zostères sont très sensibles aux sels nutritifs et aux pesticides venant des bassins versants tout comme le traitement des eaux usées (*Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable, connaître pour mieux agir ; Ifremer*). Ces connaissances font des herbiers un très bon indicateur de la qualité des eaux. Une autre activité impactant les herbiers est la pratique de l'ostréiculture et la myciculture qui de façon locale prennent la place des phanérogames et entraîne de fortes régressions des espaces occupés par ces dernières. La cause majeure de la diminution des herbiers dans la baie de Concarneau est la prolifération des algues vertes (épiphytes) ou bien les accumulations de planctons qui peuvent avoir lieu périodiquement. Le phénomène d'eutrophisation réduit l'accès à la lumière des feuilles des herbiers à cause du surdéveloppement des algues vertes en surface et empêche son développement là où ils pourraient normalement croître.

Différents cadres juridiques de protection des herbiers sont mis en place à tout niveau d'échelle. Au niveau mondial, *Z. marina* et *Z. noltii* sont identifiées dans la liste rouge de l'UICN en tant qu'espèces à « préoccupations mineures » car elles sont en déclin dans certains sites uniquement (*Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable, connaître pour mieux agir ; Ifremer*). Au niveau Européen, les herbiers sont recensés et protégés par la « Directive Habitat (92/43) ». La « Directive Cadre sur l'Eau » (2000/60/CE), qui a pour objectif de prévenir et réduire la pollution des eaux et améliorer l'état des écosystèmes aquatiques, a également retenu les herbiers comme habitat à considérer pour évaluer la qualité des masses d'eaux (*Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable, connaître pour mieux agir ; Ifremer*). Les herbiers de zostères sont également répertoriés par la « Convention OSPAR » pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est. Pour finir, au niveau français, différents aménagements comme des aires marines protégées ou des politiques de protection sont engagés localement.

2) Maërl

Le terme de maërl désigne des accumulations d'algues calcaires rouges corallinacées vivant librement sur les fonds meubles infralittoraux. En Europe les deux espèces principales sont *Lithothamnium corallioides* et *Phymatholithon calcareum*. Les bancs se forment par accumulation de ces algues sur une épaisseur variant de quelques centimètres à plusieurs mètres. L'entassement des thalles provoque la mort et le blanchissement des couches inférieures. Seule la couche supérieure reste vivante et colorée. Les bancs de maërl sont présents dans les eaux peu turbides (en accord avec l'activité photosynthétique), dans des conditions de courants propices au maintien des thalles sur le fond ($< 1 \text{ m.s}^{-1}$) et à la circulation de l'eau pour éviter une trop forte sédimentation ($> 10 \text{ cm.s}^{-1}$). La profondeur d'occurrence des bancs de maërl varie ainsi entre 0 et 30 m sur les côtes atlantiques françaises. Le Maërl fournit une très large gamme de micro-habitats (micro-niches) qui se traduit par la présence d'une diversité en faune et en flore très élevée. Les bancs de maërl constituent ainsi un réservoir de biodiversité (*Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable, connaître pour mieux agir ; Ifremer*).

Cependant, les bancs de Maërl sont menacés par les activités humaines par quatre biais différents.

Le premier est de l'ordre de l'extraction. Le maërl a longtemps été extrait pour différentes utilisations : fertilisations des sols, traitement des eaux usées, fabrication de matières premières pour des produits pharmaceutiques ou cosmétiques... Son extraction va provoquer sa disparition progressive car il ne se développe que de quelques millimètres par an, ainsi que le déplacement du lit sédimentaire et

provoquer un nuage de turbidité qui va recouvrir le Maërl non extrait stoppant son activité photosynthétique et son développement.

Le deuxième facteur impactant le Maërl est l'eutrophisation. Le phénomène entraîne la sédimentation des particules sur le Maërl qui se retrouvent sous la vase en milieu anoxique et obscure empêchant la photosynthèse. Nous avons cité plus haut les différentes sources de pollutions humaines qui peuvent être responsable du phénomène d'eutrophisation.

La troisième menace pour le Maërl est une espèce invasive amenée par l'Homme dans un milieu autre que son milieu d'origine. La crépidule est arrivée en Bretagne et a colonisée les côtes prenant le dessus sur les espèces locales comme le Maërl ou la coquille Saint-Jacques. Elle se développe à une vitesse phénoménale car elle est hermaphrodite. L'invasion des bancs par ce gastéropode provoque un accroissement de la sédimentation (avec les mêmes effets que l'eutrophisation) et à terme une disparition du banc sous la couche de crépidules.

Enfin la dernière cause est la pêche aux engins trainants qui provoque un enfouissement de maërl et briser ses brins calcaires. Ceci entraîne une baisse de la biodiversité et une réduction des bancs.

Malgré le fait que l'extraction de maërl s'est arrêtée et que la pêche aux engins tractant a été limitée, les populations de maërl sont également en proie au réchauffement climatique, notamment avec l'acidification des océans, qui impact les communautés et leur calcification. La pollution et l'eutrophisation des milieux contribuent à la dégradation des bancs existants. De nombreux suivi de qualité sont en cours et permettent de voir ou en est l'écosystème.

Plusieurs mesures ont été décidées au niveau international auprès de la commission OSPAR pour ajouter le maërl sur la liste des habitats menacés ou en déclin. La directive Habitats (92/43/CE du 21.5.1992) vise à protéger les habitats naturels. Une liste d'habitats déclinés a été établie au niveau national, à laquelle les bancs de maërl sont intégrés sous les dénominations suivantes : « Sables grossiers et graviers, bancs de maërl – 1110-3 » et « Sables hétérogènes envasés infralittoraux, bancs de maërl – 1160-2 ». Au niveau national, la stratégie nationale pour la biodiversité de 2004 inclut un « plan d'action mer » 2008 - 2010 qui préconisait l'arrêt de l'extraction de maërl dans les zones d'intérêt écologique majeur et la recherche de produits de remplacement. Plus contraignante juridiquement, la loi « Grenelle » (2009-967 du 3 août 2009) une programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement prévoit une réforme du régime des extractions en mer et une limitation des prélèvements de maërl à des usages à faible exigence quantitative (article 35) (*Les fonds marins de Bretagne, un patrimoine remarquable, connaître pour mieux agir ; Ifremer*).

3) Autres

De nombreuses autres espèces animales ou végétales sont réellement menacées par les activités et pollutions anthropiques. L'eutrophisation des milieux entraîne la dominance d'une espèce sur les autres et induit une compétition pour la lumière ou pour l'oxygène. Ainsi, certaines espèces comme les zostères, le maërl ou bien encore le wakame, la sargasse, ou la crépidule prennent le dessus. D'autres types de pollutions comme les pesticides viennent renforcer certains organismes comme les bactéries résistantes aux antibiotiques. En effet, les pesticides effectuent une sélection naturelle des individus les plus résistants et constitue un pool d'individus résistants. Ainsi, les individus dans les parcs ostréicoles ou les parcs de mycicultures deviennent moins résistants aux bactéries car elles développent une résistance aux traitements antibiotiques utilisés sur les cultures marines (*Eaux littorales : la contamination par les pesticides favorise-t-elle les bactéries résistantes aux antibiotiques ? Caroline Montagnani, 5 mai 2022*).

2. Exemple type : Cas de la pollution par les nitrates et prolifération des algues vertes

Afin d'aborder une pollution concrète et redondante sur les côtes Bretonnes, nous allons nous appuyer sur le phénomène du Bloom de macro-algues qui a lieu si fréquemment lorsque les conditions de croissance sont réunies (taux de nitrate dans la mer élevée, faible profondeur, température de l'eau élevée). Nous avons expliqué dans la première partie comment les molécules de nitrates gagnent petit à petit le continuum aquatique et finissent dans les estuaires, lieu propice au développement des blooms de macro-algues. Nous allons nous intéresser ici à la législation et aux actions menées contre les pollutions de nitrates et les macro-algues (principalement de type *Ulva rigida*).

2.1. Qu'est-ce que la directive nitrate ?

La Directive nitrate est définie au niveau Européen en 1991. La directive nitrate a deux objectifs :

- Réduire la pollution des eaux par les nitrates et l'eutrophisation issus des activités agricoles
- Prévenir l'extension de ces pollutions

Elle permet au niveau Français de diriger les actions de surveillance et de qualité des réserves hydrologiques.

- Suivi de la qualité de l'eau

- Délimitation de zones vulnérables aux nitrates
- Établissement d'un code de bonnes pratiques agricoles et de mesures à mettre en œuvre sous forme de programmes d'actions dans les zones vulnérables aux nitrates.

Pour exemple, dans les zones vulnérables aux nitrates, l'épandage d'azote sur les parcelles agricoles provenant des effluents d'élevage est limité par la directive à **170 kilogrammes de nitrate (NO₃-) par hectare et par an.**

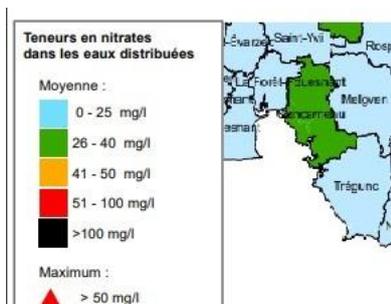
Les règles applicables aux zones vulnérables portent sur :

- L'équilibre de la fertilisation
- Les périodes d'application des engrais organiques et minéraux et leur utilisation près des cours d'eau et dans les terrains en pente
- L'interdiction d'épandage sur sol enneigé, gelé, inondé
- L'obligation de bandes enherbées de 5 mètres
- Le respect de durées minimales de stockage des effluents d'élevage.

Sur la baie de la Forêt, les objectifs de qualité de l'eau sont basés sur les teneurs en nitrates relevées à l'exutoire des cours d'eau contributeurs et calculées selon les règles nationales de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Ainsi l'objectif fixé à l'échéance 2024 est d'atteindre une concentration en nitrates de l'ordre de 20 à 25 mg/l sur les principaux cours d'eau (*Agir contre les algues vertes, Baie de la Forêt*).

2.2. Quelles sont les zones vulnérables aux nitrates ?

Une zone vulnérable est une partie du territoire où la pollution des eaux par le rejet direct ou indirect de nitrates d'origine agricole et d'autres composés azotés susceptibles de se transformer en nitrates, menace à court terme la qualité des milieux aquatiques et plus particulièrement l'alimentation en eau potable.



Sont désignées comme zones vulnérables les zones où les eaux douces superficielles et souterraines, notamment celles destinées à l'alimentation en eau potable, **ou la teneur en nitrates est supérieure à 50 mg/l.**

Figure 8 : Les nitrates dans l'eau distribuée en 2019 et 2020

2.3. Comment les nitrates impactent la vie marine ?

1. **Nous avons déjà cité le phénomène d'eutrophisation et ses conséquences plus en amont.** L'excès de nitrates peut entraîner une eutrophisation des plans d'eau ou des baies, là où les conditions de développement sont toutes réunies. Lorsque les nitrates pénètrent dans les écosystèmes aquatiques, ils stimulent la croissance excessive des algues et des plantes aquatiques. Cela crée des proliférations d'algues nocives, appelées communément "marées vertes", avec notamment *Ulva Rigida* qui est connu en Bretagne, qui peuvent étouffer d'autres organismes et épuiser les niveaux d'oxygène dans l'eau, créant des zones mortes où la vie marine ne peut pas survivre.
2. **Les marées vertes entraînent une série de réaction. Elles en viennent à déstabiliser le fonctionnement d'un milieu et perturbent les écosystèmes.** Lorsque les algues et les plantes aquatiques se développent rapidement en raison de la présence de nitrates, elles peuvent bloquer la lumière du soleil nécessaire à d'autres organismes marins, tels que les coraux et les herbiers marins, pour effectuer la photosynthèse. Cela peut perturber l'équilibre des écosystèmes marins et entraîner une diminution de la biodiversité.
3. **Ce manque de lumière et/ou d'oxygène affecte les poissons et les invertébrés.** Les nitrates peuvent également avoir des effets toxiques directs sur les poissons et les invertébrés marins. Des concentrations élevées de nitrates peuvent endommager les branchies des poissons, réduisant leur capacité à obtenir suffisamment d'oxygène de l'eau. Cela peut entraîner des problèmes respiratoires, un stress accru et une diminution de la croissance et de la reproduction des poissons.
4. **Finalement, c'est l'entière de la chaîne alimentaire qui est impactée par ces nitrates.** Les nitrates peuvent également perturber la chaîne alimentaire marine. Lorsque les algues se développent en excès, elles peuvent mourir et se décomposer, consommant encore plus d'oxygène dans l'eau. Cela peut entraîner une diminution des populations de petits organismes, tels que les zooplanctons, qui sont une source de nourriture pour de nombreux poissons et invertébrés. En fin de compte, cela peut entraîner des répercussions sur les niveaux trophiques supérieurs de la chaîne alimentaire marine.

Cette boucle d'effets et conséquences montre comment l'Homme s'auto impact en ne contrôlant pas les déversements d'effluents dans les rivières. Les nitrates sont un bon exemple pour montrer la perturbation de chaîne trophique marine. L'Homme, en bout de chaîne, se place comme prédateur des ressources marines, seulement, ses activités impactent directement les ressources disponibles dans l'océan.

2.4. Quel est le cycle de développement des algues vertes « *Ulva rigida* »?

Espèce : *Ulva rigida*

Embranchement : Chlorophyta Classe : Ulvophyceae Ordre : Ulvales Famille : Ulvaceae

Cette algue verte se caractérise par sa forme de feuille, rigide, cartilagineuse, courte, évasée, légèrement dentelée, regroupée, formant des petites touffes trapues accrochées par des crampons sur les rochers. **Taille 5-10 cm, profondeur 0 – 10 m**

On la rencontre accrochée aux rochers à marée basse et dans les eaux peu profondes. Elle se nourrit par photosynthèse, rayonnement lumineux et sels minéraux contenu dans l'eau. Les nitrates sont également assimilés, ce qui provoque une prolifération et le phénomène de marée verte.

Reproduction : On la trouve toute l'année, mais elle a un cycle de vie de quelques mois. Elle a un cycle de vie **digénétique**, c'est-à-dire qu'il présente une alternance de deux générations, l'une diploïde appelée **sporophyte**, issue de la fécondation, l'autre haploïde appelée gamétophyte, résultant de la germination d'une spore. Le 1er stade : Les cellules de la bordure de l'algue se divisent en zoïdes ou gamètes. Libérés, ils donnent des plantes mâles et des femelles haploïdes. Lorsque les plantes haploïdes libèrent leurs gamètes flagellés, la fécondation produit un zygote, qui après germination donnera une plante diploïde (*source : Biologie Marine Nomadica, végétaux, Ulva Rigida*).

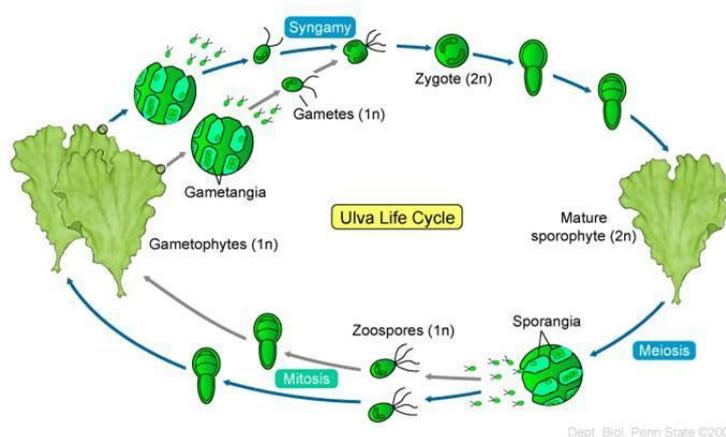


Figure 9 : Cycle de vie de *Ulva Rigida* (Source : Pearltrees, équipe chlorophyta)

2.5. Le plan de lutte contre la prolifération des algues vertes dans la baie de la Forêt

1) Présentation des acteurs et dimensionnement du bassin

Le bassin versant de l'ODET-AVEN regroupe tout ou une partie des communes de Concarneau, Melgven, Trégunc, Pont-Aven, Rosporden, Saint-Yvy, La Forêt Fouesnant, Fouesnant, Saint-Evrazec et Pleuven et fait intervenir deux communautés de commune (CCA et CC PF). Le bassin mesure près de 15 000 ha et compte quelques 152 exploitations agricoles possédant chacune en moyenne 48 ha. Les pollutions et effluents engendrés par les productions agricoles et industrielles atteignent l'une des six rivières du bassins versants avant de gagner la mer (Minaouet, Moros, Saint Jean, Saint Laurent, Penalen, Pen ar Steir).



Figure 10 : Carte du bassin versant de l'Aven (Source : SAGE Sud Cornouaille)

L'intégralité des effluents se déversent et se concentrent dans la baie de la Forêt. Les nitrates qui correspondent à la majeure partie des polluants retrouvés entraîne le développement des algues vertes dans la baie et impact le développement des écosystèmes locaux.

2) Evolution des teneurs en nitrate depuis 2010

Cependant, le travail engagé par le SAGE Sud Cornouaille montre que depuis 2010, les taux de nitrates dans les différentes rivières ont progressivement diminué grâce au panel d'actions déployées. Certains taux de nitrates ont fortement diminué. Si l'on observe la valeur dans la rivière Saint-Laurent, le taux de nitrate est passé de 46 à 31 avec une prévision à 27 en 2021 d'après ce document ; soit une diminution de 67% en 10 ans. Le plan d'action PLAV de 2022-2023 va continuer de permettre une décroissance progressive des taux de nitrate dans le bassin versant grâce aux travaux d'aides et de sensibilisation menés avec les agriculteurs.

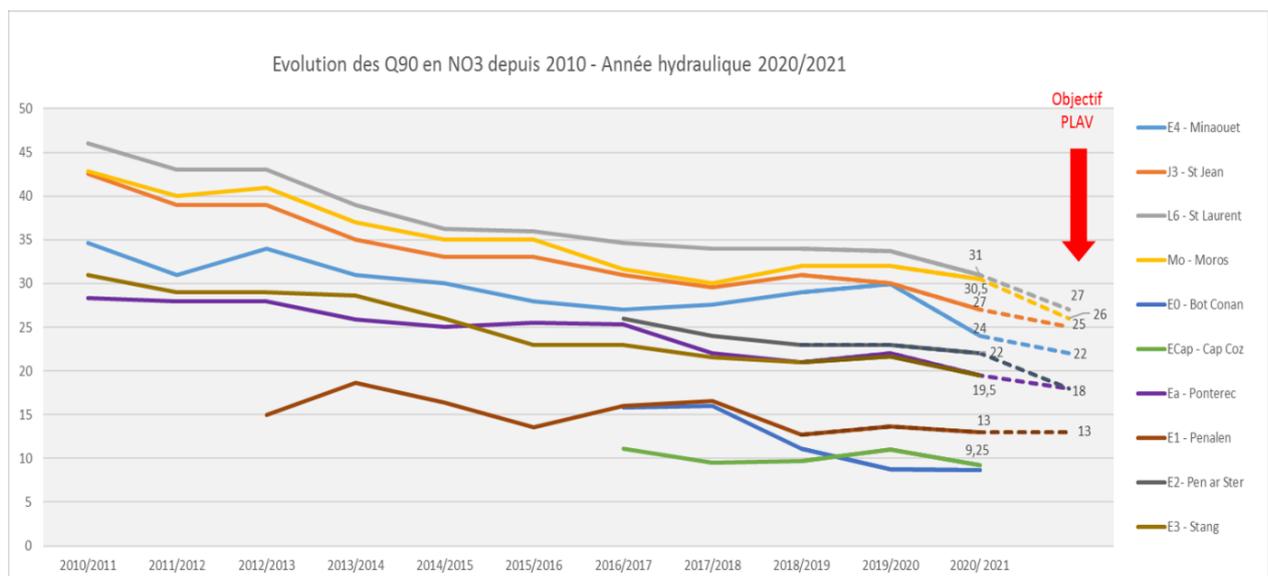


Figure 11: Evolution des teneurs en nitrates entre 2010 et 2021 (Source : SAGE Sud Cornouaille)

3) Zoom dans la baie de La Forêt

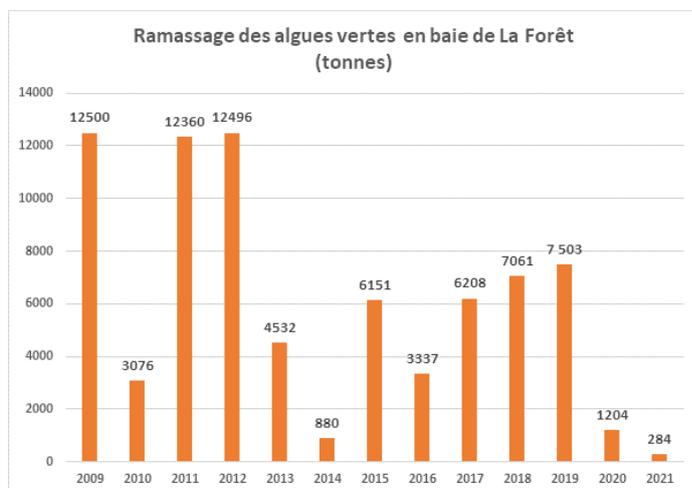


Figure 12 : Ramassage des algues vertes en baie de La Forêt (Source : SAGE Sud Cornouaille)

Si nous nous intéressons à l'usine Kerambris qui a la charge du ramassage des algues vertes sur les côtes, nous observons pour la 2^{ème} année consécutive que les échouages d'algues vertes sur la Baie de la Forêt sont plus faibles que la normale. L'usine de Kerambris n'a réceptionné que 284 tonnes d'algues vertes en 2021 et 1 200 tonnes en 2020 (contre 7 000 tonnes ramassées en 2017 et 2019). Cette donnée est intéressante car elle permet de prendre du recul sur les actions menées et de voir qu'elles ont un réel impact car la quantité d'algues vertes sur les côtes diminue.

Les facteurs de prolifération annuelle restent non maîtrisables comme la configuration géographique, ou la météo qui disperse plus ou moins les algues, ainsi que l'ensoleillement, et les vents qui peuvent pousser ou non les algues de la baie vers les côtes.

4) Plan d'action et objectifs agricoles

Le SAGE Sud Cornouaille, dans le cadre du plan de lutte contre les algues vertes et la pollution aux nitrates a développé 4 axes qui permettent d'encourager les réductions des apports de nitrates dans les parcelles agricoles.

Dispositifs	Indicateurs	Objectifs
Plan de Lutte contre les Algues Vertes 2 / SAGE Sud Cornouaille	SAMO / SPE	45% pour les exploitations bovines 60% pour les autres exploitations
	Part de la SAU labélisée	20% (AB ou HVE)
	Produits issus des EA labellisés dans la restauration collective	40% (AB ou HVE)
Paiements pour Services Environnementaux	Surface en bande enherbée	% des surfaces en bandes enherbées au-delà des 10 mètres réglementaires et au-delà de 5% de SIE
	Couverture annuelle des sols	Seuil minimum : 85%
	Part de l'herbe	Herbivore : 60% Ruminants mixtes : 30% Grandes Cultures : 12% Mono : 10%
	Réduction azote minérale	Seuil minimum : 60kg/ha

	Reliquat début drainage	Seuil min : 80 uN/ha
PAR6bis	Bandes enherbées	10m
	Surpâturage	Seuil : 900 UGB.JPP / ha / an
	Reliquat Post Absorption	Seuil d'alerte : 80 kg/ha
ZSCE Baie de la Forêt	Mesures agronomiques	Adhésion à un conseil en cas de dépassement des reliquats
	Couverts végétaux	Sur la période à risque (15/07 à 28/02), moins de 25 jours de sols nus
	Renaturation de l'espace	100% de zones humides cultivées remises en herbe (19,8ha)
	Gestion de l'herbe	Respect des seuils GREN UGB JPP au niveau du troupeau laitier et/ou du troupeau vaches laitières

Source : SAGE Sud Cornouaille

2.6. Enjeux économiques et sanitaires en lien avec les pollutions marines littorales

1) Fermeture des plages

Le tourisme se voit contraint lors de pic de pollution. En effet, un flux de pollution trop important peut nuire à la santé humaine. Cela peut être dû à la qualité de l'eau ou bien la présence d'un organisme vivant ou d'une bactérie dans l'eau ou sur la plage. Les Blooms d'algues vertes se produisent le plus souvent l'été et engendrent la fermeture de plages durant la période estivale le temps de l'évacuation des algues. Lors de la décomposition des algues vertes, celles-ci émettent un gaz : l'hydrogène sulfuré. Il est reconnaissable par son odeur d'œuf pourri. Ce gaz est corrosif et nocif pour la santé des visiteurs.



Figure 13: Une plage des Côtes d'Armor fermée à cause des algues vertes • © CYRIL FRIONNET / MAXPPP

2) Maladies

Au travers des matières fécales agricoles qui gagnent le continuum hydrique et les plages, il existe un haut risque de contamination et de maladie avec la bactérie E. Coli. “En Bretagne nous avons 3 millions d’habitants et 100 millions d’animaux d’élevage. Il faut rappeler que les déjections des porcs sont 30 fois plus polluantes que celle de l’homme” analyse Arnaud Clugery.

On peut également noter un exemple similaire dans le Pays basque en 2021. La microalgues du genre *Ostréopsis* invisible à l’œil nu. Elle se situe dans les masses d’eau côtière proche des littoraux calmes et chauds. Elle a été responsable des mêmes symptômes que la covid-19 : fièvre, mal de gorge, toux, courbatures sur bon nombre de nageurs. L’algue en question a affectée des dizaines de personnes sur les côtes qui ont souffert de troubles bénins. Elle a été étudiée par des laboratoires mais reste peu connue. Cependant, on peut imaginer qu’il existe un lien avec les activités humaines car sa présence a été recensée que récemment (2016) et définit comme réellement impactante pour la santé humaine en 2021. Le réchauffement climatique permet l’établissement de certains individus qui normalement ne sont pas originaire du milieu. Le trafic maritime permet également le déplacement de molécules, algues, organismes qui se développent sur les coques des bateaux.

3) Image de marque du territoire

Finalement, les maladies documentées par le biais des médias et les pollutions affectent l’image de marque territoriale qui entraîne une diminution du flux touristique et donc économique de la région

considérée. La Bretagne subit ce phénomène de façon très local dans les milieux où les blooms d'algues vertes sont les plus répétitifs.

Malgré les actions engagées par les collectivités pour nettoyer les plages, et réduire l'impact des algues vertes, des espèces proliférantes ou des autres sources de pollutions, l'image du territoire reste touchée par ces problématiques polluantes. L'industrie agroalimentaire et l'agriculture sont des secteurs très dominants en Bretagne qui ont leur part de pollution sur les milieux aquatiques côtiers. Des campagnes publicitaires sont développées et visent à dynamiser le territoire et jouer sur les paysages, le couleur bleu turquoise de l'eau afin de motiver le public à venir visiter la région Bretagne.

4) Impact sur les ressources halieutiques

Les molécules allochtones aux milieux naturels portent un effet sur les espèces. Les pesticides, et la présence de d'autres molécules polluantes se trouvant en grande quantité peuvent affecter le développement de certaines espèces ou bien leur cycle de reproduction. A l'échelle d'une communauté d'espèce, la présence ou l'absence d'une espèce peut être corrélée avec la présence et la quantité d'une molécule polluante dans le milieu de vie de l'espèce. Nous avons également remarqué que certains poissons présentent un retard dans leur développement sexuel. Des observations tel que des nombres anormaux au niveau de la taille, poids général ou poids d'un organe, développement des gonades, et difformités ont été réalisées en présence d'effluents toxiques (p. ex., Secor et al., 1995).

Nous pouvons également citer les pollutions aux hydrocarbures qui ont un effet nocif sur les élevages de poissons ou conchyliculture. Les effets d'un déversement d'hydrocarbures sur les ressources halieutiques et les populations de poissons sont difficiles à isoler des autres facteurs de pollutions comme les contaminations chronique, les polluants des industries, ... Les effets de la pollution peuvent causer des pertes importantes sur les pêches commerciales et de subsistances (*Effets de la pollution par les hydrocarbures sur les pêches et la mariculture, ITOPI, 2013*)

3. Ouverture

D'après le page internet « Agir contre les algues vertes en Bretagne », différentes opérations sont menées pour lutter contre la prolifération des algues vertes. Un premier volet « Actions agricoles » avec des opérations d'accompagnements collectifs et individuels sont menés, ainsi que des dispositifs financiers. Un second volet « Renaturation des espaces sensibles » permet de lancer des campagnes de préservation des zones humides, des continuums aquatiques, ainsi que de l'entretien des bocages.

Le troisième volet assure le « suivi qualité des eaux » en contrôlant régulièrement les exutoires afin de cibler les actions à mener. Enfin, le dernier volet agit à titre curatif sur le ramassage des algues vertes en bord de plage.

Afin de compléter ce schéma d'action, il semble intéressant d'ajouter un volet d'étude de l'impact des algues vertes sur les communautés marines et d'assurer un suivi (comptage) des espèces présentes sur des niches écosystémiques vulnérables afin de renforcer les actions en cas de besoin.

Plus largement, l'étude et la surveillance des polluants sur les milieux côtiers semble intéressant ainsi que de documenter l'impact de ces pollutions sur les milieux marins et les organismes présents.

Table des illustrations

Figure 1 : Carte des habitats benthiques du secteur de Concarneau (REBENT, 2007) à une échelle comprise entre le 1/2000 et le 1/10000 (Source Ehrhold A. et al., 2007 ; Produit numérique REBENT Ifremer, 2007)	6
Figure 2 : GeoBretagne, Carte de la qualité des cours d'eau vis-à-vis des nitrates	7
Figure 3 : GeoBretagne, Carte synthèse de l'état écologique des masses d'eau du bassin versant ODET-AVEN.	7
Figure 4 : Assainissement collectif et conformité en 2019	8
Figure 5 : Assainissement non collectif et conformité en 2019	9
Figure 6: Schéma de l'anthropisation du littoral sur les trois derniers siècles ©Fondation Tara Océan.	10
Figure 7: Principales causes ayant une incidence sur la biodiversité marine (Source : Groom et al., 2006)	11
Figure 8 : Les nitrates dans l'eau distribuée en 2019 et 2020	17
Figure 9 : Cycle de vie de <i>Ulva Rigida</i> (Source : Pearltrees, équipe chlorophyta)	19
Figure 10 : Carte du bassin versant de l'Aven (Source : SAGE Sud Cornouaille)	20
Figure 11: Evolution des teneurs en nitrates entre 2010 et 2021 (Source : SAGE Sud Cornouaille)	21
Figure 12 : Ramassage des algues vertes en baie de La Forêt (Source : SAGE Sud Cornouaille)	21
Figure 13: Une plage des Côtes d'Armor fermée à cause des algues vertes • © CYRIL FRIONNET / MAXPPP	24

Bibliographie

- Agir contre les algues vertes. « ALGUES VERTES - Agir contre les algues vertes ». *Algues-vertes.com* (blog). Consulté le 4 juillet 2023. <https://www.algues-vertes.com/territoires-mobilises/baie-de-la-foret/>.
- Amara, Rachid. « Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Exemple de la Manche-mer du nord ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n° Hors-série 8 (1 octobre 2010). <https://doi.org/10.4000/vertigo.10129>.
- Biologie Marine Nomadica. « ALGUES VERTES - Ulva rigida ». Site de nomadica ! Consulté le 14 juin 2023. <http://nomadica.jimdofree.com/végétaux/algues/ulva-rigida/>.
- Canada, Environnement et Changement climatique. « Effets sur le poisson et les ressources halieutiques ». Règlements, 27 septembre 2022. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-pollution/suivi-effets-environnement/guide-technique-mines-metaux/guide-technique-etude-suivi-effets-environnement-mines-metaux/chapitre-3.html>.
- Deborah. « ALGUES VERTES - Artificialisation du littoral : impacts sur la biodiversité | Tara EUROPA ». Fondation Tara Océan, 28 juin 2023. <https://fondationtaraocean.org/actualite-scientifique/tara-europa/littoral-impacts-activites-humaines-biodiversite/>.
- Fondation Tara Océan. « ALGUES VERTES - Biodiversité marine et climat ». Fondation Tara Océan. Consulté le 29 juin 2023. <https://fondationtaraocean.org/champs-de-recherche/biodiversite-marine-climat/>.
- France, Chambres d'agriculture. « ALGUES VERTES - Directive nitrates », 5 avril 2023. <https://chambres-agriculture.fr/agriculteur-et-politiques/politiques-environnementales/directive-nitrates/>.
- MNHN Concarneau. « Objectif plancton ». Station Marine de Concarneau. Consulté le 23 juin 2023. <https://www.stationmarinedeconcarneau.fr/fr/station/sciences-participatives/objectif-plancton-2306>.
- Montagnani, Caroline, Delphine Destoumieux-Garzon, et Dominique Munaron. « Eaux littorales : la contamination par les pesticides favorise-t-elle les bactéries résistantes aux antibiotiques ? » *The Conversation*, 15 mai 2022. <http://theconversation.com/eaux-littorales-la-contamination-par-les-pesticides-favorise-t-elle-les-bacteries-resistantes-aux-antibiotiques-182184>.
- OEB. « ALGUES VERTES : Encore trop de nitrates dans les cours d'eau bretons | Observatoire de l'environnement en Bretagne », 13 décembre 2022. <https://bretagne-environnement.fr/nitrates-cours-eau-bretons-article>.

PearlTrees. « ALGUES VERTES - Ulva ». Pearltrees. Consulté le 14 juin 2023. <http://www.pearltrees.com/t/chlorophyta/id8360233/item81120670>.

REBENT, IFREMER, Ehrhold A, Blanchet A, et Hamon D. « Carte des habitats benthiques du secteur de Concarneau (REBENT, 2007) à une échelle comprise entre le 1/2000 et le 1/10000 ». BREST, 2007. <https://sextant.ifremer.fr/geonetwork/srv/api/records/8dd97ae7-30cd-41a2-9bec-3ece7d4f2294>.

Carte des habitats benthiques du secteur de Concarneau (REBENT, 2007) à une échelle comprise entre le 1/2000 et le 1/10000, Produit numérique REBENT Ifremer, 2007 ; Sources : - Ehrhold A., Blanchet A., Hamon D., 2007, Réseau de surveillance benthique (REBENT), Région Bretagne. Approche sectorielle subtidale : Identification et caractérisation des habitats benthiques du secteur Concarneau. RST/IFREMER/DYNECO/Ecologie benthique/07-01/REBENT, 78 p.-9 annexes ; - Orthophotographie littorale pour le secteur de Concarneau (format .ecw), 2000, ORTHOLITTORALE 2000 ; - Données de minutes bathymétriques du SHOM ; - REBENT, campagne de terrain Survex (Société Mesuris) : Survex 1, chef de mission Axel Ehrhold (24 au 25 septembre 2003 et du 3 au 5 octobre 2006) ; - REBENT, campagnes de terrain Rebent subtidal : REBENT_001, chef de mission Axel Ehrhold (4 au 14 mars 2003), REBENT_002, chef de mission Dominique Hamon (17 au 25 octobre 2003), REBENT_007, chef de mission Dominique Hamon (04 au 08 juin 2005), REBENT_011, chef de mission Dominique Hamon (08 au 11 juin 2006)

Reporterre. « ALGIUES VERTES - Algues vertes en Bretagne : 4 points pour comprendre le problème ». Reporterre, le média de l'écologie. Consulté le 14 juin 2023. <https://reporterre.net/Algues-vertes-en-Bretagne-4-points-pour-comprendre-le-probleme>.

SAGE Sud Cornouaille. « ALGUES VERTES - 2022-2024 Le plan de lutte contre la prolifération des algues vertes (PLAV 3) ». Sage Sud Cornouaille. Consulté le 14 juin 2023. <https://www.sage-sud-cornouaille.fr/nos-actions/plan-de-lutte-contre-les-algues-vertes/2022-2024-le-plan-de-lutte-contre-la-proliferation-des-algues-vertes-plav-3/>.

« ALGUES VERTES - SAGE Sud Cornouaille, Cartothèque ». Sage Sud Cornouaille. Consulté le 14 juin 2023. <https://www.sage-sud-cornouaille.fr/documentations/cartotheque/>.