

Coûts liés à l'eutrophisation

Auteurs des contributions scientifiques :

Sybill Henry

UMR AMURE, Université de Bretagne Occidentale, IUEM, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané

Fanny Châles

UMR AMURE, Université de Bretagne Occidentale, IUEM, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané

Rémi Mongruel

UMR AMURE, Ifremer, 1625 Route de Sainte-Anne, 29280 Plouzané

MESSAGES CLES

L'eutrophisation se définit par un ensemble de processus biogéochimiques et biologiques induit par un apport excessif de nutriments, et qui se traduit le plus souvent en milieu marin par des efflorescences algales et phytoplanctoniques. Le phénomène est observé sur l'ensemble de la sous-région marine Golfe de Gacogne, en particulier dans la partie Nord, sur le littoral allant de la Bretagne à l'île de Noirmoutier et au sein des différentes baies (Douarnenez, Quiberon, etc.)¹.

- Les coûts inhérents à l'eutrophisation en Golfe de Gascogne représentent 19,1% des coûts à l'échelle nationale.
- L'importance des coûts de prévention et d'évitement (95,1%) est essentiellement due aux mesures agro-environnementale (77,4% des coûts de prévention et évitement)
- Les coûts de mise en œuvre de la recherche sur l'eutrophisation marine sont les plus importants de la catégorie des coûts de suivi et d'information (39,7%) et dont l'augmentation élevée (92%) résulte d'une refonte méthodologique.
- Le coût du ramassage des algues vertes représente 76,4% des coûts d'atténuation.

I. L'eutrophisation

L'eutrophisation est caractérisée par un ensemble de processus biogéochimiques et biologiques déclenchés en réponse à un apport excessif d'éléments nutritifs². Le terme « eutrophisation » recouvre l'ensemble des effets direct et indirect qu'induit le déclenchement de ces processus biogéochimique et biologique : accroissement des populations phytoplanctoniques, prolifération algale, phénomène d'hypoxie voire d'anoxie, etc. En milieu marin, l'eutrophisation d'origine anthropique résulte d'un surplus d'azote et, dans une moindre mesure, de phosphore tous deux identifiés comme étant les principaux facteurs responsables du dysfonctionnement des écosystèmes côtiers.

1

Le chapitre dédié à l'évaluation de l'état du milieu pour le descripteur « Eutrophisation » permet de savoir plus précisément quels secteurs sont touchés par l'eutrophisation et selon quels facteurs (ex : excès de chlorophylle dans l'Est Cotentin).
2 La définition de l'eutrophisation par l'expertise scientifique collective (l'ESCo Eutrophisation) est posée en ces termes : « L'eutrophisation anthropique, dans sa définition proposée à partir de l'analyse de la littérature, désigne le syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote. »

Les manifestations de l'eutrophisation sont variables et fonction d'un ensemble de paramètres tels que les conditions biophysiques du milieu ou les activités impactantes présentes à proximité du milieu récepteur. En milieu côtier, l'eutrophisation se manifeste généralement par la prolifération de phytoplancton et/ou de macro algues marines. Les macro algues vertes opportunistes comme les *Chlorophyceae* sont les plus communes à l'échelle métropolitaine et les échouages d'algues vertes sont majoritairement composés du genre *Ulva*. Plus ponctuellement, des efflorescences de macro algues vertes du genre *Cladophora*, rouges du genre *Gracilaria* et brunes du genre *Pylaiella* sont observées sur le littoral français. À cela s'ajoute certaines espèces de micro algues émettrices de toxines et génératrices d'impacts sanitaires et économiques, les plus connues étant *Alexandrium*, *Dinophysis* et *Pseudo-nitzschia* respectivement à l'origine de la production de toxines paralysantes, diarrhéiques ou amnésiantes [Pinay et al., 2017].

Les macro algues marines sont dominantes sur les côtes rocheuses du littoral de l'Atlantique et les manifestations de l'eutrophisation sont principalement localisées sur les zones côtières allant de la Bretagne à l'île de Noirmoutier. La partie bretonne de la sous-région marine Golfe de Gascogne est fréquemment touchée par des épisodes d'échouage d'algues vertes et en particulier dans le secteur de la Baie de Douarnenez. Au nord de la Loire, l'eutrophisation est plutôt caractérisée par une abondance excessive de phytoplancton qui s'observe principalement dans le secteur de la baie de Quiberon. Zone particulièrement sensible et faisant souvent l'objet de crises d'hypoxie, la baie de Vilaine est située sous l'influence des panaches des grands fleuves auxquels s'ajoute les émissions des petits cours d'eau qui contribuent à son enrichissement et à la multiplication des phénomènes d'eutrophisation. Plus au sud, ces échouages sont également régulièrement constatés sur les îles de Ré et de Noirmoutier [Observatoire national de la mer et du littoral., 2015]. Les résultats de l'évaluation de l'état du milieu marin au regard du descripteur « Eutrophisation » permettent d'avoir des données et diagnostics plus récents, disponibles dans la fiche afférente.

II. Estimation des coûts de la dégradation du milieu marin

L'estimation des coûts de la dégradation s'effectue au travers de l'évaluation des moyens mis en œuvre pour préserver la qualité des eaux marines face à l'eutrophisation. Trois types de coûts sont utilisés dans le cadre de l'analyse économique et sociale. Les coûts de suivi et d'information sont associés aux dispositifs dédiés à la collecte d'information et de données pour soutenir la recherche et les suivis scientifiques relatifs à l'eutrophisation. Les coûts des actions favorables à l'environnement sont liés aux actions de prévention et d'évitement réalisée *via* les investissements matériels ou les incitations financières sous forme d'aides et/ou de subventions dédiés à la lutte contre l'eutrophisation. Enfin, les coûts d'atténuation regroupent le coût des actions mises en œuvre de façon ex-post, c'est-à-dire en présence des manifestations de l'eutrophisation, et visant à en limiter les impacts environnementaux, sociaux et économiques. L'analyse est complétée par une caractérisation des impacts résiduels, impacts persistants malgré la mise en œuvre de l'ensemble de ces mesures.

II.A. Estimation du coût des mesures de suivi et d'information

Les mesures de suivi et d'information concernent principalement les réseaux de surveillance et de suivi mis en place aux échelles européenne et nationale et dont l'objectif est d'améliorer les connaissances sur la thématique de l'eutrophisation afin de favoriser la compréhension du phénomène. À l'échelle européenne, la mise en œuvre d'OSPAR et le programme relatif aux émissions atmosphériques EMEP contribuent au suivi de l'eutrophisation au travers du suivi de la qualité des eaux marines d'une part et de celui de l'évolution des émissions atmosphériques et particulièrement d'azote d'autre part. À l'échelle nationale et infranationale, différents réseaux, opérés par des organismes publics et des sociétés d'économie mixtes, assurent le suivi de l'eutrophisation au travers d'un ensemble d'indicateurs : phytoplancton et nutriments pour le REPHY et le SOMLIT, macro-algues échouées pour le « suivi des marées vertes », etc. À cela s'ajoutent les programmes de recherches et les moyens mis en œuvre par différents organismes ou par l'État pour la réalisation d'études

afin d'améliorer les connaissances et de prévenir d'éventuelles risques sanitaires, économiques et sociaux.

II.A.1. Coût de la mise en œuvre des plans OSPAR

Résultant de l'unification en 1992 des conventions d'Oslo³ et de Paris⁴, la convention OSPAR permet la coopération de 15 pays et de l'Union européenne en faveur de la protection de l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est [Commission OSPAR., En ligne]. En 2017, la contribution française au programme s'élève à 172 968 Euros dont 16 815 sont dédiés au « Quality status report » (QSR), rapport consacré à l'étude de la qualité des eaux des cinq régions OSPAR⁵ et articulé autour de neuf thématiques⁶ dont l'eutrophisation [données MTES, 2017].

À l'échelle de la sous-région marine Golfe de Gascogne, la contribution française au suivi de l'eutrophisation dans le cadre de la mise en œuvre d'OSPAR est estimé *au prorata* du nombre de région OSPAR et de thématiques étudiées à 3 844 Euros pour la région « Golfe de Gascogne et côte ibérique », dite IV [données MTES, 2017]. Selon la commission, la région IV présente peu de problèmes d'eutrophisation qui se limitent aux zones estuariennes et aux baies de faibles hydrodynamismes malgré la présence d'espèces phytoplanctoniques nuisibles et de toxines algales plus élevée dans cette région [OSPAR., 2010]. Déterminé *au prorata* du nombre de sous-région marines présentes au sein de cette région IV, la contribution française dédiée uniquement au suivi de l'eutrophisation menée dans le cadre du QSR, est estimée à 374 Euros par an pour la sous-région marine Golfe de Gascogne [données MTES, 2017].

II.A.2. Coût de la contribution française au programme européen EMEP, European monitoring and evaluation programme

Résultant de la convention de Genève de 1979⁷, le programme EMEP, *European monitoring and evaluation programme*, apporte un appui scientifique à la convention en matière de surveillance, d'inventaire des émissions, d'évaluation et de projections [UNECE., En ligne]. L'observatoire MERA « observatoire national de mesure et d'évaluation en zone rurale de la pollution atmosphérique à longue distance », constitue la contribution française à ce programme européen *via* un réseau national de 13 stations sélectionnées pour leur représentativité en termes de pollutions de fond et de transport de polluants sur de longues distances [École des mines Télécom Lille – Douai., En ligne].

Le coût moyen de la contribution française au programme EMEP est donc évalué à partir du coût moyen de fonctionnement et d'investissement de chacune de ces stations avant d'être estimé *au prorata* du nombre de stations localisées au sein des bassins hydrographiques de chacune des sous-régions marines. Considérant que seuls 20% des émissions atmosphériques sont à l'origine d'une pollution des eaux marines [Agences de l'eau., En ligne], l'estimation du coût moyen annuel en Golfe de Gascogne ne retient que 20% du coût total de l'ensemble des stations de la sous-région marine et s'élève à 12 800 Euros [données École des mines Télécom Lille – Douai, 2017].

Il faut souligner que les coûts présentés ici tiennent compte de l'ensemble des analyses réalisées dans le cadre

3 Convention d'Oslo de 1972 relative aux immersions

4 Convention de Paris de 1974 étendant le champ de la convention d'Oslo aux pollutions d'origine tellurique et à l'industrie pétrolière

5 Région I – Les eaux arctiques ; Région II – La mer du Nord au sens large ; Région III – Mers celtiques ; Région IV – Golfe de Gascogne et côte ibérique ; Région V – Atlantique au large

6 Changement climatique ; Eutrophisation ; Substances dangereuses ; Substances radioactives ; Industrie pétrolière et gazière offshore ; Exploitation des ressources marines vivantes ; Protection et conservation de la biodiversité et des écosystèmes ; Evaluation des écosystèmes ; Autres usages et impacts de l'homme (*eaux de ballast, déchets marins, micro plastiques, matériaux de dragage, bruit sous-marin, énergie renouvelables offshore, découvertes de munitions immergées*)

7 Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance conclue à Genève le 13 novembre 1979 et entrée en vigueur pour la France en 1989

de l'observatoire MERA sans possibilité de distinguer les coûts spécifiquement imputables à l'inventaire et l'évaluation des teneurs en azote atmosphérique. De plus, les mesures réalisées ne concernent que les retombées atmosphériques humides (c'est-à-dire collectées en période de précipitation) ; les dépôts d'azote mesurés dans le cadre de MERA ne constituent donc qu'une partie de l'azote atmosphérique participant au processus d'eutrophisation des eaux littorales et côtières.

II.A.3 Coût du Réseau de suivi du phytoplancton et des phycotoxines – REPHY

À l'échelle nationale, la surveillance du phytoplancton et des phycotoxines est assurée par les deux composantes environnementale et sanitaire du REPHY, réseau de suivi du phytoplancton et des phycotoxines. La composante environnementale du REPHY « réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales » s'intéresse particulièrement à la connaissance générale du phytoplancton marin des eaux côtières et lagunaires, ce dernier étant considéré comme un bon indicateur de la biodiversité au sein des écosystèmes du milieu marin. Ces observations phytoplanctoniques du volet environnemental du REPHY sont associées à un suivi des paramètres hydrologiques et complétées par le réseau régional de surveillance ARCHYD « réseau hydrologique du bassin d'Arcachon ».

La composante sanitaire, REPHYTOX « réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins », concentre ses actions sur la recherche et le suivi des espèces phytoplanctoniques productrices de toxines présentes dans les coquillages en zones de production et de gisements naturels pouvant induire un risque pour la santé humaine. Trois types de toxines sont prises en compte : les toxines lipophiles, paralysantes et amnésiantes [Envlit., En ligne]. Étant dédié à la surveillance des impacts en termes de santé humaine, le REPHYTOX n'est pas pris en compte ici mais au travers de l'étude des coûts de la dégradation liée aux risques sanitaires.

Le coût moyen annuel du volet « environnement » du REPHY dédié spécifiquement à la surveillance phytoplanctonique, est évalué pour la sous-région marine Golfe de Gascogne au *pro rata* du nombre de sites suivis à environ 26% des coûts à l'échelle nationale soit 581 215 Euros [données Ifremer, 2017].

II.A.4. Coût du volet phytoplancton du Service d'observation en milieu littoral - SOMLIT

Le SOMLIT, service d'observation en milieu littoral vise à améliorer la compréhension du fonctionnement et de l'évolution des écosystèmes côtiers et littoraux face à l'augmentation des contraintes naturelles et anthropiques. Si l'approche est multiparamétrique, le SOMLIT dispose d'un dispositif de suivi du phytoplancton, qui a fait l'objet en 2017 d'une mutualisation avec le volet environnement du REPHY au sein du nouveau dispositif de suivi et d'observation du phytoplancton, PhytObs [Infrastructure de recherche littorale et côtière., En ligne].

À l'échelle de la sous-marine Golfe de Gascogne, le coût moyen annuel du volet phytoplancton du SOMLIT est estimé *au pro rata* du nombre de sites labellisés ayant vocation à intégrer le PhytObs et s'élève à 72 662 € [données Ifremer, 2017].

II.A.5. Coût du suivi des marées vertes

Faisant suite aux recommandations de la Directive cadre sur l'eau (DCE) qui préconise un suivi des blooms de macro-algues sur le littoral, le CEVA, Centre d'études et de la valorisation des algues, assure chaque année le suivi des marées vertes au travers de trois actions majeures : le dénombrement des sites touchés par les échouages d'algues ; l'estimation des surfaces concernées et le suivi des volumes d'algues ramassées par les communes. Co-financé par les Agences de l'eau, les Conseils Régionaux et les Conseils Généraux, le

suivi des marées vertes s'étend du littoral calvadosien (Normandie) aux pertuis charentais (Charente-Maritime) [Aquaref., Ifremer., (2014) ; CEVA., 2015].

Le coût moyen annuel de ces suivis pour la sous-région marine Golfe de Gascogne s'élève à 200 000 Euros [données AFB, 2017].

II.A.6. Coût de la recherche et du suivi des connaissances sur l'eutrophisation

L'amélioration de la connaissance et de la compréhension de l'eutrophisation résulte également des activités de recherche menées par un ensemble d'organismes tels que l'Ifremer, le CNRS ou les universités⁸. L'évaluation des coûts inhérents à la recherche sur l'eutrophisation a été menée à partir d'une identification du nombre de chercheurs impliqués dans la recherche marine en France et du coût moyen environné d'un chercheur. La ventilation du résultat par thématique d'intérêt et par sous-région marine est ensuite déterminée par analyses bibliométriques⁹.

Ces estimations ont conduit à une évaluation moyenne des coûts de la recherche pour la sous-région marine Golfe de Gascogne d'environ 800 000 Euros par an. Sont inclus dans ces estimations les coûts inhérents à différents programmes de recherche sur l'eutrophisation parmi lesquels figure l'expertise scientifique collective sur l'eutrophisation et le programme DIETE, diagnostic étendu de l'eutrophisation du secteur côtier-Vilaine.

À cela s'ajoutent les programmes de recherche financés par d'autres organismes dont les laboratoires ne sont pas directement impliqués dans la recherche sur le milieu marin mais dont les travaux contribuent à l'amélioration des connaissances sur l'eutrophisation et ses origines. À l'échelle de la sous-région marine, ces coûts supplémentaires sont évalués à environ 4 349 Euros portant le coût total de la recherche sur l'eutrophisation à 804 349 Euros. Ces coûts ne sont pas exhaustifs, notamment du fait que de nombreuses études qui ne ciblent pas directement l'amélioration des connaissances sur le phénomène de l'eutrophisation puissent tout de même y contribuer.

II.A.7. Coût du volet « sécurisation » du Plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes – PLAV

En réponse à l'intensification des phénomènes d'échouage d'algues vertes, le Plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes (PLAV) fait suite à la demande ministérielle d'établir un état des lieux du phénomène. Mis en œuvre entre 2010 et 2015 pour un coût total de 134 000 000 Euros, le PLAV repose sur trois volets principaux : « sécurisation », « prévention » et « actions curatives » et représente un coût moyen annuel d'environ 22 333 333 Euros.

Le premier volet « sécurisation » a pour principal objectif d'améliorer les connaissances et de prévenir des risques de salubrité du littoral afin d'assurer la sécurité sanitaire des personnes¹⁰. Son coût moyen annuel à l'échelle de la sous-région marine Golfe de Gascogne, est estimé à environ 252 917 Euros [PLAV., 2010].

8 L'ensemble des organismes de recherche impliqués dans le milieu marin et pris en compte dans le cadre de la méthodologie de détermination des coûts de la recherche produite par l'AES sont l'Ifremer, le CNRS, les universités, l'IRD, l'INRA, l'EPHE et le SHOM

9 Cf. Méthodologie complète de détermination des coûts de la recherche en annexe

10 Le coût annuel moyen des deuxième et troisième volets du PLAV sont respectivement détaillés dans les sous-parties « estimation des coûts des actions positives en faveur de l'environnement » et « estimation des coûts d'atténuation des dommages »

II.A.8. Coûts d'actions et de suivis financés par les établissements publics et les ministères

Sous tutelle du Ministère en charge de l'environnement, la direction de l'eau de la biodiversité (DEB) finance une grande diversité d'expertises et suivis ainsi que du personnel dédié à la thématique de l'eutrophisation. Estimé à l'échelle nationale à hauteur de 379 130 Euros par an (moyenne sur deux années, 2016 et 2017), le coût de l'ensemble de ces actions est ventilé *au prorata* du nombre de sous-région marines [données DEB, 2017].

Par ailleurs, l'agence française pour la biodiversité (AFB) finance également un ensemble d'études, de suivis et de personnels sur la thématique de la qualité de l'eau. L'estimation et la ventilation des coûts à l'échelle des sous-régions marines est réalisée, pour les études et les personnels, en fonction de leur périmètre d'action. Pour les études pluri-thématiques et de portée nationale l'estimation des coûts se fait *au prorata* du nombre de thématiques concernées et de sous-régions marines. En effet, la majorité des études de l'AFB portant sur la qualité de l'eau sont déclinées autour de 4 thématiques d'intérêt : eutrophisation prise en compte ici ; microbiologie (prise en compte dans la fiche « questions sanitaires ») ; micropolluants (prise en compte dans la fiche du même nom) et une macro-déchets (fiche « déchets »). Pour l'année 2016, les coûts supportés par l'AFB pour la réalisation d'études portant sur la thématique de l'eutrophisation sont estimés à environ 1 187 Euros par sous-région marine [données AFB, 2017].

II.B. Estimation des coûts des actions de prévention et d'évitement

La réglementation actuellement mise en place pour lutter contre l'eutrophisation résulte d'une succession de directives et de conventions mises en place à partir du début des années 1970, suite à la reconnaissance par les États de l'importance de limiter l'expansion du phénomène. En lien direct avec la protection de l'eau, le cadre réglementaire utilisé pour limiter l'eutrophisation repose principalement sur des instruments communautaires de lutte contre les rejets dans l'eau et l'air qui sont ensuite déclinés et mis en œuvre à l'échelle nationale. Deux directives européennes ont fixé les principes de la lutte contre les causes de l'eutrophisation au début des années 1990. La DERU¹¹ permet la définition de zones sensibles au sein desquelles des moyens de traitement plus importants et performants doivent être mis en place pour limiter la détérioration des écosystèmes. La directive nitrates¹² impose la définition de zones vulnérables et vise à réduire les pollutions des eaux d'origine agricole. Adoptée en 2010, la directive PEN¹³ permet de définir des limites d'émission de divers polluants, dont les oxydes d'azote et l'ammoniac, sources d'acidification et d'eutrophisation des eaux. Enfin la directive IED¹⁴ de 2010 a pour objectifs de limiter les émissions de polluants par les industriels. À ces directives s'ajoute la DCE¹⁵ et la DCSMM¹⁶ qui établissent un cadre réglementaire pour l'atteinte du bon état écologique des eaux intérieures, côtières et marines [Pinay et al., 2017].

Venant en application de la réglementation existante, les mesures de prévention et d'évitement visent à limiter le phénomène d'eutrophisation en agissant directement sur les principales sources d'émission de nutriments. Ces actions concernent majoritairement deux secteurs d'activité contribuant à l'émission d'azote

11 Directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

12 Directive 91/676/CEE du Conseil du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles

13 Directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques

14 Directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution)

15 Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

16 Directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire pour le domaine de la politique pour le milieu marin

dans le milieu marin : l'agriculture et la gestion des eaux usées domestiques. À cela, s'ajoutent les actions spécifiquement mises en œuvre dans le cadre du volet « prévention » du plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes.

II.B.1. Coût des mesures agro-environnementales

Les mesures agro-environnementales (MAE) permettent l'accompagnement des agriculteurs qui s'engagent volontairement pour une durée de 5 ans dans le « développement de pratiques [agricoles] combinant performance économique et environnementale [ainsi que] dans le maintien de telles pratiques lorsqu'elles sont menacées de disparition ». Financées sur fonds européen et national au travers du Ministère en charge de l'agriculture, les MAE sont de différentes natures et contribuent plus ou moins directement à la préservation de la qualité des eaux et de l'environnement. Il faut souligner que depuis 2015, ces mesures incluent également les notions de réponses au changement climatique par changement d'intitulé : les MAEC, mesures agro-environnementales et climatiques [Ministère de l'agriculture et de l'alimentation., En ligne].

Au sein de l'ensemble des MAE, cinq mesures spécifiques contribuent davantage, de la par leur nature, à la lutte contre l'eutrophisation : la prime herbagère agro-environnementale (PHAE) favorise la préservation des prairies dont le rôle est essentiel pour limiter à la fois l'érosion des sols *via* la préservation d'un couvert végétal et l'utilisation d'intrants ; le développement de systèmes fourragers économes en intrants (SFEI) limitant les apports d'engrais et favorisant la mise en place de prairies à légumineuses captatrices d'azote ; le soutien à la conversion l'agriculture biologique (CAB) ; le maintien à l'agriculture biologique (MAB) ; et enfin les mesures agro-environnementales territorialisées (MAET) qui tentent de répondre aux spécificités locales afin de préserver les écosystèmes remarquables au sein des bassins versant prioritaires et des sites Natura 2000 [Ministère de l'agriculture et de l'alimentation., En ligne].

Afin d'estimer la contribution de ce dispositif à la lutte contre l'eutrophisation du milieu marin, son emprise est tout d'abord limitée aux régions littorales. Les montants financiers à prendre en compte sont alors calculés en utilisant une clé de répartition surfacique qui rapporte la surface agricole utile (SAU) des régionales littorales à celle de l'ensemble des bassins hydrographiques.

Ces cinq mesures spécifiques représentent 24.6% du coût total de l'ensemble des mesures agro-environnementales mises en place au sein des régions littorales du bassin hydrographique de la sous-région marine Golfe de Gascogne. Les subventions régionales attribuées annuellement aux agriculteurs sont ensuite considérées comme ne contribuant que pour moitié à la lutte contre l'eutrophisation des eaux marines. Le montant annuel moyen de contribution de ces mesures à la préservation du milieu marin est alors estimé à 37 219 593 Euros [données DRAAF, 2017].

II.B.2. Coûts des aides apportées en faveur d'une réduction des pollutions agricoles

Les Agences de l'eau ont en charge l'attribution de différents types d'aide à l'investissement et aux travaux en faveur des agriculteurs, qui doivent favoriser l'adoption de pratiques agricoles plus performantes en termes de protection de l'environnement et de réduction des intrants, afin notamment de réduire les pollutions diffuses. Entrant dans le cadre des programmes de réduction des pollutions agricole mis en place à l'échelle régionale, ces aides peuvent également être le support d'un soutien à la conversion ou au maintien à l'agriculture biologique [Agence de l'eau Artois-Picardie., 2015]. Le montant annuel moyen des aides apportés pour la réduction des pollutions d'origine agricole est déterminé à partir des prévisions du 10^{ème} programme d'intervention des agences de l'eau (2013 – 2018). Le périmètre des aides distribuées dans un bassin hydrographique à prendre en compte pour la lutte contre l'eutrophisation du milieu marin est d'abord limité aux régions littorales en utilisant la même clé de répartition surfacique que pour les MAE, puis ramené à 50% afin de ne pas comptabiliser la contribution de ce dispositif à la lutte contre l'eutrophisation continentale.

À l'échelle de la sous-région marine Golfe de Gascogne, le montant annuel moyen des aides attribués par les agences de l'eau est estimé à 8 642 814 Euros et ne représente que 47.5% de l'ensemble des aides attribuées à l'échelle de la totalité du bassin hydrographique Adour-Garonne dont l'aide annuelle moyenne pour la réduction des pollutions agricoles est évalué à 18 182 000 [Agence de l'eau Adour-Garonne., 2015]. Cette évaluation annuelle moyenne est basée sur les estimations d'attribution d'aides produites tous les 6 ans par les agences de l'eau (période 2013 – 2018 pour le X^{ème} programme).

II.B.3. Coût de l'abattement des concentrations en azote domestique

Les rejets d'eaux usées urbaines sont également source d'azote pour les eaux marines et les systèmes d'épuration contribuant à l'abattement des teneurs en azote doivent être pris en compte comme mesure d'évitement. Le coût moyen unitaire d'investissement et de fonctionnement des stations d'épuration est estimé à environ 25 Euros/équivalent-habitant (EH) quand celui du réseau d'assainissement collectif est estimé à environ 57 Euros/EH. Ce coût moyen unitaire augmente à environ 114 Euros/EH pour le fonctionnement et l'investissement du réseau d'assainissement non collectif [déterminé à partir des communications AEAP, 2017].

Le traitement de l'azote représente environ 25% du coût total de l'épuration, mais il ne doit pas toujours être comptabilisé en totalité car il contribue également à la lutte contre l'eutrophisation des eaux continentales. Par ailleurs, dans la bande littorale des 2 km, la part des coûts de l'épuration attribuable au traitement de l'azote est ramenée à 20%, considérant que celle allant à l'évitement de la contamination microbiologique s'élève à 80% dans cette zone car prioritaire en termes de risque sanitaire pour les activités côtières.

L'estimation des coûts de l'évitement de l'eutrophisation marine s'appuie tout d'abord sur le nombre d'équivalent-habitants pris en charge par les dispositifs de traitement des eaux au sein des zones identifiées comme « sensibles » aux nitrates au titre de la directive du même nom, puisque les efforts de lutte contre les rejets d'éléments azotés y sont plus élevés. Considérant que les moyens mis en œuvre pour abattre les teneurs en nitrates des rejets ne visent pas seulement la lutte contre l'eutrophisation des eaux marines, la part du coût du traitement des eaux comptabilisés dans cette rubrique est ensuite estimée comme une fonction décroissante de la distance à la mer en posant les hypothèses suivantes : le coût de l'épuration pris en compte est de 20% dans la bande littorale inférieure à 2 km (soit la totalité du coût de l'abattement des nitrates dans ce périmètre), de 10% dans la bande de 2 à 15 km (soit 40% du coût de l'abattement des nitrates dans cette zone), puis à 5% entre 15 et 30 km. Au-delà, la contribution de l'abattement de l'azote à la lutte contre l'eutrophisation marine est considérée comme marginale.

En SRM GdG, le montant des efforts moyens annuels mis en œuvre pour limiter la pollution azotée au sein des zones sensibles est estimé à 1 145 280 Euros. Ces coûts représentent environ 7.5% des moyens financiers mis en place pour l'assainissement en zones sensibles dans une bande littorale d'environ 30 km.

II.B.4. Coûts du volet « Prévention » du Plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes et mesures sur les reliquats azotés

Le second volet « prévention » du PLAV doit favoriser la mise en œuvre de mesures novatrices dans le domaine de l'agriculture afin de réduire les flux de nutriments à la mer et favoriser le développement d'une activité agricole durable (reconquêtes des zones naturelles, systèmes de production à faible rejets, traitement des effluents d'élevage, etc.) [PLAV., 2010]. En excluant les montants réservés aux mesures agro-environnementales, déjà prises en compte au travers des MAE mises en place à l'échelle nationale, le coût moyen annuel de ce second volet préventif s'élève à environ 14 298 333 Euros pour des mesures mises en œuvre au sein des 8 baies à algues vertes identifiées dans le cadre du SDAGE Loire-Bretagne.

Une baie est localisée au sein de la sous-région marine Golfe de Gascogne pour un coût moyen annuel de prévention estimé à 1 048 007 Euros. Au sein de ces mesures préventives, les campagnes de mesures des reliquats azotés représentent un coût moyen de 30 322 Euros par an pour le suivi des exploitations agricoles localisées sur le bassin versant de la Baie de Concarneau [Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt., 2015 ; Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie & Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt., 2015].

II.C. Estimation des coûts d'atténuation des dommages

Les mesures d'atténuation ont pour objectif de limiter voire de supprimer les effets de la dégradation du milieu marin lorsque ceux-ci se sont déjà manifestés. Dans le cas de l'eutrophisation, l'atténuation de la dégradation se traduit principalement par les opérations de ramassage et de traitement des algues échouées sur le littoral lors des épisodes dits de « marées vertes ». À cela s'ajoute le coût des mesures mises en place par les établissements publics et les ministères comme le volet « curatif » du plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes.

II.C.1. Coûts du ramassage des algues vertes

Le ramassage régulier des algues vertes échouées sur les plages les plus fréquentées constitue une nécessité pour les communes qui en ont la charge, ceci afin de limiter les nuisances olfactive et visuelle, mais surtout de limiter les risques sanitaires liés aux émissions gazeuses toxiques survenant lors de la décomposition algale. Les volumes ramassés et les coûts dédiés à ces opérations varient fortement entre les différentes municipalités touchées et dépendent de leurs contraintes financières et techniques d'une part, et de la perception locale des nuisances d'autre part [CEVA., En ligne].

À l'échelle de la sous-région marine Golfe de Gascogne, le coût moyen annuel du ramassage des algues vertes est estimé à environ 323 829 Euros pour les communes littorales bretonnes ayant fait une déclaration de ramassage auprès du CEVA [données CEVA, 2017]. L'évaluation des coûts de ramassage est réalisée à partir du nombre de communes collectant des algues échouées et du coût moyen annuel déclaré par les communes auprès du CEVA pour la réalisation de ces collectes.

II.C.2. Coûts du traitement des algues vertes

Les algues échouées et ramassées par les collectivités peuvent ensuite être traitées selon deux voies distinctes : l'épandage direct et le compostage. Peu coûteux (environ 5 Euros/tonne d'algues vertes) l'épandage direct reste la voie de traitement privilégiée et permet de rééquilibrer le pH des sols agricoles. Le compostage des algues vertes est plus onéreux (environ 31 Euros/tonne d'algues vertes) mais reste la solution préconisée par l'État. Cette voie de traitement consiste à transformer les algues vertes en un produit d'amendement des sols avantageux d'un point de vue agronomique en mélangeant les algues vertes préalablement séchées avec un ensemble de produits organiques issus du compostage des déchets verts [Communautés de communes Lannion-Trégor & Pays Fouesnantais., En ligne].

Contrairement à la sous-région marine Mers Celtiques, la sous-région marine Golfe de Gascogne ne dispose pas d'usines de traitement des algues vertes. En l'absence de telles infrastructures sur le territoire, il est supposé que l'ensemble des algues vertes collectées sont traitées par épandage direct. En absence des données de tonnages ramassés annuellement par les collectivités sur les littoraux ligériens, vendéens, aquitains et basques, les coûts de traitement des algues vertes imputés à la sous-région marine n'ont pas pu être déterminés. Il faut souligner que les coûts associés au traitement des algues vertes collectées sur les sites bretons de la sous-région marine Golfe de Gascogne ont été imputés à la sous-région marine Mers Celtiques, les usines de traitement étant exclusivement localisés sur son territoire.

II.C.3. Coûts du volet « Actions curatives » du Plan gouvernemental de lutte contre les algues vertes et mesures sur les reliquats azotés

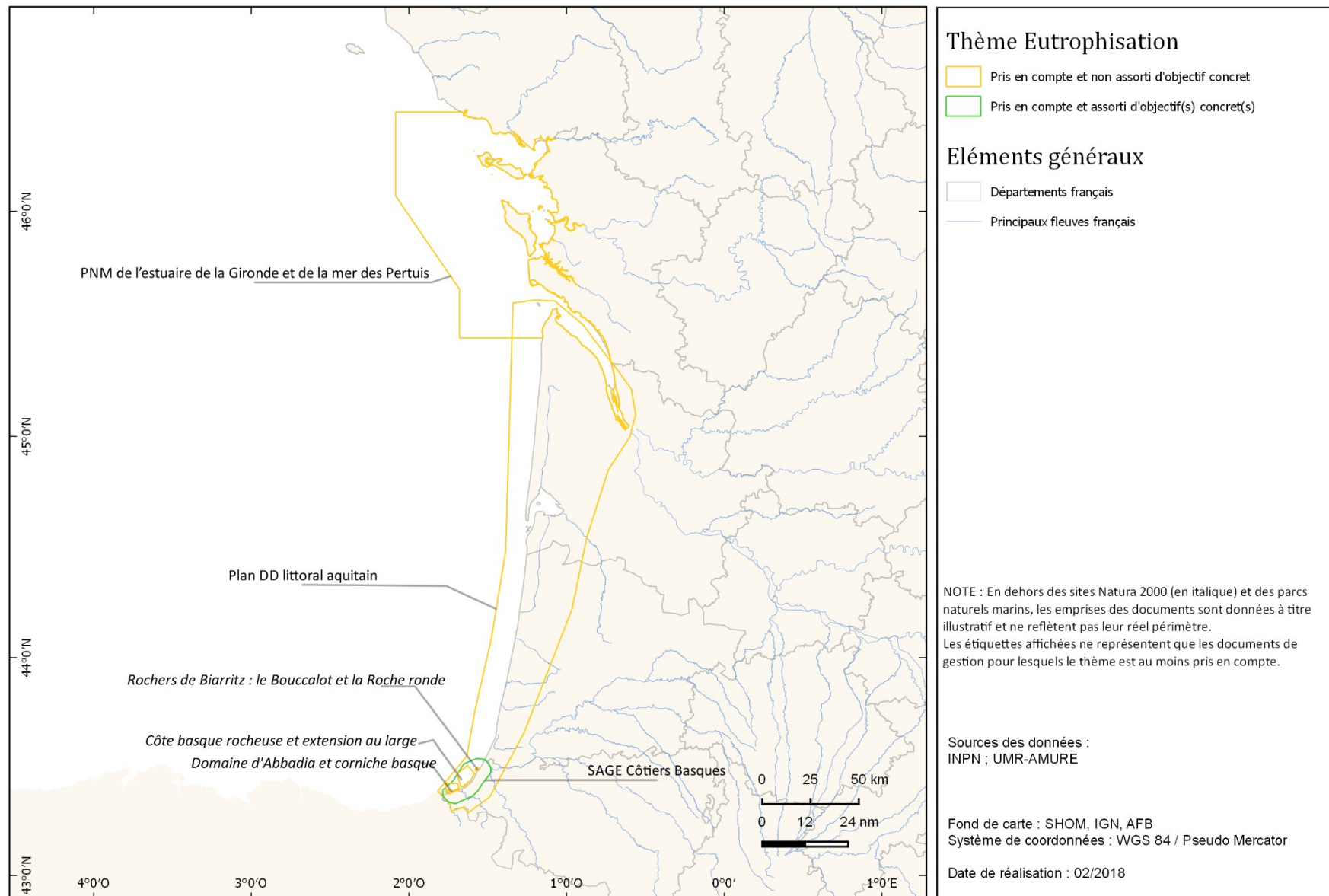
Le troisième volet « actions curatives » du PLAV s'intéresse plus particulièrement aux mesures dédiées au ramassage et au traitement des algues.

Avec un coût moyen de 100 000 Euros par an pour la SRM GdG, ce dernier volet a pour objectif d'accompagner les collectivités dans les moyens mis en œuvre pour atténuer les impacts des marées vertes : prise en charge des coûts de ramassage des algues à terre, soutien à la création de plateformes de compostages des ulves, etc. [PLAV., 2010].

II.D. Estimation des impacts résiduels

L'ensemble des actions mises en place et détaillées précédemment ne permettent pas toujours de réduire les phénomènes d'eutrophisation à un niveau qui supprimerait tout impact environnemental, social et économique. Des impacts qui sont qualifiés de résiduels du fait de leur subsistance malgré les efforts mis en place et qui restent perceptibles sur les écosystèmes, la société et de l'économie.

Carte : Prise en compte du thème Eutrophisation dans les documents de gestion de la façade Sud Atlantique



Caractérisation des impacts résiduels :

Descripteur concerné	Algues vertes en Sud Atlantique – D5
Type d'Impact résiduel	Type 1 (problématique prise en compte et assortie d'objectifs concrets)
Zones concernées par l'IR	Façade Sud Atlantique
Documents de gestion concernés	PNM de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis ; Plan de développement durable du littoral aquitain ; SAGE Côtiers basques ; DOCOB Côte Basque rocheuse et extension du large / Domaine d'Accabia et corniche / Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la roche ronde / Falaises de St Jean de Luz à Biarritz
Caractérisation de la problématique, des objectifs du dispositif de gestion et des impacts résiduels associés	<p>IR Écologiques</p> <p>Le phénomène d'eutrophisation existe localement dans la nature, mais quand il est anormalement actif sur des milieux naturellement pauvres en nutriments il est considéré comme indésirable.</p> <p>Ces phénomènes massifs d'eutrophisation sont représentés par les marées vertes. Aucune étude exhaustive n'a encore été réalisée sur l'impact écologique des marées vertes. Toutefois, sans observer de modification systématique et généralisée des écosystèmes, des effets sont localement manifestes sur la faune ou la flore, là où les accumulations d'algues sont importantes : en haut de plage sur les baies concernées par de grosses proliférations ou sur certains points de vasières et en bordure de celles-ci (schorre).</p> <p>Les zones de putréfaction induisent localement de grosses perturbations de l'écosystème (absence d'oxygène, de lumière, présence de sulfures, d'ammoniac, etc.).</p> <p>Les échouages massifs d'algues vertes sur l'estran ainsi que les activités de ramassage qui y sont liées ont un impact sur les laisses de mer de « goémon » et la faune qui y est inféodée (CEVA, 2011).</p> <p>Les coques placées dans le sédiment sous des amas d'algues vertes ont tendance à s'amaigrir en comparaison à des lots témoins sans algues vertes qui croissent normalement (Le Ru M., 2010).</p> <p>D'autre part, les ulves couvrent les aires d'alimentation de nombreuses espèces d'oiseaux au niveau des estrans sableux (ex. : les limicoles) et des vasières, diminuant ainsi l'accessibilité aux ressources alimentaires. Cependant, une étude récente en Baie de Saint-Brieuc (Ponsero et al., 2009) rappelle que l'augmentation du phénomène des marées vertes a favorisé l'augmentation des effectifs de bernaches cravants qui s'y alimentent très majoritairement d'ulves. Un aménagement des prairies maritimes, pour assurer une nourriture de substitution, permettrait le maintien des effectifs en cas de résorption du phénomène.</p> <p>Enfin, une eutrophisation importante peut modifier la composition des peuplements benthiques.</p> <p>Une biomasse d'<i>Ulva spp</i> supérieure à 110 g /m² (poids sec) et présente sur un substrat sableux ou vaseux au-delà de deux semaines induit une perte des groupes fonctionnels clés d'invertébrés benthiques (AFB, 2018)</p> <p>L'anoxie des sédiments chargés en sulfures induit par ailleurs la disparition d'une grande partie de la méiofaune benthique (vers, mollusques,</p>

etc.).

En milieu marin hauturier, les marées vertes peuvent également avoir des conséquences sur les ressources halieutiques. Les proliférations de macroalgues induisent des réponses physiologiques et comportementales des poissons entraînant une réduction de la prise de nourriture, de la croissance et des réserves énergétiques. La composition de la communauté de poissons s'en trouve affectée avec une diminution progressive des densités de poissons, qui va jusqu'à leur disparition localement pour des proliférations algales fortes et/ou prolongées (Le Luherne et al., 2016).

En conséquence, la problématique de l'eutrophisation est mentionnée et prise en compte dans le dispositif de gestion au travers d'objectifs généraux et concrets tels que :

- Des objectifs de reconquête de la qualité des eaux :

- Atteinte du bon état des masses d'eau DCE (PNM de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis ; DOCOB Côte Basque rocheuse et extension du large / Domaine d'Accabia et corniche / Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la roche ronde / Falaises de St Jean de Luz à Biarritz ; SAGE Côtiers basques)

- Le SAGE Côtiers basques ne fait pas de la pollution par les nitrates une priorité majeure du fait de la qualité acceptable des eaux du bassin pour ce paramètre. Cependant, plusieurs objectifs du schéma sont cohérents avec le 4^{ème} programme d'actions. En effet, le SAGE a pour but d'améliorer la qualité globale des eaux superficielles et de restaurer la ripisylve des différents cours d'eau.

- Des objectifs sur les pratiques agricoles et sur la réduction des flux de nutriments :

- Réduction des flux de nutriments (matières azotées et phosphorées, niveaux à préciser) dans les zones concernées par des blooms de macroalgues et/ou microalgues (PNM de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis)

- Des objectifs d'actions à mettre en place

- Actions curatives en amont sur les bassins versants : réduire les apports de MO, MES (optimisation des traitements d'assainissement collectif, etc.) (PNM de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis)

- Améliorer la gestion des systèmes d'épuration collectifs et limiter les surverses à échéance du SAGE (SAGE Côtiers basques)

- Des objectifs de connaissance

- Améliorer la connaissance sur les sources de pollutions, identifier et suivre les zones à problèmes (PNM de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis)

- Meilleure évaluation des pollutions en provenance des bassins versants amont : assainissement domestique, eaux pluviales, agriculture, etc.

- Connaissance et maîtrise des pollutions générées par les activités agricoles à échéance du SAGE (SAGE Côtiers basques, rapport environnemental)

- Impulser une dynamique de collaboration avec les structures et réseaux de suivis de la qualité des eaux littorales. Dissocier l'impact des différentes sources de pollution (DOCOB Côte Basque rocheuse et extension du large / Domaine d'Accabia et corniche / Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la roche ronde / Falaises de St Jean de Luz à Biarritz)

IR Socio-économiques

Le phénomène d'eutrophisation induit également des pertes de bénéfice dans différents secteurs économiques (conchyliculture, pêche, tourisme).

L'encombrement des coquillages, des bouchots ou des nasses d'huîtres, par les algues vertes, entraîne une augmentation du temps de travail des conchyliculteurs (temps passé au nettoyage des coquillages...).

En plus de compromettre la vente/distribution des produits issus de la pêche et de l'aquaculture lorsque les concentrations sont supérieures aux normes sanitaires, les HAB (notamment les espèces toxiques) semblent influencer la qualité/production de ces ressources (AFB, 2018).

La présence d'algues vertes sur les plages induit une diminution de la fréquentation touristique (CEVA, 2017).

Indicateurs existants (au sein du dispositif)	Description de l'indicateur	Référentiel existant	Référentiel par défaut	Valeur de l'indicateur
Biodiversité	Nombre de masses d'eau déclassées pour le paramètre Phytoplancton (DCE)	0 masse d'eau déclassée pour le paramètre Phytoplancton (DCE)		Pas de données actualisées à l'échelle de la façade Sud Atlantique. A l'échelle du site N2000 Côte basque rocheuse, le réseau de surveillance du phytoplancton de l'Ifremer sur la côte basque n'a mis en évidence aucune espèce irritante, seul un phénomène de coloration de l'eau est parfois rencontré.
	Nombre de masses d'eau déclassées pour le paramètre Nutriments (DCE)	0 masses d'eau déclassée pour le paramètre Nutriments (DCE)		Pas de données actualisées à l'échelle de la façade Sud Atlantique.
	Nombre de masses d'eau déclassées pour le paramètre Macro algues (DCE)	0 masse d'eau déclassée pour le paramètre Macro algues (DCE)		Pas de données actualisées à l'échelle de la façade Sud Atlantique. Les échouages de macro-algues (hors algues rouge) sont moyens voir faibles sur le périmètre du site N2000 Côtes basques rocheuses.
	Etat écologique DCE des eaux (ensemble de paramètres)	Bon état à atteindre, Très bon état à maintenir (DCE) pour l'ensemble des masses d'eau.		Pas de données actualisées à l'échelle de la façade Sud Atlantique. A l'échelle du SAGE Côtiers basques, sur les 15 masses d'eau, 10 (soit 67 %)

				<p>possèdent un bon état global en accord avec les objectifs de la DCE pour l'horizon 2015. Sur les 5 masses d'eau restantes, 1 est qualifiée en état moyen, 2 en état médiocre, 1 en mauvais état et 1 n'a pas été qualifiée. (Etat initial Côtiers basques, 2014).</p> <p>Nitrates : la qualité des eaux pour ce paramètre est globalement bonne avec une amélioration, sauf au petit Ichaca où la qualité est régulièrement moyenne.</p> <p>Les matières phosphorées : la qualité des eaux est globalement bonne pour cette altération. Cependant, les points situés juste à l'aval de certaines STEP connaissent des dégradations chroniques pour cette altération.</p>
Socio-économique	Niveau de conformité des installations d'assainissement collectif	100 % des installations d'assainissement collectif conformes (DERU)		Pas de données à l'échelle de la façade Sud Atlantique
	Niveau de conformité des installations d'assainissement non collectif	100 % des installations d'assainissement non collectif conformes (DERU)		Pas de données à l'échelle de la façade Sud Atlantique
Indicateurs proposés	<i>Description de l'indicateur</i>	<i>Référentiel proposé</i>	<i>Valeur de l'indicateur</i>	
Biodiversité	Nombre de sites touchés par les proliférations d'ulves	0 site touché par les proliférations d'ulves		Pas de mention de sites d'échouages dans les bilans des documents de gestion, ni par les dires d'experts (D5 DCSMM).
	Taux de perte des groupes fonctionnels d'invertébrés benthiques liée au phénomène d'eutrophisation	Diminution du taux de perte des groupes fonctionnels d'invertébrés benthiques liée au phénomène d'eutrophisation		Pas de données à ce jour.
Socio-économique	Nombre de points noirs des réseaux d'assainissement	Résorption de tous les points noirs des réseaux d'assainissement		Pas de données
	Connaissance par les gestionnaires des sources d'eutrophisation	Connaissance exhaustive par les gestionnaires des sources d'eutrophisation		Pas de données

	Nombre d'opérations de contrôle des branchements d'assainissement collectif	Augmentation du nombre d'opérations de contrôle du respect des bonnes pratiques de pêche effectués par année civile	Pas de données
	Nombre d'heures supplémentaires de travail pour les conchyliculteurs vis-à-vis de l'impact des algues vertes sur les sites conchylicoles	0 heure supplémentaire pour les conchyliculteurs vis-à-vis de l'impact des algues vertes sur les sites conchylicoles	Pas de données.
	Taux de fréquentation touristique des hôtels situés dans des zones sujettes à échouages d'algues vertes	Maintien ou augmentation du taux de fréquentation touristique des hôtels situés dans des zones sujettes à échouages d'algues vertes	Probablement non significatif du fait de l'absence de sites d'échouages importants
	Nombre de fermetures de zones de baignade, zones conchylicoles professionnelles ou zones de pêche à pied de loisir dues au phénomène d'eutrophisation.	0 fermeture de zones de baignade, zones conchylicoles professionnelles ou zones de pêche à pied de loisir	Pas de données
Bilan de l'évaluation de l'IR	Très élevé (indicateurs tous rouge), élevé (rouge + orange), moyen (orange), faible (orange et vert)		

III. Discussion

Au regard des éléments présentés pour la thématique de l'eutrophisation lors du cycle 1 de la DCSMM, il ressort en premier lieu une forte augmentation des coûts. Cette évolution résulte très majoritairement d'une modification des éléments méthodologiques permettant la définition de l'analyse des coûts de la dégradation. Ces changements de méthode concernent différents points :

- Modification des périmètres impactants pris en compte. Lors du premier cycle, seuls les bassins versants à algues vertes (bassins versants dont les baies réceptrices ont fait l'objet d'un échouage d'algues) ont été pris en compte, notamment dans la définition des coûts d'abattement en azote domestique. Considérant que la lutte contre l'eutrophisation concerne l'ensemble de l'espace côtier et pas uniquement les zones faisant l'objet d'échouage massif d'algues ; et en absence d'une définition précise quant au périmètre impactant de l'azote en provenance du bassin versant, le périmètre retenu dans le cadre de ce second cycle a été étendu à une bande littorale de 30 km au sein des zones sensibles ou au sein des périmètres administratifs des régions littorales des différents bassins hydrographiques en fonction de la précision des données disponibles.
- Ajout de nouveaux dispositifs. Enfin, dans un souci de représentativité optimal des actions menées pour la lutte contre l'eutrophisation, de nouveaux dispositifs nationaux ont été intégrés dans l'analyse des coûts pour ce second cycle comme le volet « phytoplancton » du SOMLIT ou la prises en compte des mesures agro-environnementales.

D'une manière générale, l'objectif de déterminer le coût des mesures existantes qui contribuent à la réduction du phénomène d'eutrophisation en milieu marin uniquement a posé un certain nombre de difficultés méthodologiques et par conséquent les estimations proposées dans cette section sont à manipuler avec prudence.

Pour certains aspects du dispositifs, l'évaluation des coûts liés à l'eutrophisation marine a été faite *a minima* car il existe de nombreuses actions mises en place aux échelles nationales et locales dont il n'a pas été possible d'extraire la part qui est propre à la lutte contre l'eutrophisation marine. Pour d'autres volets, notamment en ce qui concerne les MAE et le traitement des eaux, des hypothèses sur les périmètres impactants et les fractions du dispositif à prendre en compte ont dû être posées, qui mériteraient d'être rediscutées dans le cadre d'une consultation plus large d'experts impliqués à la fois dans la DCSMM et la DCE. C'est le cas par exemple des mesures agro-environnementales qui n'ont été prises en compte que partiellement mais à l'échelle de l'ensemble des régions littorales, ce qui a nécessité d'isoler les coûts correspondants de ceux de la totalité du bassin hydrographique par utilisation d'une clé de répartition surfacique. Par ailleurs, l'estimation du coût de certaines mesures repose sur des déclarations faites sur la base du volontariat et qui ne sont donc que partiellement représentative de la situation réelle et des coûts associés (cas du ramassage des algues dont les tonnages et les coûts de ramassage sont estimés sur la base des déclarations communales). Pour certains dispositifs, l'absence de données précises disponibles à des échelles suffisamment fines a imposé l'utilisation de clés de répartition afin de répartir les coûts entre sous-régions marines. Il en est de même pour les données de coûts inhérents aux émissions d'azote atmosphérique dont il est difficile d'estimer la contribution à l'eutrophisation des eaux marines. Enfin, certains dispositifs figurant dans l'analyse du premier cycle n'ont pas été intégrés à la présente évaluation soit : (i) parce qu'ils sont intégrés dans des mesures de plus larges envergures (cas de contrats de bassins versants financés par les agences de l'eau au titre des mesures de réduction des pollutions d'origine agricole) ; (ii) parce que leur mises en œuvre n'est plus réalisé sur la période d'intérêt et que ces derniers ne sont pas pérennes d'une année sur l'autre (cas du ramassage expérimentale des algues dans le rideau de mer) ; (iii) parce que les données de coûts ne sont pas disponibles.

Les hypothèses formulées dans le cadre de ce second cycle ont néanmoins permis de construire un référentiel

visant à faire ressortir le périmètre et le coût des mesures et des actions effectivement mises en œuvre pour lutter contre l'eutrophisation marine.

IV. Synthèse

L'estimation globale des coûts liés au phénomène d'eutrophisation marine permet de mettre en avant l'importance des coûts liés aux mesures de prévention et d'évitement résultant principalement des actions mises en place pour la préservation de la qualité des eaux.

Fonction des problématiques locales, la répartition des coûts à l'échelle nationale de chaque sous-région marine pour les différents types d'actions mises en place reste très variable, comme le montre le tableau 1.

En Golfe de Gascogne, les actions de suivi et d'information représente environ 4% du coût total de ces actions à l'échelle de la SRM, contre 95.1% pour les actions de prévention et d'évitement et 0.9% pour l'atténuation. L'ensemble des coûts inhérents à la thématique sont estimés à environ 50 503 279 Euros et représente 19.1% des coûts inhérents à l'eutrophisation à l'échelle nationale.

Tableau 1 : Synthèse des coûts liés à l'eutrophisation en SRM GdG

	France métropolitaine	GDG	Période	Source
Mesures de suivi et d'information				
Mise en œuvre d'OSPAR	7688 €	3 844 €	Année de référence, 2016	MTES – DAEI, 2017
Contribution française au programme européen EMEP – <i>European monitoring evaluation programme</i>	38400 €	12 800 €	Année de référence, 2016	Observatoire MERA, 2017
Réseau de suivi du phytoplancton et des phycotoxines, REPHY	2231358 €	581 215 €	Année de référence, 2016	Ifremer, 2017
Volet « phytoplancton » du service d'observation en milieu littoral, SOMLIT	299320 €	72 662 €	Année de référence, 2016	Ifremer, 2017
Suivi des marées vertes	600000 €	200000 €	Année de référence, 2016	CEVA, 2017
Recherche et suivi des connaissances sur l'eutrophisation	2756 395 €	804 349 €	Année de référence, 2017	AMURE, 2017
Actions et suivis financés par les établissements publics et les ministères	383879 €	95969 €	Moyenne sur 2 ans	DEB, 2017 ; AFB, 2017
<i>Direction de l'eau et de la biodiversité, DEB</i>	379130 €	94782 €	Moyenne sur 2 ans	DEB, 2017
<i>Agence française pour la biodiversité, AFB</i>	4749 €	1187 €	Année de référence, 2016	AFB, 2017
Volet 1 du plan national de lutte contre les algues vertes, PLAV	2023333 €	252 917 €	Moyenne sur 6 ans	Bibliographie
Mesures de prévention et d'évitement				
Mesures agro-environnementales, MAE	77877 846 €	37219 593 €	Année de référence, 2014	DRAAF, 2017
<i>dont prime herbagère agro-environnementale, PHAE</i>	38656 879 €	24354 514 €	Année de référence, 2014	DRAAF, 2017
<i>dont système fourrager économe en intrants, SFEI</i>	3079 572 €	77 200 €	Année de référence,	DRAAF, 2017

			2014	
<i>dont conversion et maintien à l'agriculture biologique, CAB & MAB</i>	1610 115 €	900 855 €	Année de référence, 2014	DRAAF, 2017
<i>dont mesures agro-environnementales territoriales, MAET</i>	34531 279 €	11887 024 €	Année de référence, 2014	DRAAF, 2017
Aides à la réduction des pollutions d'origine agricole	30127 570 €	8642 814 €	Moyenne sur 6 ans	Bibliographie
Abattement des concentrations en azote domestique	140627 552 €	1 145 280 €	Année de référence, 2016	Base de données ERU, 2017 et AEAP, 2017
Volet 3 du plan national de lutte contre les algues vertes, PLAV	14298 333 €	1048 007 €	Moyenne sur 6 ans	Bibliographie
<i>dont mesures sur les reliquats azotés</i>	657333 €	30 322 €	Moyenne sur 6 ans	Bibliographie
Mesures d'atténuation				
Ramassage des algues vertes échouées	1 042012 €	323 829 €	Moyenne sur 6 ans	AESN, 2017
Volet 2 du plan national de lutte contre les algues vertes, PLAV	800 000 €	100 000 €	Moyenne sur 6 ans	Bibliographie

Références et données

- AFB (2018), Séminaire DCSMM OE – 30/01/2018
- Agence de l'eau Adour-Garonne (2015) Adaptation du 10ème programme pluriannuel d'intervention 2016-2018, Conseil d'administration du 16 juin 2015, 17p.
- Agence de l'eau Artois-Picardie (2015) La lutte contre les pollutions diffuses dans le bassin Artois-Picardie, 2p.
- AQUAREF & IFREMER (2014) Guide méthodologique des méthodes DCE en hydrologie littorale – Zostère, blooms opportunistes et phytoplancton, Méthodes de bioindication en eaux littorales, 31p.
- CEVA « *Marées vertes et fréquentation touristique* » (2017)
- CEVA, Centre d'étude et de valorisation des algues (2015) Contrôle de surveillance DCE 2014 – Suivi des blooms de macroalgues opportunistes, 71p.
- CEVA, *Risques et nuisances des marées vertes* (2011).
- Chambre régionale des comptes de Bretagne (2007) Rapport d'observation définitive, communauté de communes du Pays de Fouesnant, 48p.
- Communauté de communes du Pays Fouesnantais (2012) Exercice 2012, Rapport sur la qualité du service public d'élimination des déchets, 17p.
- Communauté de communes du Pays Fouesnantais (2014) Exercice 2014, Rapport sur la qualité du service public d'élimination des déchets, 19p.
- Communauté de communes du Pays Fouesnantais (2016) Rapport déchets, exercice 2016, 44p.
- Communauté de communes de la presqu'île de Crozon (2012) Rapport annuel 2012, service d'élimination des déchets, 32p.
- Communauté de communes de la presqu'île de Crozon (2015) Rapport annuel 2015, service d'élimination des déchets, 32p.
- Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (2015) Analyses de reliquats d'azote – Rapport de synthèse sur les quatre premières années de mise en œuvre : 2010 à 2013, 128p.
- Le Luherne, E., Réveillac, E., Ponsero, A., Sturbois, A., Ballu, S., Perdriau, M., & Le Pape, O. (2016). Fish community responses to green tides in shallow estuarine and coastal areas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 175, 79-92.
- Le Ru, M., 2010. Rapport de stage DUT à l'Ifremer « *Impact de la dégradation des algues vertes sur les coquillages fouisseurs* ». 19p. et annexes.)
- Kerval centre Armor (2014) Rapport sur le prix et la qualité du service des déchets, 102p.
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie & Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (2015) Evaluation du volet préventif du plan 2010-2015 de lutte contre les algues vertes en Bretagne – Bilans et propositions, 145p.
- Observatoire national de la mer et du littoral, ONML (2015) Impact global des apports en nutriments et en matière organique : Eutrophisation du milieu marin in Les fiches thématiques de l'observatoire nationale de la mer et du littoral, 7p.
- OSPAR (2010) Bilan de santé 2010 – QSR. Commission OSPAR – Londres, 176p.
- Pinay.G., Gascuel.C., Ménesguen.A., Souchon.Y., LeMoal.M., (coord)., Levain.A., Moatar.F, Pannard.A, Souchu.P., (2017) L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'expertise scientifique collective CNRS, Ifremer, INRA, Irstea (France), 148p.
- PLAV (2010) Plan de lutte contre les algues vertes, 10p.
- Ponsero, A. Le Mao, P., Yesou, P., Allain, J., Vidal, J. 2009. *Eutrophisation littorale et conservation de l'avifaune aquatique : le cas de la Bernache cravant (Branta bernicla bernicla) hivernant en baie de Saint-Brieuc*. Revue d'Ecologie, Terre et Vie 64 (2009) 157-170.
- Ruellet T. (coord.), Breton G., 2012. Projet VIP : Vie Introduite dans les Ports. Projet Seine-Aval 4, 415p.
- SIMER (2016) Tarifs 2016, compost, épandage et transport, 2p.
- Site internet des agences de l'eau, agencedeleau.fr – Consulté le 24/07/2017
- Site internet du Centre d'étude pour la valorisation des algues - CEVA : www.ceva.fr – Consulté le 20/12/2017

Site internet de la commission économique des nations unies pour l'Europe : UNECE, United nations economic commission for Europe – www.unece.org/fr/info/ece-homepage.html - Consulté le 09/02/2018

Site internet de la Commission OSPAR, protéger et préserver l'Atlantique du Nord-Est et ses ressources : <https://www.ospar.org> – Consulté le 09/01/2018

Site internet des communautés de communes de Lannion-Trégor et du Pays Fouesnantais : www.lannion-tregor.com & www.cc-paysfouesnantais.fr – Consulté le 10/02/2018

Site internet de la communauté de commune de Douarnenez : www.douarnenez-communaute.fr – Consulté le 10/02/2018

Site internet de l'école des mines Telecom de Lille - Douais : <http://sage.mines-douai.fr/pages/observatoire-mera> - Consulté le 09/02/2018

Site internet de l'infrastructure de recherche littorale et côtière - ILICO : www.ir-ilico.fr – Consulté le 11/12/2017

Site internet de l'Ifremer « environnement » : envlit.ifremer.fr – Consulté le 19/12/2017

Site internet du Ministère de l'agriculture et de l'alimentation : agriculture.gouv.fr – Consulté le 09/02/2018

Acronymes

AEAP : Agence de l'eau Artois-Picardie
AES : Analyse économique et sociale
AFB : Agence française pour la biodiversité
ARCHYD : Réseau hydrologique du bassin d'Arcachon
CAB : Conversion à l'agriculture biologique
CEVA : Centre d'étude et de valorisation des algues
CNRS : Centre national de la recherche scientifique
DCE : Directive cadre sur l'eau
DCSMM : Directive cadre stratégie pour le milieu marin
DEB : Direction de l'eau et de la biodiversité
DERU : Directive relative au traitement des eaux urbaines résiduaires
DIED : Directive relative aux émissions industrielles (Directive IED)
DIETE : Diagnostic étendu de l'eutrophisation (programme de recherche)
DPEN : Directive fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques (Directive PEN)
DRAAF : Direction régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
EH : Equivalent-habitant
EMEP : *European monitoring and evaluation programme* (Programme européen d'évaluation et de suivi des émissions atmosphérique)
EPHE : Ecole pratique des hautes études
IRD : Institut de recherche pour le développement
Ifremer : Institut française de recherche pour l'exploitation de la mer
INRA : Institut national de la recherche agronomique
MAB : Maintien à l'agriculture biologique
MAE : Mesure agro-environnementale
MAEC : Mesure agro-environnementale et climatique
MAET : Mesure agro-environnementale territorialisée
MERA : Observatoire national de mesure et d'évaluation en zone rurale de la pollution atmosphérique à longue distance
MTES : Ministère de la transition écologique et solidaire
OSPAR : Oslo – Paris
PHAE : Prime herbagère agro-environnementale
PhytObs : Réseau d'observatoire du phytoplancton
PLAV : Plan national de lutte contre les algues vertes
QSR : *Quality status report* (Rapport d'état sur la qualité des eaux marines)
REPHY : Réseau d'observation et de surveillance du phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales
REPHYTOX : Réseau de surveillance des phycotoxines dans les organismes marins
SAU : Surface agricole utile
SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SFEI : Systèmes fourragers économes en intrants
SHOM : Service hydrographique et océanographique de la marine
SOMLIT : Service d'observation en milieu littoral
UE : Union européenne
UNECE : *United nations economic commission for Europe* (Commission économique des nations unis pour l'Europe)

Annexe méthodologique : Dépenses de recherche sur les thèmes de dégradation

1. Calcul du budget total

Dans un premier temps, le budget total de la recherche portant sur l'environnement marin a été évalué. Pour cela, les laboratoires de recherche impliqués dans les sciences marines ont été inventoriés pour déterminer le nombre de chercheurs impliqués.

Il n'existe pas de base de données qui inventorie les laboratoires impliqués dans la recherche marine. Afin de conduire cet inventaire et avec la volonté d'être le plus exhaustif possible, différentes sources d'informations ont été utilisées :

- Le réseau RESOMAR ;
- Le réseau Universités-Marines ;
- Le document de prospective de l'INEE intitulé « Prospective Mer » de 2013 ;
- Le document de prospective de l'INSU intitulé « Prospective Océan Atmosphère » de 2011.

Le périmètre de la recherche marine n'est pas clairement défini, tous les laboratoires ne travaillent pas « exclusivement » sur le milieu marin¹. Pour préciser le périmètre, l'échelle de l'équipe de recherche a été choisie : les sites internet de chaque UMR ont été consultés afin d'identifier pour chaque équipe de recherche le nombre de chercheurs et leur organisme de rattachement.

Afin de déterminer un budget total, pour chaque organisme² un coût « environné » par chercheur a été calculé, en divisant le budget total de l'institut par le nombre total de chercheurs. La logique est qu'avec un chercheur, il y a une équipe (personnels administratifs, ingénieurs, techniciens), des dépenses d'investissement, des coûts de fonctionnement et des coûts de support (ressources humaines, services informatiques, etc.).

Le cas de l'IFREMER est considéré comme un cas à part, puisque spécialisé dans le milieu marin : l'intégralité de son budget a été prise en compte. Pour le SHOM, malgré sa spécialisation dans le milieu marin, seuls 20% de son budget ont été considérés, correspondant aux activités Hydrographie Nationale en eaux Métropolitaines³. Le reste des activités est à but militaire ou hors du périmètre géographique de l'étude.

1 À l'inverse, il est possible que des laboratoires n'affichant pas de recherche sur le milieu marin hébergent quelques chercheurs dont le milieu marin est un sujet d'étude.

2 CNRS-INEE, IRD, Universités, MNHN, EPHE.

3 Rapport d'activité 2016.

2. Répartition du budget total par thème de dégradation et par SRM/façade maritime

Pour répartir ce budget total par thème de dégradation et par sous-région marine (SRM) ou façade maritime, une analyse bibliométrique a été réalisée.

Une recherche sur *Web of Science* des publications portant sur le milieu marin a été entreprise, en restreignant le champ avec des mots clés correspondant à chaque thème de dégradation (tableau 1). Cela a permis de calculer une clé de répartition du budget par thème, en appliquant les règles suivantes :

- une publication présente dans plusieurs thèmes est répartie entre eux ;
- exception pour le thème biodiversité, son poids est attribué aux autres thèmes ;
- exception pour les publications communes entre « organismes pathogènes microbiens » et « ressources conchylicoles », leur poids est attribué au thème ressources conchylicoles.

Nationale	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine)	16930
Macrodéchets	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("solid waste" OR debris OR trash OR plastic OR rubbish OR garbage OR macrowaste OR macro-waste OR "macro waste" OR litter OR "waste material") NOT TS=("genetic*" OR "paleo*" OR "phenotyp*") NOT SU=(Geology)	214
Micro-polluants	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(pollution OR contamination) AND TS=(micropollutant* OR micro-pollutant* OR contaminant* OR chemical* OR metal* OR pesticide OR herbicide OR residues OR medicine OR drugs OR fungicide OR antifouling OR "endocrine disruptors")	470
Pathogènes	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(pathogen* OR germs OR virus OR "e. coli" OR "Escherichia coli" OR "Enterococcus")	674
Marées noires et rejets illicites	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(spill OR spills OR "accidental pollution" OR "accidental discharge*" OR "accidental effluents" OR "illicit pollution" OR "illicit discharge*" OR "illicit effluents" OR "oil slick*" OR "chemical slick*") NOT TS=(radionuclid*)	121
Espèces invasives	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("invasive species" OR "alien species" OR "non-native species" OR "exotic species")	179
Ressources halieutiques	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(fisher* OR fishing OR halieutic) AND TS=(landing* OR biomass OR recruitment OR stock OR management OR effort OR yield* OR quota* OR mortalit* OR gear* OR metier* OR métier*)	1083
Ressources conchylicoles	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(oyster* OR mussel* OR shellfish*)	615
Introduction d'énergie et perturbation hydrologiques	(CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(modification OR perturbation OR disturbance) AND TS=(hydrodynamic OR hydrological OR temperature OR salinity) AND TS=(environment* OR ecology*)) OR (CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(impact OR pressure) AND TS=(sound OR electromagnet* OR acoustic OR heat OR sonar) AND TS=(environment* OR ecology*))	178

Biodiversité et intégrité des fonds	(CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(biodiversity OR habitat* OR ecosystem* OR species)) OR (CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(modification OR perturbation OR disturbance OR integrity OR pressure OR impacts OR damage) AND TS=(seabed OR seafloor OR soft-bottom OR hard-bottom) AND TS=(environment* OR ecology*))	6015
Eutrophisation	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(eutrophication OR hypertrophication OR "green tide*" OR "marée verte*" OR "green alg*" OR ((nitrate OR phosphate OR "organic matter") AND (excess OR hypoxia OR anoxia OR "algal bloom*")))	331

Tableau 1 : Mots clés par thématique de dégradation et nombre de publications associées

Cette analyse permet de construire une clé de répartition du budget par thème de dégradation (tableau 2) :

Macro-déchets	Micropolluants	Organismes Pathogènes Microbiens (questions sanitaires)	Marées noires	Espèces non indigènes	Ressources halieutiques
1,13%	2,32%	3,12%	0,63%	0,87%	6,00%
Ressources conchylicoles	Introduction d'énergie	Biodiversité	Eutrophisation	Aucun	
3,14%	0,90%	23,55%	1,74%	56,58%	

Tableau 2 : Clés de répartition du budget par thématique de dégradation

Un budget a ainsi été obtenu par thème de dégradation. Ce budget a ensuite été ventilé par SRM ou façade, pour chaque thématique, grâce à une autre analyse bibliométrique construite de la même manière (tableau 3).

Nationale	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine)
Manche Est - mer du Nord	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("north sea" OR channel OR "Hauts-de-France" OR seine OR "pas-de-calais" OR normand* OR Picard* OR somme OR manche OR Calvados OR "le havre" OR Boulogne OR dunkerque OR Cherbourg OR "saint michel" OR Calais OR Boulogne OR "Normano-Breton Gulf")
Mers celtiques	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(channel OR Brittany OR "north atlantic" OR "celtic sea*" OR iroise OR Brest OR vilaine OR armor OR finistère OR saint michel OR saint brieuc OR Morlaix) NOT TS=(arctic OR polar)
Golfe de Gascogne	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("bay of Biscay" OR atlantic OR Aquitaine OR charent* OR "basque country" OR loire OR Gironde OR Garonne OR Bordeaux OR nantes OR Lorient OR "cantabrian sea" OR arcachon OR lande* OR vendee OR "golfe de gascogne" OR arcachon) NOT TS=(antilles OR caribbean* OR america OR indian OR baltic OR pacific OR arctic OR polar)

Méditerranée	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(mediterranean* OR corsica OR camargue OR riviera OR rhone OR languedoc OR provence OR herault OR “golfe of lion”) NOT TS=(adriatic OR egean OR maghreb) NOT TS=(lagoon* OR laguna*)
--------------	--

Tableau 3 : Mots clés par SRM/façade

Comme pour la répartition par thématique de dégradation, une clé de répartition du budget par SRM/façade maritime a été construite (tableau 4).

	Déchets	Micropolluants	OPM	Marées Noires	ENI	Res Hal	Res Conch	Intro énergie & modif hydro	Biodiv & fonds	Eutroph
MEMN	6%	7%	2%	5%	5%	9%	6%	5%	5%	8%
MC	5%	4%	3%	8%	7%	5%	6%	8%	6%	9%
GDG	6%	9%	4%	11%	11%	15%	10%	11%	10%	11%
MED	18%	16%	7%	14%	25%	13%	9%	13%	13%	6%
Non DCSMM	66%	63%	84%	62%	51%	58%	69%	63%	66%	67%

Tableau 4 : Clés de répartition du budget par SRM/façade pour chaque thématique

3. Synthèse

Macro-déchets		Micropolluants	
MEMN	390 000	MEMN	1 000 000
MC	300 000	MC	600 000
GDG	380 000	GDG	1 300 000
MED	1 130 000	MED	2 200 000
Total	2 100 000	Total	5 100 000
Espèces non-indigènes		Ressources halieutiques	
MEMN	263 487	MEMN	2 200 000
MC	371 704	MC	1 300 000

GDG	536 384		GDG	3 600 000
MED	1 284 497		MED	3 200 000
Total	2 456 072		Total	10 300 000
Biodiversité et intégrité des fonds		Eutrophisation		
MEMN	7 100 000		MEMN	640 000
MC	8 300 000		MC	700 000
GDG	14 600 000		GDG	800 000
MED	17 800 000		MED	400 000
Total	47 800 000		Total	2 500 000
Organismes pathogènes microbiens		Marées Noires		
MEMN	300 000		MEMN	191 000
MC	500 000		MC	290 000
GDG	700 000		GDG	416 000
MED	1 100 000		MED	547 000
Total	2 600 000		Total	1 446 000
Ressources conchylicole s		Energie et modifications hydrologiques		
MEMN	1 100 000		MEMN	200 000
MC	1 300 000		MC	400 000
GDG	1 900 000		GDG	500 000
MED	1 700 000		MED	600 000
Total	6 000 000		Total	1 700 000

