AMBASSADE DE FRANCE EN ALLEMAGNE
SERVICE POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

Berlin, le 3 septembre 2014

Rédacteur :Thomas Rius, Stagiaire ENS

LA GESTION DES POLLUTIONS EN MER BALTIQUE : INITIATIVES ALLEMANDES ET EUROPEENNES

TABLE DES MATIERES

Introduction - Etat des lieux en mer Baltique 2

I. Situation générale de la mer Baltique 2

II. La mer Baltique : un environnement soumis à une forte eutrophisation 4

Partie I - Coopération et actions politiques 7

I. Collaborations au niveau européen 7

1. Politiques maritimes globales de l'Union européenne 7

2. Diverses politiques sectorielles mises en place par l'Union européenne 11

II. Coopération inter-étatique 14

Partie II - Recherches et projets en cours 19

I. Recherches visant à trouver une solution de traitement d'un environnement eutrophié 19

A. Réutilisation des algues ou nutriments 20

1. Récolte des algues et réutilisations industrielles 20

2. Réutilisation des nutriments à des fins industrielles 22

B. Méthodes de réduction de la masse algale 23

1. Utilisation de drones et technologies autonomes afin de réduire la masse algale 23

2. Bio manipulation afin de diminuer la masse algale 24

II. Recherches visant à développer des modes de préventions du phénomène d'eutrophisation 25

1. Eviter en amont la contamination des eaux marines par des nutriments 25

2. Traitement à priori de l'eau marine 26

Conclusion 29

Introduction - Etat des lieux en mer Baltique

I. Situation générale de la mer Baltique

La mer Baltique, de part une situation géographique très particulière est un environnement marin vulnérable.

❖ *Situation géographique*

Figure 1 - Bassin de drainage de la Mer Baltique (Baltic Nest Institute Sweden)

La mer Baltique, mer européenne semi-fermée, entourée par neuf pays (Suède, Danemark, Allemagne, Pologne, Russie, Lituanie, Lettonie, Estonie et Finlande), est un des plus grands systèmes d'eau saumâtre du monde (415 000 km²). Composée de sept sous bassins, elle présente la particularité d'être, du moins pour une large partie, peu profonde (profondeur moyenne de 52 m). De fait, son volume est faible : seulement 21,760 km^3. Pourtant, l'activité humaine est, sur ses côtes, importante.

En effet, la mer Baltique, draine les eaux en provenance d'environ 14 pays, sur une

superficie de 1.72 millions de km², pour une population de près de 90 millions d'habitants. S'y ajoute de faibles échanges avec l'océan Atlantique (via le détroit du Kattegat entre le Danemark et la Norvège) avec donc un taux de renouvellement de l'eau très faible (entre 25 à 40 ans pour un renouvellement complet de la masse d'eau) et des conséquences environnementales importantes.

- *Etat des lieux environnemental*[1]

L'écosystème baltique est varié. Trois types d'habitats sont à distinguer : la zone endobenthique (*soft bottom*) et la zone benthique (*hard bottom*), situées au fond de la mer, que l'on oppose à la zone pélagique, la colonne d'eau entre le fond et la surface.

Se situe dans les deux premières zones la plus grande biodiversité de la mer Baltique. On y trouve habituellement une couche de micro-algues fixée au fond marin dans laquelle évolue une faune riche. Les espèces les plus représentées sont : *Fucus vesiculosus* ou Varech vesiculeux (microalgue), des poissons comme la perche ou le hareng, des crustacés et des moules. Ces dernières (*Mytilus edulis*) représentent 90% de la biomasse animale et sont, une source de nourriture importante ainsi que des filtres très efficaces. La zone endobenthique comprend principalement de la vase et de sédiments. Elle est traditionnellement dominée par les clams et plusieurs types d'algues (*Phragmites australis, Chara ssp, etc.)*. Enfin, la zone pélagique, où les espèces évoluent en eau libre, contient peu de biodiversité. On y trouve planctons et poissons de pêche.

A cause du faible taux de renouvellement de l'eau, une forte stratification, un volume d'eau faible et un bassin versant étendu, la mer Baltique est un écosystème extrêmement sensible subissant de nombreux phénomènes naturels mais aussi anthropiques. Ainsi, les pollutions sont nombreuses : pollution due aux armes chimiques déversées dans ses eaux (principalement pendant la Seconde Guerre mondiale), fuite de composés de métaux lourds, substances organiques, matières radioactives et fioul de chauffage ou hydrocarbures[2]. La surexploitation des stocks de poissons et l'impact du changement climatique sont aussi à l'origine d'une perte de la biodiversité initiale. On assiste à une augmentation de la présence d'espèces non endémiques à la mer Baltique, introduite le plus souvent par l'intermédiaire – volontaire ou non – de l'homme[3], et qui constituent une nouvelle agression pour cet écosystème. Enfin, le développement de l'agriculture dans le bassin de drainage de la mer Baltique a entrainé un apport excessif d'engrais et de matières organiques, provoquant le développement de phénomènes d'eutrophisation rapide.

---

[1] Cf. "*State of the Baltic Sea – Background paper"*, BalticSTERN, 2013
[2] Cf. " *How to control and manage hazardous substances in the Baltic Sea region ? – Final summary report of the COHIBA project* " – A. Pilke, T. Nakari, E. Schultz, P. Munne, E. Broström-Lundén, H. Andersson, C. Mathan, F. Marscheider-Weidemann, K. Sild, M. Durkin, COHIBA project consortium, 2012.
[3] Cf. Vitousek et al., 1997, UNEP, 2006

II. La mer Baltique : un environnement soumis à une forte eutrophisation

Le phénomène d'eutrophisation se définit *stricto sensu* comme la progression de l'enrichissement (apport excessif de substances nutritives comme les nitrates ou le phosphore) d'un milieu, au point tel qu'il en résulte des nuisances pour l'écosystème et, finalement, pour l'homme. La présence de nutriments dans l'eau favorise le développement d'une biomasse algale excessive qui

augmente la turbidité de l'eau et, lorsqu'elle se dégrade, provoque une situation d'hypoxie (réduction de la concentration d'oxygène dissous dans l'eau)[4] voire d'anoxie (absence d'oxygène).

Figure 2 : Le phénomène d'eutrophisation, Commission OSPAR, 2003: Rapport intégré de 2003 sur l'état d'eutrophisation

Plusieurs mécanismes sont à l'origine de l'eutrophisation d'un milieu, qui se manifeste de deux manières, en fonction de l'apparence des algues proliférantes. En effet, ces dernières peuvent être planctoniques ou macrophytiques.

❖ *Les mécanismes à l'origine de l'eutrophisation marine*

Plusieurs mécanismes conduisent à une eutrophisation marine :

- Une masse d'eau confinée : une lagune ou une mer quasi-fermée comme la Baltique est ainsi plus exposée à un risque d'eutrophisation, les mers ouvertes n'y échappent pourtant pas, dès lors que certains phénomènes hydrodynamiques sont susceptibles de créer un confinement dynamique (courant résiduel très faible, etc.).

[4] Cf. *L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France*, Rapport IFREMER DEL/EC/01.02 – Janvier 2001

- Un bon éclairement de la suspension algale : un environnement bien brassé par la houle (ce qui est le cas de la mer Baltique, soumise aux vents), peu profond et peu salé offrent un éclairement plus élevé en moyenne, favorisant l'eutrophisation.
- Enfin, des apports excessifs en nutriments par rapport aux capacités d'évacuation ou de dilution. Les apports d'azote sont à l'origine de la prolifération de macrophytes nitrophiles et du phytoplancton. La mer Baltique dont la côte subit une pression démographique forte et une agriculture intensive, y est extrêmement sensible.

Les mesures ont montré que le taux de nutriments dans la mer Baltique a décru par rapport aux années 1970 et semble dorénavant stable.

Figure 3 : Présence de Nitrates (N) et de Phosphore (P) dans la mer Baltique. Source HELCOM 2013

❖ *Les manifestations de l'eutrophisation marine*

Une première forme d'eutrophisation est caractérisée par la prolifération importante de phytoplancton (micro-algues). Dans cette situation et sous certaines conditions hydrodynamiques, une baisse drastique de la concentration en oxygène dissous dans l'eau peut se produire. En mer Baltique, l'augmentation de la masse algale et ces désoxygénations ont été constatées depuis déjà plusieurs années (Rheinheimer 1998). Des recherches (Anderson, 1995) ont montré que ces algues proliféraient depuis les années 70 à cause de plusieurs facteurs : une dispersion des algues nuisibles par les courants et les tempêtes, une hausse des rejets anthropiques, le changement climatique à long terme, etc. A noter que,, le phytoplancton marin se compose de plus de 6 000 espèces dont près de 40 sont connues pour provoquer des nuisances diverses, pouvant causer des intoxications mortelles pour la flore marine mais aussi pour l'homme.

La seconde forme de manifestation de l'eutrophisation passe par la présence de macroalgues. Souvent appelées « marées vertes », elles sont largement répandues à la surface du globe et apparaissent en été.

Description of the effects of eutrophication					
Water quality	Water clarity	Blue-green algal blooms	Underwater meadows	Fish species	Deep sea bottoms
Best possible water quality	Clear	Seldom	Excellent condition Good for fish spawning and feeding	Cod, herring and perch common	No oxygen deficiency Bottom animals common
	Mainly clear	Sometimes	Patchy vegetation Good for fish spawning and feeding	Cod, herring and perch common	Oxygen deficiency in large areas Bottom-living animals common
	Slightly turbid	In most summers	Cover a small area Less good for fish spawning	Fewer cod, but herring and perch common More roach, carp and bream	Oxygen shortages often in large areas Some bottom-living animals rare
	Turbid	Every summer	Cover a small area Bad for fish spawning	Fewer cod, herring and perch More roach, carp and bream	Oxygen shortages often in large areas Some bottom-living animal groups have disappeared
Worst possible water quality	Very turbid	On large areas every summer	Almost gone Not suitable for fish spawning	Almost no cod, fewer herring and perch Lots of roach, carp and bream	Oxygen shortages always in large areas No bottom-living animals in many areas

Figure 4 - Différents niveaux de qualité de l'eau (BalticSUN)

Trois conditions sont souvent nécessaires : **un courant résiduel** (déplacement de l'eau sans la marée) **et une disparition de la masse d'eau faible** que l'on trouve souvent dans les fjords baltes ; **un éclairement suffisant du fond et donc une profondeur faible** et enfin un **apport d'azote inorganique**.

Partie I - Coopération et actions politiques

I. Collaborations au niveau européen

L'Union européenne participe à la lutte contre la pollution en mer Baltique tant grâce à des politiques globales (1) que sectorielles (2).

1. *Politiques maritimes globales de l'Union européenne*

Dans le cadre de politiques globales[5], l'Union européenne s'intéresse à la question de la pollution maritime au centre de laquelle, la mer Baltique prend toute sa place.

❖ *La politique maritime intégrée (PMI)*

L'Union européenne a ainsi – dans une logique que l'on retrouve dans d'autres pays[6] – développé, à partir de 2007[7], une stratégie maritime dite « intégrée »[8]. Le bien-fondé de cette approche est basé sur un constat simple : il existe entre le milieu marin et les activités humaines des interactions indissociables, qui poussent, pour les aborder, à adopter des politiques globales. Ainsi, les Etats membres de l'Union européenne sont encouragés à développer des collaborations entre les différents secteurs d'activité maritime, afin d'améliorer la qualité de vie dans les régions côtières (tourisme, prévention des catastrophes, …), le développement économique et créer un socle de connaissances et d'innovation et de modes d'exploitation durable.

[5] Voir par exemple Saab Waddah, « Politique maritime et politique de recherche marine en Europe : entre la conquête de l'espace marin et la protection de son environnement », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2013/2 N° 70, p. 88-94.
[6] Voir par exemple, l' « Oceans Act, Strategy and Action Plan » qui constitue au Canada le cadre légal des politiques et programmes liés aux questions maritimes. Ou encore la loi-cadre relative à la politique maritime de 2007 pour le Japon qui institue une instance centrale de la politique maritime sous l'autorité du Premier ministre. Plus proche de nous, la Norvège a présenté une stratégie maritime en octobre 2007 coordonnée par un réseau de secrétaires d'Etat.
[7] « Livre bleu » proposé par la Commission en octobre 2007 COM(2007) 575
[8] Règlement (UE) nº 1255/2011 du 30 novembre 2011

L'Union européenne possède en effet le plus grand territoire maritime au monde et il lui incombe préserver la santé des écosystèmes marins et la biodiversité océanique. En matière d'exploitation durable, la PMI vise à adapter les pratiques maritimes au changement climatique via la réduction de la pollution atmosphérique et les dégagements de gaz à effet de serre. De même, une aquaculture sans risques pour l'environnement doit être développée. En matière de recherche, elle incite les parties prenantes, au travers de la Stratégie européenne pour la recherche marine et maritime[10], à lancer des propositions conjointes, à soutenir la recherche sur les activités maritimes et d'instaurer un partenariat européen en science marine visant à établir un dialogue entre la communauté scientifique, l'industrie et le monde politique. Des initiatives comme le « réseau européen d'observation de données du milieu marin » (EMODnet) permettront l'accès aux données marines scientifiques de toutes provenances sectorielles ou géographiques.

Stratégie européenne pour la recherche marine et maritime - Communication de la Commission du 3 septembre 2008 « Une stratégie européenne pour la recherche marine et maritime ; un espace européen de la recherche cohérent à l'appui d'une utilisation durable des mers et océan ».

« La science et la technologie offrent la possibilité de concilier la protection des écosystèmes marins et le développement d'activités maritimes durables, dans la perspective d'une nouvelle politique maritime intégrée. Dans ce contexte, la Commission a élaboré la présente stratégie dont l'objectif est de proposer des moyens de mieux intégrer la recherche marine et la recherche maritime. Pour atteindre son objectif, elle prévoit notamment de renforcer les capacités, d'intensifier l'intégration des disciplines de recherche établies et d'améliorer la coopération entre tous les acteurs concernés par les mers et les océans. »[9]

L'Union européenne, souhaite ainsi, renforcer les capacités de recherche dans le domaine marin. En construisant de nouvelles infrastructures de recherche et d'observation mais aussi au travers des communautés de la connaissance et de l'innovation de l'Institut européen de technologie (IET). L'utilisation systématique des instruments communautaires (Horizon 2020, programme communautaire pour l'innovation et la compétitivité, actions ERA-NET, etc.) permettra une réelle synergie entre les niveaux régionaux, nationaux et européens.

[9] http://europa.eu/legislation_summaries/research_innovation/research_in_support_of_other_policies/ri0008_fr.htm

[10] Stratégie européenne pour la recherche marine et maritime COM(2008) 0534

La PMI inclue aussi des stratégies « par bassins maritimes ». Huit bassins sont ainsi décris dans la directive cadre « Stratégie sur le milieu marin (DCSMM) »[11] adoptée en 2008. La coopération transnationale au niveau des bassins maritimes constituant une approche efficace de la protection du milieu marin car tenant compte des caractéristiques de chacun des bassins européens.

Entre 2011 et 2012, 40 millions d'euros ont ainsi été alloué par l'Union européenne aux projets rentrant dans le cadre de la PMI[12].

❖ *Stratégie de l'Union européenne pour la région de la mer Baltique (EUSBSR)*

Par une communication de la Commission « *la stratégie de l'Union européenne pour la région de la mer Baltique* » (EUSBSR), publiée le 10 juin 2009, l'Union européenne a mis en place sa première stratégie macro régionale, avec pour théâtre la mer Baltique. Parmi les différents défis qui y sont recensés, au nombre de quatre, la composante environnementale apparait avec force. « Au premier plan des préoccupations » du Conseil, l'EUSBSR focalise une grande partie de ses ressources sur les phénomènes d'eutrophisation de la mer Baltique. L'aide débloquée par l'Union européenne dans le cadre du 7ème PCRD (2007-2013) s'était élevé à 50 milliards d'euros pour l'EUSBSR.

Plusieurs projets ont ainsi vu le jour, au premier plan desquels, le projet Baltic Deal (voir encadré), achevé en 2013, dont la suite sera assurée par le projet Baltic Deal Bridge.

PROJET BALTIC DEAL[13]

Financé à hauteur de 4 millions d'euros par l'Union européenne dans le cadre de l'EUSBSR, le projet Baltic Deal a rassemblé entre 2010 et 2013 sept partenaires dans sept pays baltiques (Danemark, Estonie, Finlande, Lituanie, Lettonie, Pologne, Suède). L'objectif était d'initier les agriculteurs des pays de la mer Baltique aux bonnes pratiques et mesures permettant une agriculture respectueuse de l'environnement. La diminution des rejets de nutriments, principale cause de l'eutrophisation des mers, étant, *in fine*, visée.

Ce projet a permis des transferts de connaissances entre agriculteurs (management des ressources, utilisation de zones de friches pour capter les nutriments, etc.), l'instauration d'activités pilotes et de fermes de démonstration (117 au total), etc.

[11] Dir. 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la pollution pour le milieu marin
[12] Commission européenne C(2012) 1447
[13] www.balticdeal.eu/

2. *Diverses politiques sectorielles mises en place par l'Union européenne*

L'Union européenne joue aussi un rôle pour la préservation de l'écosystème baltique au travers de politiques sectorielles, tournées vers la protection de l'environnement, que ce soit par des législations relatives à la gestion de certains produits chimiques ou au traitement des eaux d'origine agricoles, ou encore grâce à la mise en place d'instruments de financement de la recherche spécifiques comme les ERA-NET.

❖ *Quelques réglementations environnementales*

L'Union européenne a, ces dernières années, fortement réglementée dans le domaine environnemental.

En ce qui concerne la forte pollution d'origine chimique dans la mer Baltique, le cadre réglementaire de gestion des produits chimiques (REACH)[14] sous la gestion de l'Agence européenne des produits chimiques oblige les Etats à enregistrer et partager les informations ainsi qu'à délivrer des autorisations d'utilisation de substances comme les polymères, les substances utilisées dans le cadre de la R&D, etc.

Dans la lutte contre la prolifération des algues consécutive au déversement de nitrates dans les eaux, la directive européenne 91/676/CEE du 12 décembre 1991 ou « directive Nitrate » est incontournable. Chaque Etat membre doit surveiller les taux de nitrates et l'état trophique de chaque masse d'eau de son territoire, définir les eaux polluées ou en danger, cartographier des zones vulnérables aux nitrates, établir des codes de bonnes pratiques agricoles, des programmes d'action de prévention et de réduction de la pollution et présenter, tous les quatre ans, à la Commission européenne un bilan d'avancement. En 2013, la Commission a rendu un rapport au Conseil et au Parlement européen relatif à la mise en œuvre de cette directive[15]. Selon ce dernier, si l'utilisation d'engrais minéraux a diminué de 6% entre 2008-2010 et de 30% par rapport à 1989, elle est désormais stabilisée. On constate également des écarts importants pour les rejets d'azote ou de phosphores entre les régions. Au total, les zones

[14] Règlement (CE) n°1907/2006 du Parlement européen et du Conseil, du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) n°793/93 du Conseil et le règlement (CE) n°1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/Ce et 2000/21/CE de la Commission.

[15] COM(2013) 683 final, Rapport de la Commission au Conseil et au Parlement européen relatif à la mise en œuvre de la directive 91/676/CEE du Conseil concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles sur la base des rapports établis par les Etats membres pour la période 2008-2011, 4 octobre 2013.

vulnérables aux nitrates représentent environ 46,7% de la superficie totale de l'Union. Le danger ne concerne donc pas que la mer Baltique. Dans la même logique de lutte contre la pollution aquatique, la directive relative aux eaux résiduaires urbaines « ERU » du 21 mai 1991[16], se focalise sur les eaux domestiques et non plus agricoles et la directive du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau[17].

Figure 5 : Carte[18] des zones sensibles aux nitrates (Commission européenne) mesurées en 2000 (vert clair), en 2000-2003 (vert) et en 2004-2007 (vert foncé)

❖ *Développement de programmes de financement de la recherche spécifiques à la mer Baltique*

Les instruments ERA-NET sont des mécanismes de financement de la recherche au niveau européen par l'intermédiaire d'une approche "bottom up", permettant une mise en réseau, une coordination des projets à l'échelon transnational.

[16] Directive 91/217/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux domestiques
[17] Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000
[18] Pour la carte complète voir http://fate-gis.jrc.ec.europa.eu/geohub/MapViewer.aspx?id=2

Depuis septembre 2010, par une décision du Parlement européen et du Conseil[19], l'Union européenne participe à un nouveau programme ERA-NET de R&D (BONUS) impliquant plusieurs Etats membres. Ce programme a pour objectif la protection de la mer Baltique. Bien que l'Union européenne reconnaisse l'existence d'une « *longue tradition de coopération scientifique entre les pays [de la mer Baltique], tant de la région qu'extérieurs à celle-ci* », les moyens financiers n'ont pas été à la hauteur des enjeux environnementaux. L'Union et les Etats participants ont ainsi convenu de contribuer à BONUS à hauteur de 50 millions d'euros pour un budget total de près de 100 millions d'euros.

Cinq principaux objectifs ont été fixés : comprendre le fonctionnement et la structure de l'écosystème de la mer Baltique ; étudier à la fois la côte et le bassin versant de la mer Baltique ; développer une utilisation durable de la faune et la flore de la mer Baltique ; améliorer les réponses sociétales aux défis présents et futurs dans la région de la mer Baltique ; développer et renforcer les systèmes de surveillance maritime.

Afin d'atteindre ces cinq objectifs généraux, de nombreux projets ont été financés[20] :

- Le **programme BIO-C3 Biodiversity changes** (Appel à projet 2012 - 3.7 millions d'euros pour 3 ans et demi) mené par l'Allemagne, le Danemark, l'Estonie, la Finlande, la Lituanie, la Pologne et la Suède. Axé sur les causes et conséquences des changements dans la biodiversité de la mer baltique, il est dirigé par le Helmholtz Centre for Ocean research de Kiel.
- **COCOA – Nutrient cocktails in coastal zones** (Appel à projet 2012 – 4 millions d'euros pour 4 ans) mené par le Danemark, la Finlande, l'Allemagne, la Lituanie, les Pays-Bas, la Pologne, la Russie et la Suède. Avec à sa tête l'Université d'Aarhus au Danemark, il s'intéresse à l'utilisation des zones côtières comme filtres naturels des nutriments rejetés depuis la terre.
- **SOILS2SEA – Reducing nutrient loadings from agricultural soils to the Baltic Sea via groundwater and streams** (Appel à projet 2012 – 3.3 millions d'euros pour 4 ans) mené par le Danemark, l'Allemagne, la Pologne, la Russie et la Suède. Dirigé par le Geological Survey of Denmark and Greenland à Copenhague, il focalise sur la rétention et le transport des nutriments par les eaux souterraines et de surface.
- **MICROALGAE – Coast efficient algal cultivation systems A source of emission control and industrial development** (Appel à projet « innovation projects » 2012 – 474 906 euros pour 3 ans à compter du 1.2.2014), mené par l'Estonie, le Danemark et la Suède. Dirigé par l'Université technologique de Tallin, ce projet vise à développer des méthodes de contrôle des coûts pour l'industrialisation de cultures de micro algues à des fins énergétiques et de filtres.

[19] Décision n°862/2010/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2010 relative à la participation de l'Union à un programme commun de recherche et de développement sur la mer Baltique (BONUS) entrepris par plusieurs Etats membres.
[20] Pour une liste exhaustive http://www.bonusportal.org/bonus_2010-2017. L'appel à projet 2012 a débouché sur un financement de 20 projets à hauteur de 33 millions d'euros.

II. Coopération inter-étatique

Les pays de la mer Baltique sont, finalement, précurseurs en matière de coopération régionale, unis par le bien commun qu'ils partagent et par les dangers environnementaux auxquels il fait face.

❖ HELCOM

HELCOM ou «*Baltic Marine Environment Protection Commission – Helsinki Commission)* est un organisme de gouvernance et de coopération internationale issu de la Convention pour la protection du milieu marin de la zone de la mer Baltique (1974), plus communément appelé « Convention d'Helsinki », rassemblant le Danemark, l'Estonie, la Finlande, l'Allemagne, la Lituanie, la Lettonie, la Pologne, la Suède, et la Russie. L'Union européenne l'a, depuis quelques années, aussi rejointe.

Etabli en 1974, HELCOM a comme objectif la protection de l'environnement marin baltique de toutes les sources de pollution possible. Il est tant un organisme de coordination intergouvernementale, qu'un législateur international en matière environnementale. De nombreux projets sont menés sous l'égide de HELCOM[21].

- **COHIBA – Control of hazardous substances in the Baltic Sea region** (Programme achevé en 2012 – 4.9 millions d'euros) : ce projet avait pour objectif d'identifier et quantifier les plus importantes sources de pollution chimique, créer un plan de réduction de ces émissions et développer des programmes de mise en œuvre nationaux. 22 partenaires de 8 pays différents étaient rassemblés dans ce programme

Figure 6 - Etat de la Mer Baltique entre 2007-2011. Etat d'eutrophisation en rouge (sub-GES) *HELCOM EUTRO-OPER*

[21] Pour la liste exhaustive : http://helcom.fi/helcom-at-work/projects/project-guidelines/.

- **EUTRO-OPER – Making HELCOM eutrophication assessments operational[22] (2014/2015)** : développement d'outils de mesure du taux d'eutrophisation de la mer Baltique comme le GES (Good environmental status – Figure 3) ou HEAT 3.0.
- **HELCOM PEG – HELCOM Phytoplankton expert group : quality assurance of phytoplankton monitoring in the Baltci Sea in 2014-2016** : Ce programme a pour objectif d'améliorer les méthodes de surveillance et de gestion des phytoplanctons en mer Baltique au travers d'une standardisation des classes et des volumes d'espèces de phytoplanctons découvertes. Cette unification des méthodes de classification se fera, entre autres, lors de la tenue d'ateliers annuels**.**

❖ *Baltic Sea Action Plan*

En 2007, lors de la réunion interministérielle d'HELCOM à Cracovie, les pays membres et l'Union européenne ont adopté un programme, le Baltic Sea Action Plan (BSAP)[23]. Il doit renforcer les mesures de protection de l'écosystème marin d'ici 2021. Quatre objectifs sont affichés : réduire le phénomène d'eutrophisation, diminuer les rejets de substances chimiques dangereuses, permettre une revitalisation de la biodiversité marine et promouvoir des activités marines respectueuses de l'environnement.

- **Eutrophisation** : HELCOM considère que l'eutrophisation est le principal problème auquel est confronté la mer Baltique. 75% des infiltrations en nitrates et 95% en phosphates s'effectuant directement via les fleuves et rivières alimentant la mer Baltique, il convient pour chacun des Etats côtiers, de réduire au maximum ses émissions. HELCOM fixe ainsi des objectifs chiffrés, par pays (Figure 7) et par zones (Figure 8).

	Phosphorus (tonnes)	Nitrogen (tonnes)
Denmark	16	17,210
Estonia	220	900
Finland	150	1,200
Germany	240	5,620
Latvia	300	2,560
Lithuania	880	11,750
Poland	8,760	62,400
Russia	2,500	6,970
Sweden	290	20,780
Transboundary Common pool	1,660	3,780

Figure 7 : Objectifs de réductions par pays côtiers (HELCOM BSAP 2007)

[22] http://helcom.fi/Documents/Baltic%20sea%20trends/Eutrophication/Eutrophication%20assessment%202007-2011_web.pdf.

[23] http://helcom.fi/Documents/Baltic%20sea%20action%20plan/BSAP_Final.pdf

A ces fins, deux recommandations ont été, adoptées le 15 novembre 2007 par HELCOM : la recommandation 28E/5[24], renforçant les performances des infrastructures de traitement des eaux usées pour les villes de plus de 10.000 habitants et l'introduction de systèmes de traitement pour les municipalités de petites et moyennes tailles (300 – 10.000 habitants). La recommandation 28E/6[25] pour l'amélioration des capacités de traitements des eaux usées par les foyers, les petites entreprises et les zones à faibles densité (300 habitants).

Figure 8 : Tableau d'objectifs du taux de nutriments dans les différentes zones de la mer baltique (HELCOM BSAP 2007)

S	m allowable input (tonnes)		Inputs in 1997-2003 (normalised by hydrological factors)		Needed reductions	
	rus	Nitrogen	Phosphorus	Nitrogen	Phosphorus	Nitrogen
B	)	51,440	2,580	51,440	0	0
B	)	56,790	2,460	56,790	0	0
G Fi	)	106,680	6,860	112,680	2,000	6,000
Baltic Proper	6,750	233,250	19,250	327,260	12,500	94,000
Gulf of Riga	1,430	78,400	2,180	78,400	750	0
Danish straits	1,410	30,890	1,410	45,890	0	15,000
Kattegat	1,570	44,260	1,570	64,260	0	20,000
Total	21,060	601,720	36,310	736,720	15,250	135,000

- **Substances chimiques dangereuses** : si les mesures ont montré que la présence de substances chimiques dans les eaux de la mer Baltique a considérablement diminué ces 20-30 dernières années, le problème persiste, d'autant que de nouveaux produits chimiques sont détectés. Ainsi, dans certaines zones de la mer Baltique, les taux sont 20 fois plus élevés que dans la Mer du Nord. Ces produits toxiques, qui peuvent rester actifs pendant des décennies causent des dégâts considérables à l'environnement marin : altération de la santé animale, diminution des capacités de reproduction, contamination des aliments à destination commerciale. Plusieurs recommandations d'HELCOM ont été adoptées ou revues pour satisfaire aux objectifs de réduction des taux de concentration dans la mer Baltique[26].

[24] http://helcom.fi/Recommendations/Rec%2028E-5.pdf
[25] http://helcom.fi/Recommendations/Rec%2028E-6.pdf
[26] Adoption de la recommandation 28E/8 pour des pratiques respectueuses de l'environnement et la réduction et la prévention d'émissions de dioxines et autres substances dangereuses. Révision des recommandations HELCOM 19/5, 24/5 et 24/4.

Substances or substance groups of specific concern to the Baltic Sea.
1. Dioxins (PCDD), furans (PCDF) & dioxin-like polychlorinated biphenyls
2a. Tributyltin compounds (TBT)
2b. Triphenyltin compounds (TPhT)
3a. Pentabromodiphenyl ether (pentaBDE)
3b. Octabromodiphenyl ether (octaBDE)
3c. Decabromodiphenyl ether (decaBDE)
4a. Perfluorooctane sulfonate (PFOS)
4b. Perfluorooctanoic acid (PFOA)
5. Hexabromocyclododecane (HBCDD)
6a. Nonylphenols (NP)
6b. Nonylphenol ethoxylates (NPE)
7a. Octylphenols (OP)
7b. Octylphenol ethoxylates (OPE)
8a. Short-chain chlorinated paraffins (SCCP or chloroalkanes, C_{10-13})
8b. Medium-chain chlorinated paraffins (MCCP or chloroalkanes, C_{14-17})
9. Endosulfan
10. Mercury
11. Cadmium

-

-

-

-

- **Biodiversité** : les changements environnementaux et écologiques à l'œuvre dans la mer Baltique entrainent une perte de biodiversité. Plusieurs actions ont donc été mises en place afin de tenter de la préserver le plus possible. En parallèle des réglementations internationales telles que les accords issus du Sommet Mondial du Développement de 2002, la Convention de 1992 sur la diversité biologique ou la Convention de Berne de 1979 sur la conservation de la faune européenne et de ses habitats, et des nombreuses directives européennes[27], trois domaines d'actions sont privilégiés :

Figure 7 - Liste des substances dangereuses (HELCOM BSAP 2007)

  - la protection de l'environnement marin et côtier
  - la recherche d'un équilibre entre la faune et la flore baltique
  - la recherche d'un équilibre entre les différentes espèces animales.

  Plusieurs recommandations allant dans ce sens auront donc été faites, beaucoup s'attelant, principalement, à faire la liste des différentes espèces animales et végétales vivant dans la région baltique.

[27] Directive 92/43/CEE Habitat, Directive 79/409/CEE Oiseaux, etc.

- **Activités maritimes** : La mer Baltique est une des zones de transit maritime les plus fréquentées au monde, tant en tonnage qu'en nombre de bâtiments. L'absence de hauts fonds et la présence de grandes zones gelées pendant l'hiver rendent les routes maritimes étroites. Les accidents y sont nombreux, causant des dommages irréversibles à l'environnement marin. Au travers du BSAP, HELCOM offre un cadre comportant huit objectifs[28] pour lutter contre la pollution maritime: l'interdiction des décharges marines illégales, la réduction du nombre d'accidents maritimes, l'amélioration des capacités de réaction et des services d'urgence, le développement de normes maritime anti-pollution, la lutte contre l'introduction d'espèces maritimes invasives via les bâtiments de commerce (eaux de ballast etc.), la diminution de la pollution aérienne, la fin des pollutions causées par les plates-formes off-shore et le renforcement de la sécurité de ces dernières.

Le panorama des actions et accords politiques effectué, il convient de s'intéresser aux différents travaux de recherche dans le domaine de la lutte contre la pollution en mer Baltique, principalement le phénomène d'eutrophisation.

[28] Pour les nombreuses recommandations prises par HELCOM se référer au document BSAP précité.

Partie II - Recherches et projets en cours

La protection de l'écosystème de la mer Baltique est à l'origine de multiples initiatives, entre les Etats de la région de la mer Baltique eux-mêmes, ou avec l'Union européenne. Nombreux sont les centres de recherche des pays côtiers menant des programmes d'étude de l'évolution de l'environnement marin et maritime. Cependant, ces recherches sont souvent des projets de surveillance (*monitoring*) et d'analyse chiffrée (constitution de *data base*), plus que des projets « curatifs ». En effet, la superficie de la mer Baltique et son environnement si particulier, empêchent le développement de techniques permettant un « nettoyage » complet et efficace des eaux, à grande échelle. Il semble bien plus efficace, sur les plans politiques, économiques et techniques, de s'attaquer au problème environnemental en amont, c'est-à-dire en limitant le plus possible les pollutions d'origine humaine. Dans le cas de la mer Baltique, la sensibilisation des agriculteurs à des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (limitation de l'utilisation d'engrais par exemple), sera bien plus prometteuse que le développement de techniques *ad hoc*.

Deux types de projets de recherche contre la pollution – et principalement contre le phénomène d'eutrophisation - en mer Baltique existent : des recherches à but « curatif » (I) et d'autres à but « préventif » (II).

I. Recherches visant à trouver une solution de traitement d'un environnement eutrophié

La mer Baltique est de plus en plus polluée par l'apparition subite d'une masse algale dense et importante (« bloom »), qu'il faut réduire. Une première possibilité est l'enlèvement par l'homme des grandes quantités d'algues – voire de nutriments -, avec la possibilité ensuite de les réutiliser à des fins industrielles (A). La seconde solution consiste tout simplement à bloquer le phénomène de manière artificielle ou naturelle (B).

A. Réutilisation des algues ou nutriments

1. Récolte des algues et réutilisations industrielles

Nombreuses sont les études qui, aujourd'hui utilisent des algues comme substitut naturel et écologique aux hydrocarbures. En effet, elles sont soixante-quinze fois plus riches en huile que le colza ou le maïs, ne rejettent que la quantité de CO2 nécessaire à leur croissance et leur production ne requiert pas de terres agricoles. La mer Baltique, d'une certaine manière, avec son environnement eutrophié, est une immense source d'approvisionnement en algues. Ainsi, des opérations de ramassage et de dépollution peuvent se coupler avec de formidables opportunités pour la recherche énergétique.

❖ *Algues et hydrocarbures*

Deux projets d'utilisation de micro-algues comme biocarburants sont en cours à Jülich (Forschungszentrum Jülich GmbH – FZJ) depuis 2014. Le premier, « OptimAL », a pour but d'accroître le rendement de la production d'algues. Ce projet bénéficie d'un soutien de 1.4 millions d'euros du ministère fédéral de l'Education et de la Recherche allemand (BMBF). Le second, « Aufwind », s'intéresse à la chaîne de production pour évaluer la possibilité de produire du kérosène biologique de manière durable. Il a débuté en juin 2013 et doit s'achever en 2015, financé à hauteur de 5.75 millions d'euros par le ministère fédéral de l'Agriculture et de l'alimentation.

Des pistes sont aussi explorées dans le domaine aéronautique. Le projet « AlgenFlugKraft », sur le campus Ludwig Bolköw d'Ottobrunn, est doté d'un centre de recherche, l'Algentechnikum, d'un montant de 10 millions d'euros financé par EADS et le ministère de l'Economie bavarois.

De nombreuses initiatives identiques se développent dans d'autres pays, preuve que l'utilisation des algues comme substituts aux hydrocarbures est prometteuse. On citera le partenariat de recherche entre le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et le Centre national de recherche du Canada[29] ; la création, en France, d'une raffinerie d'algues baptisée « Morgane »[30] par un

[29] http://www-dsv.cea.fr/dsv/la-dsv/toute-l-actualite/en-direct-des-labos/accord-avec-le-canada-produire-des-micro-algues-tout-en-en-depolluant-les-sites-industriels
[30] https://www.olmix.com/sites/default/files/documents/38-morgane-un-projet-de-raffinerie-verte-unique-en-europe-revue-presse-06032008.pdf

partenariat public privé entre la Caisse des Dépôts, le Centre d'enseignement agricole de la touche et la société Olmix ; du projet Naskeo couplant production de biocarburants et traitement des eaux usées à Narbonne ou encore, le projet « All-gas » près de Cadix[31].

❖ *Algues et chauffage*

Les micro-algues peuvent aussi être utilisées comme matériaux de chauffage. L'exemple le plus concret est le projet de « Maison aux algues » ou « Algenhaus » à Hambourg. D'un coût de 15 millions d'euros, il est financé par un promoteur et soutenu par plusieurs sponsors dont la Ville d'Hambourg. Un bioréacteur est intégré à la façade du bâtiment et fourni en chaleur quinze appartements.

Deux systèmes de production d'énergie sont ainsi alimentés. Le premier, grâce au phénomène de photosynthèse permet l'absorption de la lumière du soleil et du gaz carbonique présent dans l'atmosphère. La biomasse ainsi créée est collectée chaque semaine pour être transformée en méthane. Le second est une pompe à chaleur : la lumière non utilisée est transformée en chaleur, utilisée immédiatement ou bien stockée au sous-sol.

Figure 8 - Schéma de fonctionnement de l'Algenhaus (Otto Wulf GmBH)

[31] http://www.all-gas.eu/Pages/default.aspx

❖ *Algues et compléments alimentaires*

Enfin, les algues (sauf celles nocives) peuvent être utilisées non pas comme carburants, mais comme compléments alimentaires dans l'élevage animalier et piscicole. Parmi des exemples de recherche en cours, le Working group Applied Physics/Marine Technology (APM) de l'Université de Kiel a lancé le programme « Use of the microalga *Pavlova* spec. as an alternative feed for larval rearing in marine aquaculture »[32]. Ce projet est soutenu par le ministère fédéral de l'Environnement allemand (DBU) et en coopération avec BlueBiotech GmbH, une compagnie spécialisée dans la recherche dans le domaine des algues[33], et l'Association for Marine Aquaculture mbH à Buesum.

2. Réutilisation des nutriments à des fins industrielles

Selon certains chercheurs une solution, à long terme, pourrait être mise en place, ayant à la fois des bénéfices écologiques et financiers. Il s'agit du recyclage du phosphore et des nitrates rejetés dans la mer Baltique. En effet, les stocks de phosphore diminuent, au point qu'une disparition complète est envisagée[34]. Les étendues d'eau, malencontreusement polluées, pourraient devenir de nouvelles zones d'exploitation, les nutriments rejetés dans la mer étant récupérés et réutilisés.

Le gouvernement allemand envisage déjà une telle possibilité au niveau terrestre[35]. Pour ce qui est du phosphore marin, plusieurs techniques ont été développées[36] en ce sens. Cependant, elles ne sont, pour l'instant, efficaces que dans des zones aquatiques fermées. Une autre difficulté consiste en la séparation des nutriments contenus dans les fonds marins et les autres produits chimiques rejetés. Quoi qu'il en soit, il faudra attendre quelques années pour qu'un développement à grande échelle des méthodes d'extraction des nutriments dans l'eau soit plus rentable qu'un approvisionnement terrestre.

---

[32] http://www.uni-kiel.de/ftzwest/ag2/projekte/dbu-e.shtml
[33] http://www.bluebiotech.de/
[34] Voir « Reconsideration of the planetary boundary for phosphrus » par S. Carpenter et E. Bennett, Environmental Research Letters, 2011 disponible à l'adresse http://iopscience.iop.org/1748-9326/6/1/014009/pdf/1748-9326_6_1_014009.pdf
[35] http://www.umweltbundesamt.de/themen/phosphor-recycling-aus-klaerschlamm-lohnt-sich
[36] Brevet international chinois http://www.seaofinventions.se/Global/Documents/Frontdokument/WO2010103624A1_I_.pdf

B. Méthodes de réduction de la masse algale

Il est possible de réduire la présence d'algues invasives dans la mer Baltique en utilisant soit des drones ou des structures autonomes (pompes) (1) ou en effectuant des manipulations directement sur l'écosystème (2).

1. Utilisation de drones et technologies autonomes afin de réduire la masse algale

Plusieurs techniques sont utilisables pour détruire les phytoplanctons proliférant dans la mer Baltique.

❖ *Bombardement d'ultrasons*

Une première utilisation s'apparente à celle développée pour le traitement des eaux de ballast (cf. infra). Des drones, équipés d'un émetteur à ultrason opèrent un bombardement de la masse algale, qui détruit les liaisons des pigments, empêchant le processus normal de photosynthèse et le développement de l'algue. Cette technologie, développée en France par une équipe rennaise du CNRS[37], semble pour l'instant restreinte elle aussi à des lacs ou étangs. Un consortium européen regroupant ACSA France, le CNRS, SEPTENTRIO Belgium, VITO Belgium, UL Slovenia, le Ministère de l'Agriculture chypriote et Scottish Water United Kindgom poursuit un projet identique[38].

❖ *Oxygénation de l'eau*

Ici il ne s'agit pas véritablement de réduire la masse algale mais de compenser la consommation d'oxygène qu'elle entraine.

En Allemagne, un brevet a été déposé pour une pompe utilisant l'effet venturi[39]: un tube Venturi est

Figure 9 : schéma d'une pompe Venturi

[37] http://abonnes.lemonde.fr/planete/article/2012/08/14/un-drone-a-ultrasons-pour-lutter-contre-les-micro-algues_1745929_3244.html
[38] http://eponline.com/articles/2014/04/25/water-drones-to-maintain-algae-blooms.aspx
[39] http://www.seaofinventions.se/Global/Documents/Frontdokument/DE__19927608A1_I_.pdf

déposé au fond de l'eau, relié à l'air libre par un tuyau. L'eau passe par le premier tube accélère lorsqu'elle s'engouffre dans la partie plus étroite, et en application du théorème de Bernoulli, entraine une dépression. Cette dépression provoque un appel d'air et permet de la réinjecter au fond de la colonne d'eau. Les fonds marins sont ainsi rapidement et automatiquement réapprovisionnés en oxygène.

2. Bio manipulation afin de diminuer la masse algale

Le mécanisme d'eutrophisation est lié à une croissance de la masse algale qui faute d'un écosystème suffisamment efficace pour la réguler, se décompose. La matière organique morte permet l'accroissement de bactéries hétérotrophes consommant l'oxygène, jusqu'à une situation d'anoxie du milieu. Une solution possible consiste à renforcer les capacités du milieu marin à s'autoréguler grâce à des bio manipulations.

- *Réduire la pression alimentaire sur le zooplancton*

L'idée est de diminuer la pression alimentaire exercée sur le zooplancton, premier consommateur de phytoplanctons, en jouant sur le nombre de prédateurs voire leurs habitudes alimentaires, afin qu'il puisse se développer et s'attaquer aux phytoplanctons en surplus.

Des études ont été menées dans de nombreux pays, de l'Angleterre au début des années 1990 à la Suède fin 2013[40]. Toutes ont fournies des solutions relativement efficaces, même si l'association avec d'autres procédés chimiques permet d'atteindre des rendements plus élevés. L'Université de Dresde avait procédé à l'expérience, avec des résultats positifs, au début des années 2000[41]. Un seul bémol : il semble qu'elles n'ont eu lieu que dans des lacs ou zones aquatiques fermées.

- *Diminuer l'intensité lumineuse*

[40] Cf. « Mitigatin eutrophication by means of biomanipulation » S. Hansson, Institutionen för ekologi, miljö och botanik, Stockholm University, 2013
[41] Cf. « Biomanipulation of lake ecosystems : an introdution » P. Kasprzak, J. Bennford, T. Mehner and R. Koschel, *Freshwater Biology* (2002) 47, 2277-2281

Une autre possibilité de modification de l'écosystème, afin qu'il puisse de lui-même réguler la prolifération des algues, est de jouer sur l'intensité lumineuse que reçoit le phytoplancton et bloquer le mécanisme de photosynthèse.

Une première approche consiste à augmenter artificiellement l'opacité du fond marin en jouant sur sa turbidité. La seconde technique est d'augmenter la couleur naturelle de l'eau afin d'empêcher le passage des rayons lumineux.

Une dernière approche rejoint celle de l'écoremédiation. Il s'agit de planter des arbres sur les bords des lacs et rivières afin de créer un ombrage suffisant pour diminuer l'effet de photosynthèse. Malheureusement, cette technique ne vaut pas pour les étendues marines.

Si ces bio manipulations sont potentiellement efficaces, elles ne permettent qu'un traitement des conséquences de la pollution – l'apparition d'algues – et non pas ses causes : la présence de surplus de nutriments dans l'eau, laquelle ne peut être réduite que par des opérations de filtration et, surtout, de diminution de l'utilisation de ces nutriments.

II. Recherches visant à développer des modes de prévention du phénomène d'eutrophisation

Prévenir le phénomène d'eutrophisation passe avant tout par le souci de préserver les eaux douces des rejets de nutriments occasionnés par une agriculture intensive et par des zones urbaines densément peuplées. La recherche se focalise ainsi sur des filtres naturels très en amont de la mer Baltique (1) mais aussi directement au niveau marin (2).

1. Eviter en amont la contamination des eaux marines par des nutriments

C'est en filtrant naturellement les eaux de rivières mais surtout en cherchant des solutions pour une agriculture responsable, que l'on peut diminuer la contamination des eaux marines.

- *Création de zones « tampons » pour le traitement des eaux de rivière*

Un premier axe de recherche possible est le développement et la systématisation de zones tampons entre les terrains agricoles, où des engrais riches en nutriments sont utilisés, et les rivières et cours d'eau proches. La reforestation ou la construction de zones humides, marécageuses (*wetlands*) sont des possibilités. Ainsi, à l'Université Technique de Dresde (Saxe), l'Institute for Urban Water Management[42] ou encore l'Institute of general ecology and environmental protection[43] cherchent à trouver l'équilibre entre l'humidification d'un territoire et son écosystème. De nombreuses études ont montré que les performances de telles zones (pratique de l'*ecoremediation ou ERM*), n'étaient pas impactées par des climats froids (Mander, Jenssen, 2003) et qu'ainsi, elles pouvaient être utilisées dans des pays comme le Danemark ou les Pays Bas. De plus, les avantages sont nombreux : la purification est peu chère, efficace, a une longue durée de vie et des effets bénéfiques pour la biodiversité.

- *Vers une agriculture et une industrie écologiques*

Cependant, les techniques de réduction du phénomène d'eutrophisation de la mer Baltique ne pourront pas durablement résoudre ce problème. Seule une communication intensive et des initiatives politiques et sociales en faveur d'une agriculture et de comportements écologiquement responsables pourront, à terme, l'enrayer.

Cela passe par des mesures éducatives, telles que celles du projet Baltic Deal précédemment cité, une surveillance rigoureuse des taux de nitrates dans le sol, etc. La science peut, de son côté, développer des substituts aux nutriments utilisés dans les produits chimiques ou améliorer l'efficacité des engrais. Ainsi, certaines recherches ont permis la création de systèmes de surveillance capables d'examiner l'état des plantations (utilisation de GPS, de détecteurs de lumières, etc.) afin d'estimer quelles actions étaient, en l'état, nécessaires[44]. De même, les travaux de remplacement des phosphates dans les produits détergents[45] permettent de faire émerger de nouvelles substances : les zéolites ou les citrates considérés comme non toxiques, dont l'action est, qui plus est, mutuellement complémentaire.

2. Traitement à priori de l'eau marine

[42] http://www.tu-dresden.de/fghhisi/isi.html
[43] http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/brochure_fgh/fgh_p2.pdf
[44] http://www.seaofinventions.se/Global/Documents/Frontdokument/DE__10002880C1_I_.pdf
[45] http://www.seaofinventions.se/Sea-of-Inventions-Database/Environmental-Problems/Eutrophication/Alternative-to-Phosphorous-substances-in-laundry-detergents/

Si éviter la contamination des eaux ayant vocation à se déverser dans la mer Baltique est un objectif, il n'en reste pas moins nécessaire de traiter les eaux déjà contaminées. Par exemple les eaux introduites par les navires évoluant sur les lignes commerciales maritimes (1). Il est aussi possible d'utiliser des ressources naturelles comme les mollusques afin de filtrer l'eau marine (2).

❖ *Traitement de l'eau de ballast*

L'eau polluée ne provient pourtant pas forcément de la côte. Elle est – dans un moindre volume – parfois acheminée directement par les navires commerciaux, au travers des eaux de ballast, relâchées lors du chargement. Or, ces eaux peuvent être contaminées par des substances chimiques, des nutriments ou des espèces invasives. Avant que ces déchargements ne soient interdits pour les navires d'ici 2018[46], certaines méthodes de traitements sont utilisables, comme un bombardement de rayons ultraviolets, procédé développé en Suède[47], des traitements par électrolyse (USA)[48], ou des assainissements à quai[49] (France).

En 2012, le Bundesamt für Seeschiffahrt und Hydrographie basé à Hambourg a confié à l'Institut Fresenius SGS le projet[50] « *effective new technologies for the assessment of compliance with the Ballast Water Management Convention* », afin d'élaborer des outils d'évaluation des risques de pollution à bord des navires.

❖ *Utilisation de mollusques comme filtres*

La science trouve parfois en la nature un puissant allié, du moins lorsque l'homme est en mesure d'identifier les services rendus par certains écosystèmes naturels capables de ralentir, voire contenir le processus d'eutrophisation. Fonctionnant comme des filtres vis-à-vis de l'extérieur, la microphagie suspensivore pourrait être une des meilleures solutions à la disposition des gouvernements des Etats de la région de la mer Baltique. Certaines espèces aquatiques trouvent leur alimentation au sein des particules en suspension dans l'eau marine, comme les moules bleues (*mytilus edulis*) que l'on trouve en abondance dans les eaux baltes. Ces organismes se nourrissent de phytoplancton, permettant un

[46] http://wwf.panda.org/?uNewsID=195401
[47] http://www.seaofinventions.se/Global/Documents/Frontdokument/WO%20%20%20%20%202010062253A1%20I%20.pdf
[48] http://www.seaofinventions.se/Global/Documents/Frontdokument/US2010219077A1_I_.pdf
[49] http://www.seaofinventions.se/Global/Documents/Frontdokument/FR___2769030A1_I_.pdf
[50] http://www.institut-fresenius.de/english/services/environmental_services/ballast_water_management_bsh-project/index.shtml

nettoyage naturel de l'eau. Leur efficacité est, de plus, décuplée dans les zones fermées comme les fjords, mesurée jusqu'à 10m de fond.

En 2010, un projet mené par le Coastal Research & Management (CRM) de Kiel et le Gesellschaft für Marine Aquakultur (GMA) à Büsum, pour 3 ans, afin de développer une conchyliculture dans le Fjord de Kiel. Ce projet a permis de développer, dans un contexte de diminution des stocks de pêche, des capacités alimentaires marines. La technique de l'élevage sur bouchots (*mussel farming on longlines*) a de plus un empreinte écologique moins importants que les autres techniques d'élevage.

Figure 10 : Croissance des moules élevées dans la ferme pilote du Fjord de Kiel

Cependant, elle semble efficace, l'utilisation en masse de conchycultures n'est pas neutre. Une étude menée par le Coastal Union Germany/Leibniz-Institute for Baltic Sea Research Warnemünde, pointe du doigt plusieurs difficultés : perturbations dans la faune locale liées à l'introduction d'espèces étrangères de moules, concentration de matière organique dans les zones d'élevages (mollusques morts, déjections etc.) causant des phénomènes de consommation de l'oxygène, etc.[51]

[51] Pour plus d'informations http://www.aquabestproject.eu/media/10356/mussel_perspectives_web.pdf

Conclusion

La mer Baltique subie une pression écologique importante et fait face à des menaces environnementales nombreuses et variées, dont le phénomène d'eutrophisation est la manifestation la plus spectaculaire et la plus néfaste.

La coopération en matière de recherche menée de manière conjointe par les pays de la région Baltique, avec un soutien croissant de l'Union européenne, a permis le développement d'outils et de techniques visant à préserver la diversité et l'écosystème. De son côté, l'Allemagne, peut compter sur une agriculture et une industrie plus respectueuse de l'environnement que certains de ses voisins, et l'absence de grands fleuves passant par son territoire avant de se jeter dans la mer Baltique, pour ne pas être considéré comme un pollueur majeur dans la région. C'est, en partie, pour cela que ses infrastructures de recherche se concentrent plus sur des techniques d'utilisation des micro-algues, que de traitement d'un environnement eutrophié. Ces dernières techniques étant de plus, toutes, relativement onéreuses et applicables dans des environnements aquatiques étroits (lacs, étangs, petits fjords) et non pas à l'échelle d'une mer.

Le meilleur remède contre la pollution dans la mer Baltique réside dans la sensibilisation des populations côtières, des industries et de l'agriculture aux dangers de certains comportements et à la nécessité de respecter l'environnement marin. Une étude menée par BalticSUN en 2011 parmi les habitants des 9 pays présents autour de la mer Baltique, a démontré que ces derniers étaient prêts à payer 3 800 millions d'euros par an pour la protection de l'environnement baltique. Un signe positif en faveur de politiques industrielles et agricoles plus respectueuses de l'écosystème marin.