

Queste de savoir

Les zones mortes

dimanche 08 septembre 2024

Table des matières

Introduction	1
1. Qu'est-ce qu'une zone morte ?	1
2. Pourquoi c'est un problème ?	2
2.1. Destruction de la vie aquatique	2
2.2. Conséquences pour les humains	3
3. Qu'est-ce qui crée les zones mortes ?	4
3.1. Les zones faibles en oxygène : un phénomène naturel	4
3.2. Comment les humains contribuent à la croissance des zones mortes	5
4. Quelles solutions ?	7
5. Étude de cas : la baie de Chesapeake	8
Conclusion	9
Contenu masqué	10

Introduction

L'eau couvre la majeure partie de notre planète et les océans, mers, lacs et cours d'eau sont une source de nourriture, d'agrément et d'émerveillement incontournables, notamment grâce à la vie qui foisonne dans les eaux côtières.

Pourtant, on y trouve de grands espaces dépourvus de vie complexe, où les seules formes de vie qu'on rencontre sont des microorganismes tels que les bactéries. Ces espaces, où la concentration en oxygène dissous est si faible qu'elle ne permet plus de soutenir la faune et la flore habituelle, sont appelés **zones mortes**. Ces zones hostiles à la vie, en croissance, sont étroitement liées à l'activité humaine et aux modifications environnementales. Elles menacent la biodiversité marine, mais aussi les économies locales et la santé publique.

À travers cet article, nous explorons les causes, les conséquences et les moyens de lutte contre l'apparition de ces zones mortes, tout en mettant en lumière l'importance de préserver les écosystèmes aquatiques pour un avenir durable.

1. Qu'est-ce qu'une zone morte ?

Pour commencer, parlons d'une notion centrale dans cet article : l'**oxygène dissous**. Comme son nom l'indique, il s'agit de la quantité d'oxygène présente dans l'eau sous forme dissoute. « Dissous » signifie que les molécules d'oxygène ne sont pas liées chimiquement aux molécules d'eau (H₂O), mais sont plutôt dispersées uniformément dans le liquide. Cette concentration d'oxygène se mesure en milligrammes d'oxygène (O₂) par litre d'eau (mg/L) ou en pourcentage du maximum d'oxygène dissous.

2. Pourquoi c'est un problème ?

L'oxygène dissous est essentiel pour la respiration des organismes aquatiques, qu'ils soient animaux ou végétaux, et il est présent dans tous nos cours d'eau, permettant ainsi la présence d'êtres vivants. Il pénètre dans l'eau principalement par le biais de l'aération (due aux mouvements de l'eau et aux échanges avec l'atmosphère) et grâce à la photosynthèse des plantes aquatiques.

Parfois, la consommation d'oxygène dépasse la quantité d'oxygène qui entre dans l'eau, donnant lieu à une baisse de l'oxygène dissous.

Lorsque la quantité d'oxygène dissous dans une zone d'eau descend en dessous du niveau nécessaire pour soutenir la vie dans de bonnes conditions, on parle d'**hypoxie**. Si cette quantité chute encore plus bas, au point de ne presque plus pouvoir supporter de vie, la zone est alors considérée comme en état d'**anoxie**.

Et bien, une **zone morte**, c'est une zone d'eau en état d'hypoxie sévère ou d'anoxie !

2. Pourquoi c'est un problème ?

2.1. Destruction de la vie aquatique

De la même manière que les êtres humains éprouvent des difficultés à respirer lorsque l'oxygène vient à manquer, la faune et flore aquatiques ne parviennent plus à s'oxygéner dans une eau trop pauvre en oxygène. Pour la vie aquatique, l'eau pauvre en oxygène est analogue à l'air de haute altitude, appauvri également ! Les conséquences de ce manque d'oxygène sont les mêmes que pour les organismes terrestres : migration pour retrouver de meilleures conditions ou maintien sur place dans des conditions dégradées, voire la mort.

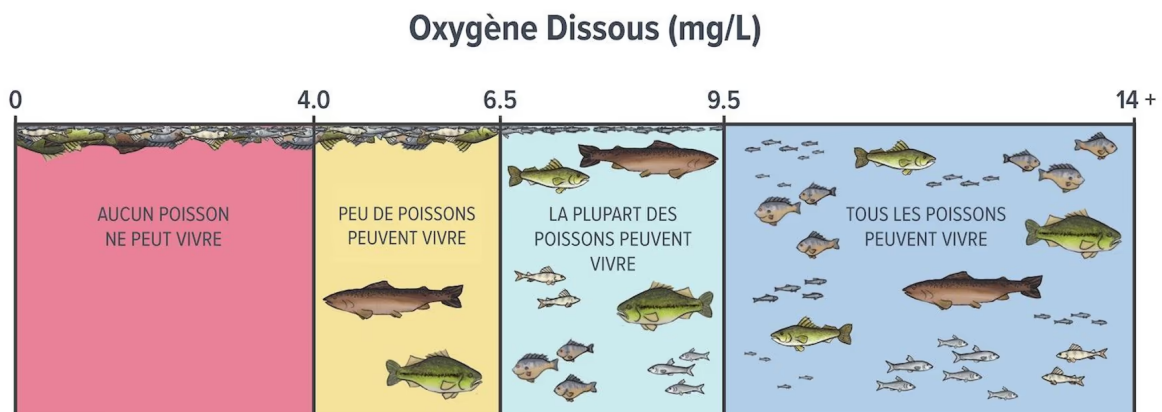


FIGURE 2.1. – Source : [DataStream Initiative \(2021\)](#), [Un guide de surveillance de la qualité de l'eau](#) .

Toute la vie aquatique n'est pas affectée de la même manière. Certaines espèces tolèrent mieux le manque d'oxygène et survivent dans des conditions qui en tueraient d'autres.¹ Les espèces mobiles (poissons par exemple) peuvent s'enfuir des zones appauvries en oxygène si l'appauvrissement n'est ni trop rapide ni trop étendu, alors que les espèces moins (ou non) mobiles telles que les coquillages périliteront.

1. [Dissolved Oxygen](#) (Fondriest Learning Center, 2013)

2. Pourquoi c'est un problème ?

Les différentes régions des océans sont affectées à différents degrés. Les premiers centimètres des océans sont rarement très pauvres en oxygène, grâce à l'échange avec l'air et les courants de surface qui mélangent les premiers mètres². Aussi, les phénomènes d'appauvrissement les plus forts concernent surtout les côtes, la haute mer étant relativement épargnée. Cependant, les côtes hébergent la majorité des espèces marines et jouent un rôle majeur dans la reproduction de la plupart des espèces, ce qui fait que ce phénomène, même localisé, a un grand impact sur la vie aquatique.

2.2. Conséquences pour les humains

2.2.1. Économie et environnement

Les zones mortes impactent en particulier les zones de pêche. Une zone morte sur un lieu habituel de pêche ne permet plus le maintien de l'activité économique au même niveau, ce qui peut avoir un impact massif si l'activité est importante pour l'économie locale. Un exemple typique est le Golfe du Mexique, qui présente une zone morte majeure, dans une zone de pêche qui représente 40% de la production de produits de la mer des États-Unis.³

Une autre conséquence importante est la perte d'agrément et son impact sur le tourisme et les loisirs. Les activités habituelles pour les résidents et les touristes ne peuvent plus être menées à bien, ce qui nuit à l'économie locale. On peut penser par exemple à la Bretagne, où les marées vertes nuisent à l'agrément voire la sécurité de certaines plages, et la pression que peuvent subir les responsables locaux vis-à-vis des acteurs du tourisme.⁴

D'autres conséquences arrivent à plus long terme, en dégradant ou détruisant l'écosystème côtier progressivement. La destruction de certains végétaux a par exemple des conséquences sur l'érosion de la côte, qui a elle-même des conséquences majeures sur les activités humaines côtières. La contribution du littoral dans la séquestration et stockage du carbone atmosphérique est aussi réduite.⁵

2.2.2. Santé

L'apparition d'algues vertes, produisant des marées notamment en Bretagne en France, est une conséquence directe de la création de zones mortes. Quand elles s'échouent, les algues se décomposent et produisent du sulfure d'hydrogène pendant environ 2 jours, un gaz potentiellement mortel pour l'homme comme pour les animaux. Ça n'est un problème que lorsqu'elles sont en très grandes quantités, c'est pour quoi depuis plusieurs années suite à des soupçons de décès⁶ la région surveille et ramasse ces marées algues lorsqu'elles s'échouent.

La prolifération d'algues vertes peut également conduire à une accumulation de toxines dans l'eau, qui en dehors d'être dangereux pour de potentiels humains qui s'aventureraient dedans,

2. [Introduction to Oceanography](#) ↗ (Paul Webb, 2023)

3. [Gulf of Mexico Dead Zone](#) ↗ (The Nature Conservancy)

4. [Algues vertes, l'histoire interdite](#) ↗ (Inès Léraud et Pierre Van Hove, 2019)

5. [Les services écosystémiques marins et côtiers](#) ↗ (Plateforme Océan et Climat)

6. [Algues vertes en Bretagne : la tumultueuse histoire des autopsies](#) ↗ (Ouest France, 2023)

3. Qu'est-ce qui crée les zones mortes ?

peuvent se transmettre aux potentiels invertébrés (moules, huîtres...) qui y survivraient encore, pouvant se traduire par un risque alimentaire pour les humains⁷.

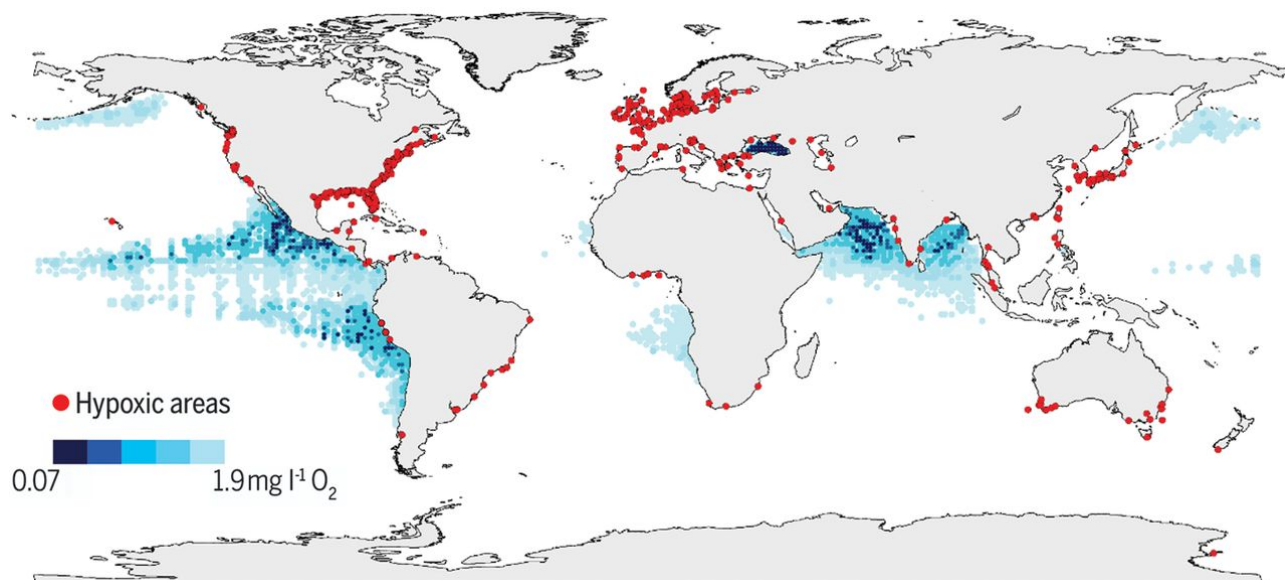
3. Qu'est-ce qui crée les zones mortes ?

3.1. Les zones faibles en oxygène : un phénomène naturel

Tout d'abord, notons que le phénomène de manque d'oxygène existe déjà dans la nature. On le retrouve notamment dans les **zones de minimum d'oxygène** (ZMO), dont les zones mortes sont un type extrême. Les ZMO sont des régions sous-marines où la concentration en oxygène dissous est extrêmement basse.

Dans l'océan, ces zones se situent généralement à des profondeurs comprises entre 200 et 1000 mètres, où les couches supérieures sont oxygénées par les échanges avec l'atmosphère, tandis que les couches inférieures sont essentiellement dépourvues de lumière et abritent des organismes qui sont adaptés à des conditions de faible oxygène. Les zones avec une mauvaise circulation sous-marine sont naturellement propices à la formation de conditions hypoxiques, pouvant parfois évoluer en zones mortes.

Le **Golfe d'Oman** par exemple est la plus grande zone morte au monde, où la combinaison des courants océaniques et de la géographie locale crée des conditions d'oxygène extrêmement faibles. Cette zone morte persiste en raison des caractéristiques naturelles de la circulation océanique dans cette région, et s'aggrave en raison du réchauffement climatique, qui perturbe encore davantage cette circulation¹.



7. Evidence of freshwater algal toxins in marine shellfish : Implications for human and aquatic health ↗ (Gibble et al., 2016)

1. Physical Controls on Oxygen Distribution and Denitrification Potential in the North West Arabian Sea ↗ (Queste et al., 2018).

3. Qu'est-ce qui crée les zones mortes ?

FIGURE 3.2. – Cartographie des zones mortes (2009). Les points rouges correspondent à des zones mortes côtières en lien avec les rejets de nutriments liés aux activités humaines. Les zones bleues correspondent aux zones de minimum d'oxygène à 300 m. D'après [Declining oxygen in the global ocean and coastal waters](#) ↗ .

☉ Comment cartographie-t-on les zones mortes ?

3.2. Comment les humains contribuent à la croissance des zones mortes

3.2.1. Croissance des zones mortes

Depuis les années 1950, la tendance est à l'augmentation marquée des zones mortes, en lien avec le développement des activités humaines et de leur influence sur l'environnement naturel.

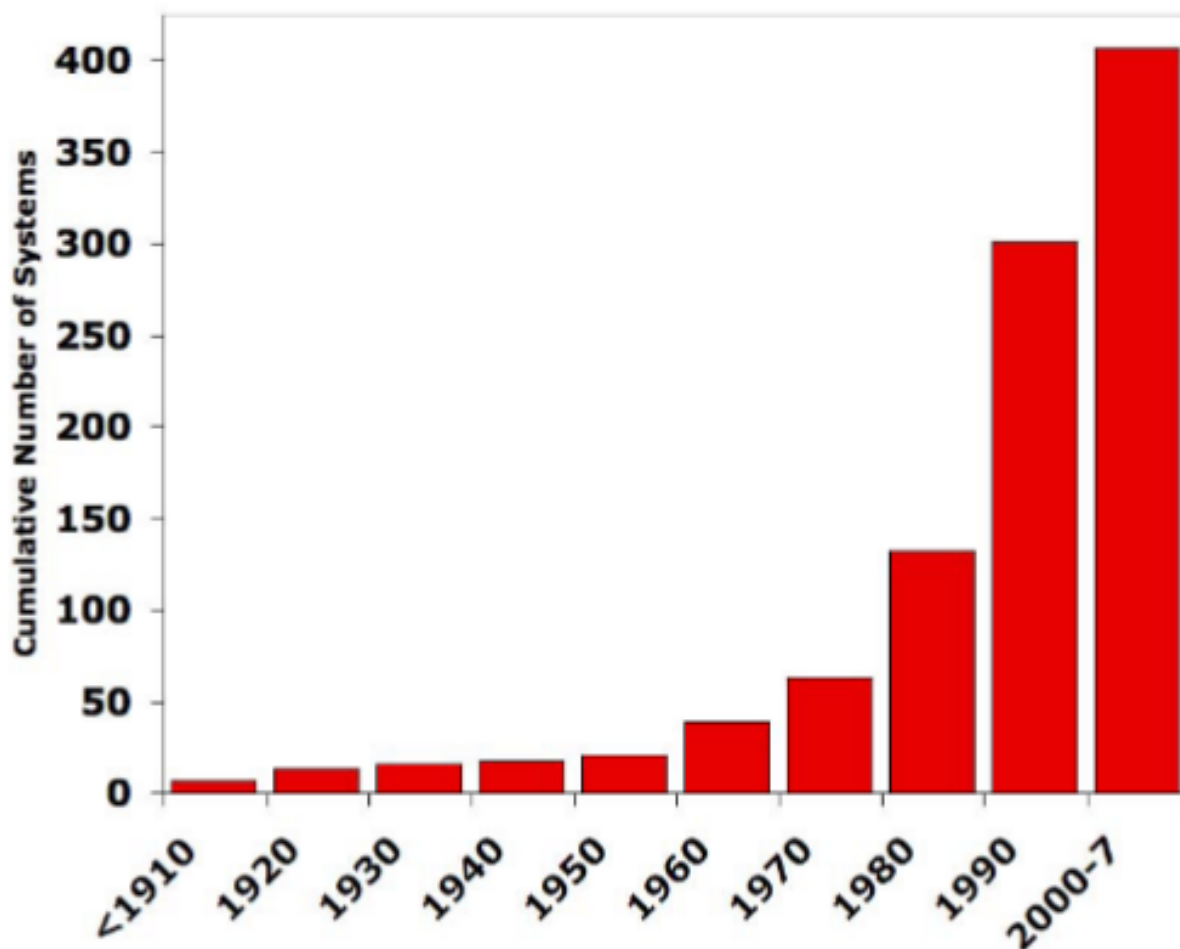


FIGURE 3.3. – Nombre cumulé de zones mortes rapportées dans la littérature scientifique ([source](#) ↗).

3. Qu'est-ce qui crée les zones mortes ?

La corrélation entre l'augmentation des zones mortes, de la population et l'utilisation de fertilisants azotés est notable.³ Ce n'est pas une simple corrélation, puisque le mécanisme de cause à effet est bien documenté.

3.2.2. Eutrophisation anthropique

Nourrir l'humanité grandissante est un des grands défis auquel nous faisons face. Y répondre nécessite non seulement d'allouer une grande surface agricole, mais également de faire en sorte qu'elle ait une bonne productivité.

Cela conduit à une augmentation considérable d'un nutriment, l'azote, dans les cours d'eau pour plusieurs raisons :

- **l'utilisation d'engrais** : depuis le début du 20^e siècle l'utilisation de fertilisants a explosé pour répondre à la demande, et notamment ceux à base d'azote, particulièrement efficaces. Cela signifie en ajouter en terre, et une partie naturellement se retrouve donc dans les cours d'eau (par exemple avec le ruissellement des eaux de pluie)⁴.
- **l'élevage intensif** : plus d'agriculture intensive pour nourrir tout le monde, plus de fumier et de lisier, contenant à l'échelle mondiale 18 milliards de kilogrammes d'azote par an⁵, dont une partie finira dans les cours d'eau.
- **le rejet d'eaux usées** : À l'échelle mondiale, 80 % des eaux usées municipales sont rejetées dans l'environnement sans traitement. Le pourcentage d'eaux usées traitées varie selon les régions : 90 % en Amérique du Nord, 66 % en Europe, 35 % en Asie, 14 % en Amérique latine et dans les Caraïbes, et moins de 1 % en Afrique. Par conséquent, la principale source urbaine de pollution par les nutriments est les eaux usées humaines, qui auraient libéré environ 9 milliards de kilogrammes d'azote dans l'environnement en 2018⁵.

L'azote étant le premier facteur limitant de croissance, ce surplus de nutriments dans l'eau facilite une croissance excessive de plantes et particulièrement d'algues (micro et macro). En temps normal, les algues ne sont pas un problème, c'est d'ailleurs une bonne plante, elle fait de la photosynthèse le jour pour produire de l'oxygène par exemple.

Sauf qu'en trop grande quantité, les algues consomment plus d'oxygène qu'elles n'en produisent. La prolifération d'algues limite la photosynthèse, créant un déséquilibre entre la consommation d'oxygène la nuit et la production d'oxygène le jour. De plus, les algues consomment également énormément d'oxygène à leur mort, ce qui devient problématique à grande échelle.

En résumé, on enrichit trop l'eau, des algues se développent en trop grand nombre et réduisent l'oxygène, conduisant à de l'hypoxie. Ce processus, où un excès de nutriments dans les cours d'eau, principalement de l'azote et du phosphore, provoque une croissance excessive d'algues et d'autres plantes aquatiques, est appelé **l'eutrophisation**.

3. [The Ocean is losing its breath](#) - voir la figure 6 (UNESCO, 2018).

4. [Sevenfold variation in global feeding capacity depends on diets, land use and nitrogen management](#) (Chatzimpiros et Harchaoui, 2023).

5. [The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean : Causes and Consequences](#) (Malone et Newton, 2020).

4. Quelles solutions ?

3.2.3. Dérèglement climatique anthropique

La combustion d'énergie fossile affecte de façon directe la vie marine, car elle libère en plus du CO₂ d'autres polluants, y compris de l'azote, dans l'atmosphère, dont une partie finit par se déposer dans l'océan⁶.

L'eau retenant moins l'oxygène en se réchauffant, le réchauffement climatique contribue au problème, en posant également des problèmes à la ventilation dont nous avons parlé précédemment.

4. Quelles solutions ?

Plusieurs leviers sont mis en place pour lutter contre l'eutrophisation, découlant des problèmes évoqués plus haut. Voici quelques exemples :

4.0.1. Réduction des apports en nutriments

La première mesure essentielle pour lutter contre les zones mortes est de réduire les apports en nutriments. Cela peut être réalisé en promouvant des pratiques agricoles durables comme celles de l'agriculture de conservation, prônant par exemple l'utilisation de cultures de couverture (végétation temporaire protégeant le sol), qui permettent de réduire l'érosion et le ruissèlement des nutriments ou la rotation et diversification des cultures, réduisant les apports nécessaires en engrais.

Les légumineuses, par exemple, attirent des bactéries appelées les rhizobiums, qui capturent l'azote de l'air et permettent l'absorption plus facile de celui-ci par les racines. Ce processus enrichit le sol en azote, réduisant ainsi la nécessité d'utiliser des engrais, dont bénéficieront également les cultures suivantes.

Il est parfois également possible de créer des zones tampons végétatives¹, appelées bandes enherbées, c'est-à-dire des bandes de végétation situées entre les terres agricoles et les cours d'eau, qui permettent de filtrer les nutriments avant qu'ils n'atteignent les écosystèmes aquatiques. C'est, comme l'utilisation de cultures de couverture², déjà obligatoire en France dans la majorité des cas³.

4.0.2. Amélioration du traitement des eaux usées

Pour réduire la charge en nutriments dans les rivières et les océans, il est également impératif d'améliorer le traitement des eaux usées. Cela passe par la modernisation des stations d'épuration, qui doivent être équipées pour traiter efficacement les nutriments avant de rejeter l'eau dans l'environnement⁴. Pour les eaux de ruissèlement agricoles, on cherchera plutôt comme vu précédemment à faire des zones tampons pour filtrer au maximum.

6. [Ocean deoxygenation : Everyone's problem](#) [↗](#) (IUCN, 2019).

1. [Eutrophication : Causes, Consequences, and Controls 4.4.3](#) [↗](#) (The Open University)

2. [PAC 2024 / BCAA 8](#) [↗](#) (Gouvernement)

3. [Loi Grenelle II](#) [↗](#) (Gouvernement)

4. [Analysis of eutrophication potential of municipal wastewater](#) [↗](#) (Preisner et al., 2020)

5. Étude de cas : la baie de Chesapeake

4.0.3. Politiques et réglementations

Les politiques publiques et réglementations peuvent également être un levier pour lutter contre l'eutrophisation⁵ :

- en mettant en place des politiques incitations ou réglementations pour limiter les émissions et rejets de nutriments par les industries et les exploitations agricoles
- en promouvant et sensibilisant à de l'agriculture durable
- en mettant en place des systèmes de surveillance continue de l'efficacité des politiques

Dans une certaine mesure, toutes les politiques liées aux limites d'émissions de gaz à effet de serre font également partie des solutions.

4.0.4. Restaurations écologiques

Les restaurations écologiques constituent une autre approche pour lutter contre les zones mortes. Restaurer et protéger les zones humides est essentiel, car comme les zones tampons végétatives, ces écosystèmes agissent comme des filtres naturels pour les nutriments et contribuent à prévenir la formation de zones mortes⁶. De plus, la réintroduction de végétation subaquatique dans les zones affectées peut favoriser la réoxygénation de l'eau et fournir des habitats pour la vie marine.

En continuant dans cette logique de bio-ingénierie, il arrive également qu'on introduise des huîtres ou d'autres organismes filtreurs dans ces zones, qui peuvent être mis en œuvre pour améliorer la qualité de l'eau⁷.

Si le problème est encore loin d'être traité à une échelle suffisante, il est tout de même adressé à de nombreux endroits au moins en partie. On citera par exemple le Plan de lutte contre les algues vertes en Bretagne (2010-maintenant), le Gulf Hypoxia Action Plan (2008-maintenant) au Golfe du Mexique, le Baltic Sea Action Plan (2007-maintenant) pour la mer Baltique ou le Chesapeake Clean Water Blueprint (2010-maintenant) pour la Baie du Chesapeake. Un constat commun : aucun de ces plans n'a atteint tous ses objectifs. On se félicitera bien sûr de ces initiatives qui ont été améliorées et renouvelées, tout en notant la complexité du problème et son importance.

5. Étude de cas : la baie de Chesapeake

Une des zones mortes les mieux documentées se trouve entre les états américains de la Virginie et du Maryland, dans la baie de Chesapeake. Plus précisément, c'est dans cette baie que plusieurs zones mortes se trouvent, revenant année après année avec un pic lors des mois d'été pour atteindre une taille avoisinant les cinq kilomètres cube sur les 77 km³ de cette baie peu profonde.

5. [Eutrophication : Policies, Action, and Strategies to Address Nutrient Pollution](#) [↗](#) (World research institute, 2009)

6. [Eutrophication : Causes, Consequences, and Controls 4.5.1](#) [↗](#) (The Open University)

7. [Mitigation of Eutrophication and Hypoxia through Oyster Aquaculture](#) [↗](#) (Yu et Gan, 2021)

8. [Ocean deoxygenation : Everyone's problem](#) [↗](#) (IUCN, 2019)

Conclusion

Des efforts importants ont été mis en place pour y remédier, et les résultats sont relativement au rendez-vous avec une moyenne de taille de zone morte à la tendance en baisse, et pourtant, on reste loin d'une élimination totale.

i

Cinq kilomètres cube, ça n'est pas forcément intuitif, mais c'est énorme. Pensez à deux millions de piscine olympique ! Ou quatre fois et demi le lac d'Annecy.

En 2010, une association de protection de la baie, la Chesapeake Bay Foundation, gagne un procès contre l'EPA (l'équivalent du Ministère de la Transition écologique) pour l'obliger à prendre des actions pour remédier à la situation catastrophique dans laquelle se trouve la baie. Au centre de cette réussite, un accord pour une restriction de la quantité d'azote et de phosphore permise d'entrer dans la baie. Associé à d'autres accords de collaboration, cet accord fait partie du [Chesapeake Clean Water Blueprint](#) [↗](#), un plan d'action sur 15 ans pour remédier à la situation.

Cet important programme a permis de récolter des données intéressantes, et notamment de quantifier à 45% la quantité d'azote entrant dans la baie provenant du ruissellement agricole¹ et 20–30% provenant de la pollution de l'air². Une raison parlante de sortir son vélo !

Ce plan d'action a eu un effet sur la taille des zones mortes qui sur le long terme sont bien sur une tendance à la baisse³, malgré une variabilité importante notamment liée aux phénomènes météorologiques. On reste relativement loin d'une éradication de la zone morte, mais les efforts continuent et un nouveau plan sera mis en place post-2025 pour continuer une baisse déjà conséquente sur la quantité d'azote entrante : près de 32% en 15 ans (la tendance était déjà à la baisse à cause des normes notamment de pollution de l'air), pour atteindre 86 000 tonnes l'année prochaine.

En somme, la baie de Chesapeake illustre bien les défis complexes posés par les zones mortes, où malgré des efforts significatifs, l'éradication complète reste difficile à atteindre. Toutefois, les progrès réalisés montrent que des actions concertées et des politiques rigoureuses peuvent réduire l'ampleur de ces phénomènes et préserver la biodiversité aquatique.

Conclusion

La lutte contre les zones mortes nécessite une action concertée et une prise de conscience collective sur l'impact des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques qui s'étend bien au-delà de la pêche et des déchets plastique. Pour protéger ces milieux essentiels, il est crucial de :

- renforcer les pratiques agricoles durables
- améliorer le traitement des eaux usées
- instaurer des politiques environnementales rigoureuses.
- la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre a également un impact !

1. [What Is Killing The Bay ?](#) [↗](#) (Chesapeake Bay Foundation)

2. [Dead zones](#) [↗](#) (Chesapeake Bay Foundation)

3. [Real-time Estimates of Hypoxic Water Volume](#) [↗](#) (VIMS)

Contenu masqué

Dans ce contexte qui nous rappelle qu'on a tous un rôle à jouer dans la protection de la vie, on peut compter sur un allié important : les zones humides. Ces écosystèmes agissent non seulement comme des filtres naturels en piégeant les nutriments avant qu'ils n'atteignent les cours d'eau, mais également en contribuant à la préservation de la biodiversité et à la régulation climatique. Ainsi, protéger et restaurer ces zones humides fait également partie de notre feuille de route commune pour un avenir plus durable !

Contenu masqué

Contenu masqué n°1 :

Comment cartographie-t-on les zones mortes ?

La cartographie de l'oxygène dissous dans l'océan est relativement récente. On mesure le taux d'oxygène en mer à l'aide d'un vaste réseau² de balises flottantes (dont des [balises Argos](#) [↗](#)). Les données récupérées par ces balises sont ensuite utilisées pour effectuer la cartographie globale. Certaines estimations complémentaires sont faites en corrélant des données satellites, pour une estimation indirecte, mais couvrant toute la Terre, et avec une plus grande résolution temporelle et spatiale.

Les mesures permettent également de mettre en évidence des variations saisonnières de l'étendue ou la sévérité de la zone morte, comme une taille accrue pendant les mois chauds.

2. [The Ocean is losing its breath](#) [↗](#) - voir la figure 22 (UNESCO, 2018).

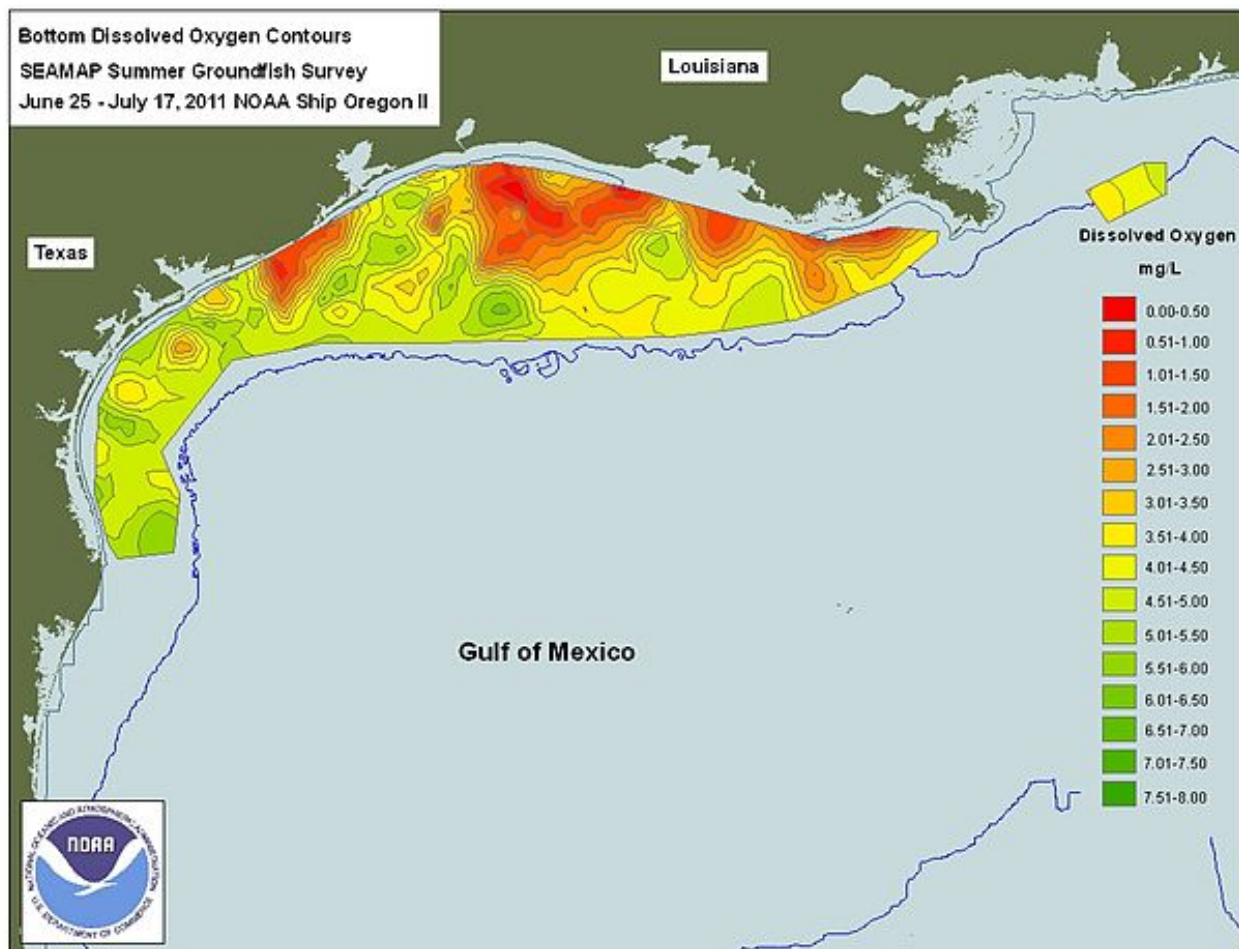


FIGURE 5.4. – Cartographie de la zone morte du golfe du Mexique à l'été 2011, d'après le NOAA ([source](#)).

[Retourner au texte.](#)