

## Les activités humaines causent la prolifération d'algues nuisibles

La prolifération d'algues nuisibles (PAN) autour des côtes est devenue un problème écologique mondial. Certaines de ces proliférations ("blooms") sont stimulées par des apports excessifs de nutriments issus de l'agriculture, et peuvent nuire à des écosystèmes marins tout entiers, et mettre leur vie en péril. Cette menace pour l'économie et la biodiversité soulève de graves inquiétudes.

Les menaces pesant sur les écosystèmes marins et côtiers sont nombreuses, une des plus communes reste celle causée par l'excès de nutriments<sup>(1)</sup>(Fig.3). Au cours du siècle dernier, l'intensification de l'agriculture, du développement côtier, de l'utilisation de combustibles fossiles ainsi que de l'augmentation de quantité de déchets ont conduit à un excès d'azote, de phosphore et d'autres nutriments végétaux dans l'environnement. Transportés par les ruisseaux, les rivières, les nappes phréatiques, les égouts ou l'atmosphère, ils aboutissent finalement dans l'océan.

De fortes concentrations en nutriments stimulent la croissance d'algues microscopiques appelées "phytoplancton". Il existe un lien évident entre l'eutrophisation (excès de nutriments) et deux problèmes écologiques : les PAN et l'hypoxie (manque d'oxygène dans les eaux profondes devenant des "zones mortes")<sup>(2, 3)</sup>. Ceux-ci peuvent toucher tous les écosystèmes côtiers, avec des conséquences directes et indirectes sur l'environnement et la santé humaine, la nourriture et les loisirs<sup>(4)</sup>. Ces phénomènes naturels sont connus depuis les temps

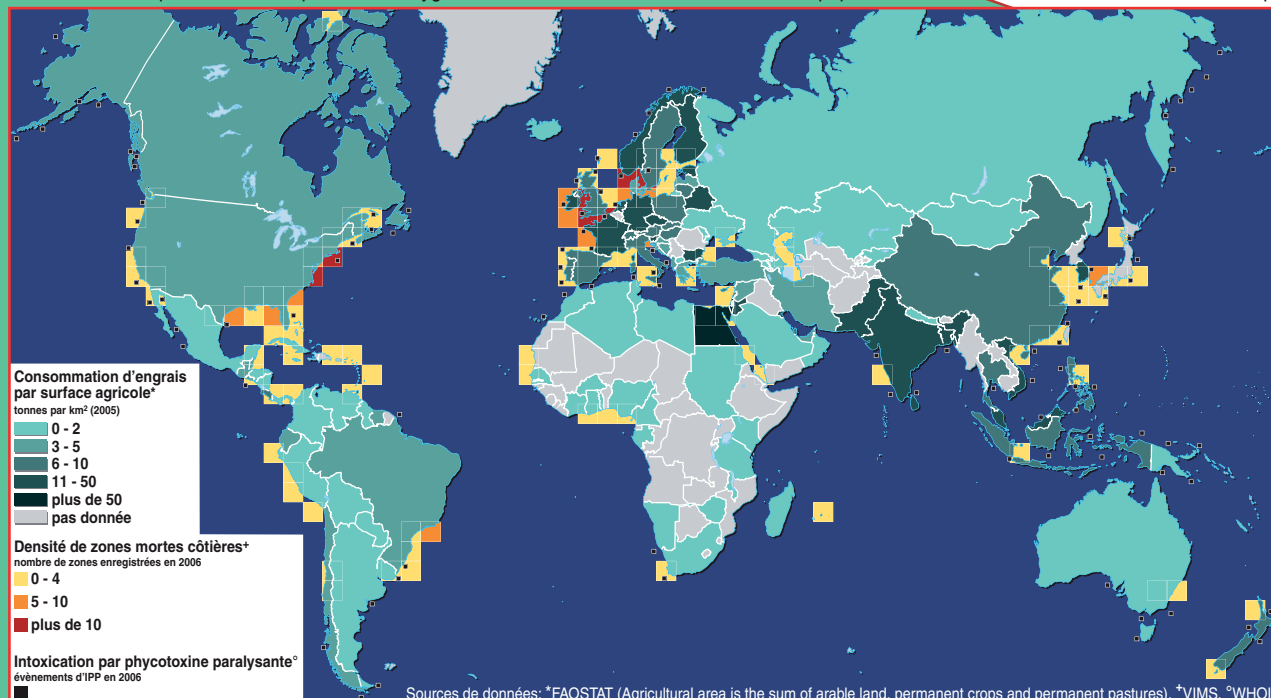
géologiques, mais leur augmentation au cours des dernières décennies est clairement liée aux activités humaines<sup>(5, 6, a)</sup>.

Le phytoplancton a colonisé les eaux douces, saumâtres et salées. Comme les proliférations de ces algues en haute mer ne sont souvent que passagères étant donné l'apport en nutriment sporadique, cette publication n'abordera que les proliférations côtières. Les écosystèmes côtiers sont les plus importants en termes de biodiversité, et la partie la plus productive des océans. Ce sont aussi ceux qui sont le plus affectés par les activités humaines.

Les projets de recherche abordant les différents aspects de prolifération nocive de phytoplanctons<sup>(7, 8, 9, b, c)</sup> sont nombreux. Leur étude s'avère difficile étant donné la variabilité des mécanismes de prolifération<sup>(10)</sup>. Les PAN sont mis en évidence grâce aux images satellites (les anomalies de concentration de chlorophylle indiquent la dynamique du phytoplancton<sup>(11)</sup>)(Fig.4) par les prélèvements d'eau (dénombrement d'algues toxiques), par des études d'hydrodynamique et de climatologie (transport des éléments par les courants marins sous influence de facteurs climatiques<sup>(11)</sup>), et par échantillonnage des toxines algaires (phycotoxines) dans les coquillages.

**Fig. 1 "Zones mortes" mondiales en 2006**

Le nombre de "zones mortes" côtières a doublé tous les dix ans depuis 1960<sup>(12)</sup>. La plupart sont saisonnières, mais certaines persistent tout au long de l'année. Plus de 100 000 km<sup>2</sup> de mer intérieure sont concernés, sans compter les nombreuses baies et estuaires qui sont les plus touchés<sup>(13, 6)</sup>. Les zones mortes les plus étendues se trouvent en Mer Baltique et au Golfe du Mexique. Ces eaux dépourvues d'oxygène sont à mettre en relation avec une forte population humaine, ou avec des bassins versants apportant de fortes quantités de



nutriments (engrais) vers les eaux côtières. Sur les 350 régions répertoriées en 2006, 175 sont qualifiées d'inquiétantes, 161 sont documentées et seulement 13 ont connu une amélioration.

Bien que l'augmentation des cas d'intoxication par phycotoxine paralysante (intoxication liée aux biotoxines marines) soit évidente, elle est souvent qualifiée "d'apparente" par les scientifiques à cause du manque de statistiques historiques et de l'amélioration des méthodes de détection. Le fait qu'une partie de cette expansion soit le résultat d'une prise de conscience accrue ne doit pas faire oublier la responsabilité de l'homme<sup>(6)</sup>.

## Ce qui provoque les PAN

### L'excès de nutriments

Du fait de la complexité de certains processus physiques et biologiques et du manque d'observations à long terme, il est difficile de décrire avec précision la manière dont les activités humaines influencent l'apparition et la gravité des PAN<sup>(4)</sup>. Il existe un lien entre la quantité de nutriments et l'abondance d'algues. L'influence humaine la plus évidente sur la productivité côtière est due à la pollution transportée par les rivières et les égouts. Le développement des activités humaines (agriculture, aquaculture, industrie, urbanisation, loisirs) entraîne une augmentation des rejets de nitrates et de phosphates dans les eaux côtières<sup>(1, 2, 10)</sup>.

**Fig. 2 Images microscopiques de phytoplancton potentiellement dangereux**

Les algues phytoplanctoniques sont des organismes photosynthétiques combinant l'énergie solaire, le dioxyde de carbone et les nutriments (azote, phosphore) pour grandir. Les espèces d'algues vont d'organismes unicellulaires à des macrophytes pluricellulaires complexes, ayant chacun un rôle clé pour l'écologie aquatique et l'approvisionnement d'oxygène pour l'atmosphère. Elles sont à la base de la chaîne alimentaire marine, source de nourriture et d'énergie de base pour les plus grands poissons et mammifères. Parmi les milliers d'espèces de phytoplancton, environ une centaine sont reconnues comme étant potentiellement dangereuses. Les plus communes pouvant former des PAN sont :

Les dinoflagellés



Certains de ces organismes unicellulaires peuvent s'enkyster et rester dormant pendant des années au fond des océans en attendant les conditions favorables pour germer et proliférer à nouveau.

Les cyanobactéries



Aussi appelées "algues bleues", on les retrouve dans de nombreux habitats comme l'eau douce et salée, les sols et la roche nue. Certaines produisent différents types de toxiques potentiellement dangereux.

Les diatomées



La cellule est entourée d'un mur de silice unique aux formes variées et superbes ornements. La plupart des diatomées sont inoffensives, et contribuent largement à la productivité des océans. Quelques espèces sont toxiques et peuvent être dangereuses pour la santé humaine et les écosystèmes marins.

Credits photographiques: Elisabeth Nezan (Iremer), John Patchett (University of Warwick), Mark Schneegurt (Wichita State University), Cyanosite (www.cyanosite.bio.purdue.edu)

L'agriculture intensive et industrielle est en hausse pour faire face à une demande accrue de nourriture d'une population mondiale en expansion. L'excès de nutriments issus des écoulements agricoles (engrais) dans les océans est une des plus grandes menaces pour la santé des écosystèmes marins<sup>(14, 15, 16)</sup>. Cette menace globale émergente entraîne des changements dans la structure et le fonctionnement d'écosystèmes entiers. Les principales sources de pollution par l'azote sont les activités agricoles (écoulements des terres agricoles et déchets d'élevages) d'où les rejets azotés ruissellent directement vers les réserves hydriques ou s'évaporent dans l'atmosphère<sup>(17)</sup>. Depuis 1800, la pollution par l'azote a été multipliée de cinq à dix fois et continue d'augmenter<sup>(1)</sup>. Les phosphates et les nitrates

sont utilisés en grande quantité pour fertiliser les sols (Fig.3), seule une fraction atteint les plantes, moins de 20% dans certaines régions<sup>(18)</sup>. L'excédent se répand dans l'environnement avec de graves conséquences sur l'air, les sols, l'eau douce et les océans.

Les rejets d'eau domestique souillée, liés à la croissance de la population et à une urbanisation galopante, sont aussi une source importante de pollution marine. Les rejets d'égouts sont nuisibles aux réserves d'eau naturelles, engendrant notamment leur eutrophisation. Pour de nombreux pays, le progrès vers un meilleur traitement des eaux n'est pas freiné par des lacunes techniques mais plutôt financières<sup>(1)</sup>. Alors que certains pays peuvent se procurer et mettre en place la meilleure technologie pour le traitement des eaux usées, certaines grandes villes de pays en voie de développement rejettent plus de 80% de leurs eaux usées sans les traiter (Fig.3). Outre les rejets domestiques, les égouts industriels sont aussi nocifs pour le milieu marin.

### Les proliférations stimulées par d'autres facteurs

Les dépôts d'azote oxydé aérien<sup>(17)</sup> (issus de l'utilisation de combustibles fossiles) et la dispersion d'espèces d'algues nocives à partir d'eau de ballasts<sup>(2)</sup> sont des mécanismes connus qui peuvent provoquer certains types de proliférations.

Outre l'excès de nutriments issus des activités humaines, certaines régions océaniques sont le lieu de remontées d'eau contenant des nutriments "naturels". Des processus océanographiques et climatiques provoquent des courants (alimentés par les vents, les orages, les différences de densité de l'eau) qui vont faire remonter des eaux profondes riches en nutriments vers des zones superficielles où la photosynthèse a lieu. Des conditions favorables sont alors réunies pour la reproduction et la croissance rapide du phytoplancton.

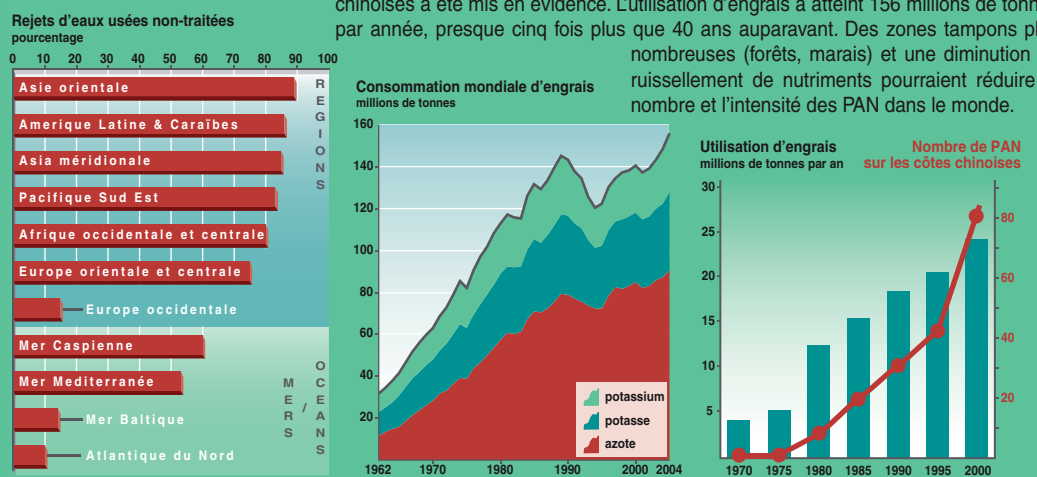
Suite à certains aléas naturels comme des fortes pluies, des inondations, des cyclones ou le ruissellement d'eau chaude stagnante, un excès de nutriments peut arriver sur les zones côtières et stimuler la prolifération d'algues.

## Impacts et conséquences

Les estuaires et les baies sont les plus touchés mais l'eutrophisation touche également de grandes étendues de mers semi-fermées comme la Mer Baltique, l'Adriatique du Nord, la Mer Noire, le Golfe du Mexique ou la Mer Intérieure de Seto

**Fig. 3 Les conditions aquatiques favorisant les PAN**

La pollution de l'eau de mer a une influence sur les PAN. La production primaire - la division cellulaire des algues - augmente avec l'eutrophisation qui est souvent stimulée par les rejets d'eaux usées. Voir sur le graphique combien le traitement des eaux usées doit être amélioré à l'échelle du globe ! Un lien entre l'utilisation d'engrais et le nombre de "marées rouges" sur les côtes chinoises a été mis en évidence. L'utilisation d'engrais a atteint 156 millions de tonnes par année, presque cinq fois plus que 40 ans auparavant. Des zones tampons plus nombreuses (forêts, marais) et une diminution du ruissellement de nutriments pourraient réduire le nombre et l'intensité des PAN dans le monde.



Sources de données: The International Fertilizer Industry Association<sup>(9)</sup>, Earth Policy Institute<sup>(6)</sup>, UNEP 2006<sup>(1)</sup>, Smil 2001<sup>(23)</sup>, Zhang 1994<sup>(24)</sup>

Fig. 4 Détection par images satellites



Cette image du capteur SeaWiFS du 16 avril 2001 montre le développement d'un "bloom" phytoplanctonique très réfléchissant (en vert) dans le Golfe de Californie. Outre la haute concentration en nutriments et la forte productivité de la zone, les ruissellements agricoles azotés favorisent de grandes (54 to 577km<sup>2</sup>) proliférations de phytoplancton. Le ruissellement exerce une forte et influence constante sur les processus biologiques : dans 80% des cas, il stimule des blooms quelques jours après l'épandage d'engrais et l'irrigation des surfaces agricoles<sup>(14)</sup>.

Crédit photographique: NASA's visibleearth®

(Japon)<sup>(19)</sup>. Dans des conditions favorables, les cellules algaires se reproduisent de façon asexuée de manière exponentielle. Si les conditions environnementales ne sont pas limitantes (animaux qui s'en nourrissent, manque de lumière ou de nutriments) leur population peut atteindre un niveau visuellement spectaculaire (et écologiquement catastrophique). Colorant l'eau (en rouge, vert ou brun), ces proliférations peuvent être problématiques même si elles sont composées d'algues non-toxiques. Les algues nocives sont aussi parfois diluées et invisibles : l'eau paraît claire, mais peut contenir des taux dangereux de phycotoxines. Ingerées par les animaux marins (zooplancton, poissons ou coquillages), ces dernières passent dans la chaîne alimentaire et s'accumulent dans les être vivants.

#### Impact sur les écosystèmes marins

Les liens entre les nutriments, l'eutrophisation, l'hypoxie et les PAN, ainsi que leurs impacts sur les écosystèmes marins sont multiples et difficiles à quantifier.

Les "zones mortes" désignent des régions marines où la concentration en oxygène dissout est déficitaire (hypoxie) (Fig.1). La plupart sont dépourvues de toute vie aquatique, elles sont connues dans le monde entier et entraînent un déclin de la diversité biologique<sup>(14, 23)</sup>. Les algues microscopiques mortes se décomposent au fond des océans sous l'action bactérienne qui consomme une bonne part de l'oxygène dissout des eaux profondes. Les eaux océaniques estivales étant stratifiées, les eaux profondes ainsi isolées demeurent hypoxiques, et deviennent inhospitalières. Dans certains cas l'oxygène se raréfie si rapidement que la faune n'a pas le temps de fuir et provoque une mortalité massive de poissons.

La biodiversité côtière est la plus élevée parmi les biotopes océaniques, mais aussi la plus touchée par la pollution. Les PAN côtiers ont ainsi un effet dévastateur sur les écosystèmes marins les plus riches – un impact difficilement quantifiable en terme monétaire. A travers la chaîne alimentaire, ces "blooms" nuisent aux mammifères marins tels que les baleines, les dauphins, les otaries et les lamantins<sup>(3, 20, 21)</sup>. Il est clair que la perte de ressources marines non-commerciales peut avoir de graves conséquences. La biomasse élevée de ces proliférations d'algues endommage les herbiers marins et les récifs coralliens en obstruant la pénétration de la lumière et en consommant l'oxygène dissout. La prolifération d'algues de grande taille a aussi affecté les habitats coralliens dans certaines régions.

#### Conséquences pour la société humaine

L'impact socio-économique annuel des PAN dans les mers d'Europe est estimé à environ 850 millions d'euros, touchant

principalement la pêche commerciale (158 millions d'euros) et le tourisme (687 millions d'euros)<sup>(22)</sup>. Le pays qui subit les plus grosses pertes semble être l'Espagne, immédiatement suivi par la France et l'Italie<sup>(a)</sup>. Aux Etats-Unis, les chercheurs estiment le coût des PANs à au moins \$50 millions par année<sup>(2)</sup>.

La **santé publique** est le secteur le plus touché par les PAN. Les consommateurs s'intoxiquent avec des fruits de mers contaminés par des phycotoxines. La plupart des fruits de mer filtrent l'eau de mer pour se nourrir, consommant parfois du phytoplancton toxique. Les toxines s'accumulent dans leur chair et peuvent atteindre des taux dangereux (parfois mortels) pour la consommation humaine et animale, mais inoffensifs pour eux. Les syndromes<sup>(2)</sup> sont des problèmes gastro-intestinaux comme nausées, vomissements, diarrhées, vertiges, désorientation, amnésie, perte de mémoire permanente et paralysie pouvant conduire à la mort dans le pire des cas. Parmi les cinq principales phycotoxines, la *ciguatera* est responsable de plus de la moitié des intoxications par fruits de mer (entre 10 000 à 50 000 cas par année)<sup>(g)</sup>.

L'aquaculture et les populations de poissons sont aussi menacés par les PAN. En 2004, la production mondiale de fruits de mer a atteint 130 millions de tonnes, dont un quart provenait de l'aquaculture. Environ 20 millions de tonnes sont cultivées en eaux douces et 15 millions de tonnes en eaux salées<sup>(17)</sup>. Les déchets naturels issus de ces cultures, ainsi que l'excès de nourriture pour animaux mènent à un excès de nutriments autour de ces élevages. Si les concentrations dépassent certaines limites, elles peuvent favoriser les "blooms"<sup>(17)</sup>. Les conséquences sont la fermeture de certains élevages, voire la mort de certains animaux, sauvages ou d'élevage, par asphyxie ou obturation des ouïes. L'excès de biomasse phytoplanctonique peut empêcher la lumière d'atteindre les herbiers ou les coraux qui fournissent l'habitat et la nourriture à de nombreuses espèces commerciales.

Le **tourisme et les activités annexes** peuvent être affectés par les PAN. La biomasse issue de PANs souille parfois les plages, les rendant inhospitalières par l'aspect et l'odeur, empêchant les activités de loisirs. Les herbiers et les récifs coralliens turbides ne sont pas attractifs pour les plongeurs, et ne tolèrent plus la diversité biologique nécessaire à un environnement sain. Les ventes de fruits de mer peuvent être affectées, y compris par une baisse de consommation de fruits de mer "sains" à cause d'une réaction excessive à des mises en garde sanitaires pendant les PAN côtiers.

Fig. 5 Mort de poissons liée aux PAN dans le monde



## Des solutions existent

Des solutions préventives existent et des stratégies de contrôle direct des "blooms" sont élaborées. Cependant, les réponses politiques et comportementales à l'eutrophisation sont complexes vu la variété et le nombre d'activités impliquées dans ces processus. Les PAN ne sont pas une fatalité, preuve en est l'amélioration spectaculaire d'une zone de la Mer Noire jadis dépourvue d'oxygène, qui a vu son état revenir à la normale après sept années d'une utilisation restreinte d'engrais en Europe centrale et orientale<sup>(25)</sup>.

### Les solutions préventives

- o Limiter l'utilisation des engrais et autres produits stimulant l'eutrophisation sur les bassins versants (e.g. écotaxes sur ces produits).
- o Réduire l'utilisation de pesticide ainsi que leur déversement dans les rivières où ils contribuent à l'eutrophisation en éliminant certains organismes.
- o Mettre en place de meilleurs traitements et élimination des déchets humains et animaliers (développer les technologies pour traiter ces déchets).
- o Utilisation plus judicieuse des engrais dans l'agriculture (favoriser les engrais naturels, réduire l'usage excessif et au mauvais moment)<sup>(13)</sup>.
- o Réduire les émissions d'azote et de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles fossiles (en utilisant de nouvelles technologies et/ou des sources d'énergie alternatives)<sup>(26)</sup>.
- o Éviter les changements de couverture du sol et encourager le rétablissement des zones humides et autres zones tampons (forêts, prairies) qui peuvent piéger les nutriments avant qu'ils n'atteignent les océans.

- o Remplacer les phosphates des détergents par des agents anti-calcaires qui ne nuisent pas à l'environnement.
- o Eduquer et sensibiliser les gens au problème.

### Les stratégies de contrôle des PAN et de l'eutrophisation

Les effets secondaires sur l'environnement des stratégies de contrôle direct des PAN sont souvent difficiles à prévoir, c'est pourquoi l'on recommande les stratégies préventives ci-dessus. On peut cependant citer quelques stratégies prometteuses en cours de développement:

- o Le traitement des PAN à l'argile, qui fait couler et périr les algues nocives<sup>(27)</sup>.
- o L'aquaculture de fruits de mer et d'algues qui permettent de réduire la charge de nutriments sur les côtes<sup>(4)</sup>.
- o La lutte biologique, en utilisant des parasites, des bactéries, virus ou d'autres pathogènes des organismes impliqués dans les "blooms"<sup>(27)</sup>.

## Conclusion

Les écosystèmes côtiers et marins continuent de se détériorer surtout à cause des pressions du développement humain. Le fait que certains PAN soient liés aux activités humaines rend nos préoccupations encore plus urgentes. Malgré de nombreuses mesures pour faire face à l'enrichissement en nutriments ces dernières années, l'effet escompté n'a pas encore été observé. Il existe une inertie considérable entre le moment où l'on observe une pression sur l'environnement, le temps qu'il faut pour mettre en place les politiques à conduire, la mise en œuvre de mesures adéquates et éventuellement la manifestation de changements notables. Il faut souvent 15 à 20 ans pour obtenir un engagement sérieux des administrations, et une période encore plus longue avant que les résultats sur l'environnement soient observés<sup>(1)</sup>. Le chemin est encore long, mais il est aujourd'hui essentiel de réduire les impacts de l'eutrophisation sur les milieux naturels.

- Sources:
1. PNUE/GPA (2006). "The State of the Marine environment: Trends and processes". PNUE/GPA, La Haye.
  2. Anderson D. M. (2004). "The Growing Problem of Harmful Algae". *Oceanus* 43/1 p. 1-5.
  3. Pearl H. W., Whitall D. R. (1999). "Anthropogenically-derived Atmospheric Nitrogen Deposition, Marine Eutrophication and Harmful Algal Bloom expansion: Is there a Link?". *Ambio* Vol. 28/4 p. 307-311.
  4. Solow, A. R. (2004). "Red tides and Dead Zones". *Oceanus* 43/1 p. 43-45.
  5. AEE (2006). "Problèmes prioritaires pour l'environnement européen". Rapp. 4/2006, pp. 86, European Commission, EUR 21899 EN, pp. 64.
  6. Diaz R.J. et Rosenberg R. (2001). "Overview of anthropogenically induced hypoxic effects on marine benthic fauna". p. 129-145. Dans N. Rabalais and G. Turner (eds.) *Hypoxia and the Gulf of Mexico*, AGU Press.
  7. Ramsdell J.S., D.M. Anderson and P.M. Gilbert (eds) (2005). "HARRNESS- Harmful Algal Research and Response- A National Environmental Science Strategy 2005-2015". Ecological Society of America, Washington DC.
  8. Barale V. et al. (2005). "Bio-Optical environmental Assessment of Marginal Seas". Progress report 2.
  9. Carstensen et al. (2004). "Frequency, composition, and causes of summer phytoplankton blooms in a shallow coastal ecosystem". *The Kattegat. Limnol. Oceanogr.*, 49/1, p. 190-201.
  10. Brink K. H. (2004). "The Grass is Greener in the Coastal Ocean". *Oceanus* 42/3 p. 1-3.
  11. Behrenfeld M. J. et al. (2006). "Climate-driven trends in contemporary ocean productivity". *Nature* vol 444/7 p. 752-755.
  12. Larsen, J. (2004). "Dead Zones Increasing in World's Coastal Waters". Earth Policy Institute, Washington DC.
  13. PNUE (2003). "Annuaire 2003".
  14. Beman J. M. et al. (2005). "Agricultural runoff fuels large phytoplankton blooms in vulnerable areas of the ocean". *Nature* vol 434 p. 211-214
  15. Tilman D. et al. (2001). "Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change". *Science*, Vol. 292, p. 281-284
  16. Galloway J. et al. (2003). "The Nitrogen Cascade". *BioScience*, vol. 53, p. 341-356.
  17. Walker D. (2002). "Non-point Source Pollution: Reducing Its Impact on Coastal Environmental Quality". Ocean Studies Board, The National Academies, Washington DC.
  18. Smil V. (1999). "Nitrogen in Crop Production: An account of Global Flows". *Global Biogeochem. Cycles* 13: p. 647-662.
  19. NRC (2000). "Clean Coastal Waters: Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution". National Research Council, National Academies Press, Washington DC.
  20. Scholin, C.A. et coll. (2000). "Mortality of Sea Lions along the Central California Coast Linked to a Toxic Diatom Bloom". *Nature*, 403: 80-84.
  21. Work, T.M. et al. (1993). "Domoic Acid Intoxication of Brown Pelicans and Cormorants in Santa Cruz, California". Dans "Toxic Phytoplankton".
  22. ECOHARM 2003. "The socio-economic impact of harmful algal blooms in European marine waters". Université de Kalmar, Suède.
  23. Smil V. (2001). "Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food". The MIT Press, Cambridge, Royaume Uni.
  24. Zhang J. (1994). "Atmospheric wet depositions of nutrient elements: Correlations with harmful biological blooms in the Northwest Pacific coastal zones". *Ambio* 23:464-468
  25. Mee, L.D. (2001) "Eutrophication in the Black Sea and a basin-wide approach to its control". In B. von Bodungen and R. K. Turner (eds.) *Science and Integrated Coastal Management*. Berlin, Dahlem University Press.
  26. Wolf-Gladrow, D. A. et al. (1999). "Direct effects of CO<sub>2</sub> concentration on growth and isotopic composition of marine plankton". *Tellus* (1999), 51b, 461-476.

URLs:

- a. Documents de l'IFREMER (années diverses) à [www.ifremer.fr/envlitt/documentation/documents.htm](http://www.ifremer.fr/envlitt/documentation/documents.htm)
- b. Le "Center for Sponsored Coastal Ocean Research" (CSCOR) de la NOAA à [www.cop.noaa.gov/stressors/extremeevents/hab](http://www.cop.noaa.gov/stressors/extremeevents/hab)
- c. Le "Harmful Algal Bloom Forecasting System" de la NOAA à [www.csc.noaa.gov/crs/hab](http://www.csc.noaa.gov/crs/hab)
- d. Le "HAB bulletin" de la NOAA à [http://coastwatch.noaa.gov/hab/bulletins\\_ms.htm](http://coastwatch.noaa.gov/hab/bulletins_ms.htm)
- e. FAOSTAT à [faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)
- f. Virginia Institute of Marine Science (VIMS) à [www.vims.edu](http://www.vims.edu)
- g. Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) à [www.whoi.edu/redtide](http://www.whoi.edu/redtide)
- h. The International Fertilizer Industry Association à [www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)
- i. Earth Policy Institute à [www.earth-policy.org/Updates/update41\\_printable.htm](http://www.earth-policy.org/Updates/update41_printable.htm)
- j. Images satellites de la NASA à <http://visibleearth.nasa.gov>

Le GRID-Europe tient à remercier le Dr André Piuz du Muséum d'histoire naturelle de Genève pour la rédaction de ce numéro, ainsi que le Dr Donald Anderson du Woods Hole Oceanographic Institution et le Dr Robert J. Diaz du Virginia Institute of Marine Science.

### Pour plus d'information

Programme des Nations Unies pour  
l'environnement  
DEWA / GRID-Europe  
Tel: (41.22) 917.8294  
Fax: (41.22) 917.8029  
E-mail: [earlywarning@grid.unep.ch](mailto:earlywarning@grid.unep.ch)  
Web: [www.grid.unep.ch/ew](http://www.grid.unep.ch/ew)



A. Piuz, S. Kluser,  
P. Peduzzi  
Mai 2008

Le PNUE encourage les pratiques respectueuses de l'environnement au niveau mondial et dans ses propres activités. Ce bulletin est imprimé sur du papier 100 % recyclé, en utilisant des encres d'origine végétale suivant le certificat Imprim'Vert®. Notre politique de distribution a pour objectif de réduire l'empreinte carbone du PNUE.