

LE DECLIN PREOCCUPANT DE L'OXYGENE DANS LES OCEANS

For the English version, see below

Publié dans Nature en février 2017, l'article « *Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades* » écrit par S. Schmidtko, L. Stramma et M. Visbeck, dresse un état des lieux inquiétant sur la désoxygénation des océans depuis 60 ans. En partie lié à la baisse de solubilité de l'oxygène, ainsi qu'à la diminution de la ventilation des eaux profondes, ce déclin, qui varie selon les zones géographiques, ne donne pas de prévisions rassurantes pour l'avenir. Certains modèles prédisent une accélération de 25% de la perte d'oxygène d'ici 2100, rendant certaines eaux anoxiques¹ et inhabitables.

La totalité d'oxygène dissoute dans les océans correspond à environ $227,4 \pm 1.1$ pmol (petamole, soit 10^{15} mol)². Elle n'est pas la même selon les océans, mais cette mesure est intéressante car elle renseigne les chercheurs sur les volumes océaniques, les profondeurs et les reliefs, ainsi que sur les taux de ventilation dans les eaux profondes. La quantité d'oxygène varie également selon la profondeur, présente en majeure partie dans les couches à la surface des océans ainsi qu'à 2000-4000 mètres de profondeur. Tout en dressant un état des lieux global de ce phénomène (1), les auteurs s'intéressent également aux multiples causes de cette désoxygénation (2), ainsi qu'aux prévisions préoccupantes dans les prochaines décennies (3).

#1

Depuis bientôt 60 ans, la désoxygénation des océans est présente partout à travers le monde, mais pas de manière uniforme. Les pertes engendrées dans les océans Arctique, Equatorial, Pacifique et Antarctique correspondent à plus de 60% de la perte d'oxygène globale des océans. Les plus grandes baisses enregistrées se trouvent dans le nord de l'Océan Pacifique et dans les océans tropicaux, où elles peuvent aller jusqu'à 4% par décennie. Quant aux plus grandes disparitions, elles se trouvent dans l'Océan Antarctique et au sud de l'Océan Atlantique notamment. Depuis 1960, la disparition globale d'oxygène équivaut à 2% de l'inventaire océanique total, et dans certaines zones, le volume d'eau avec des conditions anoxiques a plus que quadruplé. Cela conduit actuellement à une expansion des zones mortes sur les côtes océaniques.

#2

Les causes de la désoxygénation des océans sont multiples, et elles peuvent différer selon la zone géographique. L'activité humaine premièrement est responsable de ce phénomène, avec le ruissellement des pesticides dans les fleuves, l'enrichissement des eaux en nutriments ou l'augmentation des émissions de CO2 qui acidifie les océans. La diminution de la solubilité³ de l'oxygène dans les océans, résultant du changement climatique, conduit également à sa désoxygénation. L'autre cause est la réduction de la ventilation des eaux profondes (particulièrement dans l'Océan Antarctique), liée à la fois à des facteurs thermiques et éoliens. Si dans d'autres zones, au contraire, on assiste à une augmentation de l'oxygénation (notamment au niveau de l'Océan Arctique), il ne faut néanmoins pas être trop optimiste, car ce phénomène est dû à la baisse de production de glaces en hiver.

#3

A l'heure actuelle, les causes sont multiples pour l'évolution de la composition des océans comme pour l'homme. Cela a notamment des impacts sur la biodiversité océanique, en particulier sur la diversité de la biodiversité marine et la durabilité des écosystèmes marins, ainsi que des répercussions directes sur son activité économique (le tourisme et la pêche notamment), mais aussi indirectes. L'eutrophisation⁴, le réchauffement et l'acidification des océans, qui provoquent la diminution de la quantité d'oxygène dans les océans, produiraient davantage de protoxyde d'azote (N2O), un gaz destructeur de la couche d'ozone et responsable du réchauffement climatique⁵. Les perspectives d'évolution dressées par les études sont peu rassurantes ; elles prévoient une accélération de la disparition d'oxygène de 25% d'ici 2100. L'avenir reste néanmoins indéfini et difficilement mesurable, à cause en particulier du manque de données temporelles et d'analyses locales.

¹ Diminution de l'oxygène dissous ou présent et biodisponible dans le milieu (en l'occurrence ici l'eau).
² La mole est une unité de mesure scientifique, qui définit la quantité de matière.
³ On entend ici la capacité que l'oxygène a à se dissoudre dans l'eau des océans.
⁴ Processus par lequel des nutriments s'accumulent dans un milieu ou un habitat.
⁵ Cela est en particulier dû aux faibles quantités d'oxygène présentes dans l'Océan Pacifique Nord et équatorial. Dans ces régions, les eaux sont devenues rapidement anoxiques, et par conséquent, cela a augmenté la production marine de N2O. Pour plus de détails, se référer aux études suivantes : Codispoti, L. A. **Interesting times for marine N2O**. Science 327, 1339–1340 (2010), et Santoro, A. E., Buchwald, C., McIlvin, M. R. & Casciotti, K. L. **Isotopic signature of N2O produced by marine ammonia-oxidizing Archaea**. Science 333, 1282–1285 (2011).

THE WORRYING DECLINE IN OXYGEN LEVELS IN THE OCEANS

The article "Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades" by S. Schmidtko, L. Stramma and M. Visbeck, published in *Nature* in February 2017, provides a worrying assessment of the deoxygenation of the world's oceans over the past 60 years. Linked in part both to a fall in the solubility of oxygen and to reduced levels of ventilation in the ocean depths, this decline, which varies from one geographical region to another, does not make for reassuring forecasts for the future. Some models predict a 25% acceleration in the rate of oxygen loss by the year 2100, which would make certain areas of water anoxic⁶ and consequently uninhabitable.

The total amount of oxygen dissolved in the oceans corresponds to approximately 227.4 ± 1.1 pmol (petamoles, equivalent to 10^{15} moles)⁷. The figure varies depending on the ocean, but this measurement is interesting in that it gives researchers information about ocean volumes, depths and relief patterns, and also about ventilation rates in deep waters. The quantity of oxygen also varies according to depth, being present to a greater extent in the layers closest to the surface and at depths of 2,000-4,000 metres. While making a global assessment of this phenomenon (1), the authors also examine the multiple causes of this deoxygenation (2), and the worrying forecasts for the coming decades (3).

For nearly 60 years now, the deoxygenation of the oceans has been a phenomenon present all over the world, although not uniformly distributed. The losses engendered in the Arctic, Equatorial, Pacific and Antarctic Oceans correspond to over 60% of the worldwide reduction in oxygen levels in the oceans. The largest reductions have been recorded in the northern Pacific Ocean and in tropical waters, where drops of up to 4% per decade have occurred. The highest rates of oxygen disappearance have been found particularly in the Antarctic and South Atlantic Oceans. Since 1960, the overall disappearance of oxygen has represented 2% of the total marine inventory, and in certain zones the volume of water in an anoxic condition has more than quadrupled. This is currently resulting in an expansion of dead zones in the coastal areas of the world's oceans.

#1

Marine deoxygenation has multiple causes, and these may differ from one geographical region to another. Human activity is primarily responsible for this phenomenon, with the runoff of pesticides into rivers, the increase in nutrients in bodies of water, and the increase in CO₂ emissions with its acidifying effect on the oceans. The reduction in the solubility⁸ of the oxygen in the oceans, as a result of climate change, is another factor leading to deoxygenation. The other cause is the reduction in the ventilation of deep waters (particularly in the Antarctic Ocean), linked to both thermal and wind-related factors. While it is true, however, that there has been an increase in oxygenation levels in certain other zones (particularly in the Arctic Ocean), this is nevertheless no reason to be excessively optimistic, since this phenomenon is due to the reduction in ice production in the winter.

#2

There will be multiple future consequences for both the changes in the composition of the oceans and for mankind. Oceanic ecosystems will be particularly affected, and specifically the biodiversity of marine life and the sustainability of marine ecosystems. This has direct repercussions not only on man's economic activity (especially tourism and fishing) but also on the whole human environment. Eutrophication⁹, global warming and the acidification of seawater, which all cause a reduction in the quantity of oxygen in the oceans, would also produce more nitrous oxide (N₂O), a gas that destroys the ozone layer and is also a factor in global warming¹⁰. Prospects for future trends outlined in current studies are far from reassuring. A 25% acceleration in the rate of oxygen disappearance is forecast by the year 2100. The future nevertheless remains difficult to define and to measure, due especially to a lack of time-related data and of local analyses.

#3

⁶ Characterised by a reduction in the oxygen dissolved or present and bio-available in a given medium (in this case in water).

⁷ The mole is a scientific unit of measurement that defines the quantity of matter.

⁸ Understood as the capacity of oxygen to dissolve in seawater.

⁹ The process by which nutrients accumulate in a given medium or habitat.

¹⁰ This is particularly due to the low quantities of oxygen present in the Northern Pacific and in equatorial zones. In these regions, seawater has rapidly become anoxic, and the marine production of N₂O has consequently increased. For further information, refer to the following studies: Codispoti, L. A. **Interesting times for marine N₂O**. *Science* 327, 1339–1340 (2010), and Santoro, A. E., Buchwald, C., McIlvin, M. R. & Casciotti, K. L. **Isotopic signature of N₂O produced by marine ammonia-oxidizing Archaea**. *Science* 333, 1282–1285 (2011).