



La dynamique de la vie

L'eau support de vie

l'Oxygène de l'eau

l'Oxygène de l'eau

Résumé

Pour le bon développement des animaux et des végétaux vivant dans l'eau, un minimum d'oxygène est nécessaire. Chaque année, d'avril à novembre, lors des périodes d'étiage et en vives eaux, la Loire enregistre des déficits prolongés en oxygène en aval de Nantes affectant davantage les eaux de fond que les eaux de surface.

Mais il existe aussi, quotidiennement et même pour des débits plus importants, des variations prononcées de l'oxygène dissous liées au rythme des marées.

Ces chutes répétées, aussi bien que les déficits estivaux prolongés affaiblissent les organismes et provoquent parfois leur asphyxie.



Objectif définition

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques ; végétaux et animaux l'utilisent pour la respiration. L'oxygène participe également aux dégradations biochimiques et chimiques.

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme de molécules gazeuses, au sein de minuscules bulles d'air. Il se dissout dans cette eau par diffusion, jusqu'à un équilibre appelé "saturation". Cette saturation ou solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est, pour l'essentiel, fonction de la température et de la salinité. Elle est supérieure dans les eaux douces et froides, par exemple : la solubilité de 9,1 milligrammes d'oxygène par litre d'eau dans une eau douce à 20°C

- ne sera que de 7,4 mg/l dans une eau de mer à même température,
- et sera de 11,3 mg/l dans une eau douce à 10°C

Pour les eaux de la Loire, l'oxygène provient :

- **de l'agitation** sous l'effet du vent, des courants, de la houle, qui aère la colonne d'eau plus ou moins profondément, principalement dans la partie aval à l'embouchure de l'estuaire.
- dans la partie fluviale, **de la photosynthèse** par laquelle les végétaux verts, et dans le cas présent le phytoplancton, assurent leur croissance ; cette production de matière organique s'accompagne d'un dégagement d'oxygène, et n'a lieu qu'en présence de lumière.

Dans la partie médiane ou intermédiaire, la photosynthèse rencontre des facteurs limitants : opacité des eaux, salinité et turbidité.

Les consommations en oxygène sont dues à :

- **la décomposition** des organismes morts, mêlés aux sédiments en suspension dans l'eau,
- **l'oxydation** des composés chimiques rejetés par les activités humaines.

Pour être apte à accueillir et entretenir la vie, une eau doit contenir un minimum d'oxygène.

Il y a déficit en oxygène, lorsque la consommation est supérieure à la production, ce qui est essentiellement provoqué par :

- **l'eutrophisation** dans certains secteurs particuliers de la Loire amont, à l'abri des courants. Quand les conditions sont favorables à la photosynthèse, la masse végétale produite prolifère, ce qui induit une demande accrue en oxygène lors de sa dégradation. Ce phénomène est devenu plus fréquent ces dernières années avec l'enrichissement des eaux en produits azotés et phosphorés.
- **l'oxydation de la matière organique** qui compose de 3 à 10% de la masse turbide de l'estuaire. En vives eaux, les violents courants de marée remettent en suspension ce stock sédimentaire accumulé sur le fond en période de calme. L'oxygène présent dans toute la colonne d'eau va alors être sollicité pour sa dégradation.

Vie aquatique et besoins en O ₂		
Seuil sensible	Développement normal	Plus de 5 mg/l
	Développement perturbé	de 4 à 5 mg/l
Seuil critique	Faune et flore en difficulté	de 3 à 4 mg/l
		de 2 à 3 mg/l
Seuil létal		de 1 à 2 mg/l
	Asphyxie et mortalité	Moins de 1 mg/l

Les zones très déficitaires en oxygène, (hypoxie forte ou anoxie) constituent une barrière infranchissable par les poissons migrateurs. Ce phénomène de privation d'oxygène est par exemple responsable de la mortalité des mulets lors de leur période annuelle de migration du fleuve vers la mer à la fin de chaque été.

Les mesures réalisées mensuellement sur la Loire, des Ponts-de-Cé à Saint-Nazaire, par les réseaux de surveillance des différents services publics, permettent de suivre régulièrement les variations des teneurs en oxygène sur l'année et sur le long terme. Cette mesure mensuelle est effectuée en période de vives eaux, en surface à une heure donnée. Elle ne peut donc pas rendre compte des variations de l'oxygène en profondeur ou au cours d'une journée. C'est pourquoi, quelques données des campagnes de mesures

réalisées en octobre 2000, dans le cadre des “ Etudes prospectives aval”, ont été exploitées donnant l’occasion de développer, de détailler et d’illustrer la répartition verticale et longitudinale de l’oxygène dissous entre Saint-Nazaire et Champtoceaux ainsi que ses fluctuations au cours d’une marée.

Il s’agit de connaître les périodes et les sites pour lesquels les concentrations de l’eau en oxygène dissous sont descendues sous les seuils de 5 mg/l et de 3 mg/l, seuils sensible et critique pour la vie des poissons, de la faune et de la flore plus généralement.

Interprétation

Une évolution favorable pour l’aval de l’estuaire

Les concentrations en oxygène connaissent une grande variabilité liée à la position géographique, de l’aval vers l’amont, et au cycle saisonnier.

Sur les cinq années d’observation, la tendance générale s’oriente vers une durée des déficits en oxygène dissous plus courte et de moindre intensité. L’année 2000 a connu les conditions les moins critiques.

Deux périodes se distinguent chaque année :

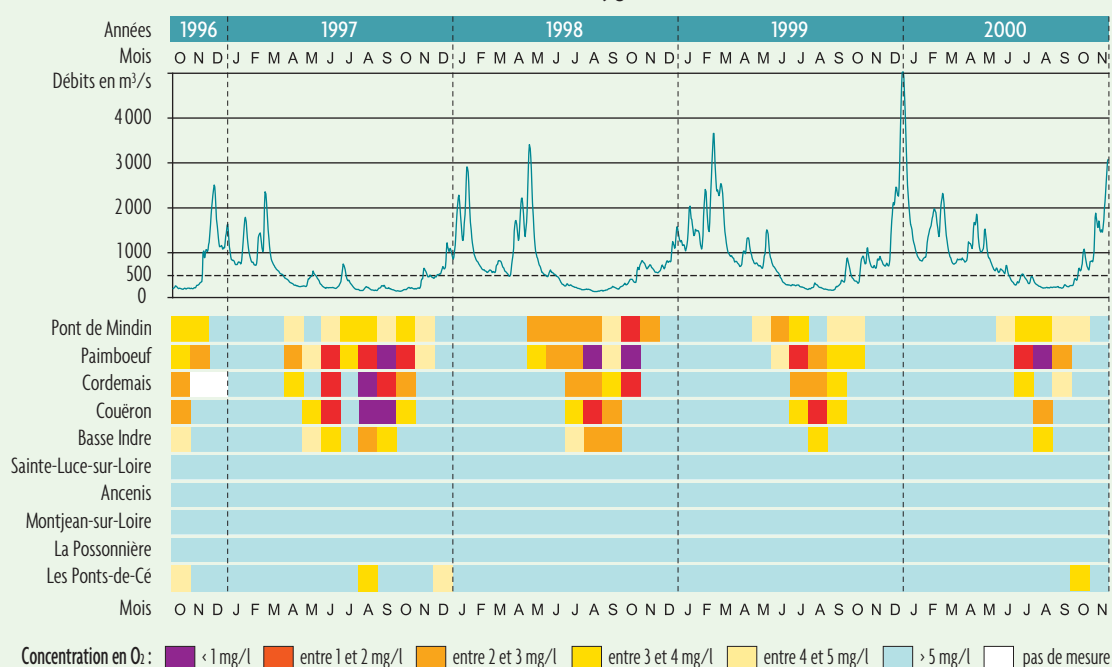
- **en période hivernale**, de Saint-Nazaire aux Ponts-de-Cé, les eaux sont bien oxygénées : les concentrations se situent au dessus du seuil de 5 mg/l sans entrave pour le développement normal de la vie aquatique. C’est la saison où le vent, la houle en aval et les débits élevés de la Loire fluviale favorisent l’agitation et limitent les élévations de température.
- **en période estivale**, au contraire, à l’aval de Basse-Indre, les concentrations descendent au-dessous du seuil de 5 mg/l durant 4 à 7 mois suivant les années, avec des périodes d’hypoxie forte, pouvant affecter des sections du fleuve sur 20 à 40 km. Les conditions s’améliorent en amont. Au-dessus de Sainte-Luce aucun déficit n’est enregistré.

Ces variations sont typiques du fonctionnement des systèmes estuariens :

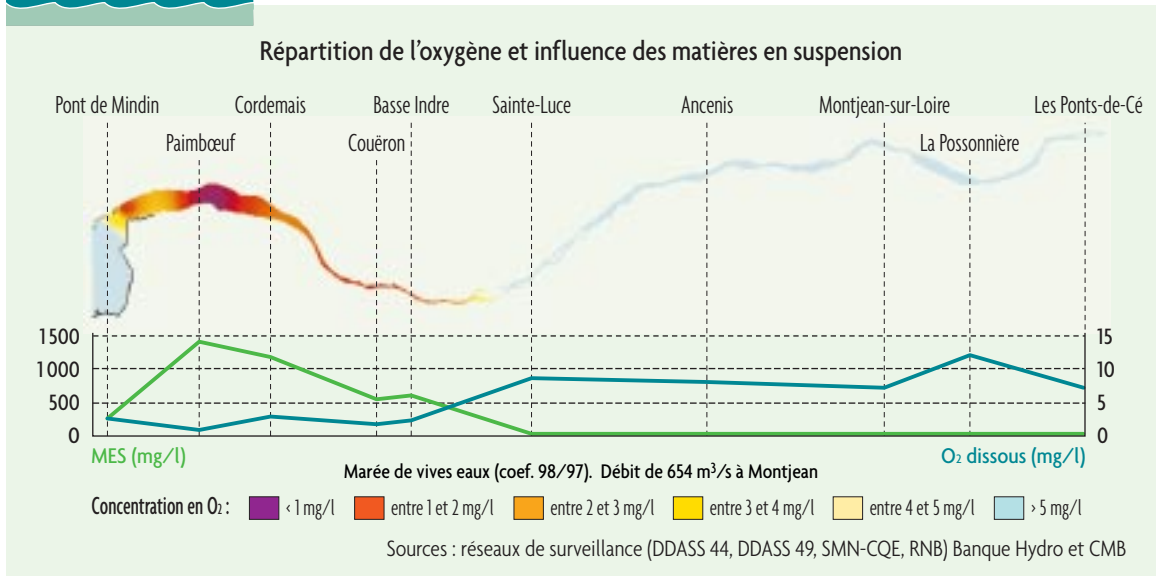
- **la durée** du déficit se calque sur les périodes de basses eaux de la Loire, avec des débits inférieurs à 500 m³/s à Montjean. Sédiments et matières organiques sont alors retenus à l’intérieur de l’estuaire et provoquent une aggravation du déficit en oxygène dissous. Inversement les améliorations constatées correspondent aux pointes d’apports en eau de la Loire ou aux périodes de débits soutenus.
- **l’intensité** du phénomène suit la dynamique de la masse turbide : le minimum en oxygène est observé au maximum de turbidité au moment des vives eaux. Au cours de cette phase appelée “bouchon vaseux” la demande en oxygène augmente du fait de la dégradation des particules organiques remises en suspension, sans qu’il y ait compensation, la photosynthèse étant inopérante du fait de la non pénétration de la lumière due à la turbidité. En conséquence, la concentration en oxygène dissous chute de façon drastique de 10 mg/l à 0.

GRAPHIQUE L2 A1-1

Évolution des concentrations en oxygène et des débits sur 5 ans



Sources : réseaux de surveillance (DDASS 44, DDASS 49, SMN-CQE, RNB) Banque Hydro et CMB



- **l'extension longitudinale et le déplacement** de la zone critique coïncident avec la position du bouchon vaseux. En août 1998 par exemple, une faible augmentation de débit déplace le bouchon vaseux généralement centré au Pellerin à cette époque, plus en aval vers Lavau entraînant une baisse des concentrations en oxygène. L'extension de la zone critique peut atteindre 40 km.

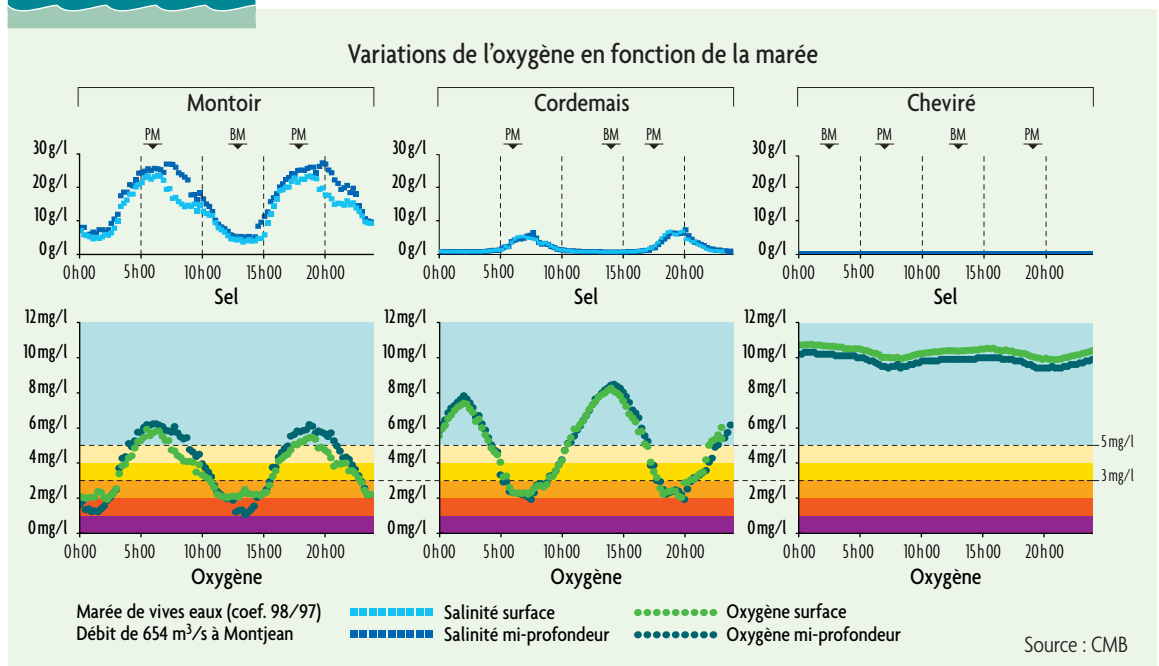
- **un second secteur** de déficit apparaît également épisodiquement plus ou moins centré à la hauteur de Nantes. Il est dû à une demande accrue en oxygène pour la dégradation du plancton végétal d'eau douce venant de l'amont et qui meurt au contact des eaux saumâtres.

Des fluctuations quotidiennes d'oxygène avec la marée

Les mesures réalisées en surface et à mi-profondeur au cours d'un cycle de marée de vives eaux, en 3 points de l'estuaire, montrent :

- **une relation étroite entre salinité et oxygénation de l'eau :**
- à Cheviré, non atteint par la marée saline, les concentrations en oxygène varient peu et demeurent élevées ;

- à Cordemais, il y a inversion parfaite entre les variations du sel et de l'oxygène : au maximum de sel mesuré à la pleine mer, correspond le minimum d'oxygène dont le maximum est enregistré à basse mer en l'absence de sel ;
- à Montoir, l'inversion n'a pas lieu. Tant en surface qu'à mi-profondeur, les maxima et les minima de sel et d'oxygène se produisent simultanément.



- **des amplitudes de variations d'oxygène** plus importantes dans la partie intermédiaire de l'estuaire et moins prononcées en surface qu'à mi-profondeur où se rencontrent les déficits extrêmes. Elles sont maximales à Cordemais (de 2 à 9 mg/l).

Les mouvements des masses d'eau et les processus internes au bouchon vaseux expliquent ces fluctuations.

Les eaux de surface sont toujours mieux oxygénées d'une part par le contact direct de la tranche d'eau avec l'oxygène atmosphérique et d'autre part par les apports d'eau fluviaux de l'amont ou marins de l'aval.

Des hypoxies de fond cachées par une bonne oxygénation de surface

Les mesures simultanées d'oxygène réalisées tous les 10 km, à 3 profondeurs permettent de donner une image instantanée des concentrations en oxygène.

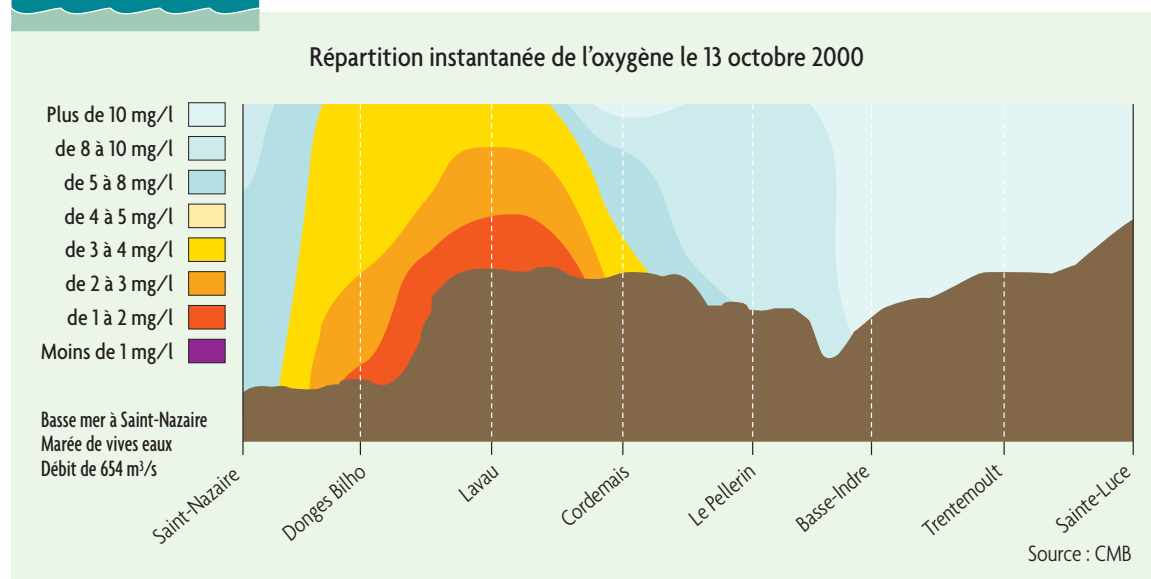
- **la localisation des minima** d'oxygène à Lavau reflète la position maximale du bouchon vaseux à cette même date lors des mesures.

A mi-profondeur, la consommation en oxygène est plus forte car le bouchon vaseux avec ses matières organiques consommatrices d'oxygène est plus dense. Les niveaux peuvent alors être en dessous des seuils d'hypoxie ($O_2 < 3$ mg/l).

Ainsi, il se produit des déficits en oxygène certes de courte durée (quelques heures) mais certaines fois très prononcés (concentration divisée par 5 sur une même marée) affectant tout aussi gravement le développement des organismes aquatiques que les bas niveaux d'oxygène atteints sur des périodes plus longues lors des faibles débits du fleuve.

- **les plus basses valeurs** sont situées à proximité du fond, et s'étalent sur plusieurs kilomètres, là où la biodégradation dans le bouchon vaseux est la plus intense. La concentration en oxygène augmente graduellement vers la surface, de façon inverse à la concentration en matière en suspension (MES).

FIGURE L2 A1-1



Ainsi, un taux d'oxygène favorable en surface, peut masquer un déficit en profondeur. Les animaux du fond peuvent être perturbés et parfois même privés d'oxygène, que ce soit les invertébrés ou les jeunes poissons utilisant

l'estuaire comme nourricerie. Ils vont s'adapter en opérant des déplacements saisonniers à l'intérieur de l'estuaire, en fonction des conditions offertes d'oxygénation du fond.

Sources & Méthodes

- **Les réseaux de surveillance**, DDASS 44, DDASS 49, SMN-CQE, RNB, effectuent des mesures mensuelles de suivi de la qualité du milieu. Ces mesures sont faites selon un protocole commun à 1m sous la surface de l'eau en dix points sur le cours de la Loire, une fois par mois, généralement en vives eaux.

Les résultats obtenus servent à définir une classe de qualité, déterminée à partir de l'outil national d'évaluation de la qualité des cours d'eau : le SEQ-EAU. Ce système prévu pour les eaux

douces n'est pas applicable aux eaux saumâtres en aval de Cordemais. Des recherches sont en cours pour établir un SEQ-littoral et estuaire.

- **Le réseau de mesure en continu "SYMEL"**
A partir de 1983, l'estuaire disposait d'un réseau de mesures en continu, qui a comporté jusqu'à 6 stations entre Le Carnet et Nantes. Ce réseau "SYMEL" géré par le Port et EDF permettait d'obtenir un suivi de 4 paramètres : température, pH, conductivité et oxygène dissous. Devant les difficultés d'exploitation, la plupart des

stations a été abandonnée. Depuis 1997, il n'y a plus de surveillance en continu de l'estuaire. Seules les stations du Pellerin et de Nantes fournissent quelques informations. C'est une perte de données importante en particulier pour le paramètre oxygène.

- **Dans le cadre du programme “Études prospectives aval”** du Plan Loire Grandeur Nature, des mesures ont été réalisées en période d'étiage en octobre 2000. Les campagnes comportaient:
 - **des mesures en radiales**, de la température, de la conductivité, du pH, de l'oxygène dissous et des MES. Ces mesures étaient effectuées simultanément en 9 points de la

Loire, de Saint-Nazaire à Champtoceaux, en surface, à mi-profondeur et près du fond. Elles ont été répétées à 3 dates déterminées en fonction du coefficient de marée :

- vives eaux : coef. 94 le 13 octobre 2000
- mortes eaux : coef. 28 le 6 octobre 2000
- moyennes eaux : coef. 77 le 8 octobre 2000

- **des mesures en continu** des mêmes paramètres sur un cycle de marée, effectuées du 3 au 24 octobre, à Montoir, Cordemais et Cheviré, sous la surface et à mi-profondeur.

Des références

BEAUPOIL C., BORNENS P., juin 1997. Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : seuils d'acceptabilité. Rapport de synthèse, Biotecmer – AELB, 49 p.

PERSON-LE RUYET J., juin 1986. Les besoins en oxygène des poissons marins et leur compor-

tement en conditions hypoxiques. Rapport IFREMER n°8604, Direction des Ressources Vivantes, 22 p.+ annexes.

SAURIAU P.G., GUILLAUD J.F. et al., 1984-1994. Qualité des eaux. Rapport de synthèse de l'APEEL tome II, 104 p.