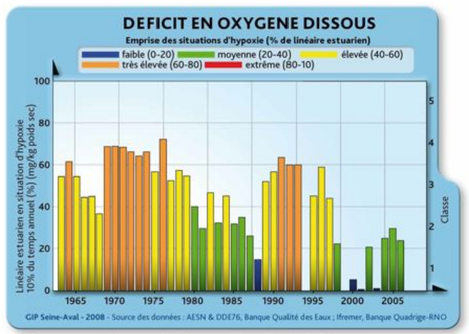
Niveaux d'oxygénation dans l'estuaire de la Seine

L'essentiel

Dans la partie fluviale de l'estuaire de la Seine, une zone de déficit en oxygène chronique apparaît en période estivale et automnale. Particulièrement important lors de situations de faible débit et de forte température, ce déficit est associé à des équilibres physiques et à des processus biologiques de consommation d'oxygène et provoque un dysfonctionnement écologique mettant en péril la survie d'un grand nombre d'organismes. Il constitue notamment une barrière infranchissable entre l'océan et les eaux continentales pour les poissons migrateurs tels que la truite de mer ou l'anguille.



Indicateur 1 : Déficit en oxygène dissous sur l'estuaire de la Seine.

L'analyse des mesures d'oxygène montre la remarquable régression de la zone déficitaire en oxygène dans l'estuaire de la Seine depuis les années 1956. Bien que le taux minimum d'oxygène atteint chaque année reste sensiblement inchangé depuis 40 ans, la moindre amplitude spatiale et la durée plus faible du phénomène caractérisent les progrès accomplis. En effet, des efforts de traitement des effluents et de contrôle des rejets, aussi bien dans les industries que dans les stations d'épurations, ont été réalisés et ont conduit à une amélioration très nette de l'oxygénation des eaux. La réapparition d'une zone déficitaire en oxygène depuis 2004 (elle avait quasiment disparu en 1999, 2000, 2001 et 2003, notamment en raison de conditions hydrologiques favorables), a montré que des efforts étaient toujours nécessaires aussi bien dans la performance du traitement des effluents que dans la maîtrise des rejets. La refonte des stations d'épuration de l'agglomération parisienne d'ici 2012 devrait permettre une amélioration sensible et surtout durable de l'oxygénation des eaux estuariennes.

Secteur des îles (S.Moussard).

Niveaux d'oxygénation dans l'estuaire de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1
Les débits moyens trimestriels (m^3/s) sont calculés à partir des données journalières des débits mesurés (1995-2003) ou calculés (1954-1994 ; 2004-2006) au barrage de Poses.
[Source des données : MEEDDAT, Banque HYDRO]

Les températures moyennes trimestrielles (°C) sont calculées à partir des températures de l'eau mesurées au barrage de Poses.
[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux]

Les concentrations en oxygène dissous (mg/l) sont représentées à partir des données mesurées (n=11214) sur 29 stations réparties entre le pK 202 (barrage de Poses) et le pK 390 (partie orientale de la Baie de Seine).
[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux ; Ifremer, Banque Quadrige-RNO]

Figure 2
L'amplitude annuelle du déficit en oxygène dissous correspond à la proportion (%) du linéaire estuarien (du Pk 202 au Pk 390) pour laquelle la concentration en oxygène dissous a été inférieure au seuil critique de 3 mg/l pendant un minimum de 36 jours pendant l'année considérée.
[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux ; Ifremer, Banque Quadrige-RNO]

La durée annuelle du déficit en oxygène dissous correspond au nombre de jours, pour l'année considérée, pendant lesquels la concentration en oxygène dissous a été inférieure au seuil critique de 3 mg/l sur au moins une zone de l'estuaire.
[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux ; Ifremer, Banque Quadrige-RNO]

Figure 3
La représentation annuelle de la localisation et de la durée des déficits en oxygène ([O2]<3mg/l) est issue d'une extrapolation linéaire des mesures en oxygène dissous.
[Source des données : AESN & DDE76, Banque Qualité des Eaux ; Ifremer, Banque Quadrige-RNO]

Indicateur 1
Le déficit en oxygène dissous est calculé à partir des concentrations en oxygène dissous mesurées sur plus de 20 stations réparties tout au long de l'estuaire (du Pk 202 à Poses au Pk 390 à l'embouchure). Il correspond au pourcentage du linéaire de l'estuaire de la Seine ayant une concentration en oxygène dissous inférieure à 3 mg/l (hypoxie) au moins 10% du temps annuel.

Références Bibliographiques

- Agence de l'Eau Seine Normandie & Direction Départemental de l'Equipement de Seine-Maritime, 2007. **Réseau National de Bassin, Banque Qualité des Eaux.**
- Billen G., Garnier J., Servais P., Brion N., Ficht A., Even S., Berthe T., Poulin M., 1999. **L'oxygène : un témoin du fonctionnement microbiologique.** Programme Scientifique Seine-Aval, Fascicule n°5, 31 p. Editions Ifremer, Plouzané (France). ISBN 2-84433-030-4
- Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) – Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement Durable (MEDAD), 2006. **Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, banque Quadrige-RNO.**
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 2007. Banque HYDRO. [en ligne] http://www.hydro.eaufrance.fr

Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine.
Elle est éditée par le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval - 12 avenue Aristide Briand - 76000 Rouen
www.seine-aval.fr

Conception, rédaction : GIP Seine-Aval
Président : Alain Le Vern
Directeur : Loïc Guézennec
Contact : gipsa@seine-aval.fr
Infographie : Quai 24, Le Havre
Crédits photos : GIP Seine-Aval
Tirage : 1000 exemplaires
ISNN : en cours

Le GIP Seine-Aval est financé par :

Qualité de l'eau et contaminations : Niveaux d'oxygénation dans l'estuaire de la Seine

Problématique

L'oxygène dissous est un paramètre fondamental de la bonne qualité des eaux douces et marines. C'est un élément indispensable au développement de toute forme de vie, trois seuils traduisant les besoins en oxygène dissous pour un grand nombre d'organismes aquatiques :

- seuil sensible (<5 mg/l) : développement perturbé d'un certain nombre d'organismes aquatiques sensibles
- seuil critique (<3 mg/l) : faune et flore en difficulté et menace de la vie aquatique
- seuil létal (<1 mg/l) : asphyxie et mortalité

La solubilité de l'oxygène dans l'eau correspond à un équilibre dépendant de facteurs naturels : température, salinité, pression atmosphérique. Ainsi, la solubilité en oxygène diminue lorsque la température ou la salinité augmentent. Des processus biologiques qui produisent ou consomment de l'oxygène interviennent également. C'est le cas de la photosynthèse réalisée par les végétaux aquatiques qui utilisent l'énergie lumineuse solaire pour se développer et produire de l'oxygène (une partie est également consommée pour la respiration). A l'inverse, plusieurs processus microbiologiques et physico-chimiques demandent de l'oxygène et sont à l'origine de déficits en oxygène dans l'eau. Par exemple, la matière organique apportée par les effluents ou produite *in situ* par les organismes (algues, ...) favorise la dégradation bactérienne hétérotrophe consommatrice d'oxygène (la respiration produit l'énergie nécessaire à la synthèse de nouveaux composés organiques). De même, les sels nutritifs sous forme d'ammoniaque (directement apportés par les rejets urbains ou produits lors de la dégradation de la matière organique) sont oxydés en nitrates par les bactéries autotrophes, dites nitrifiantes. Ces réactions induisent une forte demande en oxygène. Ces processus mettent en évidence le lien entre les niveaux d'oxygénation dans les milieux aquatiques, les apports résultants des activités humaines (rejets urbains, agriculture) et le phénomène d'eutrophisation (production excessive de biomasse algale résultant d'un excédant d'apports en sels nutritifs).

L'estuaire de la Seine étant soumis à un grand nombre de pressions anthropiques, les situations de déséquilibre sont très couramment observées jusqu'à des seuils pouvant présenter des effets négatifs sur les organismes vivants. Le suivi des niveaux d'oxygénation est donc primordial pour évaluer l'état de santé de l'estuaire.

Mesure d'oxygène (R. Hocdé).

Niveaux d'oxygénation dans l'estuaire de la Seine

Situation

Une variation des concentrations en oxygène à plusieurs échelles

L'évolution des teneurs en oxygène depuis 1956, du barrage de Poses à la Baie de Seine, montre des variations en lien avec le débit de la Seine et la température de l'eau [Figure 1]. Trois échelles permettent d'expliquer ces variations :

- l'échelle saisonnière gouvernée par les variations de température et de débit, les déficits en oxygène étant observés pendant les périodes les plus chaudes (moindre solubilité de l'oxygène) et quand les débits sont les plus faibles ;
- l'échelle annuelle dominée par les variations des régimes hydrologiques, les années de faibles pluviométries étant propices à la formation de zones déficitaires en oxygène ;
- l'échelle pluri-annuelle, échelle des aménagements.

La période 1970-1980 correspond à une période de faible pluviométrie. Les traitements des effluents urbains sont limités, voire inexistants. Dans la partie fluviale de l'estuaire, les déficits en oxygène sont très marqués dans le secteur Rouen-Caudebec. Ils s'expliquent en grande partie par l'impact différé de l'agglomération parisienne dont les rejets ont lieu à Achères, 130 km en amont de Poses. Si la cinétique de dégradation de la matière organique est assez rapide (dégradation achevée dans les 50 km en aval de la STEP), le temps de développement des bactéries nitrifiantes qui vont oxyder l'ammoniaque produit en grande quantité lors de la dégradation de la matière organique est quant à lui très lent. Plus de la moitié de la nitrification se déroule dans le secteur estuarien. À cette réaction s'ajoute la consommation d'oxygène liée à la dégradation de la matière organique des rejets directs de l'agglomération rouennaise et de ses industries. C'est pourquoi durant cette période, la désoxygénation est la plus importante en intensité et en amplitude spatiale et temporelle.

A partir de 1980 jusqu'à la fin des années 1990, les températures moyennes annuelles de l'eau sont peu élevées (elles ne dépassent jamais 14°C) et les débits moyens annuels sont toujours supérieurs à 400 m^3/s ; les traitements s'améliorent, notamment au niveau de l'agglomération parisienne (construction de la tranche Ach IV en 1978, mise en route de Valenton-Seine Amont en 1987). L'étendue de la zone déficitaire en oxygène est moins importante. La réapparition de déficits accrus au début des années 1990 va de paire avec des années de très faible pluviométrie. Enfin, depuis la fin des années 1990 les zones critiques sont de plus en plus rares, disparaissant même entre 1999 et 2001, années de très forte pluviométrie. Ces observations sont à mettre en relation avec la mise en service, depuis les années 1990, de nouvelles stations d'épuration (Émeraude pour l'agglomération rouennaise en 1997) et surtout avec l'augmentation des capacités de traitement et leur amélioration. Les déficits en oxygène sont alors davantage dépendants des conditions climatiques (fortes températures et faibles débits). L'amélioration des traitements se poursuit, surtout au niveau de l'agglomération parisienne et le traitement quasi total des charges azotées devrait conduire à terme (d'ici 2012) à une disparition quasi complète des désoxygénations chroniques dans l'estuaire.

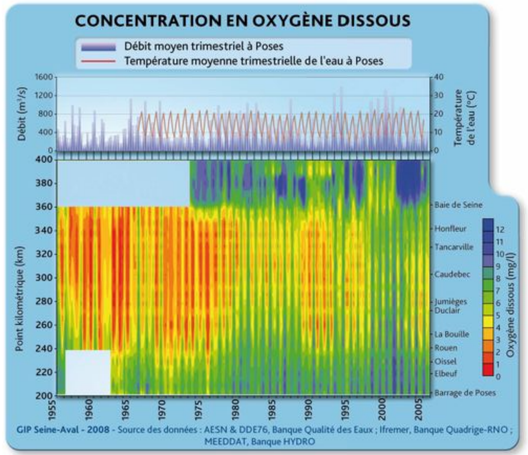


Figure 1 : Concentration en oxygène dissous (mg/l) entre le barrage de Poses (Pk 202) et l'embouchure de l'estuaire (Pk 400) entre 1956 et 2006 ; débit moyen trimestriel à Poses (m3/s) et température moyenne trimestrielle de l'eau à Poses (°C) entre 1956 et 2006.

Une amplitude des déficits qui diminue

La zone déficitaire en oxygène (concentration inférieure au seuil critique de 3mg/l) se caractérise par son amplitude spatiale et sa durée [Figure 2] :

- la longueur moyenne de la zone insuffisamment oxygénée, située entre Rouen et Caudebec, a diminué depuis les années 1970 : elle s'étendait sur plus de 50% du linéaire estuarien jusqu'en 1980, puis a commencé à régresser jusqu'au début des années 1990 ; toutefois jusqu'en 1997, la situation reste assez mauvaise. Depuis cette date, les améliorations sont par contre très sensibles avec une étendue du déficit toujours inférieure à 30% du linéaire estuarien, voire même en dessous de 5% pour 4 années sur 10 (années avec les débits les plus élevés). Cette amélioration est en grande partie liée à l'amélioration des traitements des rejets urbains ;
- la durée moyenne du déficit en oxygène a également diminué : le nombre de jours par an où la zone critique est présente a été divisé par quatre depuis 1970 : elle oscillait entre 200 et 270 j/an, alors qu'actuellement elle est régulièrement inférieure à 100 jours.

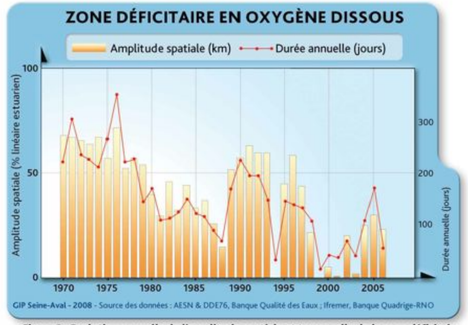


Figure 2 : Evolution annuelle de l'amplitude spatiale et temporelle de la zone déficitaire en oxygène : [O2]<3mg/L

La représentation cartographique de ce déficit en oxygène dissous pour quatre situations différentes permet d'illustrer le rôle de l'hydrologie et des rejets en matière organique dans l'importance de ce phénomène [Figure 3]. Ainsi, la comparaison de deux années présentant un profil hydrologique semblable (1975 et 1985) permet d'apprécier la rétraction de l'étendue de la zone déficitaire en oxygène, essentiellement liée à une amélioration des rejets. A l'inverse, la comparaison de deux années présentant des rejets comparables, mais des situations hydrologiques contrastées (2001 : année humide ; 2005 : année sèche) montre le poids de ce facteur naturel dans l'apparition et le maintien de ces déficits (déficit moindre les années humides).

Des déficits maximaux en automne en aval de Rouen

Outre l'hydrologie et la température qui sont les facteurs physiques essentiels influençant les déficits en oxygène dissous dans l'estuaire, la production primaire est également responsable des fluctuations de l'oxygène. Au printemps, débute la croissance algale dans le réseau hydrographique. Une importante biomasse algale arrive alors de l'amont à l'estuaire et s'y maintient du fait d'un débit qui s'affaiblit à cette période (temps de séjour des eaux augmente) et d'une disponibilité des éléments nutritifs nécessaires à la croissance phytoplanctonique. En aval de Rouen, l'augmentation de la turbidité et de la profondeur limite l'éclairement de la colonne d'eau et engendre une diminution de la photosynthèse et donc une baisse de la production d'oxygène. Ainsi, l'oxygène présent dans le milieu est consommé par les organismes hétérotrophes suite à la dégradation de la biomasse phytoplanctonique. Ces déficits en oxygène sont maximaux en fin d'été et début d'automne du fait d'une augmentation relative des apports en matière organique en fin de période estivale quand les débits (et donc la dilution) sont faibles et le temps de résidence des eaux est allongé [Billen *et al.*, 1999].

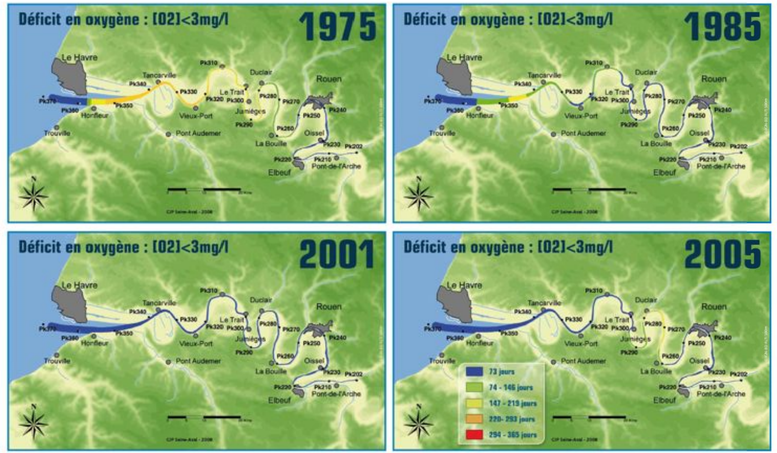


Figure 3 : Localisation et durée de la zone déficitaire en oxygène : [O2]<3mg/l en 1975, 1985, 2001 et 2005.