

LES NITRATES DANS LES MILIEUX AQUATIQUES ET LEURS CONSÉQUENCES

L'azote et le carbone sont les matériaux de base qui forment le vivant. Après la mort des individus, ces éléments se retrouvent stockés dans le sol. Il est estimé que la partie supérieure des sols peut contenir quelques tonnes d'azote organique dont quelques pourcents se minéralisent chaque année et peuvent se retrouver dans l'eau. Les nitrates sont présents naturellement dans l'eau. En l'absence de contamination anthropique, la teneur en nitrates des eaux souterraines est de l'ordre de 0,1 à 1 mg.l⁻¹ (de tels milieux sont de plus en plus rares). Généralement, les activités humaines entraînent une forte augmentation de leurs concentrations. Ces concentrations ne sont pas sans risques pour l'environnement, notamment pour les milieux aquatiques, ainsi que pour la santé humaine.

Le Cycle de l'azote

Le cycle de l'azote (symbole N) décrit la succession de ses différentes formes chimiques (diazote, nitrite, nitrate... (cf. Figure 1)). L'atmosphère terrestre constituée de 78% de diazote est la principale source d'azote. L'azote est assimilable par les plantes, principalement sous forme de nitrate (ions nitrates (NO₃⁻)). La décomposition d'organismes morts ou de déjections (azote organique) est une autre source d'azote qui après transformation peut produire du nitrate. L'azote sous forme d'ammoniac et de nitrite est très toxique pour de nombreux êtres vivants. Le nitrate est une forme stable de l'azote. Les ions nitrates (NO₃⁻) entrent ainsi dans l'ensemble des chaînes alimentaires¹.

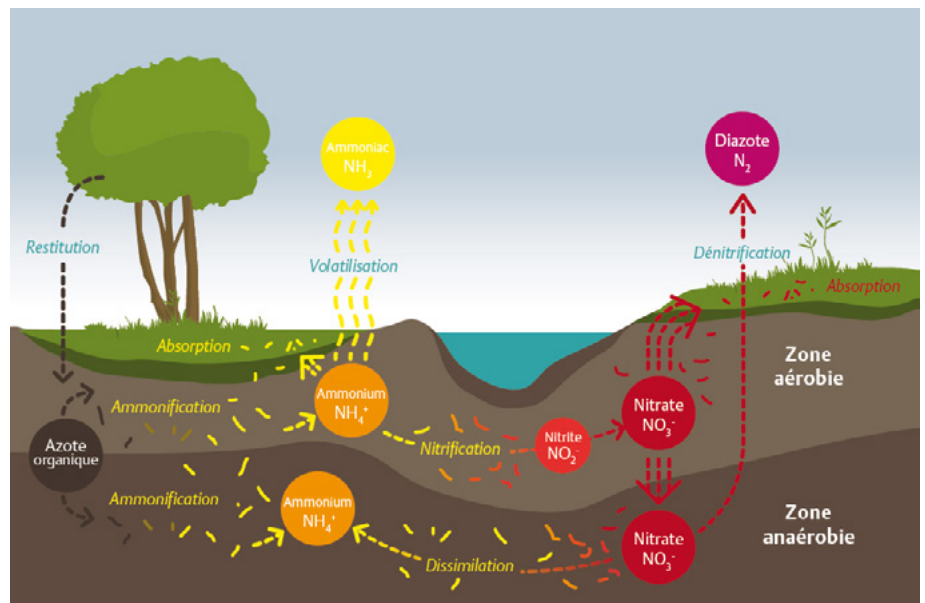


FIGURE 1 : CYCLE DE L'AZOTE (SYMBOLE N) DANS LE SOL EN CONDITION AÉROBIE (AVEC OXYGÈNE) ET ANAÉROBIE (SANS OXYGÈNE)

En l'absence de toute fertilisation azotée, l'azote est présent dans les sols et en faible concentration dans l'eau. L'eau de surface est classée en très bon état environnemental si elle présente toujours une teneur en nitrates inférieure ou égale à 10 mg/l. Mais le cycle de l'azote est, à l'échelle de la planète, le plus profondément perturbé des grands cycles biogéochimiques².

1 : La chaîne alimentaire décrit l'ordre dans lequel les êtres vivants se nourrissent en se mangeant les uns les autres.

2 : Viennot *et al.*, 2009. La pollution du bassin de la Seine par les nitrates, PIREN-Seine

Les sources anthropiques des nitrates dans l'environnement

Le changement de l'occupation du sol (retournement d'une prairie par exemple) entraîne une libération de nitrate, mais la principale source d'origine humaine provient des apports d'engrais azotés (d'origine animale ou chimique). Même si une bonne partie de l'azote apportée est consommée directement par les cultures, une partie notable peut être lessivée par l'eau de pluie. Les ions nitrate, très solubles dans l'eau, sont mobiles dans les écosystèmes. Le ruissellement, l'érosion et les pluies tendent à ramener les nitrates non captés par la biomasse terrestre vers les rivières, les lacs, les nappes phréatiques et les océans (cf. Figure 2). Ce phénomène, absolument naturel, a été fortement amplifié par l'utilisation d'engrais de synthèse et l'évolution des techniques de travail du sol depuis le milieu du XX^{ème} siècle.

Conversion

Les teneurs en composé du nitrate peuvent s'exprimer sous différentes formes ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{...}$). Cela peut donner lieu à confusion en raison des différences de masses moléculaires. Afin de convertir les éléments en oxyde *i.e.* passer de l'azote (N) au nitrate (NO_3). L'expression suivante est utilisée : $\text{N (ou N-NO}_3) \times 4,427 = \text{NO}_3$. N-NO_3 signifie l'élément azote (N) des nitrates (NO_3).

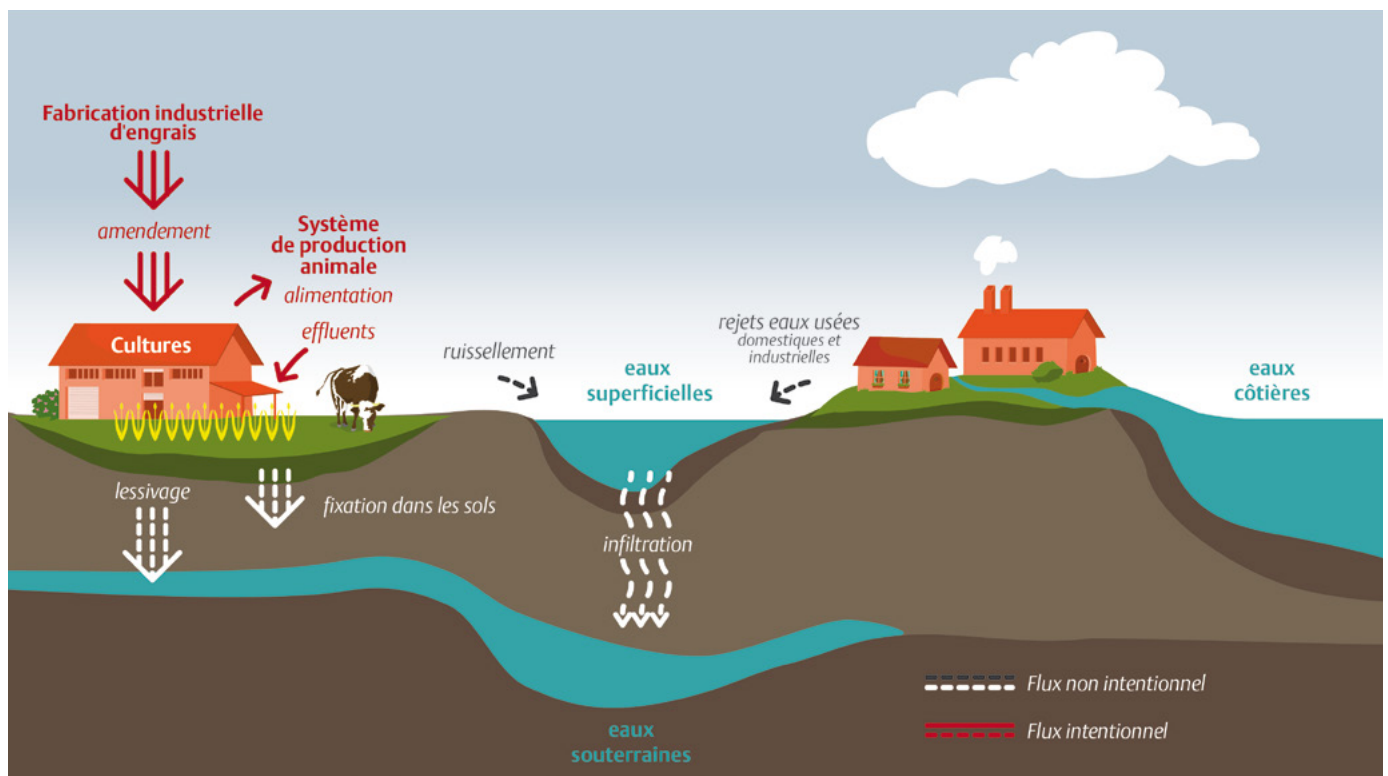


FIGURE 2 : SOURCES D'AZOTE D'ORIGINE ANTHROPIQUE DANS L'EAU

Toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrate. Dans l'eau, ces substances peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles, des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles. La concentration en nitrates dans les eaux souterraines et les eaux de surface peut atteindre des niveaux élevés à cause du lessivage des terres cultivées ou de la contamination par des déchets d'origine humaine ou animale.

Selon différentes procédures d'évaluation, l'agriculture française serait responsable de plus de 95% des émissions de NO_3^- et de plus de 60% des pertes d'azote vers les eaux³. Les flux d'azote liés aux nitrates arrivant en mer représentaient, quant à eux, 600 000 tonnes en 2008⁴.

3 : J.-L. Peyraud, P. Cellier, C. Donnars, O. Réchauchère (éditeurs), 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 68 p.

4 : Commissariat Général au Développement Durable • Service de l'observation et des statistiques, RéférenceS, mai 2011, Environnement littoral et marin, Chap V.

Comme pour la moyenne européenne, en France, les apports annuels d'azote pour fertiliser les sols proviennent pour un peu plus de la moitié des engrais de synthèse (2110 Kt), pour le reste des effluents d'élevage (1820 kt) et des boues de stations d'épuration et de composts (21 kt)³.

L'enrichissement généralisé des milieux par l'azote s'accompagne de nombreux problèmes environnementaux : contamination nitrique des eaux, eutrophisation des écosystèmes aquatiques, émission d'ammoniac et formation d'aérosols, aggravation de l'effet de serre.



ALGUES VERTES SUR LA PLAGE DE HILLION EN BRETAGNE (G. HUET, 2009)



AGRICULTEUR LAVANT SON ÉPANDEUR D'ENGRAIS DANS UNE PETITE RIVIÈRE À VISCOMTAT DANS LE PUY-DE-DÔME (G. DURANTIN)

Les nitrates dans l'eau et leurs effets

◆ Dans les nappes

Dans les nappes les nitrates modifient les conditions chimiques⁵ d'oxydo-réduction du milieu et donc la teneur en certains autres éléments en solution. Il se pourrait aussi que l'écologie de ces milieux souterrains soit affectée (bactéries, micro-invertébrés souterrains vivant dans les nappes), mais ceci a été peu étudié jusqu'ici⁶.

L'eau des nappes s'écoule vers les rivières et la mer.

◆ Dans les eaux douces bien oxygénées

Dans les eaux douces bien oxygénées, le processus de dénitrification ne se produit pas. L'effet majeur des nitrates sur les eaux de surfaces est de les conduire à l'eutrophisation⁷. Ce processus se produit lorsque les eaux sont trop chargées en nitrates et en phosphates, ces deux nutriments étant nécessaires à la croissance des végétaux. Les grandes concentrations d'algues perturbent les milieux, entraînant de grande variation du taux d'oxygène entre le jour et la nuit. Lorsque de grandes quantités d'algues meurent, leur décomposition consomme la totalité de l'oxygène présent dans l'eau, induisant ainsi l'anoxie (absence d'oxygène). Dans ces conditions, les poissons et les invertébrés du milieu meurent en grand nombre. Ce manque d'oxygène est très aigu dans les zones où le transit de l'eau est fortement ralenti (lacs, bras mort, estuaires...). Le phénomène d'eutrophisation survient généralement au printemps et en été lorsque l'ensoleillement est fort et les températures élevées, favorisant la photosynthèse.

Le rapport entre nitrates et phosphates est un facteur important dans le développement des végétaux. Lorsque l'un des deux nutriments vient à manquer, le développement des végétaux est stoppé. En général, dans les parties amont des cours d'eau, les phosphates sont le facteur limitant de la productivité des écosystèmes aquatiques. En zones estuariennes, les nitrates sont toujours le facteur limitant de l'eutrophisation.

Les teneurs en nitrates qui permettent d'éviter l'eutrophisation des cours d'eau sont beaucoup plus basses que les teneurs admissibles pour l'eau potable. Au lieu des 50 mg.l⁻¹ (norme de potabilisation de l'eau), c'est à partir de seulement 1 mg.l⁻¹ dans les rivières ou les lacs que le risque d'eutrophisation peut survenir, en commençant par les eaux stagnantes.

◆ En milieux estuariens

En milieux estuariens, les marées vertes sont une des conséquences les plus visibles des surplus d'azote. L'azote est clairement identifié comme facteur déterminant du contrôle de la prolifération des algues. Dans ces milieux, la silice joue aussi un rôle déterminant dans le développement des diatomées (algues unicellulaires enveloppées par un squelette externe siliceux) ou des algues vertes. Lorsque l'apport en azote est supérieur à celui en silice, les micro- et macro-algues non siliceuses sont favorisées avec l'apparition des marées vertes. Pour les bassins versants développant des plans d'action⁸, la part d'azote provenant de l'agriculture représente la quasi-totalité des flux arrivant à la mer (assainissement environ 5%). Pour limiter le phénomène d'eutrophisation, les simulations réalisées par l'Ifremer montrent qu'en une année hydrologique moyenne, il faut descendre en dessous de 15 voire 10 mg.l⁻¹ de nitrate dans les rivières pour réduire significativement les marées vertes. Dans le cadre de la 5^{ème} révision des zones vulnérables, un seuil de 11,5 mg.l⁻¹ est proposé, par la DREAL de bassin, pour l'estuaire de la Loire. Ce seuil permettrait de limiter les marées vertes dans cette zone.

5 : Condition d'oxydo-réduction : réaction chimique au cours de laquelle se produit un échange d'électrons

6 : <http://www.senat.fr>, La qualité de l'eau et l'assainissement en France, Rapport de l'OPECST n° 215 (2002-2003) de MIQUEL G.

7 : Eutrophisation : Détérioration d'un écosystème par la prolifération de certains végétaux, en particulier des algues planctoniques (bloom planctonique). La cause peut être le rejet d'origine anthropique de nitrates (engrais azotés par exemple), de phosphates (lessives par exemples) et de matières organiques. Les conséquences sont variables et nombreuses : prolifération des algues planctoniques et de certains types de zooplancton, modification des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau, disparition ou forte réduction du nombre d'animaux et de certains végétaux, réduction de la teneur en oxygène...

8 : Par exemple : baie de Saint-Brieuc, Bassin de Concarneau, Douarnenez



CHAMPS DE COLZA DANS LES PLAINES DU CHER
(B. ROUSSEAU)

Les taux de nitrates : chiffres clés

+ **Entre 1998 et 2008**, la principale cause d'abandon des captages d'eau à destination de la consommation humaine est liée à la qualité de l'eau avec 1 958 captages concernés (41%). Sur ces 1 958 abandons, 695 (15%) l'ont été au moins en partie pour les teneurs en nitrates⁹.

+ **Les dépenses additionnelles** évaluées des ménages générées par les pollutions liées aux excédents d'azote et de pesticides d'origine agricole se situeraient au minimum dans une fourchette comprise entre 1 005 et 1 525 millions d'euros, dont 640 à 1 140 millions d'euros répercutés sur la facture d'eau, représentant entre 7 et 12 % de cette facture en moyenne national¹⁰.

+ **Le coût financier** des menaces que l'azote et ses dérivés actifs font peser sur l'environnement et la santé des personnes est estimé entre 150 et 735€ par personne et par an (The European Nitrogen Assessment, 2011).

♦ Effets sur la faune

Les nitrates ont peu d'effets nocifs directs **sur la faune aquatique**. Cependant, des études¹¹ montrent que l'augmentation des teneurs en nutriments (nitrates et phosphore), et par conséquent de la productivité des rivières, ont pour effet un renouvellement plus rapide des populations de saumon atlantique. Néanmoins si ce point peut sembler positif, les nitrates et surtout leur forme réduite (nitrites) semblent renforcer le taux de mortalité des œufs et des alevins de truites et de saumons¹². Le renouvellement des populations est ainsi fortement compromis. Sur les amphibiens, les nitrates semblent provoquer une réduction de leur croissance, ceci entraînant des problèmes de reproduction et donc probablement la perturbation du renouvellement de leurs populations¹².

Les nitrates et la santé

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixe la concentration maximale en nitrates dans l'eau potable à 50mg.l⁻¹.

En eux-mêmes les nitrates ne sont pas toxiques pour l'homme. En revanche, leur transformation en nitrite dans le tube digestif, sous l'action de bactéries, peu poser problème. Des éléments scientifiques confirment le risque d'effets nocifs aigus (méthémoglobinémie aiguë du nourrisson : syndrome du bébé bleu) à partir de 50 mg.l⁻¹ de nitrates dans l'eau de consommation humaine¹³.

Ce risque de réduction des capacités de transport de l'oxygène par l'hémoglobine du sang, pour l'adulte, est faible. A côté de cela, lors d'expositions répétées sur le long terme, les nitrates participent à la formation de nitrosamines, molécules dont le caractère cancérigène est avéré. Plus de 10 millions d'européens sont exposés à des taux de nitrates dans l'eau potable dépassant les seuils réglementaires avec un risque de cancer accru s'ils la boivent régulièrement¹⁴.

Le seuil de nitrates dans l'eau potable est fixé à 50mg.l⁻¹.

La recherche des nitrates dans les eaux constituent un bon indicateur de qualité des eaux brutes. Considérant leur origine anthropique : apport d'engrais, de déjection animale, ou rejets d'eaux usées, ils doivent faire suspecter la présence d'autres contaminants biologiques ou chimiques comme les pesticides.

9 : Ministère du travail, de l'emploi et de la santé, 2012. Abandons de captages utilisés pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Bilan Février 2012

10 : CGDD études et documents n°52 - septembre 2011

11 : études réalisées par l'Unité Mixte de Recherche (UMR) Inra-Agrocampus Ecobiologie et qualité des Hydrosystèmes continentaux (EQHC)

12 : <http://www.bretagne-environnement.org/Eau/Les-pollutions-et-menaces/Nitrates/Effets-des-nitrates-sur-la-sante-et-l-environnement>

13 : Fan, A.M. Willhite, C.C., and Book, S.A. (1987). Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicity. Regul. Toxicol. Pharmacol. 7, 135-148.

Fan, A.M. and Steinberg (1996). Health Implications of Nitrate and Nitrite in Drinking Water : An Update on Methemoglobinemia Occurrence and Reproductive and Developmental Toxicity. Regul. Toxicol. Pharmacol. 23,35-43

14 : Sutton & al, 2011. The European Nitrogen Assessment. Sources, effects and policy perspectives, 664p.

Avec le soutien de :

