

## QUELQUES ÉLÉMENTS D'HISTOIRE DES SCIENCES

### Histoire d'H<sub>2</sub>O

L'homme n'a cessé de s'interroger sur la nature de l'eau. Pour Aristote (384-322 av. J.C.), l'eau avec le feu, la terre et l'air, fait partie des quatre éléments de la réalité universelle. A la même époque, Démocrite (460-370 av. J.C.) pense au contraire que la matière a une nature corpusculaire (le mot atome vient du grec atomos = indivisible). La théorie aristotélicienne est admise jusqu'au 17<sup>ème</sup> siècle. Mais, à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, tout est remis en cause. Le physicien anglais Cavendish réussit à démontrer en 1766 que l'eau était formée d'hydrogène puis Joseph Priestley découvre en 1774 l'oxygène. Le 27 juin 1783 en France, Lavoisier et Laplace réalisent la synthèse de l'eau à partir de 2 volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène. En 1800, Anthony Carlisle et William Nicholson effectuent la première analyse de l'eau en y plongeant des fils de cuivre reliés à une pile (inventée cette année là par Volta). Ils récupèrent alors 2 volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène. La formule chimique de l'eau est donc H<sub>2</sub>O. La recherche sur la structure de l'eau ouvre ainsi la voie à la chimie moderne.

### Histoire du service de l'eau en France



De la **période gallo-romaine**, il reste de très beaux témoignages de la distribution de l'eau dans les villes. Lyon conserve des vestiges des 250 kilomètres d'aqueducs qui au 1<sup>er</sup> siècle av. J.C., acheminaient quotidiennement vers la capitale des Gaules 80 millions de litres d'eau. Le Pont du Gard, un des ouvrages du réseau d'alimentation de Nîmes, atteste de façon spectaculaire la maîtrise technique des Gallo-Romains en matière de distribution d'eau.

Au **Moyen-Âge**, nul château fort, monastère, ferme ou village, ne s'installait loin d'un point d'eau.

Mais l'essor urbain de la seconde partie du Moyen-Âge engendre des difficultés d'approvisionnement nouvelles. Les bourgs attirent une population toujours plus importante, l'alimentation en eau des familles se dégrade tant au plan de la qualité que de la quantité que les principes d'hygiène en viennent à être négligés. En fait, dans les villes, bien avant les particuliers, ce sont les activités artisanales qui commandent l'utilisation de l'eau. Les teintureries et les mégisseries par exemple, s'installent au bord des cours d'eaux, qu'elles souillent, afin d'effectuer toutes les opérations nécessaires à leur pratique. Parallèlement, les sources locales deviennent insuffisantes et les puits sont souvent corrompus par les infiltrations. L'absence de réseau d'égouts ne fait que renforcer ce cercle vicieux.



Abbaye de Royaumont ©  
Jean-Paul Bounine -  
Fotolia.com



En France, **jusqu'au 18<sup>ème</sup> siècle**, l'eau abondante "à domicile" reste le privilège des palais, des couvents, des abbayes et des hôpitaux. Pour la majorité de la population, il y a soit la fontaine publique, soit l'eau directement puisée aux fleuves, aux rivières et aux puits. Ainsi, vers 1750, 2 000 porteurs d'eau à Paris formaient une corporation puissante. L'eau de la Seine fournissait alors à la capitale l'essentiel de sa consommation, une eau peu propre à l'alimentation humaine, cause de nombreuses épidémies.

Par El Bibiomata

"Le porteur d'eau à Paris". Les merveilles de l'industrie Louis Figuier 1819 – 1894 - Paris : Furne, Jouvot, [1873-1877]. - Tome III

**Au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle**, la généralisation de la machine à vapeur rend possible la réalisation de réseaux d'adduction sous pression desservant les logements individuels. Sous le second Empire, l'arrivée du Baron Georges Eugène Haussmann (1809-1891) à la préfecture de Paris agit comme un accélérateur. Le préfet Haussmann confie à Eugène Belgrand (1810-1878), ingénieur et géologue, la responsabilité du service des eaux et des égouts de Paris. La capitale se lance alors dans de grands travaux, le système de canalisations (de distribution) connaît un développement extraordinaire, chaque immeuble, chaque maison de la capitale bénéficie de l'eau courante. C'est aussi à lui que l'on doit le réseau de tout à l'égout de la capitale. A sa suite, la plupart des villes réexaminent leur alimentation en eau.

Les systèmes de filtration lente sur sable à grande échelle sont utilisés à Paris, Marseille, Lyon et Toulouse et sont complétés par la décantation et la coagulation, ce qui va permettre d'améliorer sensiblement la qualité de l'eau distribuée. Mais ces seuls traitements physiques n'éliminent pas toutes les bactéries, même si les épidémies reculent.

C'est au début de l'ère industrielle que naquirent les premières sociétés de distribution de l'eau potable : la Compagnie Générale des Eaux (aujourd'hui Veolia Eau) en 1853 et la Lyonnaise des Eaux en 1880. La SAUR a été créée plus récemment en 1933.



© Getty Images - Louis Pasteur

A partir de 1880, l'essor de la microbiologie, sous l'impulsion de Pasteur, Koch (tuberculose) et Eberth (typhoïde), ouvre une nouvelle ère dans l'approche de l'alimentation en eau potable. La corrélation entre eau de mauvaise qualité, contaminée par les microbes et épidémies, est démontrée : "Nous buvons 90% de nos maladies"

Il faut attendre la fin du 19<sup>ème</sup> siècle pour que les filtres éliminent les microbes grâce aux travaux de l'Institut Pasteur. L'histoire du traitement de l'eau potable va dès lors s'accélérer, sous l'effet conjugué de besoins plus importants et, surtout, des progrès de la chimie.

**Au début du 20<sup>ème</sup> siècle**, les traitements chimiques apparaissent. De nombreux produits sont essayés notamment l'ozone et le chlore. L'emploi du chlore se généralise après la première guerre mondiale de 1914/1918. En effet, Philippe Bunau-Varilla découvre, lors de la bataille de Verdun (1916), le procédé de verdunisation (désinfection de l'eau) qui consiste à ajouter à l'eau une faible dose de chlore.

La loi de 1902 sur la santé publique instaurera de nombreuses mesures inspirées par les hygiénistes.

En 1930, seulement 23 % des communes disposent d'un réseau de distribution d'eau potable à domicile.

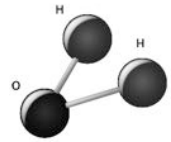
En 1945, 70% des communes rurales ne sont toujours pas desservies.

Il faut attendre la fin des années 1980 pour que la quasi-totalité des Français bénéficient de l'eau courante à domicile.

Source : <https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/leau-potable-pour-tous-une-conquete-recente/>

## L'EAU, C'EST QUOI ?

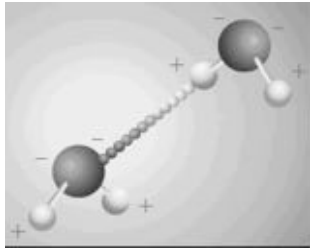
### Composition



La molécule d'eau a une dimension de l'ordre d'un milliardième de mètre, soit un nanomètre ( $10^{-9}$ ). La molécule n'est pas une boule. Elle est constituée d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène.

Sa forme, tétraèdre légèrement déformé, est souvent comparée à "la tête de Mickey". L'atome d'oxygène est placé au centre tandis que les atomes d'hydrogène sont placés aux deux autres sommets. Les charges positives sont portées par les sommets d'hydrogène et les charges négatives par les sommets opposés.

Chaque goutte d'eau contient plusieurs milliards de molécules d'eau, reliées les unes aux autres par leurs pôles, chargés électriquement : un pôle chargé négativement (l'atome d'oxygène) et un pôle chargé positivement (les atomes d'hydrogène).



En présence les unes des autres, les molécules vont se comporter comme de petits aimants : leurs pôles électriques positifs et négatifs s'attirent réciproquement et les molécules se rapprochent afin que chaque atome d'hydrogène (positif) de l'une se place près de l'oxygène (négatif) d'une voisine. Les molécules d'eau sont alors liées par ce que l'on appelle une liaison hydrogène, cette liaison étant assurée par les atomes d'hydrogène.

### Les trois états de l'eau

L'eau, sous l'action conjuguée de la chaleur et de la pression atmosphérique, change d'état, passant de celui de vapeur à l'état solide ou liquide.

Dans la nature, l'eau est le seul élément à se trouver sous 3 états : solide, liquide et gazeux.



**L'état solide** : les molécules sont structurées en hexagone ; un cristal de neige a toujours 6 branches.

L'eau est alors plus légère qu'à l'état liquide, car il y a du vide entre les hexagones : c'est pourquoi la glace flotte. L'eau augmente de volume en passant à l'état solide.

**L'état liquide** : la structure hexagonale se défait, les molécules se rapprochent. Les liaisons hydrogène sont plus souples.

**L'état gazeux** : les molécules s'agitent et se distancient. L'eau se transforme en gaz invisible, la vapeur.

#### • Les changements d'états :

Ils peuvent se faire dans tous les sens et sont réversibles.

Vaporisation : liquide → gaz.

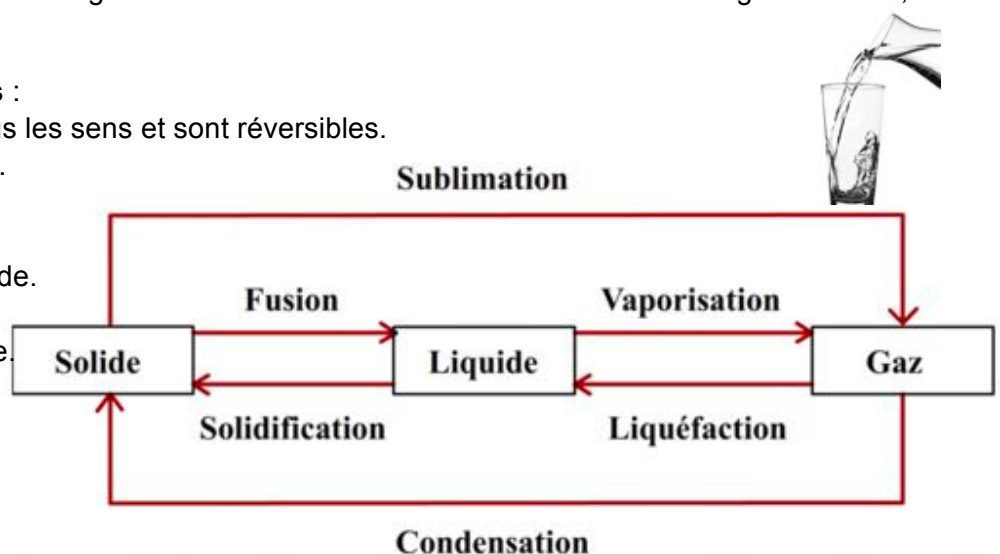
Liquéfaction : gaz → liquide.

Fusion : solide → liquide.

Solidification : liquide → solide.

Sublimation : solide → gaz.

Condensation : gaz → solide.



Dans le langage courant, on parle de condensation lorsque la vapeur d'eau se transforme en eau liquide alors que le terme physique est liquéfaction. La condensation est le passage vapeur / solide comme le givre formé sur une vitre.

Le processus inverse : la sublimation (solide/gaz), n'est pas possible pour l'eau à pression atmosphérique. Il est utilisé lors de la lyophilisation qui consiste à ôter l'eau d'un aliment, à l'aide de la surgélation puis d'une évaporation sous vide de la glace sans la faire fondre.

On utilise également dans le langage courant le terme évaporation plutôt que vaporisation. En fait, l'évaporation est un phénomène qui a lieu à la surface du liquide, les molécules d'eau les plus rapides arrivent à s'échapper du liquide et se retrouvent sous forme de vapeur dans l'air. C'est le principe de la flaque d'eau qui disparaît ou du linge étendu qui sèche. Il n'y a donc pas forcément ébullition pour qu'il y est évaporation.

#### • Donc, selon la température, dans quel état se trouve l'eau ?

*A une température supérieure à 100 °C (Celsius)*

Dans des conditions normales de pression atmosphérique, l'eau bout et se transforme en vapeur à la température de 100 °C. On dit que l'eau est à l'état gazeux. Mais au sommet de l'Everest, à 8 846 m d'altitude, où la pression atmosphérique est bien plus faible, l'eau bout déjà à 72 °C. Dans les profondeurs des abysses, en raison des pressions colossales qui y règnent, une eau à 300 °C ne bout pas. Une expérience est décrite dans la partie « Démarches pour la classe » pour vérifier ce phénomène.

*De 0 °C à 100 °C*

Dans des conditions normales de pression atmosphérique, l'eau est liquide entre 0 °C et 100 °C. Mais on la trouve aussi sous forme de vapeur comme cela est expliqué ci-dessus.

*A une température inférieure à 0 °C*

Dans des conditions normales de pression atmosphérique, l'eau se transforme en glace à la température de 0 °C. On dit alors que l'eau est à l'état solide. Il existe différents types de glaces, allant de la neige souple et molle à la glace ferme et stable des icebergs.

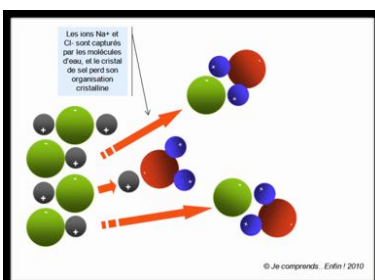
## Les propriétés de l'eau

L'eau possède des propriétés chimiques et physiques exceptionnelles. Celle qu'on utilisera le plus dans ce projet est **le pouvoir solvant** de l'eau.

Ajoutez du sel à de l'eau et agitez. Très rapidement, l'eau redevient claire et le sel n'est plus visible : on dit que le sel s'est dissous dans l'eau. De même, le sucre se dissout très bien dans l'eau. L'eau est en effet un très bon solvant pour de nombreuses substances.

Ce phénomène de dissolution résulte du caractère également polaire des molécules d'eau qui, du fait des charges positives et négatives dont elles sont porteuses, sont attirées par les charges de signes contraires des ions ou des molécules polaires qui leur sont proches. Elles forment alors un écran autour de ces ions ou de ces molécules polaires, les séparant de leurs congénères et favorisant ainsi leur dispersion au sein du liquide. Aux molécules polaires, elles se lient même par liaisons hydrogène.

Outre de nous permettre de saler ou de sucrer avec délices nos aliments, cette propriété fait de l'eau, pour le meilleur et pour le pire, le véhicule privilégié de substances variées. Ainsi nombre de substances vitales sont-elles acheminées par l'eau à travers le corps humain ou les plantes. Dans la nature, lorsqu'elle dévale les pentes, l'eau dégrade les roches et se charge en sels minéraux solubles. Enfin, au gré de son périple, elle lessive les sols, drainant toutes les substances toxiques solubles qu'elle rencontre, comme les nitrates issus des engrais, devenant ainsi un véritable **vecteur de pollution**.



Sources : <https://www.cieau.com/connaître-leau/leau-cest-quoi/>  
<https://www.cieau.com/connaître-leau/les-proprietes-de-leau/>  
<http://sagascience.cnrs.fr/doseau/decouv/proprie/MenuProprie.html>

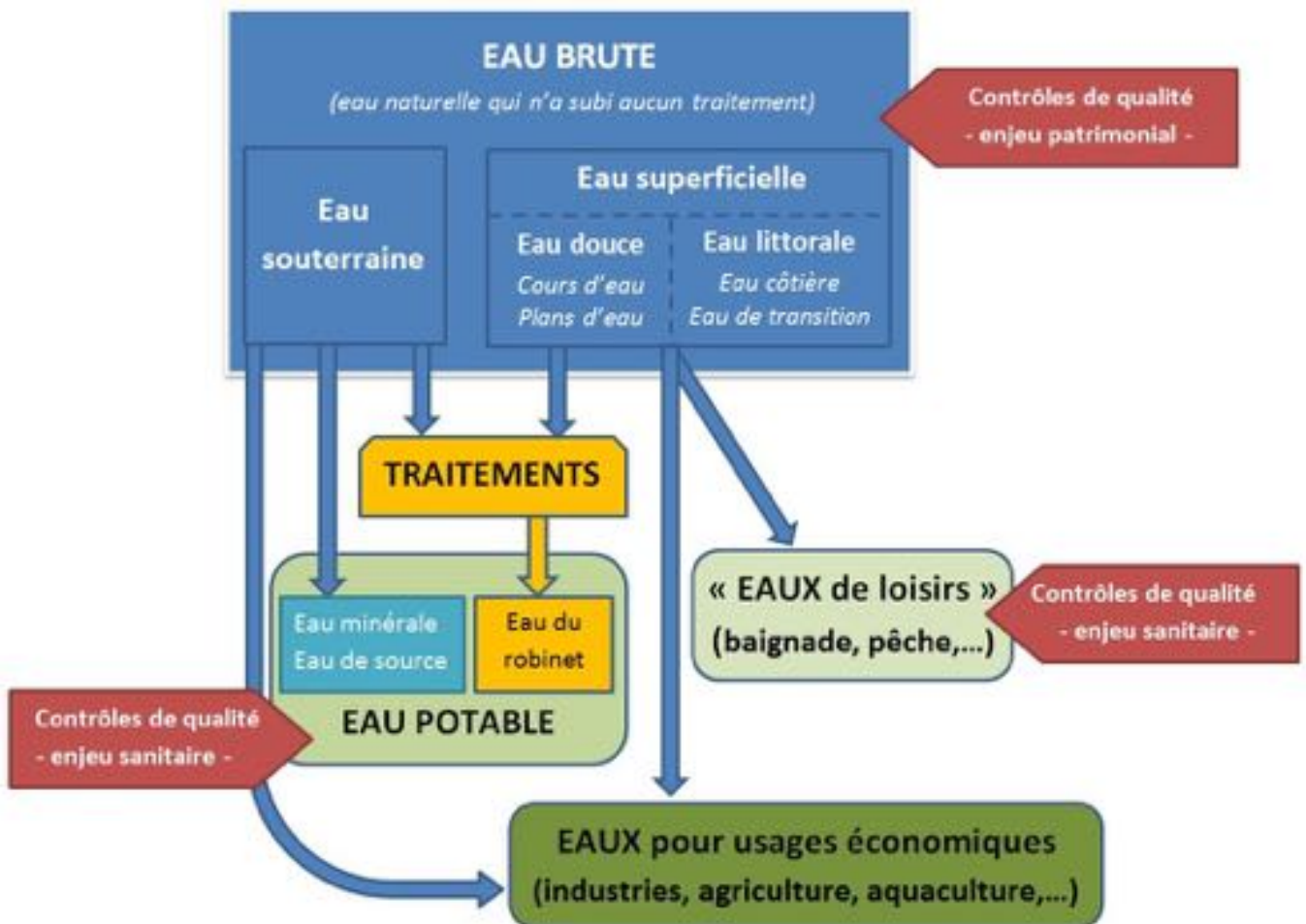
Graines de sciences 7 - La main à la pâte - Editions Le Pommier

## LA QUALITÉ DE L'EAU

Lorsque l'on parle de qualité de l'eau, il faut se questionner sur quel est l'usage que l'on veut en faire. Les critères de qualité ne vont pas être les mêmes pour l'eau du robinet, que ceux pour l'eau de la rivière ou du plan d'eau de baignade.

La qualité de l'eau est déterminée pour l'eau brute dans le milieu naturel, et pour les eaux destinées à certains usages, à partir de relevés de concentrations en différentes substances physico-chimiques ou en éléments biologiques qui la composent, au regard de concentrations de référence (réglementation et normes en vigueur), établies en fonction des usages de destination (eau potable, baignade, enjeu environnemental,...).

De nombreux contrôles de qualité interviennent ainsi sur chaque « type d'eau », à différentes étapes du cycle de l'eau, selon des réglementations et méthodologies propres, appliquées en fonction des enjeux sanitaires et/ou environnementaux. La réglementation, les normes, les traitements ou les actions mises en œuvre varient ainsi selon les usages et les enjeux associés. La qualité des eaux brutes dans le milieu naturel demeure déterminante, elle constitue le premier maillon conditionnant la vie des milieux aquatiques et la qualité de l'eau vis-à-vis des différents usages.



Le principe général d'évaluation consiste à comparer les résultats des mesures effectuées, avec des valeurs seuil (ou normes) définies pour différents paramètres (ou groupe de paramètres) par la réglementation en vigueur. La qualité des eaux s'apprécie ainsi selon des critères d'évaluation spécifiques aux enjeux associés, et porte d'une manière générale, sur la composition physico-chimique, bactériologique, ou biologique des eaux.

Source : <http://www.eau-poitou-charentes.org/Determiner-la-qualite-de-l-eau.html>

## L'EAU POTABLE

Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de critères la rendant propre à la consommation humaine.

Le concept de « potabilité » dépend du contexte historique, scientifique et culturel local. La définition de ce concept détermine l'accès à une eau de qualité, essentiel à un développement durable, garantissant un développement économique et humain.

Une politique européenne. L'Organisation Mondiale de la Santé a publié des recommandations sur la qualité des eaux d'alimentation. Des dispositions européennes ([directive n°80-778 du 15 juillet 1980](#)) s'imposent, en outre, à tous les États membres de l'Union Européenne : normes de qualité, obligations de contrôle. Ces recommandations et directives sont prises en compte dans la réglementation française élaborée dans ce domaine. D'une manière générale, la réglementation française est plus stricte que la réglementation européenne.

### Surveillance de la qualité de l'eau

**L'article L.1321-1 du Code de la santé publique prévoit que «quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine (...) sous quelque forme que ce soit (...) est tenu de s'assurer que cette eau est propre à la consommation». Pour cela, elle doit répondre à de nombreux critères qui font l'objet d'un contrôle permanent.**

***La qualité de l'eau est soumise à un double contrôle : un contrôle officiel relevant des pouvoirs publics et une surveillance permanente des services des eaux.***

Les normes portent sur :

- ➔ **la qualité microbiologique** : l'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni pathogène.
- ➔ **la qualité chimique** : les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites indésirables ou toxiques (ex : plomb, arsenic, nitrates, pesticides...). Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie.
- ➔ **la qualité physique et gustative** : l'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur, ni odeur désagréable. Cependant une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.

Sources : [http://www.ineris.fr/aida/consultation\\_document/1101](http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/1101)

Code de la santé publique : Article R1321-2

« Ce n'est pas le manque d'eau qui tue, c'est l'eau sale »

**L'Assemblée générale de l'ONU a reconnu mercredi 28 juillet 2010 l'accès à une eau de qualité et à des installations sanitaires comme un droit humain.**

La résolution de l'ONU de 2010 pointe le fait que 884 millions de personnes dans le monde n'ont pas accès à une eau potable de qualité et que plus de 2,6 milliards ne disposent pas d'installations sanitaires de base. Elle souligne qu'environ deux millions de personnes, pour la plupart des jeunes enfants, meurent chaque année des suites de maladies causées par une eau impropre à la consommation et l'absence de sanitaires.

La résolution rappelle aussi la promesse, faite par les dirigeants mondiaux en 2000 dans le cadre des Objectifs du millénaire pour le développement, de réduire de moitié d'ici à 2015 la proportion de personnes n'ayant pas accès à l'eau potable et à des installations sanitaires.

Extrait d'un article du Monde de juillet 2010.

"Ce n'est pas le manque d'eau qui tue, c'est l'eau sale. C'est le fait qu'on n'ait pas organisé l'entretien des puits et l'assainissement autour des communautés locales", a-t-elle ajouté. Le "nerf de la guerre, c'est de travailler la gouvernance, plus que l'argent".

Aussi, selon elle, "la reconnaissance de ce droit permet de sortir de cet argument systématique qui fait qu'on disait : "on n'a pas les moyens, circulez, il n'y a rien à voir".

Le texte presse les États et les organisations internationales de fournir une aide financière et technologique aux pays en développement pour "augmenter les efforts afin de fournir à tous une eau de qualité, propre et abordable ainsi que des installations sanitaires".

Pour Mme Jouanno, "le combat suivant, c'est, au sein des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD), de replacer le droit de l'accès à l'eau et à l'assainissement en tête des objectifs". "Actuellement, c'est un sous-objectif", a-t-elle regretté.

**L'eau au Brésil : Les paradoxes de l'abondance**

A l'heure où l'eau potable est de plus en plus considérée comme une ressource rare de valeur stratégique, le Brésil possède, avec environ 12% des réserves de la planète, un avantage considérable. Pourtant, s'en tenir à ce seul constat serait méconnaître les difficultés rencontrées par ce pays dans le domaine de la gestion de l'eau. En effet, inégalement répartie sur le territoire, la ressource hydrique est l'objet de convoitise et se trouve en outre menacée par l'action de l'homme qui, s'inscrivant dans un cercle vicieux, devient lui-même victime de sa négligence. Conscient des enjeux pour sa population et son économie, le Brésil accentue ses efforts pour améliorer cette situation en usant de différents leviers, tels que des projets d'infrastructures, une réglementation plus pragmatique et une approche renouvelée de la gestion de la ressource.

<http://www.diploweb.com/forum/eaubresil08037.htm>

Extrait d'un article du Monde du 20 mars 2019.

**PLUS DE 800 MILLIONS D'HUMAINS PRIVÉS D'EAU POTABLE**

*Les Nations unies dressent un tableau alarmant de l'accès à l'eau potable dans son rapport 2019. En 2015, six humains sur dix ne disposaient pas de toilettes ou équivalent.*

Toujours plus d'humains (7,7 milliards), qui consomment toujours plus d'eau – la demande augmente en moyenne de 1 % chaque année depuis la décennie 1980 –, mais qui n'ont pas encore réussi à la partager. Tel pourrait être le résumé du rapport 2019 des Nations unies (ONU), présenté à l'occasion de la Journée mondiale sur l'eau, le 22 mars, et publié par l'Unesco mardi 19 mars.

Ce travail nourri de statistiques puisées auprès d'une dizaine d'agences onusiennes et de diverses organisations s'intitule « Ne laisser personne pour compte ».

Il y a urgence à cela, car le stress hydrique s'accroît : la pollution est généralisée en surface et dans les nappes souterraines, dont certaines ne se rechargent plus, aggravant le sort d'une large partie de l'humanité. Mais cette injonction tient du vœu pieux si l'on se fie aux données collectées par les rapporteurs.

Certes, des progrès ont été réalisés : plus d'un milliard supplémentaire de personnes dans le monde ont obtenu l'accès à un point d'eau raccordé à une canalisation entre 2000 et 2015. Mais 844 millions sont encore privés de tout service élémentaire d'eau potable. Ils ne disposent pas de la moindre « source améliorée » – c'est-à-dire, selon la définition officielle, d'un point de prélèvement protégé des animaux, situé à trente minutes au maximum de chez eux, aller-retour et attente compris.

**Sources** : Cours de UE12 : Eau : Enjeux et valeurs, inégalités et conflits d'usage - Eric Collard  
Eau et santé en milieu scolaire – fiches ressources – Chantal Savanovitch

## POLLUTIONS DE L'EAU

Une eau est dite polluée lorsque ses qualités sont dégradées, perturbant la vie aquatique et rendant son utilisation dangereuse pour l'homme et les animaux.

**Cette dégradation résulte de la présence de "polluants" en quantité suffisante pour qu'ils puissent être nocifs.**

### Les différentes formes de pollution de l'eau

Ces polluants sont :

- soit des substances qui perturbent l'équilibre biologique de l'environnement,
- soit des substances toxiques pour les êtres vivants.

Mais même des substances utiles à l'équilibre biologique d'un milieu peuvent devenir polluantes si elles sont présentes en excès.

On distingue différents types de polluants :

- les **polluants organiques** : Ils proviennent des déchets domestiques (ordures ménagères, excréments), agricoles (lisiers) ou industriels (papeterie, tanneries, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...), lorsque ceux-ci sont rejetés sans traitement préalable. Une ville de 100 000 habitants par exemple déverse environ 18 tonnes de matière organique par jour dans ses égouts.

Ces polluants sont biodégradables, c'est-à-dire qu'ils s'éliminent progressivement dans l'eau de façon naturelle, par réaction chimique ou par l'action des micro-organismes présents naturellement dans l'eau. Présents en quantité trop importante, les polluants organiques ne peuvent être entièrement biodégradés. Ils peuvent nuire à la qualité des cours d'eau.

- les **polluants chimiques** : (fertilisants, pesticides, métaux, détergents...)

On relèvera plus particulièrement le cas des fertilisants (azote et phosphore essentiellement). Présents en excès dans le milieu aquatique, ils provoquent un développement anormal de certaines catégories de végétaux (algues, plantes aquatiques), dont la décomposition, en fin de vie, consomme de grandes quantités d'oxygène, conduisant au phénomène d'eutrophisation au détriment des organismes aérobies, en particulier les poissons.

- les **contaminants microbiologiques** : des "microbes pathogènes" venant des déchets organiques peuvent provoquer des maladies, tant pour la faune et la flore que pour l'homme.
- les **polluants physiques** : Ce sont les pollutions radioactives (liés aux accidents potentiels) et thermiques.

Ces dernières liées à l'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement par les industriels, apparaissent souvent mineur mais augmentent avec les besoins de l'industrie. Elles réchauffent les eaux dans lesquelles elles sont déversées, ce qui peut perturber la vie aquatique, animale ou végétale, notamment en modifiant les rythmes physiologiques des espèces (reproduction, survie hivernale, etc).

Tous ces polluants nuisent aux usages de l'eau par l'homme (baignade, loisirs nautiques, pêche, eau potable, irrigation, élevage de poissons ou de coquillages, industries...), et à la régénération des écosystèmes naturels.

Source : <http://sagascience.cnrs.fr/doseau/decouv/degradation/menuDegrada.html>



## Les origines des polluants de l'eau

L'origine de la pollution de l'eau peut être naturelle (éruptions volcaniques, émissions des végétaux, zones humides...) ou anthropique, c'est à dire liée à l'activité humaine.

On distingue trois catégories de pollutions liées à l'activité humaine :

- **La pollution domestique** : Elle provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison : eaux des toilettes, eaux savonneuses rejetées avec les lessives, les bains ou la vaisselle, les produits versés dans les éviers...



A cela, il faut ajouter les eaux usées rejetées (effluents) par les installations collectives, telles que les hôpitaux, les écoles, les commerces, les hôtels et restaurants, etc...

- **La pollution agricole** : Les engrais et pesticides mal utilisés polluent les eaux souterraines (en s'infiltrant dans le sol avec l'eau de pluie et d'arrosage) et de surface (en ruisselant). L'emploi excessif d'engrais a fait sensiblement augmenter la quantité de nitrate dans les rivières et nappes phréatiques peu profondes.

Le nitrate est pourtant un élément naturel bénéfique contenant l'élément azote indispensable à la croissance des végétaux. Il est épandu sous forme organique (déjection animale : fumier, lisier) ou minérale (chimique). Un emploi excessif de nitrates déséquilibre ce processus : après l'épandage d'engrais azotés, l'eau de pluie, en s'infiltrant, entraîne dans sa course l'engrais que les plantes et les sols n'ont pu absorber. Cette charge azotée s'infiltré alors jusqu'aux réserves d'eau douce qu'elle pollue.

Il faut toutefois savoir qu'une concentration inférieure ou égale à 50 milligrammes de nitrate par litre d'eau est sans danger. Les sociétés de distribution d'eau veillent scrupuleusement à ne pas dépasser cette norme.

- **La pollution industrielle** : Les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel.

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...)
- des hydrocarbures (industries pétrolières, transports)
- des métaux (traitements de surface, métallurgie)
- des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...)
- des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques)
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)

Progressivement, des solutions sont mises en oeuvre afin de maîtriser le risque de pollution en zone de captation d'eau.

Source : <http://sagascience.cnrs.fr/doseau/decouv/degradation/menuDegrada.html>

## EAU ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'interaction entre le réchauffement climatique et le cycle de l'eau est difficile à mesurer en raison de l'impact de l'activité humaine et de l'inertie des masses d'eau (océan et nappes souterraines) qui inscrit les effets du réchauffement dans le long terme. Cependant, certains effets sont déjà observés dans les différentes régions du globe et les climatologues en prévoient d'autres avec un degré de certitude acceptable.

### La sécheresse

De nombreuses régions du globe, connaissent des sécheresses en durée et sur des territoires de plus en plus vastes. 38% de la population mondiale sera exposée au stress hydrique en 2025 contre 9% en 2008.

L'une des conséquences de la sécheresse est d'épuiser les ressources d'eau profondes.

### L'augmentation des précipitations

A l'inverse, les régions situées dans l'hémisphère nord voient leurs précipitations augmenter.

Ces précipitations accrues mettent à mal les installations de traitement de l'eau (stations d'épuration) qui répandent les matières fécales et conduisent à une augmentation des maladies véhiculées par l'eau.

Le ruissellement provoqué par ces précipitations accrues rend les polluants plus mobiles : ces derniers arrivent désormais jusqu'aux aquifères souterrains.

### Fonte des glaciers : disparition de l'effet tampon

Le réchauffement climatique a pour conséquence la fonte des glaciers. Ces derniers jouent un rôle de tampon en captant de l'eau douce qui est ensuite restituée graduellement aux écosystèmes pendant la période sèche. 1/6<sup>ème</sup> de la population mondiale dépend de l'eau douce apportée par les glaciers à la saison sèche.

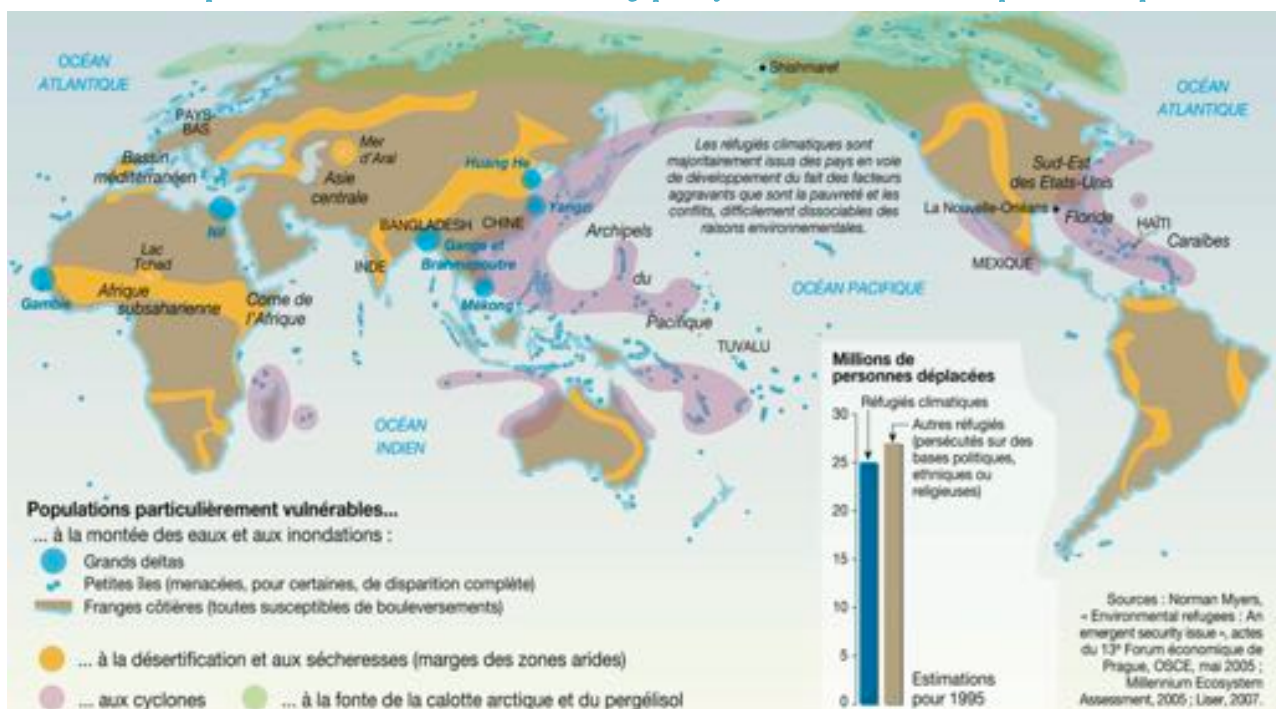
### La chimie et la biologie de l'eau modifiées par le réchauffement

Les lacs et rivières voient la température moyenne des eaux de surface et profondes augmenter. Ceci modifie l'équilibre chimique et biologique de l'eau : sa qualité diminue et impacte la quantité d'eau disponible pour la consommation humaine ainsi que les écosystèmes liés.

### Conséquences sur la production d'eau potable et sur l'assainissement

- développement de germes et de bactéries favorisé par l'augmentation de la température des eaux ;
- capacité des réseaux d'assainissement dépassée par les épisodes de fortes précipitations ;
- quantité d'eau potable disponible pour l'usage domestique insuffisante à cause de la baisse du niveau d'eau dans les nappes souterraines et les rivières ;
- cours d'eau plus vulnérables aux pollutions : le volume d'eau dépollué rejeté dans les rivières correspond à leurs capacités de dilution actuelles, des variations importantes de débit pourraient rompre cet équilibre.

Source : <http://www.cieau.com/eau-transition-ecologique/enjeux/rechauffement-climatique-les-consequences-sur-leau/>



## Contribution des cours d'eau aux émissions de CO<sub>2</sub> atmosphériques

Les émissions de dioxyde de carbone provenant des rivières ont été largement négligées, car historiquement, les cours d'eau étaient aperçus comme "des égouts" transportant l'eau des continents jusqu'au milieu marin.

Aujourd'hui, nous savons que les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de méthane (CH<sub>4</sub>) par ces écosystèmes représentent un flux non-négligeable dans le cycle global du carbone à l'échelle planétaire. Des études récentes ont estimé les flux globaux de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> des ruisseaux et des rivières en 1.8 Pg C-CO<sub>2</sub> an<sup>-1</sup> et de 26.8 Tg C-CH<sub>4</sub> an<sup>-1</sup> (De Fátima *et al.* 2008, Hotchkiss *et al.* 2015) contre 0.5 à 0.6 Pg C-CO<sub>2</sub> an<sup>-1</sup> estimées pour les lacs (Raymond *et al.* 2013).

L'étude de Hotchkiss *et al.* (2015) a estimé les émissions de CO<sub>2</sub> de 187 cours d'eau dans les US. Leurs résultats montrent que la variation de ces émissions dépend essentiellement de la taille du cours d'eau. Ainsi, les cours d'eau de petite taille (ex. têtes de bassin versant) auraient des émissions plus importantes que ceux de plus grande taille (Figure 1). Ceci s'expliquerait par le fait que les cours d'eau de petite taille auraient des apports en carbone organique d'origine terrestre (ex. litière de feuilles, branchages, fragments d'écorce, fruits) supérieurs que les cours d'eau de grande taille où le carbone organique est essentiellement produit dans l'écosystème via les producteurs primaires (ex. algues et macrophytes). Raymond *et al.* (2013) estime que 70% du flux du carbone des eaux continentales est concentré sur les cours d'eau de petite taille.

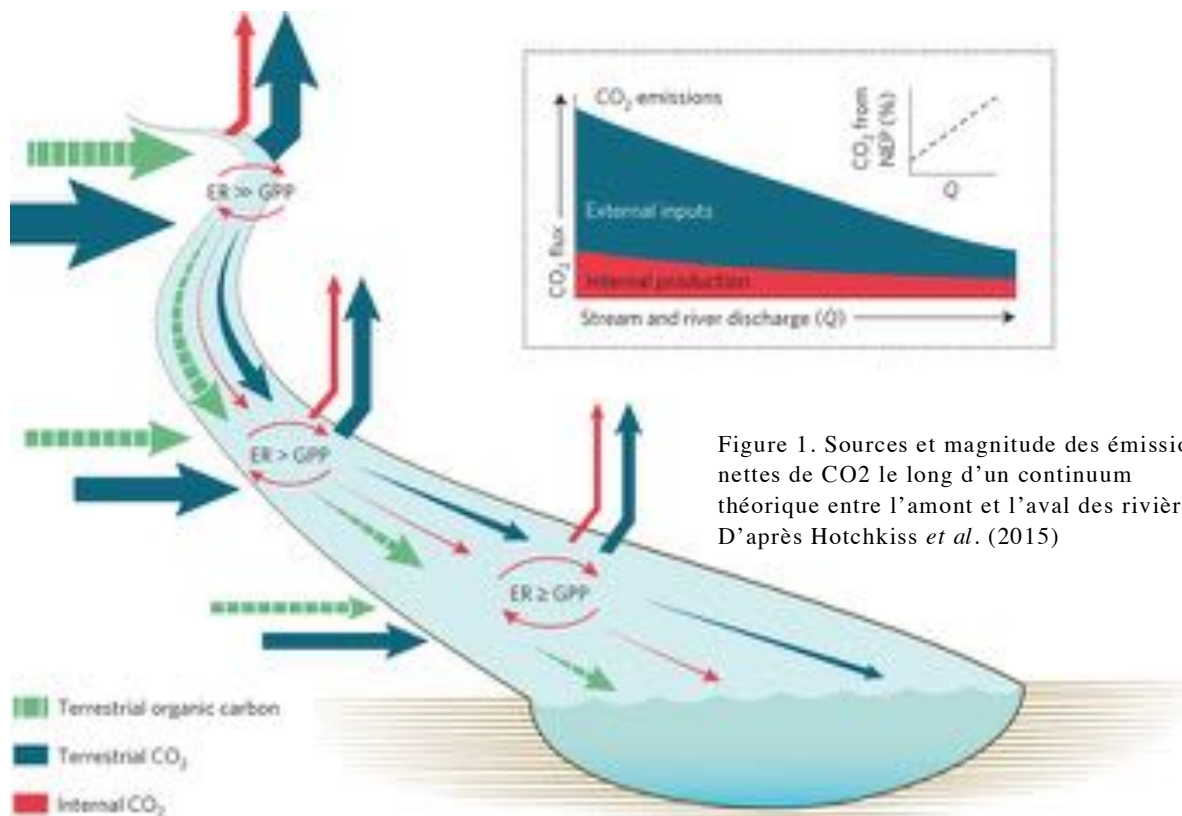


Figure 1. Sources et magnitude des émissions nettes de CO<sub>2</sub> le long d'un continuum théorique entre l'amont et l'aval des rivières. D'après Hotchkiss *et al.* (2015)

Dans les cours d'eau, on distingue deux facteurs majeurs impliqués dans la décomposition de la matière organique et donc le relargage de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère : les facteurs physico-chimiques et les facteurs biologiques. Parmi ces derniers, les champignons et les invertébrés déchetteurs jouent un rôle primordial. Les champignons aquatiques, et notamment le groupe des hyphomycètes (Figure 2A), possèdent un panel d'enzymes extracellulaires permettant la dégradation de la cellulose et la lignine contenue dans la feuille ou le bois. Outre leur contribution directe dans la décomposition, les champignons auraient aussi un rôle primordial dans le conditionnement des feuilles pour les invertébrés (Gessner *et al.*, 1999 ; Figure 2B). En effet, les feuilles richement colonisées par les champignons auraient une valeur nutritionnelle plus importante et seraient donc plus appétentes pour les invertébrés déchetteurs.

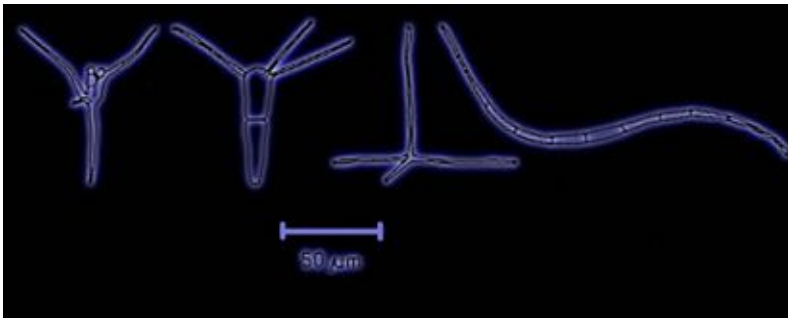


Figure 2A. Spores d'hyphomycetes aquatiques. De gauche à droite, les espèces *Tetracadium marchalianum*, *Clavariopsis aquatica*, *Lemnionera aquatica* et *Anguillospora longissima*.)



Figure 2B. Macro-invertébrée déchiqueteur *Gammarus pulex*

Avec le changement climatique mondial, il y a un besoin urgent de comprendre comment le réchauffement climatique pourrait affecter les émissions de CO<sub>2</sub> issues des cours d'eau. Une étude a évalué la relation existante entre température de l'eau et activité biologique en terme de décomposition de litières de feuilles (Boyero *et al.* 2011). Cette étude a été menée sur plusieurs cours d'eau appartenant à six continents différents et couvrant des régimes thermiques différents (boréal, tempéré, méditerranéen, tropical) de moins à plus chaud. De façon surprenante, les taux de décomposition (et donc les émissions de CO<sub>2</sub>) devraient rester inchangés malgré la hausse des températures.

Néanmoins, le processus serait profondément modifié du point de vue biologique. Le réchauffement climatique entraînerait une augmentation de la décomposition par les champignons et une diminution de la décomposition par les invertébrés déchiqueteurs. D'autres études se sont intéressées aussi aux émissions de CO<sub>2</sub> issues des sédiments des fleuves Tern et Lambourn (situées en Angleterre) à 5, 9, 15, 21 and 26 °C (Comer-Warner *et al.* 2018). Les émissions de CO<sub>2</sub> étaient dépendantes du type de sédiment, son origine géologique, et sa teneur en matière organique. L'augmentation de la température aurait donc déclenché des émissions plus importantes dans les sédiments fins, de type crayeux, avec une forte teneur en matières organiques. Cette observation est probablement expliquée par la grande surface fournie par ces sédiments très fins, qui fournissent une surface de colonisation microbienne plus importante que les sédiments plus grossiers.

Malgré cela, il est actuellement accepté que les émissions de CO<sub>2</sub> issues des cours d'eau pourraient être impactés par le réchauffement climatique. Il reste à savoir quels mécanismes compensatoires et/ou adaptatifs seront mis en place par les organismes biologiques pouvant contrecarrer (ou non) ces effets.

**Joan Artigas Alejo** – enseignant chercheur au Laboratoire Microorganismes : Génome Environnement

#### Références bibliographiques

- Boyero *et al.* (2011) A global experiment suggests climate warming will not accelerate litter decomposition in streams but might reduce carbon sequestration. *Ecology Letters* 14: 289-294.
- Comer-Warner *et al.* (2018). Thermal sensitivity of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions varies with streambed sediment properties. *Nature Communications*, 9(1).
- De Fátima *et al.* (2008) Estimating the surface area of small rivers in the southwestern amazon and their role in CO<sub>2</sub> outgassing. *Earth Interact.* 12: 1–16.
- Gessner *et al.* (1999) A perspective on leaf litter breakdown in streams. *Oikos*, 377–384.
- Hotchkiss *et al.* (2015). Sources of and processes controlling CO<sub>2</sub> emissions change with the size of streams and rivers. *Nature Geoscience*, 8(9), 696–699.
- Raymond *et al.* (2013) Global carbon dioxide emissions from inland waters. *Nature* 503: 355-359.