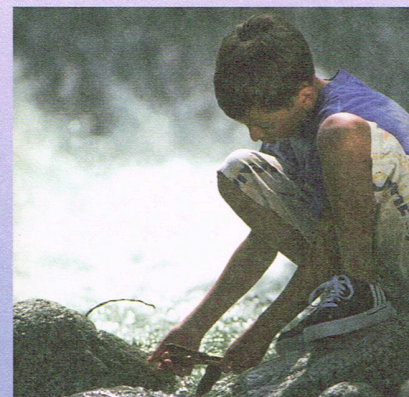
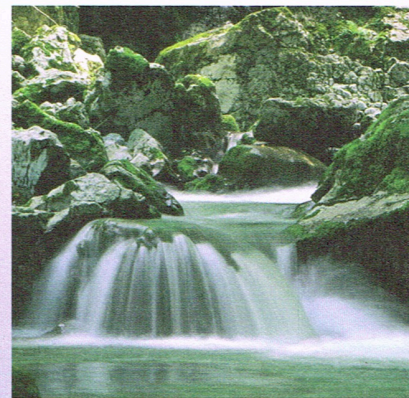
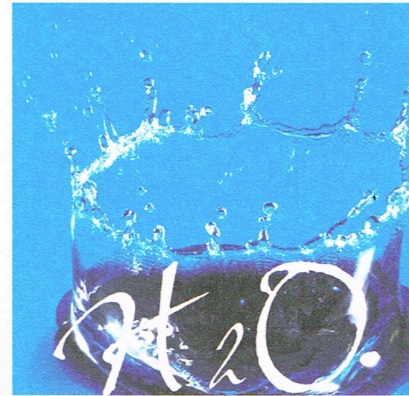


Guide ressources
sur
le thème de
l'eau

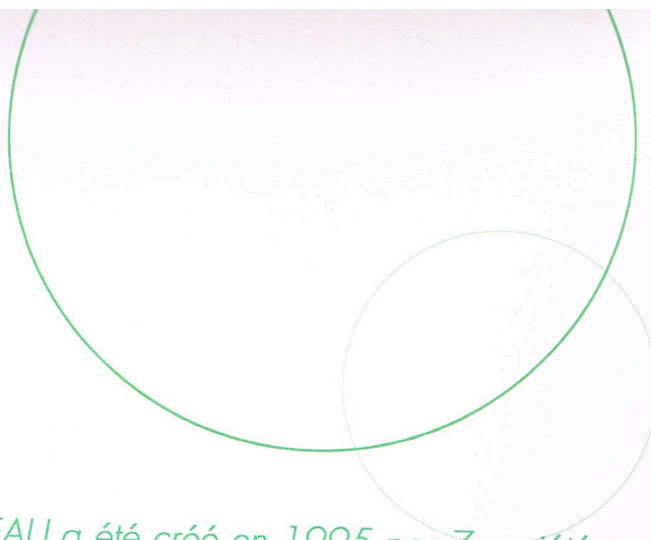
Pour les enseignants



C.I.

eau

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU



*Le C.I.EAU a été créé en 1995 par 7 sociétés :
Compagnie des Eaux et de l'Ozone,
Générale des Eaux, Lyonnaise des Eaux France,
SAUR FRANCE, SDEI, Société des Eaux de Marseille,
Société des Eaux du Nord.*

*Il regroupe à ce jour, la majorité des sociétés
qui gèrent les services d'eau
et d'assainissement en délégation en France.*

*Il a pour mission de répondre
aux interrogations de tous les publics
(consommateurs, enseignants, journalistes,
professionnels de santé, intervenants du secteur de l'eau ...)
sur l'ensemble de la thématique de l'eau domestique
(ressources, qualité, consommation, prix,
production, distribution, assainissement ...).*



C.I.
eau

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU

L'eau

sommaire

L'eau
et les hommes



2

La réglementation
de la qualité de

l'eau évolue



19

Le cycle
de **l'eau**
dans la nature



5

L'assainissement
des **eaux**

usées



21

L'eau
sur la planète



8

La facture
d'eau



23

L'eau
en France



11

La production
de **l'eau**
potable en France



15

Les métiers
de **l'eau**



24

L'eau et les hommes

L'eau est présente partout. Elle entre dans la composition de tous les êtres vivants, hommes, animaux et végétaux. Sans elle, aucune vie ne serait possible. Les premières grandes civilisations furent liées à l'eau.

L'EAU

INDISPENSABLE À LA VIE

La vie est structurée autour du carbone et dynamisée par l'eau.

Tout organisme vivant renferme de l'eau, qui par la masse est de loin le composant principal de la matière vivante.

C'est chez les végétaux que la teneur en eau est globalement la plus importante. On en trouve ainsi **95%** dans le melon, **85%** dans la carotte et **78%** dans le blé en herbe.

Pour les animaux, on trouve des pourcentages d'hydratation variables : **65%** pour les oiseaux, **80%** pour les poissons, **95%** pour les méduses.

Chez l'homme, l'eau représente en moyenne **61%** de sa masse. Ce qui correspond à **97%** pour le fœtus de deux mois, **75%** pour le nouveau-né, **65%** pour l'adulte et **55%** pour la personne âgée.

Chaque partie du corps est hydratée : **83%** dans le sang, **75%** dans les muscles, **25 à 35%** dans les os, **55%** dans les cartilages, **10%** dans les tissus adipeux, **75%** dans le cerveau et jusqu'à **90%** dans le cortex cérébral.

L'eau est le garant de l'équilibre physiologique. Elle sert en particulier à éliminer les substances toxiques et à réguler la température. Elle intervient dans de nombreuses réactions métaboliques.

Le capital hydrique fait l'objet d'un ajustement permanent mais ne peut varier que de façon très limitée : il suffit de perdre **15%** de cette eau pour être en danger de mort.

L'eau est éliminée par voie urinaire (*environ 1 litre*) mais aussi par les selles (*0,1 à 0,2 litre*), la transpiration (*0,5 à 1 litre*) et la respiration (*0,3 litre*). Il s'agit chaque jour de compenser ces pertes. Les aliments fournissent 1 litre d'eau, qu'il convient de compléter par 1,5 litre de boisson.

L'eau et le corps humain



LES PREMIÈRES GRANDES CIVILISATIONS FURENT LIÉES À L'EAU

↳ Au commencement, la Mésopotamie...

Pour notre civilisation occidentale, on a coutume de dire que tout a commencé en Mésopotamie. La Mésopotamie, le pays entre les fleuves (**Meso = entre ; potamos = fleuve**), le Tigre et l'Euphrate en l'occurrence, fut le berceau de l'agriculture, et également du premier pas de la maîtrise de l'eau pour produire des denrées que l'on conservera et valorisera.

↳ L'Égypte, fille du Nil

Qu'aurait été l'Égypte pharaonique sans le Nil et ses crues saisonnières régulières fertilisantes pour les terres agricoles ? Le Nil est l'exemple d'un fleuve avec une hydrologie régulière et donc facile à utiliser par la société agricole égyptienne. Une ressource irrégulière ou aux apports saisonniers par trop disproportionnés (*exemple*



des moussons) est plus difficile à exploiter. Il est par ailleurs probable que le débit du Nil des pharaons était supérieur à celui d'aujourd'hui, car comme le disent les hydrologues, « **le Nil ne coule plus** ». C'est donc aussi un exemple de l'effet des changements climatiques naturels et des aménagements humains (barrages), en un mot de la variabilité et de la fragilité des ressources aquatiques dans le temps.

↳ Les techniques et l'esthétisme romain

Plus tard, les Romains ont mis au point de nombreuses techniques souterraines et aériennes pour capter les eaux et les conduire jusqu'aux villes. Ils construisirent un réseau d'aqueducs pour approvisionner les différentes régions et provinces. Les plus connus sont **le pont du Gard** situé dans le sud de la France et **l'aqueduc de Ségovie** en Espagne. L'eau était ensuite acheminée au cœur des villes par des conduites en plomb. Malgré les techniques innovantes dans ce domaine, l'évacuation des eaux usées posait de gros problèmes. L'égout de Rome, « **le Cloaca maxima** », était connu pour son insalubrité et ses odeurs nauséabondes.

L'eau était également au centre de la vie sociale romaine : fontaines publiques, bains et thermes somptueux.



L'EAU POTABLE POUR TOUS, UNE CONQUÊTE RÉCENTE

↳ L'histoire des eaux de France

En France, jusqu'au 18^{ème} siècle, l'eau abondante « **à domicile** » reste le privilège des palais princiers, des couvents 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, 2000 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 la consommation, cause de nombreuses épidémies.

Au milieu du 19^{ème} siècle, la généralisation de la machine à vapeur rend possible la réalisation de réseaux d'adduction

sous pression desservant les logements individuels.

Les systèmes de filtration lente sur sable à grande échelle, utilisés dans les grandes villes (*Paris, Marseille, Lyon, Toulouse*) et complétés par la décantation et la coagulation, vont 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.

↳ La naissance en France des sociétés de distribution d'eau

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

A partir de **1880**, l'essor de la microbiologie, sous l'impulsion de Pasteur, Koch et Eberth, 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 confirmée. Il faut attendre la fin du 19^{ème} siècle pour que les filtres éliminent les microbes grâce aux travaux de l'Institut Pasteur.

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

↳ La désinfection chimique

Au début du 20^{ème} siècle, les traitements chimiques apparaissent. De nombreux produits sont essayés notamment l'**ozone** et le **chlore**. Le chlore présente l'avantage d'offrir une protection rémanente. Son emploi se généralise surtout après la première guerre mondiale, au cours de laquelle Philippe Bunau-Varilla découvre, lors de l'attaque de Verdun, le procédé de verdunisation qui consiste à ajouter à l'eau une faible dose de chlore (*quelques décigrammes*).

La **javellisation** nécessite 1 à 4 mg par litre d'eau. Pour être efficace sur de grands volumes d'eau, la verdunisation doit être adjointe à la filtration. C'est une des indications fixée par les règles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), car ces procédés simples sont utilisables, même avec des moyens techniques et financiers rudimentaires.



L'eau au robinet dans les maisons est une « **invention** » qui n'a guère plus d'un siècle. En **1930**, seulement **23%** des communes disposent d'un réseau de distribution à domicile et en **1945**, encore **70%** des communes rurales ne sont pas desservies.

Il faut attendre la fin des années **1980** pour que **99%** des habitants bénéficient de l'eau courante à domicile. L'eau qui coule à nos robinets est un produit élaboré, qui fait l'objet de nombreux traitements et contrôles.

RÉFÉRENCES

↳ Documents C.I.EAU

↳ Communication de Michel Meybeck lors du Colloque "Regards croisés sur les changements globaux" Colloque CNES/CNFCG, Arles, 25-29 novembre 2002

↳ "Les Romains et l'eau" Alain Malissard Éd. Realia Les Belles lettres

Le cycle de l'eau dans la nature

L'eau n'est pas immobile. Elle circule, s'évapore, se change en glace ou se liquéfie et nourrit inlassablement ce qu'on appelle le cycle de l'eau.

Le cycle de l'eau est au centre des évolutions naturelles : climats, écosystèmes et tout simplement ressources en eau utilisables par l'homme.

Il alimente les milieux naturels aquatiques, souterrains et superficiels, qui constituent eux-mêmes les ressources en eau.

L'HISTOIRE D'H₂O

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 = invisible**). La théorie aristotélicienne est admise jusqu'au 17^{ème} siècle. Mais à la fin du 18^{ème} siècle, tout est remis en cause. **Henry Cavendish** (1731-1810) identifie l'hydrogène en **1766**, puis **Joseph Priestley** (1733-1804) découvre l'oxygène en **1774** et enfin **Lavoisier** (1743-1794) et **Laplace** (1749-1827) réalisent le **27 juin 1783**, la synthèse de l'eau à partir de 2 volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène. **En 1800**, **Anthony Carlisle** (1768-1840) et **William Nicholson** (1753-1815) effectuent la première analyse de l'eau en y plongeant des fils de cuivre reliés à une pile (inventée la même année par **Volta**). Ils récupèrent alors 2 volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène. La recherche sur la structure de l'eau ouvre ainsi la voie à la chimie moderne.

LA MOLÉCULE D'H₂O : SEULEMENT 3 ATOMES POUR LES PLUS GRANDES POTENTIALITÉS

Sous une apparente simplicité, **3 atomes** dont **2 d'hydrogène**, l'eau cache des propriétés d'une richesse exceptionnelle dues en particulier à sa structure spatiale.

La molécule d'eau compose un tétraèdre dont l'un des sommets est libre, seulement occupé par le doublet électronique libre de l'atome d'oxygène. Les polarités des liaisons atomiques permettent d'établir différents types de liaisons réversibles, qui sont pour une grande part responsables des extraordinaires propriétés de l'eau.



➤ L'eau est un corps complexe, présent sous 3 états : gazeux, liquide et solide.

➤ Un accumulateur de chaleur : rôle de régulateur thermique des étendues d'eau, le réchauffement dû à l'effet de serre est pour l'instant stocké dans les océans.

➤ Une puissance hydraulique incompressible : elle érode en ruisselant, fait éclater les roches en gelant, se fixe et pénètre par capillarité, découpe des matériaux à haute pression par sa dureté.

➤ Un solvant universel : substances ionisées, sels, acides et bases.

L'HISTOIRE D'UN CYCLE

Élément hautement mythologique, l'eau fascine les penseurs grecs et latins. Ainsi Platon et Aristote se sont interrogés sur la capacité des seules précipitations à alimenter les cours d'eau. Aristote imagina même que

Le cycle de l'eau

dans la nature



l'eau de mer remontait dans les sols continentaux et en arrivant à la surface, entraînait la formation de l'eau douce.

A la Renaissance, la question du cycle de l'eau est remise à l'étude à partir d'observations et non d'idées philosophiques : **Léonard de Vinci** (1452-1519) s'insurge contre les affirmations d'**Aristote** (384-322 av. J.C.) et de **Platon** (428-348 av. J.C.). **Bernard Palissy** (1510-1590) est le premier à donner une interprétation correcte du cycle de l'eau.

Pierre Perrault (1613-1688), frère du conteur, effectue des mesures de précipitations, d'évaporation, de perméabilité dans le bassin de la Seine, **Edmé Mariotte** (1620-1684) démontre que la pluie s'infiltré dans les couches poreuses des sols pour constituer des couches souterraines. Puis au 18^{ème} siècle, **Alexis Clairaut** (1713-1765) et **Georges Buffon** (1707-1788) mettent en évidence que « **le cycle de l'eau ne peut être qu'atmosphérique** ». C'est bien la même eau qui circule partout, recyclée sans cesse depuis 3 milliards d'années comme nous le montreront les sciences contemporaines, géologie, météorologie, climatologie, hydrologie... Aujourd'hui encore, les détails spatio-temporels du cycle de l'eau apparaissent parmi les plus grandes complexités de notre planète bleue.

LA DYNAMIQUE DU CYCLE DE L'EAU

La dynamique terrestre de l'eau est complexe et évolutive. Elle a un impact sur le modelage des paysages par les phénomènes d'érosion et sur les variations du « remplissage » des réservoirs d'eau naturels. Le cycle de l'eau détermine les différents réservoirs d'eau : eaux souterraines, eaux

de surface, eaux atmosphériques. Chaque type de réservoir possède sa propre dynamique avec, en particulier une échelle de temps de remplissage et de renouvellement qualitatif et quantitatif spécifique à chacun. Les temps de séjour de l'eau dans les différents réservoirs de l'hydrosphère sont estimés en comparant les flux échangés entre les différents réservoirs et les volumes de chacun d'eux.

Ainsi, la durée de renouvellement moyenne de chacun d'eux est de :

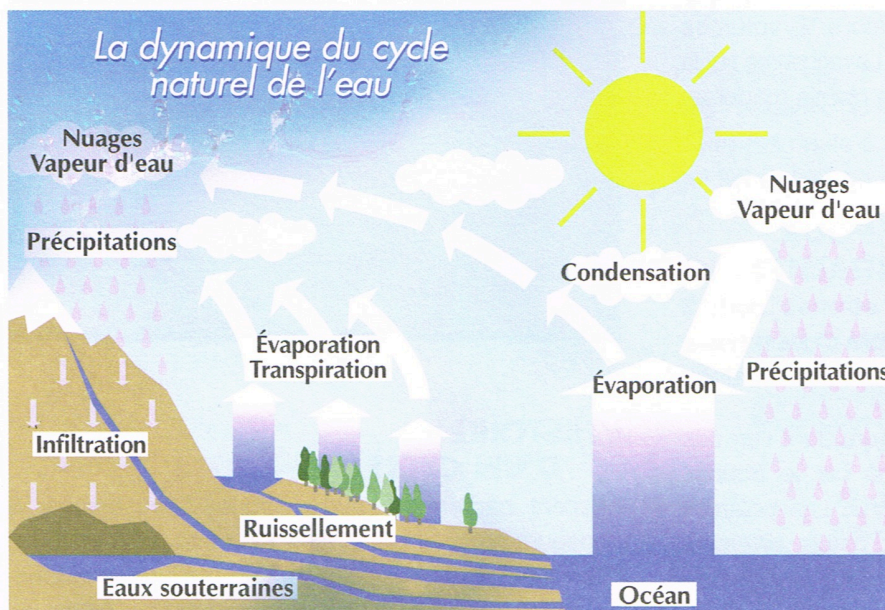
- **1600 à 9700 ans** pour les glaciers et les calottes glacières
- **1400 ans** en moyenne pour les eaux souterraines
- **2500 ans** pour les océans
- **17 ans** pour les lacs d'eau douce
- **1 an** pour l'humidité des sols
- **16 jours** pour les cours d'eau
- **8 jours** pour l'atmosphère.

Ainsi s'opposent deux types de réservoirs : ceux qui font office de conducteurs (*cours d'eau et atmosphère*) et ceux qui jouent un rôle d'accumulateurs (*glaciers, nappes et océans*).

Sous l'effet du soleil, l'eau s'évapore et monte vers l'atmosphère. On estime à 1 000 km³ l'eau des océans qui s'évapore chaque jour. Dans les basses couches atmosphériques, elle emmagasine de la chaleur et monte ainsi. Peu à peu, elle se refroidit tout en étant redistribuée par les courants atmosphériques. L'action du froid condense cette eau qui retombe sous forme de précipitations (*neige ou pluie*). **60%** de cette eau s'évapore, **15%** ruisselle et rejoint les cours d'eau et **25%** s'infiltré et alimente les nappes et rivières souterraines.

LES VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DU CYCLE DE L'EAU

Le climat et le cycle de l'eau se caractérisent par des fluctuations dans l'espace et dans le temps. Les niveaux de précipitations dans le monde varient de **10 000 m³ à 10 000 000 m³ par km²**. Cette variabilité se répercute sur les flux d'écoulement annuels moyens qui



Le cycle de l'eau

dans la nature

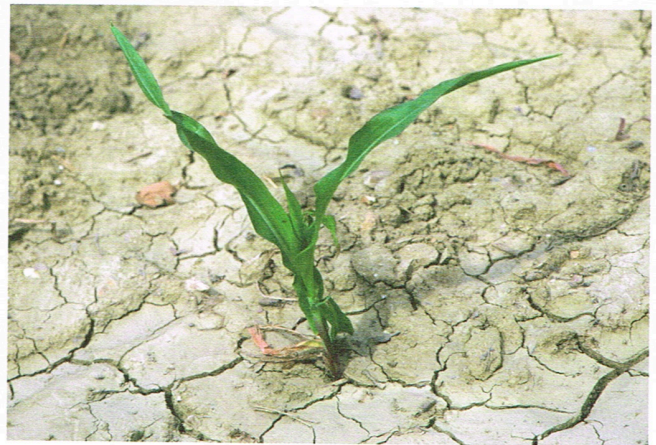


vont de quelques milliers à plusieurs millions de m³ par km² et par an. Au-delà des variations géographiques, les précipitations et les écoulements sont soumis à des évolutions plus ou moins marquées dans le temps.

Décrypter la « **danse planétaire** » de l'eau est donc un vaste domaine de recherche et le changement climatique qui semble s'amorcer ne fait qu'en amplifier la complexité. C'est surtout la part atmosphérique très rapide du cycle de l'eau qui attire le plus l'attention des climatologues et météorologues. Car l'atmosphère n'a pas de mémoire. Une molécule d'eau n'y reste en moyenne qu'une dizaine de jours, comme si on remettait les « **compteurs atmosphériques à zéro** » tous les 10 jours, laissant très peu de traces de ce qui a précédé. Malgré tout, il y a des zones où l'on a pu identifier un cycle régional de l'eau. C'est le cas en Amazonie où l'eau est recyclée plusieurs fois. Au pied du versant Est des Andes, l'eau des pluies est en grande partie celle qui s'est évaporée par la transpiration des végétaux de la forêt amazonienne plus à l'Est. C'est l'exemple d'un cycle régional qui fonctionne en circuit semi-fermé.

ET DEMAIN VERS UN RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ?

Identifier les conséquences environnementales et humaines régionales des changements climatiques est difficile, car l'occupation humaine sur un lieu donné dépend souvent de précipitations tombant sur des zones éloignées, voire très éloignées, les transferts d'eau se faisant par les cours d'eau. C'est le cas de l'Égypte ou de la Mésopotamie, régions peu arrosées, où les premières civilisations se sont développées et où des populations importantes subsistent encore aujourd'hui, grâce aux apports du Nil d'une part, du Tigre et de l'Euphrate d'autre part. De telles zones peuvent ainsi subir l'impact de changements climatiques touchant les zones d'altitude où les fleuves s'alimentent. Ainsi, l'étude des précipitations moyennes a peu de signification car les variations saisonnières (*période de sécheresse et*



d'inondation) très marquées rendent difficile l'utilisation de l'eau.

Les pays de mousson et le pourtour méditerranéen connaissent également ces grands écarts entre saisons des pluies et saisons sèches.

Comment ces zones vont-elles réagir au réchauffement planétaire probable en cours ? En fait, les évolutions ne sont pas uniformes selon les régions. Contrairement aux projections de température, les modèles de prévision des précipitations donnent des réponses contradictoires dans de nombreuses régions, d'un extrême à l'autre parfois. Mais il apparaît probable que les modifications seront sensibles sur une majeure partie des terres émergées même si le sens de variation pose encore de nombreuses questions. En première ligne, les États-Unis (*y compris l'Est*), l'Inde, l'Europe, la Chine n'échapperont pas à ces changements. Les difficultés d'accès à l'eau douce vont probablement s'accroître ne serait-ce qu'en raison de l'augmentation prévue de la population dans des zones où l'eau déjà est rare. L'Europe ne sera pas non plus épargnée. La France est-elle en train de devenir plus nettement méditerranéenne ?

Malgré les incertitudes, tous les modèles de prévision hydrologique indiquent que la très grande variabilité des précipitations ira en s'accroissant dans de nombreuses régions, ce qui va créer ou accroître les problèmes d'eau et rendre les « **extrêmes** » plus fréquents.

RÉFÉRENCES

☞ «Le changement climatique et les ressources en eau» Conférence de Robert Kandel, Laboratoire de Météorologie dynamique de Massy Palaiseau
Aquaforum du 13 novembre 2003

☞ GIEC, rapport de janvier 2001

☞ «Lire notre avenir dans les nuages» Eric Veyssy, Terre d'Océan, n°3, février 2004

L'eau, sur la planète

L'eau est abondante sur la planète. Dans l'atmosphère, sur terre, sous terre, l'eau ne manque pas. Mais, cette ressource vitale est inégalement répartie.

L'ORIGINE DE L'EAU TERRESTRE

L'univers est né il y a environ 15 milliards d'années du fameux « **Big Bang** ». A partir de nuages de gaz et de poussières, se formèrent les galaxies et les planètes. Parmi elles, la Terre prit forme il y a environ 4,6 milliards d'années. Cette grosse sphère chaude fut alors bombardée par des météorites de taille kilométrique, libérant l'eau sous forme de vapeur au moment de l'impact. Il y a 3,9 milliards d'années, le bombardement s'achève et la croûte terrestre se refroidit à une température suffisamment basse pour que l'eau se condense sous forme liquide. La vapeur d'eau apparaît dans le ciel, formant un écran opaque de 15 km d'épaisseur, provoquant des pluies torrentielles.

Progressivement, la Terre se couvre d'eau et en quelques dizaines de millions d'années, un océan recouvre la plus grande partie du globe. Les pluies diluviennes sont à l'origine des cycles d'érosion et de sédimentation.

LE STOCK DES RESSOURCES MONDIALES

L'eau recouvre **72%** des 509 millions de km² de la surface du globe.

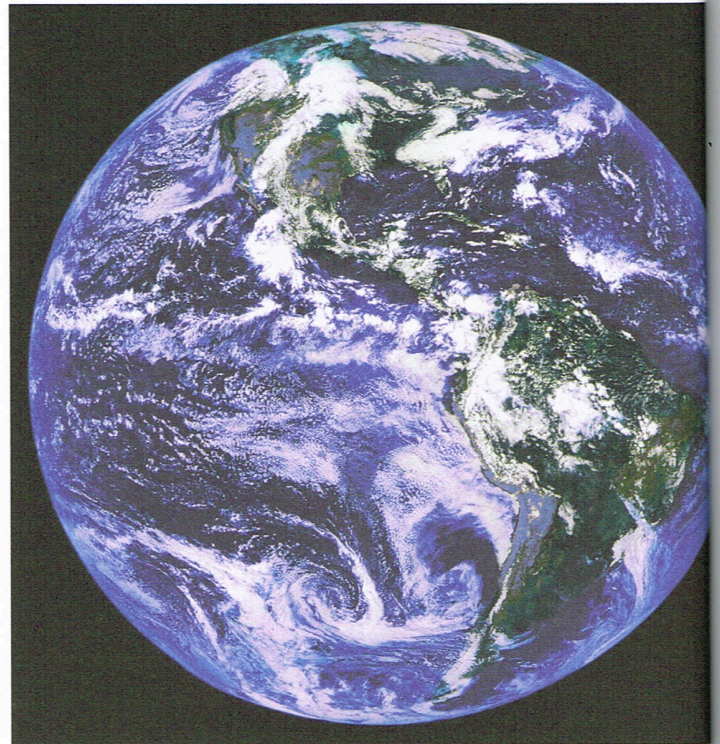
On estime son volume à environ **1 400 000 000 km³** soit **1 400 000 000 000 000 000 litres**,

(1 km³ = 1 000 000 000 m³), ce qui représente un cube de plus de 1000 km de côté.

Ce volume d'eau est stable.

97,2% de cette eau est salée dans les mers intérieures et les océans, mais aussi dans certaines nappes souterraines.

L'eau douce représente **2,8%** de l'eau totale. Dans ce faible pourcentage, aujourd'hui, les glaces et les neiges permanentes représentent **2,15%**, les eaux souterraines **0,63%**, les eaux de surface (*lacs, fleuves et rivières*) **0,019%**, l'atmosphère **0,001%** seulement.



Bien entendu, la répartition géographique réelle de l'eau sur la Terre montre une réalité bien éloignée de ces moyennes, avec une surface océanique nettement plus importante au Sud qu'au Nord. Une calotte épaisse de glace couvre tout le continent Antarctique, alors qu'au Nord, il n'y a, en plus de la calotte du Groenland, que la glace qui flotte sur l'océan Arctique. Ces contrastes dans la répartition de l'eau liquide et solide renforcent les disparités dans la répartition de l'eau atmosphérique. Il existe en effet de grandes différences régionales du Nord au Sud liées aux variations de rayonnement solaire incident entre les pôles et l'Equateur, et d'Est en Ouest selon les circulations atmosphériques et les barrières de reliefs. L'essentiel de l'eau atmosphérique se trouve dans la basse atmosphère, particulièrement le long des Tropiques, zones d'intenses évaporations des eaux chaudes de la surface océanique.



UNE RÉPARTITION INÉGALE DES RESSOURCES

↳ Les précipitations et les écoulements terrestres

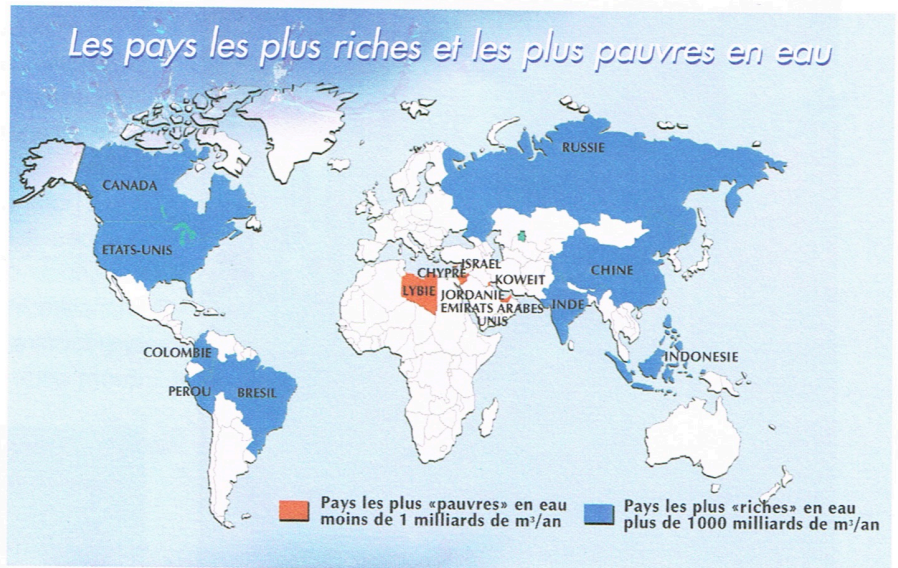
Les ressources de chaque pays dépendent du climat. Les niveaux de précipitations, extrêmement variables dans le monde, vont de moins de **10 000 m³ à 10 000 000 m³ par km²**. Cette variabilité se répercute sur les flux d'écoulement annuels moyens qui vont de quelques milliers à plusieurs millions de m³ par km² et par an. Bien entendu, précipitations et écoulements, au delà des variations géographiques, sont soumis à des évolutions plus ou moins marquées dans le temps et de manière générale, un afflux relativement constant sera plus facile à gérer que de fortes variations saisonnières.

↳ Les pays riches et les pays pauvres en eau

Les cycles climatiques passés et actuels ont façonné la géographie des ressources en eau. Celles-ci sont inégalement réparties entre les pays. Dans un rapport publié en 1995, la Banque mondiale estimait que **80 pays**, représentant **40% de la population**, souffraient déjà de **pénurie d'eau**, nombre d'entre eux voyant d'ailleurs leur développement entravé par ce problème.

Neuf pays se partagent 60% des ressources naturelles. Il s'agit dans l'ordre :

- Du Brésil (5,418 milliards de m³/an),
- De la Russie (4,312 milliards de m³/an),
- De l'Indonésie (2,838 milliards de m³/an),
- De la Chine (2,812 milliards de m³/an),
- Du Canada (2,74 milliards de m³/an),
- Des Etats-Unis (2,46 milliards de m³/an),
- De la Colombie (2,133 milliards de m³/an),
- Du Pérou (1,746 milliards de m³/an)
- De l'Inde (1,26 milliards de m³/an)



A l'autre extrémité, un certain nombre de pays dispose de ressources extrêmement faibles, voire quasi nulles, dont le niveau ne s'exprime qu'en millions de m³ : Koweït, Bahrein, Emirats Arabes Unis, Malte, Libye, Singapour, Jordanie, Israël, Chypre.

↳ Quelques indicateurs

La situation d'un pays au regard des ressources en eau peut être évaluée par l'indice d'exploitation, le volume par habitant et le degré d'indépendance.

L'indice d'exploitation est la part de l'eau prélevée pour l'ensemble des besoins d'un pays, par rapport au volume annuel moyen des apports naturels. Il peut aller de 1% au Venezuela à plus de 100% en Arabie Saoudite et en Libye. La France, avec environ 20%, se situe dans la moyenne des pays industrialisés.

Le volume des ressources naturelles par habitant va de moins de **500 m³/habitant** (Malte, Israël ...) à plus de **80 000 m³/habitant** (Norvège, Gabon, Canada...). La France, comme l'Allemagne, la Chine, la Turquie ou le Mexique, est considérée comme bien pourvue puisqu'elle se situe dans la fourchette de **2 000 à 5 000 m³/habitant**.

Le degré d'indépendance des pays est fonction de la proportion des ressources naturelles d'origine externe dans le bilan hydrologique. La France dispose d'un niveau d'indépendance tout à fait confortable, puisque seulement **8%** de ses ressources viennent d'autres pays. A l'inverse, l'Egypte, les Pays-bas et l'Irak dépendent fortement des apports extérieurs, respectivement pour **99%, 89% et 65%**.

LES PERSPECTIVES

Depuis quelques années, le Conseil Mondial de l'Eau a entrepris la réalisation d'une **Vision Mondiale** à long



terme pour l'Eau, la Vie et l'Environnement présentée lors des derniers forums mondiaux de l'eau (*La Haye 2000, Kyoto 2003*). Cette vision doit entraîner la prise de conscience au niveau local, national et régional de l'importance d'une gestion durable des ressources en eau. Car l'eau est un enjeu politique et économique majeur et le sera encore plus au cours du 21^{ème} siècle avec l'augmentation démographique et le réchauffement climatique. L'eau douce disponible (*0,26% de l'eau du globe*) seule ressource utilisable, est en quantité invariable, alors que la population mondiale ne cesse d'augmenter et que la demande en eau est en pleine progression. Pour l'année 1950, la ressource mondiale en eau était estimée à 17 000 m³ par personne. Du fait de la forte croissance démographique couplée à l'industrialisation, l'urbanisation et l'intensification agricole, les ressources en eau renouvelables et disponibles n'étaient plus que de 7 500 m³ par personne et par an, en 1995.

Elles devraient chuter à 5 100 m³ par personne et par an en 2025. Il devrait en résulter, et il en résulte déjà dans certaines régions, une grave crise de l'eau.

Au cours du 21^{ème} siècle, l'eau, sujette à des menaces croissantes de pollution, va se raréfier.

Les ressources en eau pourront être affectées par la multiplication et l'aggravation des épisodes d'inondation et de sécheresse.

L'agriculture est la première activité humaine consommatrice d'eau sur le plan mondial. Elle compte pour 70 % des prélèvements d'eau dans le monde. Les eaux

prélevées pour les besoins de l'agriculture sont utilisées principalement pour l'irrigation. Les surfaces irriguées se sont fortement accrues ces trente dernières années, pour atteindre 18 % des terres cultivées (*Source ICID 1998*).

Il faut noter que dans les pays défavorisés, les problèmes d'accès à l'eau potable ne sont pas toujours liés à l'absence de ressources en eau. Manque de moyens financiers et absence d'organisation, pour rendre potable, stocker et distribuer l'eau aux populations expliquent cette situation.

Quelques chiffres sur la situation aujourd'hui dans le monde (sources UNESCO) :

- **1,1 milliard de personnes**, soit environ 1/6 de la population mondiale n'a pas accès à l'eau potable.
- **2,4 milliards de personnes** sont privées des systèmes d'assainissement de base.
- **450 millions de personnes** dans 29 pays sont confrontées à des problèmes de pénurie d'eau. Ce nombre pourrait s'élever à **2,5 milliards en 2050**.
- Chaque jour **15 000 personnes dont 6 000 enfants** décèdent de maladies liées au manque d'eau potable.

Pour relever les principaux défis de l'eau, les actions préconisées sont fondées sur la gestion intégrée des ressources en eau, principe de base de l'organisation française de la gestion de l'eau. La maîtrise de l'eau en France fait référence au niveau mondial. L'eau est donc un domaine dans lequel la France a un rôle primordial à jouer dans le siècle qui s'ouvre.



RÉFÉRENCES

- "Le changement climatique et les ressources en eau" Conférence de Robert Kandel, Laboratoire de Météorologie dynamique de Massy Palaiseau, Aquaforum du 13 novembre 2003

L'eau en France

La France dispose de ressources abondantes provenant de la pluie, de son vaste réseau hydrographique et de ses nombreuses nappes d'eau souterraines.
Les utilisations humaines de l'eau puisent dans ces milieux naturels.

DES RESSOURCES LARGEMENT SUFFISANTES

Chaque année, la France reçoit en moyenne **440 milliards** de m³ d'eau sous forme de précipitations.

- **61%** s'évaporent,
- **16%** alimentent nos cours d'eau (rivières, fleuves, lacs...),
- **23%** s'infiltrent dans le sol pour reconstituer nos réserves souterraines.

Si l'on ajoute **270 000 kilomètres de cours d'eau** permanents et des nappes souterraines estimées à **2 000 milliards** de m³, on peut considérer que la France dispose de ressources en eau considérables.

Au total, les ressources disponibles s'élèvent à **191 milliards** de m³ par an, ce qui équivaut à **3 262 m³/habitant**. On estime les besoins du pays à **32 milliards** de m³ par an, soit environ **17%** des ressources disponibles ou encore **730 litres/habitant/jour**. De plus, notre pays dispose d'un niveau d'indépendance* certain, puisque seulement **8%** de ses ressources viennent d'autres pays.

Cependant, les ressources sont inégalement réparties sur le territoire.

Les bassins versants* des 4 principaux fleuves français, Garonne, Seine, Rhône, Loire, drainent **63%** des eaux du territoire. Le reste est assuré par de nombreux bassins

côtiers, Adour, Somme, Charente (...) ou des affluents de fleuves de pays voisins, Rhin, Escaut.

Le réchauffement climatique en cours, s'il se confirme, pourrait accroître les contrastes régionaux Nord/Sud et des événements hydrologiques exceptionnels (*inondations, pluies intenses, tempêtes, sécheresses...*), risquent d'induire à long terme des contraintes sur les ressources en eau et leurs utilisations notamment en été.

LES DIFFÉRENTS USAGES DE L'EAU

En terme de prélèvement et de consommation réelle, la répartition entre les différents usages de l'eau en France est la suivante :

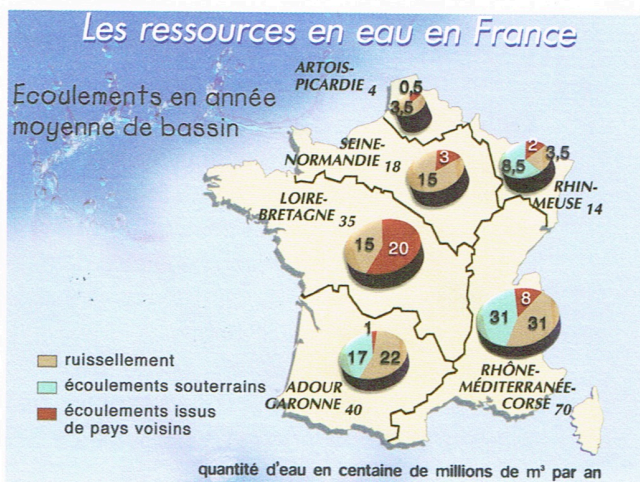
- **Agriculture** : 11% des prélèvements et 68% de la consommation nette
- **Industrie** : 12% des prélèvements et 5% de la consommation nette
- **Energie** : 59 % des prélèvements et 3% de la consommation nette
- **Eau potable** : 18% des prélèvements et 24% de la consommation nette

Le taux de restitution diffère notablement selon les domaines d'utilisation, avec notamment le cas particulier de l'énergie où une grande part des eaux prélevées est restituée au milieu naturel, sans substance ajoutée mais à une température plus élevée.

LES CONSOMMATIONS NON DOMESTIQUES

➤ Usages agricoles

La répartition des consommations d'eau entre les principales cultures se fait comme suit : **50%** pour le maïs,





9% pour les fourrages, 9% pour les cultures permanentes, 8% pour les légumes frais, 7% pour les oléagineux/protéagineux, 6% pour les céréales sauf le maïs, 2% pour les prairies et 9% pour les autres cultures.

Depuis 1970, les surfaces irriguées ont pris une part plus importante. Ces prélèvements agricoles en augmentation surviennent pendant la saison sèche, provoquant la baisse des niveaux des cours d'eau. L'impact écologique (*chute d'oxygène*) qui en découle peut parfois être dramatique pour la faune et la flore ainsi que pour certaines activités, aquaculture, pêche professionnelle...

Usages industriels

L'eau est au cœur de nombreux process industriels. Les secteurs les plus consommateurs d'eau sont la métallurgie, la chimie, l'agroalimentaire, les raffineries de pétrole, la fabrication de pâte à papier. Les impératifs de qualité diffèrent largement selon les usages. Pour le refroidissement ou le fonctionnement des chaudières, une eau peu traitée suffit alors qu'une eau potable est indispensable à la production alimentaire.

Quelques chiffres :

- ↻ 25 litres d'eau pour 1 litre de bière
- ↻ 10 000 litres d'eau pour 1 automobile.

Energie

La capacité totale des grands barrages français est de **10 milliards** de m³.

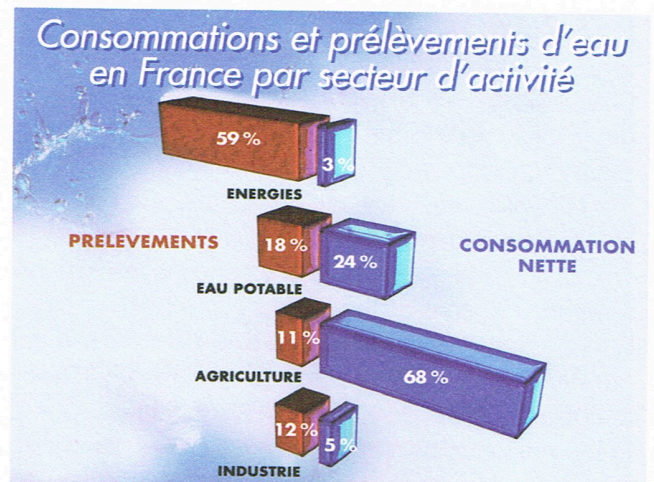
La production d'énergie a des implications sur la gestion de la ressource (*soutien d'étiage* *, *hydrologie artificialisée*). Ces retenues peuvent perturber les dynamiques fluviales en ralentissant les flux d'eau, engorgement des zones littorales et estuariennes, ou en interrompant quelques



chaînes écologiques (ex : *disparition du saumon en Dordogne*) de façon directe ou indirecte, retenue de sédiments ou de matières nutritives.

LES CONSOMMATIONS DOMESTIQUES

Chaque français consomme en moyenne **137 litres d'eau par jour** dans sa vie quotidienne. A ce chiffre, il faut ajouter les consommations collectives, écoles, lieux de travail, hôpitaux, lavages des rues ... Ainsi chacun consomme en moyenne **200 litres par jour**.



Ces chiffres varient sensiblement selon la région, le climat, l'habitat ou tout simplement le mode de vie de chacun. Le monde rural est moins consommateur d'eau que le milieu urbain : **110 litres** d'eau par jour et par personne contre **150 litres** en région parisienne. Le niveau de revenu influe également sur la consommation (*90 litres seulement pour les personnes à revenu modeste*).

En résumé, on consomme d'autant plus d'eau que l'on est un adulte, urbain, sportif, habitant la moitié Nord de la France, avec un revenu élevé et en vacances.

L'IMPACT ÉCOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE DES USAGES DE L'EAU

L'eau utilisée est restituée pour partie aux milieux naturels : ce sont les rejets vers les fleuves, les sols et par infiltration les nappes souterraines. La pollution des ressources en eau peut avoir de multiples origines : domestique et urbaine, industrielle et agricole, atmosphérique.

La **pollution agricole** est diffuse avec les apports d'azote provenant des engrais, des lisiers et purins épandus. La multitude de for-



mes chimiques des produits phytosanitaires est de plus en plus fréquemment une source de dégradation des ressources en eau.

Les **rejets industriels** sont d'une grande diversité : des matières organiques et des graisses (*abattoirs, industries agroalimentaires*), des hydrocarbures (*industries pétrolières, transports*), des métaux (*traitements de surface, métallurgie*), des acides, bases et autres produits chimiques (*industries chimiques, tanneries*), des eaux chaudes (*centrales thermiques*), des matières radioactives (*centrales nucléaires, traitements des déchets radioactifs*).

Les **eaux usées domestiques** contiennent essentiellement des matières organiques (*graisses, urines, fèces, germes*), des savons et détergents.

Par ailleurs, le **lessivage de l'atmosphère** par les pluies (*pluies acides*) peut entraîner certains polluants vers les sols et par ruissellement et infiltration vers les eaux superficielles et souterraines.

L'ORGANISATION DE LA GESTION DE L'EAU EN FRANCE

Le fonctionnement du service de l'eau en France, est garanti par quelques principes forts mis en place par des textes de lois et des directives européennes. Il est largement ouvert à la gestion participative.

La gestion de l'eau implique, en France, un grand nombre d'acteurs, tant aux plans institutionnel et administratif qu'aux plans scientifique, technique et économique.

Cette organisation est également caractérisée par une multiplicité d'échelles géographiques de gestion, le territoire national dans son ensemble, les **6 grands bassins**

versants, les **22 régions**, les **96 départements** et les **36 679 communes**. Sans oublier, de surcroît, le rôle très important joué par l'Europe dans la réglementation de la gestion de l'eau.

Le système français de gestion de l'eau potable fait depuis près d'un siècle et demi, largement appel aux compétences et au savoir-faire du secteur privé. Le modèle hexagonal de délégation de missions de service public pour la gestion de l'eau et l'assainissement inspire de plus en plus d'autres pays.

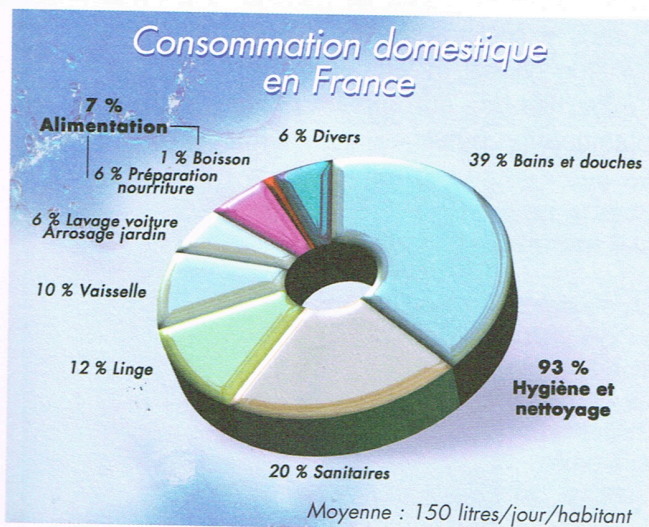
L'eau est un produit local : l'unité de distribution est la commune depuis la loi de 1790. En conséquence, le prix est fonction des conditions locales d'équipement et de ressource. Quel que soit le mode de gestion retenu (*gestion directe ou délégation en affermage, concession, gérance, régie intéressée*), les communes restent maîtresses de leurs décisions en matière d'investissement et surtout propriétaires des installations. Il n'y a donc pas de « **privatisation de l'eau** », mais uniquement des « **délégations de service public** », pour une durée déterminée.

« **L'eau paie l'eau** » : les dépenses du service de l'eau, distribution et assainissement, doivent être couvertes par les recettes perçues auprès des usagers.

Dans les années 1960, la dégradation de la qualité des cours d'eau avait atteint un niveau tel qu'il faisait planer des risques notables et immédiats aux plans économique et social : surcoût pour la production d'eau potable, frein au développement industriel, entrave aux activités d'exploitation des milieux aquatiques (*pêche, pisciculture, loisirs...*), frein au tourisme et au développement d'une région.

La première grande loi sur l'eau, du 16 décembre 1964, a organisé la gestion des ressources et du service de l'eau, mettant notamment en place six Agences de l'eau pour chaque territoire hydrographique naturel délimité par les « **lignes de partage des eaux** » :

- Adour-Garonne,
- Artois-Picardie,
- Loire-Bretagne,
- Rhin-Meuse,
- Rhône-Méditerranée-Corse,
- Seine-Normandie.





L'unité de gestion : le bassin versant

L'unité hydrographique de gestion permet une approche globale des bassins versants visant à mettre en adéquation les divers usages de l'eau et leurs conséquences.

Cette loi de 1964 a instauré le principe «**pollueur-payeur** » : les frais nécessaires à la prévention, la réduction ou la lutte contre toute forme de pollution doivent être assumés financièrement par ceux qui sont à l'origine de cette pollution.

Depuis la loi de **1964**, les nuisances ont été réduites : baisse de **62%** pour les rejets de matières toxiques et de **38%** pour les rejets de matières oxydables entre 1976 et 1991. Il existe toutefois des disparités de situation au sein des différentes régions.

En 1992, une deuxième grande loi sur l'eau a déclaré « **l'eau patrimoine commun de la nation** » et a défini les objectifs des SDAGE, Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, et des SAGE, Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

Ces dispositifs définis localement sont élaborés et appliqués avec l'accord de tous les acteurs de l'eau (*agriculteurs, industriels, communes, acteurs des loisirs et du tourisme, pêcheurs...*) sur un même bassin versant (*unité de ressource*). Cette loi avait également pour but de transcrire une directive européenne, puisque c'est au

niveau européen que les grandes orientations de la politique de l'eau se décident.

La loi Barnier du 2 février 1995 a renforcé le droit des consommateurs à l'information, en particulier en instituant l'obligation pour la municipalité d'élaborer un rapport annuel sur le prix et la qualité du service de l'eau.

Les lois Sapin du 29 janvier 1993 et Mazeaud du 8 février 1995.

Elles complètent la réglementation des rapports contractuels entre les communes et les sociétés délégataires (contenu et modalités de conclusion des contrats).

Le décret du 20 décembre 2001.

Ce texte met en conformité le droit français avec la directive européenne du 30 novembre 1998 sur la qualité de l'eau du robinet.

Il remplace le décret du 3 janvier 1989.

La gestion de l'eau implique l'Europe, les services de l'Etat (*DDASS, Ministères*), des institutions spécifiques (*Agences de l'eau*), les collectivités (*communes et regroupements de communes*), des scientifiques et des partenaires techniques (*sociétés de distribution*) et économiques (*usagers*).



Une longue expérience de partenariat entre pouvoirs publics et sociétés privées a permis l'émergence d'un système original et efficace alliant l'innovation et l'expertise des entreprises privées à un mode de planification public.

RÉFÉRENCES

☞ «**Le changement climatique et les ressources en eau**» Conférence de Robert Kandel, Laboratoire de Météorologie dynamique de Massy Palaiseau, Aquaforum du 4 décembre 2003

☞ «**Les normes de l'eau potable**» Conférence de Gilles Husson, Laboratoire d'Hydrologie pharmaceutique de Paris, Aquaforum du 4 décembre 2003

NOTES

* Le niveau d'indépendance des pays est fonction de la proportion des ressources naturelles d'origine externe dans le bilan hydrologique

* Un bassin versant est l'ensemble d'un territoire dont l'eau ruisselle (*dans le sens de la pente*) vers un exutoire commun. Cette notion de bassin versant est capitale dans l'organisation de la gestion de l'eau en France.

* Etiage : plus bas niveau des eaux d'une rivière. Soutien d'étiage : action d'augmenter le débit d'un cours d'eau en période d'étiage.

La production de l'eau potable en France

L'eau potable qui coule à nos robinets est un produit élaboré. Consommé tout au long de notre vie, il ne présente aucun risque pour la santé.

Prélevée dans le milieu naturel, l'eau est clarifiée, affinée, désinfectée pour remplir une cinquantaine de critères de qualité destinés à la rendre propre à la consommation humaine.

L'ORIGINE DE L'EAU

En France, **60%** de l'eau potable est produite à partir des eaux souterraines qui s'accumulent dans des réservoirs naturels aquifères (*libres dans les alluvions, captifs entre deux couches géologiques imperméables*). Les **40%** restants viennent des eaux de surfaces (*rivières, lacs, fleuves*).

Le captage des eaux souterraines s'effectue soit à partir d'une source ou d'une résurgence, soit le plus souvent par des forages (*jusqu'à 700 mètres de profondeur*). Les eaux de forage sont en général de meilleure qualité ; du fait de leur éloignement de la surface, elles sont davantage protégées des pollutions dues aux activités humaines, industrielles, agricoles ou domestiques.

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 fait obligation aux communes de protéger les captages à l'aide de différents périmètres de protection situés autour des points de prélèvement des eaux superficielles ou souterraines.

L'EAU PROPRE À LA CONSOMMATION HUMAINE

L'eau potable au regard de la législation européenne et française n'existe pratiquement plus à l'état naturel. L'eau du robinet est un produit élaboré, suite à de nombreux traitements et contrôles. C'est le principe qu'énonce le code de la santé publique (*article 19*) : « **Quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine, à titre onéreux ou gratuit, est tenu de s'assurer que cette eau est propre à la consommation.** »

Les normes de l'eau potable répondent à l'exigence de consommation de 2 litres d'eau par jour sans risque pour la durée d'une vie. L'eau du robinet contient des sels minéraux et des oligo-éléments dont elle se charge en traversant les sols. Conformément à la réglementation, leurs taux sont établis pour convenir à tous, même à la population la plus fragile (*femmes enceintes, enfants, personnes âgées*).

En France, l'eau « **propre à la consommation humaine** » doit remplir une cinquantaine de critères répartis en deux catégories : les limites de qualité et les références de qualité.

Ces critères reflètent deux préoccupations permanentes :

Tout d'abord fournir au consommateur une eau sûre, garantie contre tous les risques immédiats ou à long terme, réels, potentiels ou même supposés (*principe de précaution*), ensuite offrir une eau agréable à boire, claire, inodore et équilibrée en sels minéraux.

Les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé sont moins drastiques que les normes européennes et peuvent donc s'appliquer plus facilement dans les pays au moindre développement économique et technologique.

La qualité sanitaire de l'eau en France est aujourd'hui l'une des meilleures au monde.

TRAITER L'EAU BRUTE POUR LA RENDRE POTABLE

Le rôle des chaînes de traitement mises en œuvre par les entreprises de service de l'eau est de rendre l'eau brute conforme aux normes de qualité. L'eau pure n'existant pas dans la nature, l'eau brute naturelle qui est un milieu vivant, contient des gaz dissous (O_2, CO_2, \dots), des matières dissoutes provenant des milieux géologiques traversés ($Ca, Mg, K, H_2CO_3, \dots$), des particules argileuses en suspension sur lesquelles se fixent des bactéries, des bactéries propres au milieu aquatique, des matières organiques provenant de la décomposition des végétaux.

Toutes les pollutions résultant des activités humaines introduisent dans les eaux souterraines et de surface des matières organiques, des éléments nutritifs (*azote, phosphore*), des bactéries et des virus pathogènes, des substances toxiques ou simplement indésirables.

La production de l'eau potable en France

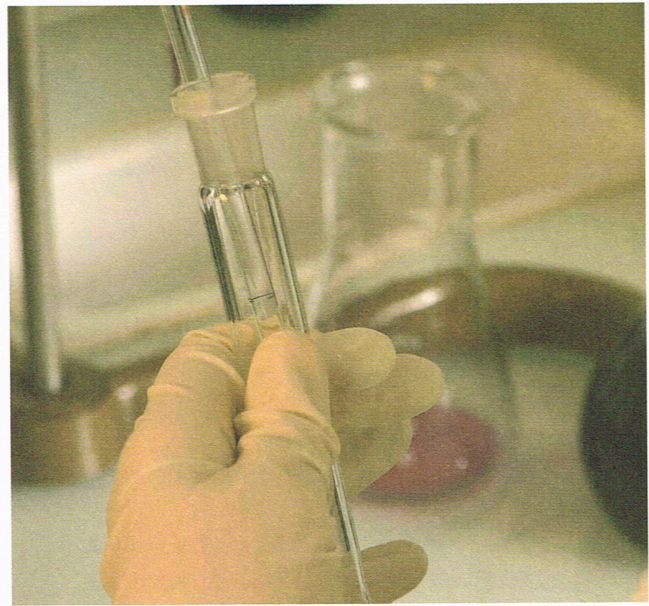


Outre les dégradations écologiques du milieu aquatique, l'ajout de ces matières est une gêne pour la production d'eau potable, car les traitements deviennent plus complexes et plus coûteux.

Les normes de l'eau potable fixent, pour chacun des paramètres retenus comme critère, une valeur chiffrée, qui définit soit un maximum à ne pas dépasser (*cas général*), soit encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (*cas du pH et de l'alcalinité*).

Les normes françaises sont définies par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001, « **relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles** ». Ce texte met en conformité le droit français avec la directive européenne du 3 novembre 1998. Elle s'appuie sur des travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA), c'est-à-dire la quantité de telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie, en consommant 2 litres par jour. C'est le principe de précaution.

Pour l'exemple du **plomb**, son absorption en grande quantité peut provoquer des troubles neurologiques chez les nourrissons et les jeunes enfants. Peu présent dans la ressource naturelle, il provient de la corrosion des tuyauteries situées dans les réseaux intérieurs des bâtiments anciens et des anciens branchements en plomb. La réglementation fixe désormais sa teneur maximale à 25 µg par litre depuis le 25 décembre 2003 et elle sera abaissée à 10 µg par litre en 2013.



↻ **Procédés physiques** : dégrillage, tamisage, décantation, filtration, flottation

↻ **Procédés physico-chimiques** : coagulation /floculation

↻ **Procédés biologiques** : cultures bactériennes sur filtres à sable ou sur charbon actif

↻ **Procédés chimiques** : oxydation par le chlore et l'ozone, substitution d'ions par des résines échangeuses d'ions, neutralisation ou acidification.

L'eau prélevée dans le milieu naturel commence à être dépolluée dans une station de pré-traitement selon les étapes suivantes :

↻ Prétraitements :

Dégrillage : les gros déchets et les corps flottants sont retenus par une simple grille

Tamisage : des tamis à mailles fines retiennent les déchets les plus fins

Préozonation ou préchloration : le chlore et l'ozone sont des désinfectants puissants. Le chlore étant persistant, il empêche tout affinage biologique par la suite tandis que l'ozone le permet car il disparaît rapidement.

↻ Décantation :

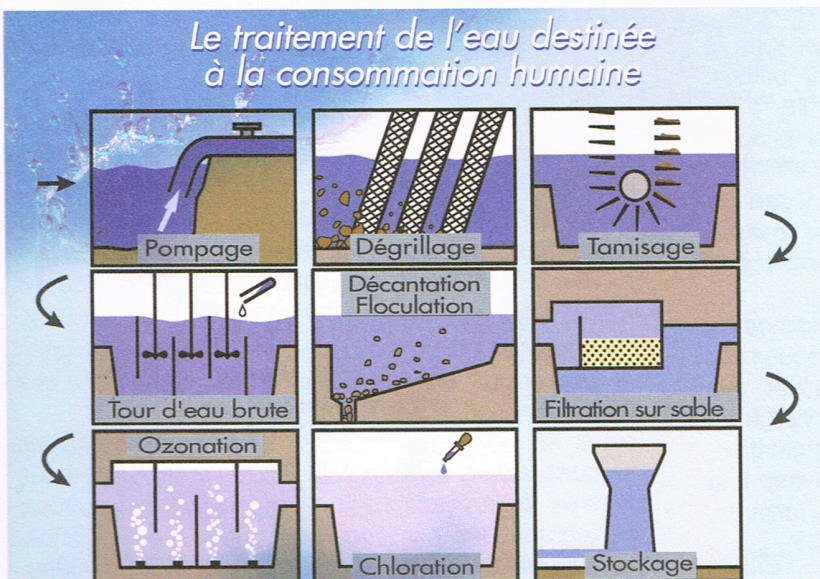
Floculation/décantation : cette étape peut éliminer 90% des matières en suspension. Un coagulant ajouté à l'eau permet de regrouper ces corps solides en flocons, qui sous l'effet de leur poids, se déposent au fond des bassins.

C'est la **première étape de clarification**.

LES ÉTAPES DU TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Les étapes du traitement ont pour but de clarifier, d'affiner, de désinfecter l'eau prélevée dans le milieu naturel.

Le traitement de l'eau fait appel à des processus variés, bien souvent naturels ou biologiques :



La production de l'eau potable en France



↳ Filtration :

L'eau est filtrée sur une couche de sable fin ou une membrane.

C'est la **deuxième étape de clarification**.

↳ Traitement complémentaire :

Si la mauvaise qualité de la ressource l'exige, on a recours à un procédé biologique, avec des cultures bactériennes sur filtres à sable associant à l'ozonation une filtration sur charbon actif en grains.

↳ Désinfection :

Cette désinfection, effectuée principalement à l'ozone ou au chlore, a pour but de neutraliser tous les virus et les bactéries pathogènes.

A ce stade du traitement, l'eau est potable.

aussi en plastique pour les conduites de petit diamètre. L'ajout d'une infime quantité de chlore (*équivalent à une goutte dans 5 baignoires de 200 litres*) détruit les dernières bactéries et préserve la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

La France compte aujourd'hui environ 600 000 km de canalisations.

Tous ces tuyaux sont enterrés à une profondeur suffisante pour être protégés du gel. Cette distribution est souvent gérée par un centre de contrôle informatisé auquel parvient 24 heures sur 24 la totalité des données concernant l'alimentation en eau : les consommations globales et ponctuelles, le niveau des réservoirs, les débits, les pressions et les mesures de qualité en de nombreux points du réseau. L'informatique permet, non seulement de gérer et de contrôler les données, mais également d'optimiser la gestion des dossiers des abonnés. Dans certains services, les fuites éventuelles sont détectées sur une table d'écoute électronique : des capteurs disposés sur le réseau transmettent les vibrations qu'elles provoquent à un microprocesseur, qui les analyse et localise ainsi les fuites sur un écran de contrôle.

LE STOCKAGE DE L'EAU POTABLE

L'eau est ensuite stockée dans des bassins clos ou dans des châteaux d'eau situés aux points les plus élevés d'une ville ou d'un village. La distribution à partir des châteaux d'eau fonctionne selon le principe des vases communicants et assure ainsi une pression suffisante et régulière dans toutes les habitations. Les hauts immeubles, dans certaines villes, réclament parfois l'utilisation de pompes électriques individuelles, accompagnées parfois de réservoirs à air comprimé.

LA DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE

La distribution se fait à travers des canalisations majoritairement en béton armé ou en fonte, mais



LE SERVICE DE L'EAU POTABLE

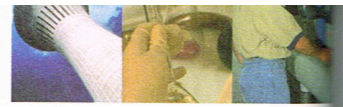
L'eau est un produit local : depuis la loi de 1790, la commune est responsable de la distribution de l'eau potable. A ce titre, elle fixe le prix du service de l'eau .

Elle est propriétaire des installations de production et de distribution d'eau potable, ainsi que des installations d'évacuation et de dépollution des eaux usées. Elle peut, soit gérer le service de l'eau en régie, soit le déléguer à une société spécialisée.

Le service des eaux, qu'il s'agisse d'une régie communale ou d'une société privée en délégation, a en charge le traitement de l'eau, l'entretien, la surveillance des installations et du réseau de distribution. Il doit assurer la bonne qualité de l'eau fournie aux consommateurs.

71 % des Français sont desservis en eau potable par des entreprises privées en délégation et **29 %** d'entre eux le sont par des régies.

54 % des communes ont délégué à des entreprises privées la gestion de leur eau potable et **46 %** d'entre elles exercent ce service en régie. Pour l'assainissement des eaux usées, les communes ont recours à la délégation pour **36 %** d'entre elles, tandis que **64 %** conservent ce service en régie.



- ↳ des analyses automatiques permanentes, pratiquées sur les lieux de pompage, de production, de distribution et de stockage.
- ↳ des analyses fréquentes et systématiques effectuées dans des laboratoires de terrain.
- ↳ des analyses spécifiques et fines réalisées dans un laboratoire central, plus exigeantes sur le plan humain et matériel.

Les contrôles de l'Etat qui relèvent du Ministère de la Santé sont effectués par la DDASS par délégation du préfet. Les prélèvements s'effectuent au niveau de la ressource, de la production et surtout de la distribution. Les analyses sont faites par les laboratoires agréés. Le préfet transmet ensuite les résultats au maire, responsable de l'hygiène publique dans sa commune, qui a l'obligation d'informer le public. Ces résultats doivent être affichés en mairie, en termes compréhensibles par tous.

LES CONTRÔLES

Les contrôles de l'eau potable sont assurés à la fois par le service des eaux et par des organismes dépendant du Ministère de la santé, les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS).

L'eau est un des aliments le plus surveillé.

L'exploitant, qu'il s'agisse d'une gestion directe ou d'une gestion déléguée à une entreprise privée, a l'obligation de faire fonctionner le réseau de production et de distribution conformément aux normes en vigueur. Le dispositif de surveillance doit apprécier l'eau au pompage, pendant la production, le traitement, le stockage et le transport.

C'est pourquoi, la surveillance s'exerce à 3 niveaux, à travers 3 types d'analyses complémentaires que permettent aujourd'hui les progrès techniques en matière d'automatisme et d'analyse :



RÉFÉRENCES

↳ "Les normes de l'eau potable"
Conférence de Gilles Husson, Laboratoire
d'Hydrologie pharmaceutique de Paris,
Aquaforum du 4 décembre 2003

La réglementation de la qualité de l'eau évolue

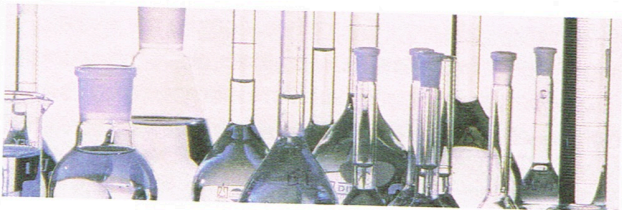
De nouvelles normes pour plus de précaution

Depuis le 25 décembre 2003, après une période de transition de 2 ans, le nouveau décret du 20 décembre 2001 remplace totalement celui du 3 janvier 1989.

Conformément à la réglementation européenne du 3 novembre 1998, ce nouveau texte renforce le principe de précaution en matière de qualité de l'eau.

Au total, les paramètres de qualité "limites" et "références de qualité" sont moins nombreux car, certaines mesures de contrôle de l'eau, sans vrai rapport avec la santé, ont été éliminées au profit d'autres normes en lien direct avec la santé des personnes.

Les paramètres de qualité et les normes correspondantes sont établis en fonction des connaissances scientifiques actuelles et du principe de précaution : l'eau doit pouvoir être bue sans danger pour la santé durant toute une vie humaine.



➤ Le décret du 20 décembre 2001 dresse ainsi une nouvelle liste de paramètres de qualité, répartis en deux groupes :

➤ Des "**limites de qualité**" microbiologiques et chimiques, auxquelles les eaux distribuées doivent être impérativement conformes

➤ Des "**références de qualité**" permettant la maîtrise des procédés de traitement et de distribution d'eau, l'évaluation des risques pour la santé des personnes et tenant compte des critères d'agrément pour les consommateurs



LIMITES DE QUALITÉ DES EAUX DESTINÉS À LA CONSOMMATION HUMAINE

PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES :

Escherichia coli
et entérocoques 0/100 ml

QUELQUES PARAMÈTRES CHIMIQUES SIGNIFICATIFS :

Arsenic	10 µg/l
Cadmium	5 µg/l
Chrome	50 µg/l
Cuivre	2 mg/l
Cyanures totaux	50 µg/l
Fluorures	1,5 mg/l
Nickel	20 µg/l
Nitrates	50 mg/l
Total des pesticides	0,5 µg/l
Plomb	10 µg/l

Quelques exceptions dans le calendrier d'application sont toutefois prévues pour le plomb, les sous-produits de la désinfection et la turbidité :

➔ La limite de qualité pour le plomb est fixée à 25 µg/l du 25 décembre 2003 au 25 décembre 2013, date à laquelle elle passera à 10 µg/l.

➔ Celle relative aux bromates est fixée à 25 µg/l du 25 décembre 2003 au 25 décembre 2008, date à laquelle elle passera à 10 µg/l.

➔ Celle relative aux THM (trihalométhanes) est fixée à 150 µg/l du 25 décembre 2003 au 25 décembre 2008, date à laquelle elle passera à 100 µg/l.

➔ Celle relative à la turbidité est fixée dans certaines conditions et/ou pour certaines catégories d'eaux brutes, à 2 NFU du 25 décembre 2003 au 25 décembre 2008, date à laquelle elle passera à 1NFU.



RÉFÉRENCES DE QUALITÉ DES EAUX DESTINÉES À LA CONSOMMATION HUMAINE

QUELQUES PARAMÈTRES SIGNIFICATIFS :

Aluminium total	200 µg/l (500 µg/l pour l'eau chaude)
Chlore libre et total	Absence d'odeur ou de saveur désagréable
Cuivre	1 mg /l
Couleur	inférieur ou égal à 15 mg /l de platine
Fer total	200 µg/l
Odeur	Acceptable
Saveur	Acceptable
Sodium	200 mg/l
Sulfates	250 mg/l
Température (sauf dans les DOM)	25°C

DES NORMES INCHANGÉES

Certaines normes demeurent inchangées, leur pertinence restant toujours d'actualité.

Température
pH
Nitrates
Fer total
Oxydabilité au KMnO ₄
Manganèse
Fluorures
Cadmium
Cyanures totaux
Chrome total
Mercure total
Selenium
Benzo(a)pyrène
Pesticides totaux
Pesticides par substance
Escherichia coli

DES NORMES PLUS SÉVÈRES

Plusieurs normes sont modifiées dans le sens d'une plus grande sévérité, leur incidence sanitaire à plus faible dose ayant notamment pu être suspectée.

Ammonium passe	de 0,5 à 0,1 mg/l
Arsenic	de 50 à 10 µg/l
Plomb	de 50 à 10 µg/l
Nickel	de 50 à 20 µg/l
Antimoine	de 10 à 5 µg/l

DES PARAMÈTRES SUPPRIMÉS

La disparition de certaines normes, comme par exemple le magnésium, le potassium, le zinc ou le phosphore, s'explique par l'avancée des connaissances médicales et scientifiques et l'importance donnée aux impératifs sanitaires.

DES PARAMÈTRES DEVIENNENT INDICATEURS

Une série de paramètres deviennent désormais indicateurs ou "références de qualité". Il s'agit notamment de l'aluminium total, de l'odeur, de la saveur, de la couleur, des sulfates. Ils n'ont plus de caractère impératif mais leur non-conformité pourrait néanmoins être le signe d'un dysfonctionnement.

DES NORMES PLUS SOUPLES

Chlorures	de 200 à 250 mg/l
Sodium	de 150 à 200 mg/l
Nitrites	de 0,1 à 0,5 mg/l
Cuivre	de 1 à 2 mg/l) (aussi indicateur 1 mg/l)

UNE SIMPLIFICATION DES NORMES MICROBIOLOGIQUES

Les normes microbiologiques sont simplifiées. De fait, on ne trouve plus désormais que deux « limites de qualité », impératives, pour contrôler la conformité microbiologique de l'eau. Ces deux paramètres (Escherichia Coli et entérocoques) sont en fait des germes « précurseurs », dont la présence signale un risque de contamination microbiologique : virus et bactéries pathogènes ne peuvent se trouver dans l'eau en l'absence de ces deux précurseurs. A contrario, il peut y avoir présence de ces germes « précurseurs » dans l'eau sans que, pour autant, ne s'y trouvent des virus et bactéries pathogènes.

L'assainissement des eaux usées

Les eaux usées sont collectées dans le réseau d'assainissement.

Le réseau de circulation des eaux usées vers la station de dépollution aussi appelée station d'épuration est assuré grâce à des tuyaux en ciment, béton, grès ou PVC.

Le but d'une station d'épuration est de traiter suffisamment ces eaux sales pour que leur rejet dans les cours d'eau ou dans la mer ne dégrade pas les milieux naturels.

L'ÉVOLUTION DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES

Le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production de rejets polluants.

Dès l'Antiquité, des égouts existaient à Athènes, à Jérusalem, en Inde.

A Rome, le grand collecteur « **Cloaca Maxima** » déversait dans le Tibre, les eaux usées de la ville.

A Paris, pendant des siècles, l'évacuation se faisait par une simple rigole creusée dans la rue qui se déversait dans la Seine ou la Bièvre. Au 19^{ème} siècle, la Bièvre fut couverte tant elle dégagait une odeur fétide.

Le principal souci était alors d'éloigner les eaux usées du centre des villes. Puis des champs d'épandage permirent de filtrer ces eaux.

A partir de 1850, sous l'impulsion du baron Haussmann (1809-1891) et de l'ingénieur Belgrand (1810-1878), l'assainissement devient une préoccupation publique et Paris se dote de **400 km d'égouts en 20 ans**.

En 1884, le « **tout-à-l'égout** » devient obligatoire à Paris. Les épidémies liées à l'eau font encore de nombreuses victimes tous les ans : fièvre typhoïde, choléra ...

En 1892, les microbes domestiqués permettent à l'Anglais Dobbins de mettre en place les premiers traitements biologiques d'épuration, encore d'usage de nos jours.

En France, la première grande station d'épuration utilisant cette méthode voit le jour à Achères, en banlieue parisienne, au début du 20^{ème} siècle.

La généralisation des stations d'épuration est récente.

En 1960, seuls **12%** des Français étaient reliés au tout-à-l'égout et ces égouts n'allaient pas tous à la station.

La qualité des eaux superficielles s'étant fortement détériorée au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècle, le programme d'installation des unités modernes d'assainissement fut lancé **par la loi du 16 décembre 1964 avec la création des Agences de l'eau** (Agence financière de bassin à l'époque), coordonnant les actions en faveur de la préservation des ressources.

Aujourd'hui, la dépollution des eaux usées est devenue un impératif dans nos sociétés modernes. L'assainissement des eaux usées est le grand défi

contemporain. Ainsi, d'ici à la **fin 2005**, toutes les agglomérations de plus de 2 000 habitants devront être raccordées à une **station d'épuration**. Toutes les communes de plus de 10 000 habitants en disposent, ainsi que de nombreuses communes plus petites. C'est le décret du 3 juin 1994 qui régit l'assainissement au niveau des agglomérations avec un calendrier de mise en œuvre.

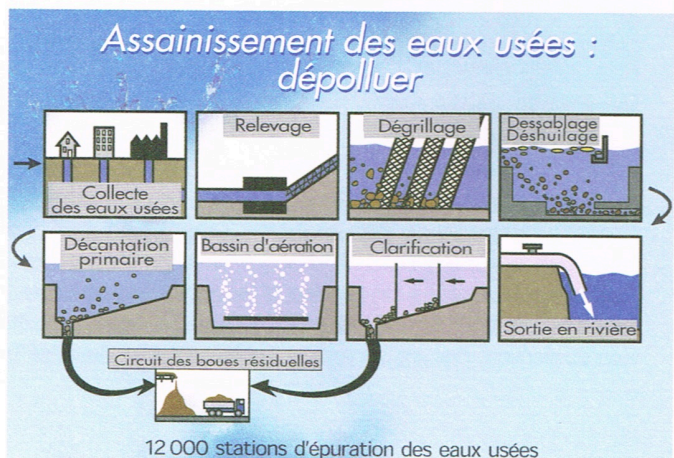
L'ORIGINE DES EAUX USÉES

Une fois utilisées, les eaux sont restituées avec des charges polluantes variables.

On distingue **les eaux usées domestiques, les eaux usées industrielles, les eaux pluviales**.

La pollution journalière produite par une personne utilisant 150 à 200 litres d'eau est évaluée à 70 à 90 grammes de matières en suspension, 60 à 70 grammes de matières organiques, 15 à 17 grammes de matières azotées, 4 grammes de phosphore, plusieurs milliards de germes pour 100 ml...

Très différentes des eaux usées domestiques, les caractéristiques des eaux usées industrielles varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques (*industries agroalimentaires*), azotées et phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micro-polluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.





Les eaux pluviales se chargent d'impuretés au contact de l'air (*fumées industrielles*), puis, en ruisselant, des résidus des toits et des chaussées des villes (*huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...*).

Le réseau d'assainissement des eaux usées d'une agglomération a pour fonction de collecter ces eaux pour les conduire à une station de dépollution.

ACHEMINER LES EAUX USÉES

La France possède **180 000 km** de canalisations, réparties en **6 000** réseaux de collecte. Ce dispositif permet aujourd'hui de raccorder à l'égout **88%** de la population dans des zones d'assainissement collectif.

Cependant, notre taux de collecte (proportion de la pollution brute effectivement amenée jusqu'à une station) ne s'élève qu'à **68%**.

DÉPOLLUER

Le traitement des eaux usées a pour but de les dépolluer suffisamment pour qu'elles n'altèrent pas la qualité du milieu naturel dans lequel elles seront finalement rejetées. De l'arrivée à la station d'épuration jusqu'au rejet dans le milieu naturel, l'assainissement des eaux usées comporte :

↳ le relevage :

Lorsque le relief l'exige, les eaux usées à traiter sont relevées jusqu'au niveau de la station à l'aide d'une vis d'Archimède ou de pompes.

↳ le prétraitement :

L'eau traverse une première grille, qui permet d'éliminer les plus gros déchets, c'est le dégrillage. Les sables et graviers se déposent au fond de bassins conçus à cet effet et sont évacués, c'est le dessablage. Les graisses remontent grâce à une injection d'air et sont collectées à la surface, c'est le déshuilage.

↳ le traitement primaire : des procédés physico-chimiques

La décantation permet d'éliminer environ 70% des matières en suspension. Ces matières appelées les boues primaires se déposent au fond du bassin, sont ensuite récupérées par raclage puis envoyées dans des épaisseurs. Les performances de la décantation peuvent être améliorées par l'adjonction de réactifs chimiques, qui permet, après coagulation et floculation, de capter jusqu'à 90% des matières en suspension.

↳ le traitement secondaire : des traitements biologiques

C'est la dégradation des matières organiques par des bactéries aérobies naturellement présentes dans l'eau. Ces bactéries, dans un bassin d'aération, consomment la pollution et forment des « **boues biologiques** ». Eventuellement des traitements complémentaires destinés à

éliminer l'azote et le phosphore peuvent être utilisés selon les contraintes de qualité du milieu naturel où les eaux sont rejetées : zones à fort risque d'eutrophisation, activités conchylicoles, zone de baignade... **C'est le traitement tertiaire.**

↳ la clarification :

Elle permet de séparer par décantation, l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs.

Les boues encore liquides sont déshydratées. Elles sont alors stockées, puis évacuées en décharge, incinérées ou valorisées en agriculture.

↳ la désodorisation :

Elle améliore le confort des riverains : les gaz malodorants liés au traitement des boues sont captés puis envoyés dans des « tours de lavage » où ils sont éliminés à l'aide de procédés physico-chimiques ou biologiques. Les stations d'épuration les plus récentes en sont équipées. Dans la plupart des cas, l'eau peut être alors déversée dans le milieu naturel. Parfois, il est nécessaire d'effectuer une étape d'affinage qui permet d'obtenir une épuration encore plus poussée. Différents procédés sont utilisés : lagunage ou filtration complémentaire au travers de sable, d'une membrane ou par désinfection.

LE TRAITEMENT DES BOUES

Le traitement d'un m³ d'eau usée produit de 350 à 450 grammes de boues. Ce volume est réduit par déshydratation et le pouvoir de fermentation est diminué par stabilisation biologique, chimique ou thermique.

Actuellement, **60%** des boues sont recyclées et utilisées dans l'agriculture (*épandage*), **15%** sont incinérées, **25 %** sont envoyées en décharge. Aujourd'hui la France possède environ **15 000** stations d'épuration. **21 500** communes ont un réseau de collecte.

Le rendement moyen des stations d'épuration est de **73%**. Ne collectant que **68%** des eaux usées, le taux de dépollution est aujourd'hui de **49%**. L'objectif fixé par la loi est un taux de dépollution de **65%** en 2005. De nouvelles stations sont construites chaque année.

La directive européenne du 21 mai 1991 précise qu'en règle générale les unités de traitement doivent permettre un traitement secondaire. Les traitements primaires sont de plus en plus fréquemment abandonnés au profit des traitements secondaires, qui exploitent les filières biologiques. Dans les lieux classés en zone sensible, un traitement tertiaire doit être appliqué. Dans certaines zones, les contraintes de qualité du milieu peuvent amener les pouvoirs publics à imposer des traitements supplémentaires (*par exemple désinfection en zone de baignade ou de pêche à pied*).

La production de boues en France s'élève à plus d'un million de tonnes par an. Son augmentation constante et les conditions désormais beaucoup plus strictes de leur mise en décharge, sous leur forme actuelle, imposent le développement de filières de valorisation et de processus qui permettent l'incinération des boues.

La facture d'eau

L'eau au robinet est devenue un élément de confort tellement banal que l'on a oublié le temps où aller chercher l'eau, la puiser et la rapporter au foyer était un véritable travail, souvent rémunéré. Disposer d'eau potable à domicile est un service qui se paie.

QUE COMPREND LE PRIX DE L'EAU ?

L'eau de la nature est gratuite et n'appartient à personne. Ce n'est pas la ressource que l'on paie, mais les services et les infrastructures qui puisent l'eau, l'acheminent, la rendent potable, la stockent et traitent les eaux usées. Outre le montant de la consommation, une facture d'eau comprend 2 services : l'un sert à financer la production et la distribution de l'eau potable et varie en fonction des contraintes géographiques et de la qualité de la ressource, l'autre sert à payer la collecte et le traitement des eaux usées.

Le prix de l'eau se décompose en 3 parties (DGCCRF, novembre 2001) :

➔ 42% environ du prix de l'eau est lié à la distribution d'eau potable (un terme fixe, l'abonnement, et un terme proportionnel à la consommation mesurée au compteur).

➔ 31% environ concerne la collecte et le traitement des eaux usées,

➔ 27% environ correspond aux redevances et aux taxes.

Les redevances de prélèvement et de pollution sont versées à l'Agence de l'eau.

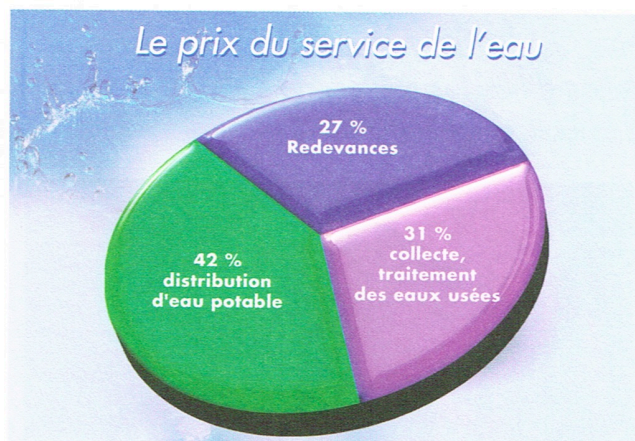
La TVA est de 5,5% (taux appliqué aux produits alimentaires).

QUI DÉCIDE DU PRIX ?

Les pouvoirs publics, (Etat, Comités de Bassin...) fixent les valeurs des taxes et des redevances et la commune ou le groupement de communes est responsable de l'eau et de son assainissement.

Certaines communes choisissent d'assurer elles-mêmes le service de l'eau. Elles en fixent le prix chaque année en conseil municipal. D'autres préfèrent confier la gestion du service à une ou plusieurs entreprises. Dans ces 2 cas, le prix de l'eau est fixé par contrat. L'entreprise le perçoit auprès des usagers et reverse les taxes et redevances aux pouvoirs publics. Elle rémunère son service sur le prix.

Tous les services de l'eau doivent aujourd'hui appliquer



le principe comptable selon lequel « l'eau paie l'eau ».

Les recettes doivent équilibrer les dépenses et prendre en compte l'ensemble des dépenses du service (y compris l'amortissement des investissements). Ce principe transparent a conduit à la vérité des prix, mais aussi parfois à des augmentations.

Aujourd'hui un Français paie entre 1,5 et 4 € le m³. Après plusieurs années d'augmentation (due à l'amélioration de l'assainissement), le prix du service de l'eau tend à se stabiliser.

Le prix de l'eau varie selon différents critères : structure de l'habitat (urbain ou dispersé), ressources quantitatives et qualitatives, mise en place des systèmes d'assainissement.

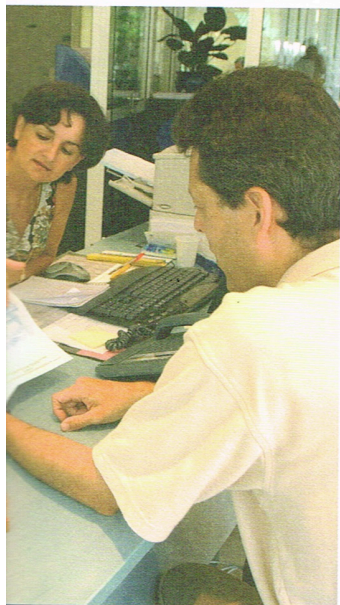
COMPARAISONS

Si de nouvelles exigences apparaissent, conduisant à une sévérité accrue des normes de qualité ou des objectifs d'assainissement, ou si localement un problème de ressource apparaissait (exemple du cas de la nappe éocène à Bordeaux), de nouveaux investissements seraient nécessaires.

Le prix de l'eau en France (2,72 €/m³ en moyenne) se situe aujourd'hui dans la moyenne des pays européens. Dans certains pays comme l'Allemagne, il est supérieur : 3,66 €/m³. Il est du même ordre en Belgique (2,45 €/m³) et aux Pays-Bas (2,75 €/m³), alors qu'il est inférieur en Espagne ou en Italie.

Les prix plus bas du sud de l'Europe reflètent un retard des investissements, en particulier dans le domaine de l'assainissement.

De plus en France, la facture rémunère effectivement l'intégralité des dépenses du service de l'eau, ce qui n'est souvent pas le cas dans les autres pays.



Les métiers de l'eau

Les métiers de l'eau se sont d'abord développés pour répondre à la demande croissante en eau potable.

Puis, ils ont dû s'adapter à de nouvelles exigences de qualité et de protection de la ressource. Aujourd'hui, les métiers de l'eau se sont structurés autour de 3 grands pôles : la production et la distribution de l'eau potable ainsi que le traitement des eaux usées.



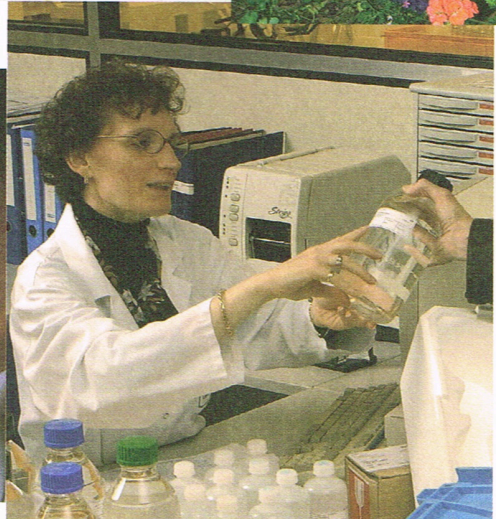
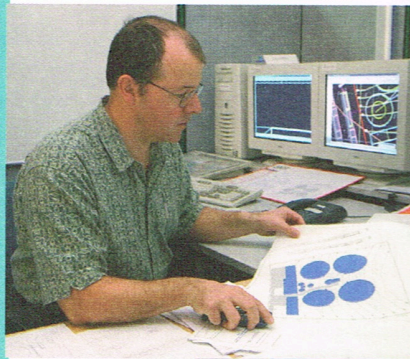
Le secteur de l'eau n'emploie pas uniquement des spécialistes : il a aussi besoin de foreurs, électriciens, plombiers, informaticiens, chimistes, biologistes, juristes, chercheurs...

En France, les services de l'eau emploient près de 70 000 personnes.

Les métiers de l'eau sont très variés : certains sont anciens, d'autres sont nés de l'idée que l'eau est une ressource fragile, ainsi des professionnels ont été formés pour la protéger et mieux la gérer.

LE PARCOURS DE L'EAU EXIGE UNE MULTIPLICITÉ DE COMPÉTENCES :

- des hydrogéologues, sourciers, puisatiers, ingénieurs d'étude
- directeurs d'usine, chercheurs, contrôleurs qualité, goûteurs d'eau
- des hydrauliciens, agents d'exploitation de réseaux, chasseurs de fuites, fontainiers
- des releveurs de compteur, des chargés de clientèle
- des égoutiers, chefs de station de dépollution des eaux usées



Brochures C.I.EAU disponibles sur demande :

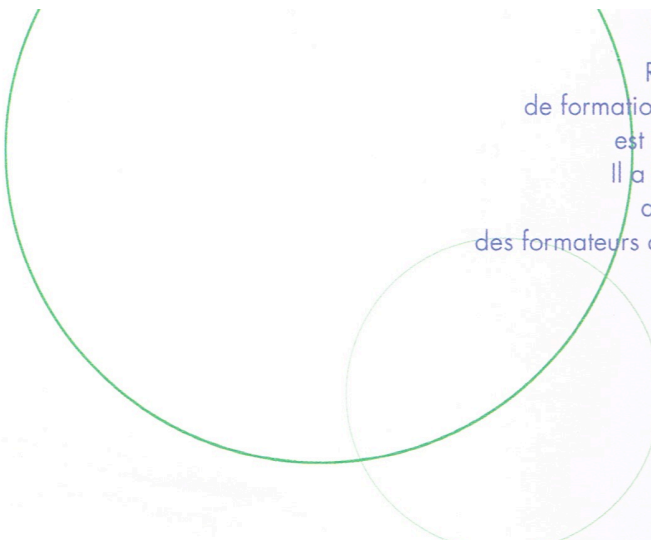
La qualité de l'eau du robinet ●

L'eau en chiffres ●

L'assainissement des eaux usées ●

Le prix du service de l'eau ●

2004



Réalisé pour des sessions
de formation en IUFM, ce document
est destiné aux enseignants.
Il a été conçu en partenariat
avec l'association Eveil et
des formateurs de l'Éducation nationale.



CI.

eau

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU

B.P. 5 - 75362 PARIS Cedex 08
Tél. : 01 42 56 20 00 - Fax : 01 42 56 01 87
www.cieau.com