

## EAU 2015

**RESSOURCES EN EAU** : en millions de km<sup>3</sup>, dans le monde.

- salée : 1 350

- douce : 33,6 dont :

- 74,4 % en neige et glace,
- 25 % en eaux souterraines,
- 0,6 % en cours d'eau et lacs,
- 0,04 % dans l'[atmosphère](#).

Le lac Baïkal (Sibérie) de 31 500 km<sup>2</sup> de superficie et de 1 637 m de profondeur maximale renferme 23 000 km<sup>3</sup> d'eau douce soit environ 1/10 de l'eau douce de surface.

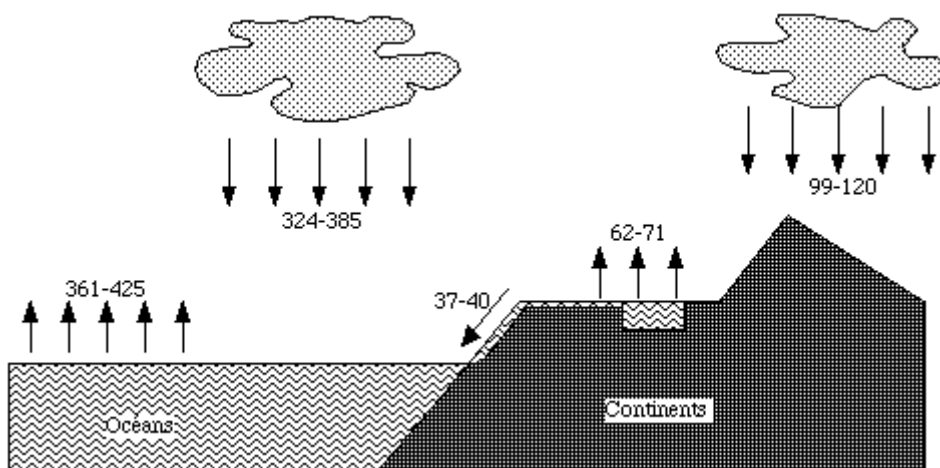
Ressources en eau renouvelables par habitant, pour quelques pays, en 2014, en m<sup>3</sup>/habitant/an.  
Moyenne mondiale : 5 000.

Islande	516 090	Chine	2 018
Canada	80 746	Allemagne	1 909
Brésil	41 603	Inde	1 418
Russie	31 543	Maroc	844
Australie	20 527	Egypte	637
États-Unis	9 538	Tunisie	410
Japon	3 397	Algérie	294
France	3 277	Jordanie	123
Espagne	2 418	Arabie Saoudite	76

Source : Aquastat

## Cycle de l'eau sur terre

(en milliers de km<sup>3</sup> par an)



**Situation française** : en milliards de m<sup>3</sup> en année moyenne.

- Les précipitations moyennes sont de 476 milliards de m<sup>3</sup>/an soit 867 mm/m<sup>2</sup>. Elles s'évaporent à 61 %, alimentent les cours d'eau à 16 % et s'infiltrent dans les nappes souterraines à 23 %.
- La nappe alluviale d'Alsace est la plus importante d'Europe, surface : 2 800 km<sup>2</sup>, réserves : 50 milliards de m<sup>3</sup> d'eau.
- Le stock d'eau dans les lacs est de 107 milliards de m<sup>3</sup> dont 83 % correspondent à la partie française du lac Léman et 11 % aux lacs artificiels. La France possède 270 000 km de cours d'eau.
- La quantité totale d'eau douce disponible est comprise entre 3 400 et 3 800 m<sup>3</sup>/habitant/an.

### EAUX EN BOUTEILLES :

Consommation d'eau en bouteilles, en millions de litres et ( ) en litres par habitant, en 2013.  
 Monde : 266 385 (37,5).

Chine	39 440 (29,1)	Thaïlande	15 090 (225,2)
États-Unis	38 350 (121,1)	Italie	12 020 (196,5)
Mexique	31 170 (254,8)	Allemagne	11 770 (143,8)
Indonésie	18 260 (73,1)	France	9 120 (138,2)
Brésil	18 160 (90,47)	Inde	3 920 (3,1)

Source : IBWA, Beverage Marketing Corporation

La consommation des États-Unis était de 1,34 milliard de litres, en 1976.

Consommation d'eau en bouteilles, en litres par habitant, en 2014, dans l'Union européenne : 105.

Italie	176	France	118
Allemagne	172	Espagne	116
Portugal	128	Grèce	92

Hongrie	123	Autriche	91
Belgique	121	Pologne	88

Source : EFBW, Canadean

Principaux producteurs d'eau embouteillée, en millions de \$, en 2015 :

<a href="#">Nestlé Waters</a> (Suisse)	7 365	<a href="#">Tingyi Holding</a> (Chine)	1 331
<a href="#">Hangzhou Wahaha Group</a> (Chine)	5 074	<a href="#">PepsiCo</a> (Etats-Unis)	1 272
<a href="#">Danone</a> (France)	4 652	<a href="#">China Resources Beverage</a> (Chine)	333
<a href="#">Coca Cola</a> (Etats-Unis)	3 900	<a href="#">Fiji Water</a> (Etats-Unis)	250
<a href="#">Nongfu Spring</a> (Chine)	2 218	<a href="#">Bisleri</a> (Inde)	94

Source : [MBASkool](#)

**Situation française** : en millions de litres, en 2014.

En France, les eaux minérales naturelles et de sources proviennent de gisements souterrains bénéficiant d'une protection géologique naturelle et ne subissent aucun traitement de désinfection. L'eau minérale naturelle a pour obligation d'avoir une composition minérale stable, garantie tout au long de l'année. Elle peut présenter des minéralités particulières qui lui confèrent des propriétés bénéfiques. L'eau de source n'a pas l'obligation de garantir une composition minérale stable.

- Production d'eaux minérales naturelles : 6 500 (2 900 en 1980), à 85 % plates et 15 % gazeuses.
- Production d'eaux de sources : 3 400.

Il y a 78 sources exploitées d'eaux minérales, 74 d'eaux de source et 6 eaux rendues potables par traitement.

Commerce extérieur : en 2015, en millions de litres.

Eaux minérales naturelles plates :

- Exportations : 2 272 vers l'Allemagne à 38 %, la Belgique à 31 %, le Royaume Uni à 7 %, la Suisse à 7 %.
- Importations : 223 d'Italie à 69 %, du Luxembourg à 24 %, de Belgique à 2 %.

Eaux minérales naturelles gazeuses :

- Exportations : 319 vers les États-Unis à 34 %, la Belgique à 30 %, le Canada à 10 %, le Japon à 3 %.
- Importations : 196 d'Italie à 87 %, du Luxembourg à 11 %.

Répartition des ventes d'eaux plates, en volume, en grandes et moyennes surfaces, en 2014-15 :

Cristaline (Roxane)	19,6 %	Volvic (Danone)	7,3 %
Evian (Danone)	9,0 %	Contrex (Nestlé)	6,6 %
Vittel (Nestlé)	7,8 %	Hépar (Nestlé)	4,2 %

Source : [Rayon Boissons](#)

Répartition des ventes d'eaux gazeuses, en volume, en grandes et moyennes surfaces, en 2014-15 :

Perrier (Nestlé)	21 %	St Yorre (Roxane)	5 %
Salvetat (Danone)	17 %	Vichy Célestins	3 %

		(Roxane)	
Badoit (Danone)	15 %	Rozana (Roxane)	3 %
San Pellegrino (Nestlé)	9 %	Cristalline (Roxane)	2 %
Quézac (Nestlé)	7 %	Vernière (Roxane)	1 %

Source : [Rayon Boissons](#)

Principaux producteurs d'eaux minérales :

[Roxane](#) (groupe Alma) vente, en 2013, de 4 milliards de bouteilles avec les marques St Yorre, Vichy Célestin, Vernière, Thonon, Cristaline, Courmayeur, Rozana... Possède, en France, 28,4 % de part de marché.

L'eau de source Cristaline exploite 22 sources.

[Nestlé Waters](#), avec les marques Contrexéville, Vittel, Perrier, Hépar, Valvert, Aquarel, Quézac, San Pellegrino ... Possède, en France, 28,4 % de part de marché.

[Danone](#) : a produit, en 2014, dans le monde, 25 milliards de litres d'eau avec les marques :

- Internationales : Evian, Volvic, Bonafont (Mexique, Brésil, Pologne), Mizone (Chine, Indonésie),
- Locales : Fontvella et Lanjarón (Espagne), Villavicencio et Villa del Sur (Argentine), Aqua (Indonésie), Zywiec Zdroj (Pologne).

Possède, en France, 19,3 % de part de marché.

### **TRAITEMENTS DE L'EAU EN VUE DE LA RENDRE POTABLE :**

On estime, en 2012, que dans le monde, 748 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable et près de 2,5 milliards n'ont pas accès à des services d'assainissement adéquats.

#### **Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres :**

Mi-2015, il y a 18 426 usines de dessalement en fonctionnement avec une capacité de production de 86,8 millions de m<sup>3</sup>/jour.

Origine de l'eau dessalée, en 2015, sur un total de 86,5 millions de m<sup>3</sup>/jour.

Eaux de mer	59 %	Eaux de rivière	9 %
Eaux saumâtres	22 %	Eaux usées	5 %

Source : Water World

Capacités de production, en 2014, des usines de dessalement de l'eau, selon le procédé utilisé, en % :

Osiose inverse	65 %	Distillation multiples effets	7 %
Distillation flash	21 %	Electrodialyse et électrodésionisation	3 %

Source : IDA

En 2014, les procédés membranaires représentent 59 millions de m<sup>3</sup>/jour de capacité de production, les procédés thermiques, 24 millions de m<sup>3</sup>/jour

Traditionnellement, l'[eau de mer](#) (35 à 50 g de sel/L) était plutôt distillée, alors que les eaux saumâtres (1 à 10 g/L) étaient traitées par osmose inverse. Actuellement, pour l'eau de mer, l'osmose inverse, consommant moins d'énergie, est de plus en plus utilisée.

Utilisé principalement dans les pays désertiques de la péninsule arabe : 70 % des besoins en eau pour la consommation humaine en [Arabie Saoudite](#) provient de 30 usines de dessalement d'eau de mer qui fournissent 1,2 milliard de m<sup>3</sup>/an, principalement par distillation.

Capacités de production, en 2014, des usines de dessalement, en millions de m<sup>3</sup>/jour :

Arabie Saoudite	5,2	Algérie	2,2
Emirats Arabes Unis	4,1	Australie	1,7
Espagne	3,3	Israël	1,4
États-Unis	2,9	Inde	1,1
Chine	2,4	Qatar	1,0

Source : Desaldata.com

En Arabie Saoudite, la société d'état [Saline Water Conversion Corporation](#), exploite 27 usines de dessalement avec une capacité de production de 4,6 millions de m<sup>3</sup>/jour, soit 69 % de la capacité du pays. En 2014, la production a été de 1 108 millions de m<sup>3</sup>.

La principale usine mondiale est celle de Ras Al Khair, en Arabie Saoudite. Sa capacité de production est de 1,025 million de m<sup>3</sup>/jour, à 70 % par distillation thermique à l'aide de 8 unités flash et 30 % par osmose inverse à l'aide de 17 unités.

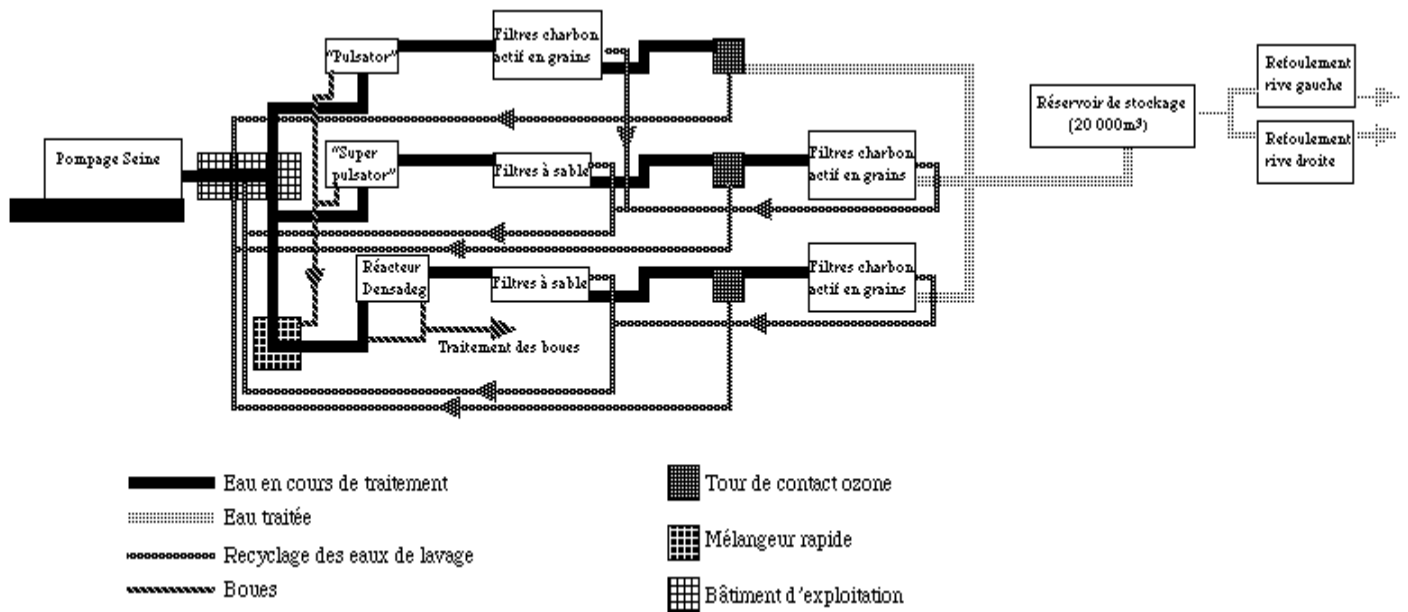
En 2016, la plus importante usine au monde fonctionnant seulement par distillation thermique est celle de Shoaiba, en Arabie Saoudite, avec une capacité de production de 880 000 m<sup>3</sup>/jour.

L'une des plus importantes usines dans le monde fonctionnant par osmose inverse (320 000 m<sup>3</sup>/jour permettant d'alimenter 1,4 million de personnes) a été construite par [Veolia](#) à Ashkelon en Israël. 2 lignes de production fonctionnant en parallèle permettent après passage dans 32 unités d'osmose inverse de diminuer la concentration en sel de 45 g/L à 30 mg/L, la concentration maximale admissible pour la consommation humaine étant de 400 mg/L. En 2016, la plus importante usine dans le monde fonctionnant par osmose inverse est celle de Sorek, en Israël, au sud de Tel Aviv, avec une capacité de production de 627 000 m<sup>3</sup>/jour.

**Traitements classiques d'une eau de rivière** : exemple de l'usine de traitement de Morsang-sur-Seine qui produit 225 000 m<sup>3</sup>/jour dans 3 unités en parallèle (voir [schéma](#) ci-dessous). La plus importante station de traitement d'eau potable en France est celle de [Choisy-le-Roi](#) : **capacité de production maximale : 600 000 m<sup>3</sup>/jour, production moyenne : 340 000 m<sup>3</sup> par jour.**

### **Usine de traitement de l'eau de la Seine de Morsang-sur-Seine**

(d'après un document de la [Lyonnaise des Eaux](#) que nous remercions)



Prélèvement d'eau brute de Seine avec élimination des particules de taille supérieure à 1 mm par prise d'eau sous la surface, dégrillage puis tamisage.

Prétraitement : la tendance actuelle est d'éviter la préchloration afin de ne pas former des composés du [chlore](#) avec l'[ammoniac](#) (chloramine donnant un goût désagréable) et avec des produits organiques (chlorophénols, chlorobenzènes, trichlorométhanes...), certains de ces composés étant toxiques ou suspects d'être cancérogènes. Il est préférable d'effectuer la chloration après élimination de l'ammoniac et des matières organiques.

Coagulation-floculation-décantation : le problème à résoudre est celui des particules de taille inférieure à quelques  $\mu\text{m}$ , chargées négativement, qui sont en suspension stable et qu'il faut éliminer.

- La coagulation permet la neutralisation des charges négatives à l'aide d'ions  $\text{Al}^{3+}$  (apportés par une solution de [Al<sub>2</sub>\(SO<sub>4</sub>\)<sub>3</sub>](#) ou de polychlorures d'aluminium) qui précipitent sous forme d'hydroxyde d'aluminium  $\text{Al}(\text{OH})_3$  à la surface des particules. L'apport est de 3 à 17 g  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{m}^3$ . Les sels de fer (sous produits de l'industrie du [dioxyde de titane](#)) sont également employés. Les coagulants minéraux sont concurrencés par des coagulants organiques tels que le polymère de chlorure de diallyldiméthyl ammonium (poly DADMAC).

- La floculation se traduit par le grossissement des particules par agglomération à l'aide d'un polymère (polyacrylamide anionique).

- Lors de la décantation, l'eau traverse par percolation une masse de boue constituée par les particules déjà séparées.

Traitements complémentaires :

- Une filtration sur [sable](#) permet l'élimination des derniers floccs à travers 1 m d'épaisseur de sable, avec une vitesse de filtration de 13 m/h.

- Ozonation : l'ozone est le désinfectant le plus efficace (voir le chapitre [eau de Javel](#)), avec 0,4 mg/L d'ozone résiduel et une durée de contact avec l'eau de 10 minutes. De façon générale, l'ozone

est obtenu par décharge électrique à la fréquence de 800 Hz dans le [dioxygène](#) ou l'air (ou un mélange des deux) entre des tubes concentriques séparés de 1 à 2 mm qui constituent les électrodes. Le tube extérieur est en [acier inoxydable](#), le tube intérieur est en [verre](#) (qui sert de diélectrique) métallisé. Un ozoneur contient quelques centaines de tubes. Le refroidissement est assuré par un courant d'eau. Les capacités de production peuvent atteindre plus de 150 kg de O<sub>3</sub>/h et la concentration en O<sub>3</sub> atteindre 10 % dans le dioxygène. La consommation d'énergie varie, pour une tonne d'ozone, de 2 kWh dans l'air à 8 kWh dans le dioxygène.

- Une filtration sur [charbon actif](#) dégrade biologiquement les matières organiques dissoutes et permet l'élimination des goûts, pesticides, hydrocarbures, détergents avec une épaisseur de 1,30 m, à une vitesse, selon la filière, de 7 à 10 volumes d'eau traversant 1 volume de charbon en 1 h.
- Une désinfection finale est effectuée à l'aide de [Cl<sub>2</sub>](#) ou d'[eau de Javel](#). Le Cl<sub>2</sub> résiduel doit avoir une teneur de 0,10 mg/L au robinet du consommateur.
- Une correction de pH est réalisée à l'aide d'une solution de [NaOH](#) ou de [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>](#) pour éviter les problèmes liés au [CO<sub>2</sub>](#) dissous dans l'eau et obtenir ainsi une eau ni agressive, ni incrustante.

#### Contrôle de la qualité de l'eau traitée :

- Une station d'analyse en continu et d'alerte est située à Nandy, à 5 km en amont de la prise d'eau avec suivi en continu de 18 paramètres : pH, résistivité, température, turbidité, [dioxygène](#) dissous, [NH<sub>3</sub>](#), radioactivité bêta, C.O.T., hydrocarbures, absorption UV à 254 nm, 6 métaux lourds, toxicité globale par test poisson (ichtyotest).
- Un contrôle en continu de la turbidité, du pH, de la dose de réactifs, de l'ozone et du dichlore résiduels, est réalisé.
- Une analyse quotidienne à chaque étape du traitement et au refoulement est effectuée.

**Traitement des eaux à l'aide de membranes :** par ultrafiltration (avec des pores de 3 à 10 nm) ou par nanofiltration (avec des pores d'environ 1 nm). Ces techniques utilisent le pouvoir de tamisage des membranes. Jusqu'à présent réservées au traitement d'eaux souterraines, elles commencent à être utilisées pour le traitement d'eaux de surface :

- Par ultrafiltration, par exemple, par la Lyonnaise des Eaux, à Anglet (64), 5 000 m<sup>3</sup>/jour, pour traiter les eaux de la Nive. Les modules de filtration contiennent de l'ordre de 15 000 fibres creuses soit par module, 50 m<sup>2</sup> de surface filtrante. Le procédé [CRISTAL® \(Combinaison des Réacteurs Incluant Séparation par membranes Traitement par Adsorption en voie Liquide\)](#) mis au point par Degrémont, après une préfiltration à 200 µm, associe un traitement sur charbon actif en poudre à l'ultrafiltration tangentielle qui, à l'usine de Vigneux-sur-Seine de La Lyonnaise des Eaux, représente 1,2 hectare de surface filtrante. Comparé à l'ozonation, ce procédé est plus efficace vis à vis des composés organiques insaturés, des triazines, des mauvais goûts et des odeurs. En effet, en période chaude, l'ozonation n'élimine pas toujours complètement les goûts et les odeurs.

Rendements d'élimination (en %) de divers polluants lors du traitement de l'eau à l'usine de Vigneux-sur-Seine :

	Décantation	Filtration sur charbon	Ozone	CRISTAL®
Particules	85	95	-	100

Bactéries	90	99	99,9	100
Virus	90	-	99,9	100
Organismes parasites (protozoaires)	99	-	99,9	100
Algues, plancton	99	-	99,9	100
Micropolluants organiques (pesticides)	-	10	40	100
Matières organiques dissoutes	50	60	-	90
Métabolites d'algues (responsables des goûts et odeurs)	-	10	60	100

Source : Lyonnaise des Eaux

- Par nanofiltration, par exemple, par le Syndicat des Eaux de l'Île de France (SEDIF), à Méry-sur-Oise (95), qui recourt à cette filière de traitement pour 70 % de sa production, les 30 % restants provenant de sa filière classique de traitement biologique (ozone-charbon actif). L'usine de Méry-sur-Oise, à partir de l'eau prélevée dans l'Oise, alimente 800 000 habitants avec une production moyenne de 151 000 m<sup>3</sup> par jour. L'eau à traiter, après une étape de clarification poussée, passe encore par des pré-filtres qui retiennent les particules supérieures à 6 µm avant de traverser les membranes de nanofiltration qui retiennent les particules supérieures à 1 nanomètre. Par filtration tangentielle, sous l'effet d'une différence de pression entre les deux faces de la membrane, une partie du débit traverse la membrane en abandonnant la plupart des composés contenus. L'autre partie, ne traversant pas la membrane, se charge des composés retenus. L'eau est ainsi purifiée, physiquement, des micro-organismes, produits organiques, pesticides contenus et ne nécessite, par sécurité, qu'un apport réduit de dichlore lors de sa distribution (0,2 mg.L<sup>-1</sup>) soit une réduction d'un facteur 10 de la quantité totale de chlore utilisé. Par ailleurs, le procédé permet d'adoucir l'eau.

### **DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE :**

En France, en 2012, les prélèvements d'eau destinés à la production d'eau potable ont été de 5,374 milliards de m<sup>3</sup>, pour une distribution de 4,837 milliards de m<sup>3</sup>. L'eau provenait à 65 % d'eaux souterraines avec 32 335 points de prélèvement et à 35 % d'eaux de surface avec 1 236 points de prélèvement.

Le réseau de canalisations de distribution a, en 2010, une longueur de 920 000 km.

**A Paris :** la production, gérée par Eau de Paris, est, en 2014, de 550 959 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable et 180 920 m<sup>3</sup>/jour d'eau non potable, avec une capacité de production de 1 million de m<sup>3</sup>/jour et une capacité de stockage de deux jours de consommation avec un réseau de distribution de 2 015 km d'eau potable et 1 700 km d'eau non potable. En 2014, la consommation d'eau potable a été de 172,4 millions de m<sup>3</sup>.

En 2014, 54 % de la distribution d'eau potable provient de 102 points de captages d'eaux souterraines situés dans les régions de Provins (77), Sens (89), Fontainebleau (77) et Dreux (28), amenées à l'aide de 4 aqueducs principaux (la Vanne, le Loing, la Voulzie et l'Avre) de 470 km de longueur. La source la plus éloignée (156 km) est située à Armentières (10). L'eau est stockée dans 5 réservoirs (Montsouris, Les Lilas et Ménilmontant, dans Paris ainsi que Saint-Cloud (92) et l'Haÿ les Roses (94)) et traitée dans 4 usines (Sorques (77), Longueville (77), Saint-Cloud (92) et l'Haÿ



les Roses (94)).

46 % de la distribution d'eau potable provient d'eau de surface de la Seine (24 %) et de la Marne (22 %) traitée à Orly (300 000 m<sup>3</sup>/j) et Joinville (210 000 m<sup>3</sup>/j).

**En Île de France** : le Syndicat des Eaux d'Île de France (SEDIF), est le 1<sup>er</sup> distributeur d'eau en France et le 3<sup>ème</sup> en Europe. La gestion du réseau est déléguée, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2011 et pour 12 ans, à Véolia. Le SEDIF alimente, en 2014, 149 communes et 4,4 millions d'habitants. Les capacités de production sont de 1,5 million de m<sup>3</sup>/jour pour une consommation moyenne de 750 000 m<sup>3</sup>/jour. 97 % des ressources du Syndicat des Eaux d'Île de France proviennent des trois grandes rivières ou fleuve de la région : Marne, Seine, Oise, 3 % de forages dans les nappes (à Neuilly-sur-Seine, Pantin, Aulnay-sous-Bois et Arvigny). La consommation d'eau des abonnés a été, en 2014, de 238,9 millions de m<sup>3</sup>.

L'usine de Choisy-le-Roi alimente 1,85 million d'habitants avec une production moyenne de 311 000 m<sup>3</sup> par jour ; l'usine de Méry-sur-Oise alimente 840 000 habitants avec une production moyenne de 157 000 m<sup>3</sup> par jour ; l'usine de Neuilly sur Marne alimente 1,65 million d'habitants avec une production moyenne de 257 000 m<sup>3</sup> par jour. Le réseau de canalisations est de 8 387 km et 68 réservoirs ont une capacité de 841 600 m<sup>3</sup>.

**En France**, en 2013, le volume d'eau distribué a été de 3,9 milliards de m<sup>3</sup>, à 66 % par le secteur privé et celui du traitement des eaux usées a été de 3,2 milliards de m<sup>3</sup>, à 53 % par le secteur privé.

**Sociétés distribuant l'eau potable en France** : répartition du marché, en % de population desservie, en 2014.

	Alimentation en eau potable	Stations d'assainissement
Opérateurs publics	34 %	48 %
<a href="#">Veolia eau</a>	35 %	22 %
<a href="#">Lyonnaise des Eaux</a>	20 %	20 %
<a href="#">SAUR</a>	11 %	9 %

Source : Véolia

[Veolia environnement](#) : en 2014. N°1 mondial.

Dans le monde, 96 millions d'habitants desservis en eau potable avec 4 455 usines et 59,6 millions en assainissement avec 3 338 usines.

En France, fourniture de 1,88 milliard de m<sup>3</sup> d'eau potable à 24,2 millions d'habitants avec 2 563 usines et traitement des eaux usées de 17 millions d'habitants.

[Suez Environnement](#) : en 2014. N°2 mondial.

Livraison d'eau potable dans le monde à 91 millions de personnes avec 1 140 unités de production. Assainissement des eaux de 63 millions de personnes avec 2 190 sites.

En France, fourniture par la Lyonnaise des Eaux de 970 millions de m<sup>3</sup> d'eau potable à 12 millions

d'habitants avec 670 sites et traitement de 830 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées de 9 millions de personnes avec 1 491 stations d'épuration.

## UTILISATIONS :

Il faut distinguer les prélèvements des consommations.

- Les prélèvements utilisent et restituent l'eau directement par exemple pour l'eau de refroidissement des centrales nucléaires qui est, à 90 %, restituée directement.
- Les consommations absorbent l'eau qui n'est pas ainsi restituée directement par exemple pour l'irrigation.

**Prélèvements d'eau :** en 2011, en km<sup>3</sup>. Monde : 3 890, Union européenne : 218.

Chine	525	Pakistan	155
Inde	500	Russie	77
États-Unis	467		

Source : Centre d'Information sur l'Eau

**Secteurs d'utilisation :** en 2012, dans le monde :

Irrigation	70 %	Usages domestiques	10 %
Industrie	20 %		

Source : Centre d'Information sur l'Eau

- Répartition des prélèvements d'eau par secteur d'activité, en France, en 2012, sur 30,008 milliards de m<sup>3</sup> prélevés :

Energie	62,8 %	Irrigation	9,7 %
Eau potable	18,3 %	Industrie	9,2 %

Source : Commissariat Général au Développement Durable

Les prélèvements, en France, en 2009, sont réalisés à 82 % sur des eaux de surface, à 18 % des eaux souterraines. La part des eaux souterraines est de 64 % pour la production d'eau potable.

Les prélèvements les plus importants sont réalisés par le site du Tricastin et ses centrales nucléaires, avec 5 milliards de m<sup>3</sup> par an.

- Répartition de la consommation d'eau par secteur d'activité, en 2010, en France :

Irrigation	48 %	Energie	22 %
Eau potable	24 %	Industrie	6 %

Source : Centre d'Information sur l'Eau

Usages domestiques de l'eau potable :

- Besoins moyens de l'homme : 35 g d'eau/kg/jour, son corps contient de 58 à 66 % d'eau et il meurt s'il perd 12 % de son eau.

- Utilisations domestiques de l'eau potable en France, sur une consommation, en 2008, de 151 L/jour/habitant (145 L/jour/habitant, en 2012).

Bains, douches, toilettes	39 %	Lavage voiture, jardin	6 %
---------------------------	------	------------------------	-----

Sanitaires	20 %	Cuisine	6 %
Lavage linge	12 %	Boisson	1 %
Lavage vaisselle	10 %		

Source : Centre d'Information sur l'Eau

Usages industriels : les industries papetières sont les consommateurs les plus importants.

- Utilisation dans les centrales électriques : comme source d'énergie dans les centrales hydro-électriques et comme source froide dans le cycle thermodynamique des centrales thermiques classiques et nucléaires. Une centrale nucléaire a besoin de 40 à 50 m<sup>3</sup> par seconde.
- Source d'énergie hydroélectrique : en France en 2014. Première filière de production d'énergie renouvelable en France, l'hydroélectricité représente 12 % de la production d'électricité avec 1 860 installations. Sa puissance installée est de 23 900 MW.
  - Production : 67,7 TWh d'origine hydroélectrique (sur une production totale de 563 TWh), réalisée à 70 % dans les Alpes, 20 % dans le Massif central, 10 % les Pyrénées.
  - Exploitants des installations hydroélectriques :
    - EDF, en 2014, avec 20 387 MW de puissance installée pour une production de 45,4 TWh avec 622 barrages et 436 centrales. Le volume d'eau stocké dans les barrages est de 7,5 milliards de m<sup>3</sup>.
    - Engie, en 2014, avec :
      - La Compagnie Nationale du Rhône (CNR, détenue à 49,97 %) avec 3 035 MW de puissance installée pour une production de 14,9 TWh avec 19 barrages et 38 centrales hydroélectriques.
      - La Société Hydro-Electrique du Midi (SHEM) avec 778 MW de puissance installée pour une production de 1,8 TWh avec 12 grands barrages et 56 centrales.
  - 1 935 centrales hydroélectriques de moins de 10 MW représentant une production de 6,9 TWh en 2010
- Source de refroidissement des centrales thermiques : en circuit ouvert ou en circuit fermé.
  - En circuit ouvert, l'eau extérieure (de mer ou de rivière) est prélevée et rejetée en continu. Pour un réacteur nucléaire de 900 MW, le débit d'eau est de 41 m<sup>3</sup>/s, l'échauffement de l'eau de 10,8°C. Par kWh de production, le volume prélevé est de 164 L et l'évaporation de 1,55 L.
  - En circuit fermé, l'eau après utilisation est refroidie dans des réfrigérants atmosphériques puis recyclée. La chaleur est évacuée à 20 % par échauffement de l'air et à 80 % sous forme de chaleur latente d'évaporation. Un débit d'appoint reste nécessaire, il est de 0,3 à 8 m<sup>3</sup>/s. Pour une centrale nucléaire de 900 MW, le prélèvement moyen est de 3 L/kWh, l'évaporation de 2,1 L/kWh.
- Usage agricole : l'agriculture mondiale irrigue 310 millions d'hectares sur un total de 1,5 milliard de terres cultivées. En France, de 1970 à 2010, la surface irriguée est passée de 539 000 ha à 1,6 million d'hectares sur un total de 29,2 millions d'hectares.

Répartition des cultures irriguées, en France, en 2010 :

Maïs	41 %	Cultures fourragères	11 %
Céréales et protéagineux	24 %	Pommes de terre et betteraves	7 %
Légumes, fruits, vignes	15 %		

Source : Centre d'Information sur l'Eau

La production d'un kg de blé nécessite 1 000 L d'eau, celle d'un kg de bœuf : 13 000 L.

### **POLLUTION DE L'EAU :**

L'eau est rarement chimiquement pure. Celle-ci est définie par rapport à la résistivité théorique de l'eau ultra pure : 18,2 mégaohm.cm à 25°C. A part ce cas exceptionnel, l'eau contient toujours des ions en solution. On parle de pollution de l'eau lorsque celle-ci renferme des substances dont les teneurs sont telles que cette eau présente des risques pour la santé ou l'environnement.

4 des 5 maladies les plus répandues dans le Tiers Monde sont transmises par l'eau : le choléra, la typhoïde, l'hépatite B, les gastro-entérites. Dans le monde, on estime que la mauvaise qualité de l'eau serait à l'origine de la mort de 25 millions de personnes par an. Chaque jour, dans le monde, 3 900 enfants meurent de maladies transmises par l'eau.

**Types de pollution générale :** on distingue la pollution due aux :

- **Microorganismes pathogènes :** bactéries, virus, parasites...

- **Matières minérales en suspension (MES) :** sables, argiles, faciles à traiter et éliminer. En France, les teneurs varient de 30 à 40 mg/L pour les eaux de surface d'une région granitique (Auvergne, Bretagne), à 300 à 500 mg/L pour de nombreuses eaux souterraines. Le taux record est atteint, en Chine, par le Fleuve jaune : 20 g/L.

- **Matières organiques oxydables :** provenant de la nature, de l'agriculture, des industries, des déchets animaux et humains... Les substances organiques naturelles représentent 60 à 90 % de ces matières organiques. Cette pollution est mesurée par la potentialité de consommation de [dioxygène](#). Une eau "pure" contient 10 mg de O<sub>2</sub>/L à 10°C et 8 mg/L à 20°C. Dans une eau polluée par des matières organiques, la teneur en dioxygène sera plus faible. On utilise pour mesurer cette pollution :

- la D.B.O<sub>5</sub> : demande biochimique en O<sub>2</sub> à 20°C en 5 jours, soit la quantité de O<sub>2</sub> consommée à 20°C en 5 jours : méthode longue et peu précise.

- la D.C.O. : demande chimique en O<sub>2</sub>. D'après la norme française NF T 90-101 d'octobre 1988 (équivalente à la norme internationale ISO 6060 de 1986), c'est la concentration, exprimée en mg de O<sub>2</sub>/L, équivalente à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension (1 mole de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> équivaut à 1,5 mole de O<sub>2</sub>)

- Ions en solution à des teneurs trop élevées : nitrates, phosphates, métaux...

- Matières toxiques : souvent due à des causes accidentelles. Cette pollution impose la présence de stations d'alerte situées en amont des prélèvements dans les rivières.

**Qualité des eaux** : jusqu'en 1999, la qualité des cours d'eau était évaluée, en France, à partir d'une grille qui associait 5 classes de qualité (1A, 1B, 2, 3, hors classe) en fonction de valeurs seuils des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2000, le SEQ-Eau (Systeme d'Évaluation de la Qualité de l'Eau) remplace l'ancien système d'évaluation. La qualité de l'eau est décrite pour chacune des altérations (matières organiques et oxydables, matières azotées, nitrates, matières phosphorées, particules en suspension, micro-organismes...) à l'aide :

- de 5 classes de qualité allant du bleu pour la meilleure, au rouge pour la pire,
- d'un indice variant en continu de 0 (le pire) à 100 (le meilleur).

L'indice de qualité permet de juger de l'évolution de la qualité de l'eau à l'intérieur d'une même classe. C'est donc une évaluation beaucoup plus précise que celle utilisée auparavant.

Classe	Indice de qualité	Définition de la classe de qualité
Bleu	80 à 100	Eau de très bonne qualité
Vert	60 à 79	Eau de bonne qualité
Jaune	40 à 59	Eau de qualité moyenne
Orange	20 à 39	Eau de mauvaise qualité
Rouge	0 à 19	Eau de très mauvaise qualité

Source : MEDD & Agences de l'eau

Classes d'aptitudes de l'eau :

	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Biologie	Tous taxons présents	Taxons sensibles absents	Taxons absents nombreux	Diversité faible	Diversité très faible
Eau potable	Acceptable	Traitement simple	Traitement classique	Traitement complexe	Inapte
Loisirs	Optimal	-	Acceptable	-	Inapte
Irrigation	Plantes très sensibles/tous sols	Plantes sensibles/tous sols	Plantes tolérantes, sols alcalins/neutres	Plantes très tolérantes, sols alcalins/neutres	Inapte
Abreuvement	Tous animaux	-	Animaux matures	-	Inapte

Source : MEDD & Agences de l'eau

Classes de qualité pour 3 altérations :

Classe de qualité	bleu	vert	jaune	orange	rouge
Indice de qualité	100-80	79-60	59-40	39-20	19-0
Oxygène dissous (mg/L)	8	6	4	3	-

DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	3	6	10	25	-
DCO (mg/L)	20	30	40	80	-
KMnO <sub>4</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	3	5	8	10	-
COD (mg/L C)	5	7	10	12	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L NH <sub>4</sub> )	0,5	1,5	2,8	4	-
NKJ (mg/L N)	1	2	4	6	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L NO <sub>3</sub> )	2	10	25	50	-
Phosphore total (mg/L)	0,05	0,2	0,5	1	-
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L PO <sub>4</sub> )	0,1	0,5	1	2	-

Source : MEDD & Agences de l'eau

### Normes françaises pour l'eau potable :

Les exigences de qualité en vigueur en France sont fixées par arrêté du Ministère de la Santé (arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7, R. 1321-38 du code de la santé publique). Elles ont été établies en application de la réglementation européenne (directive 98/83/CE) et complétées à la demande du CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique) et de l'Afssa (Agence Française de Sécurité Sanitaire).

**Pollution par les ions nitrates** : due, en dehors des phénomènes naturels, principalement au lessivage des engrais azotés utilisés en agriculture et aux déjections animales (lisier) des élevages industriels.

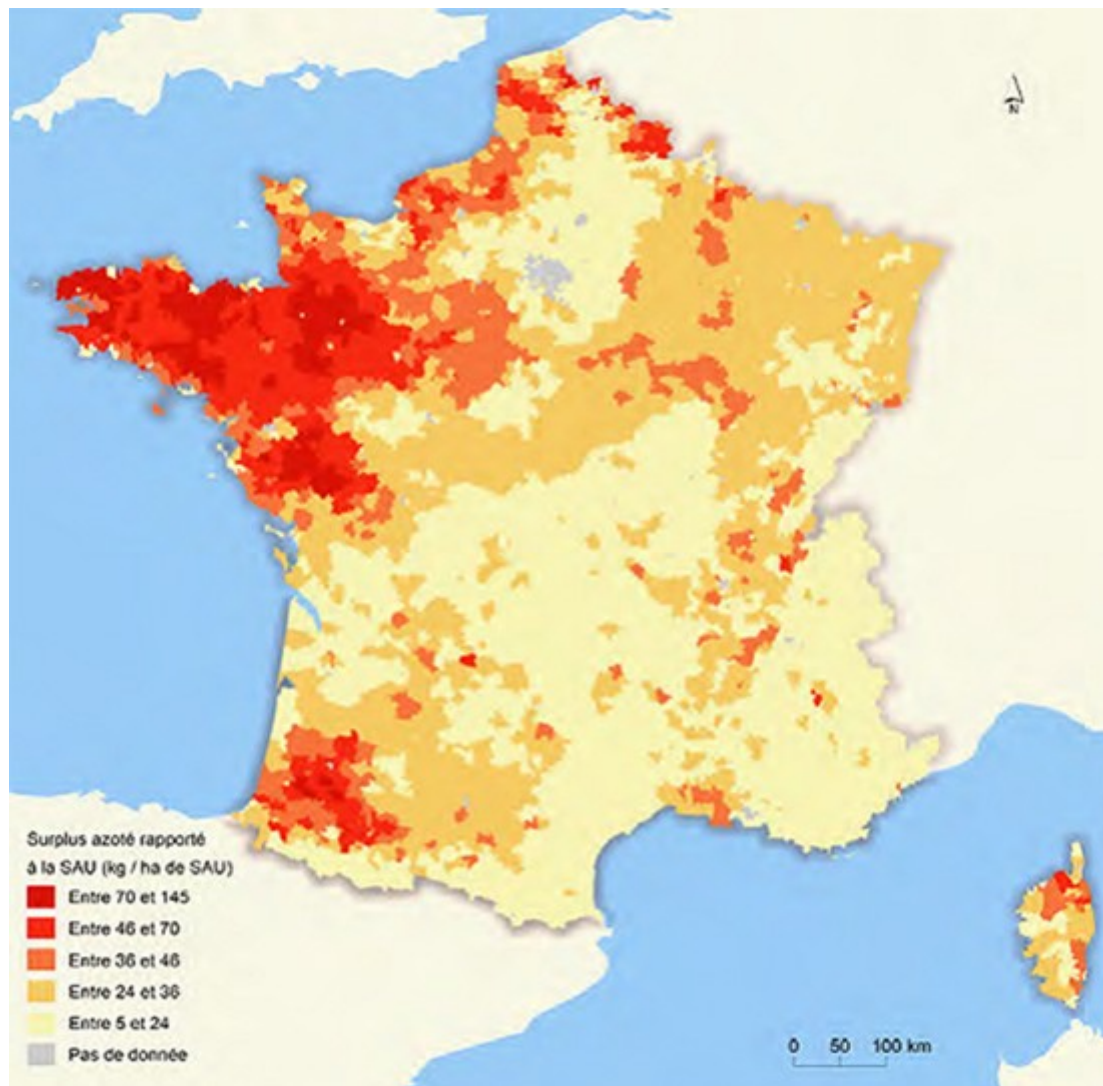
En 2010-11, en France, les apports d'azote proviennent, sur un total de 4,46 millions de t d'azote, à :

- 46 % des engrais minéraux,
- 39 % des effluents d'élevage,
- 8 % de l'azote capté par les légumineuses,
- 7 % des retombées d'azote atmosphérique.

Seuls 3,19 millions de t ont été assimilés par les cultures, 0,61 million de t étant perdus par volatilisation dans l'atmosphère.

Il reste donc un surplus de 0,66 million de t qui est évacué par les eaux de surface ou qui s'infiltré dans les eaux souterraines.

- Carte de France des surplus de la fertilisation azotée, en 2010, source : SOeS, 2013 :



La concentration maximale admissible (CMA) en ions nitrates des eaux destinées à la consommation humaine est de 50 mg/L. Une eau contenant plus de 100 mg/L ne doit pas être consommée, entre 50 et 100 mg/L elle ne doit être consommée ni par les femmes enceintes ni par les nourrissons de moins de 6 mois (risques de méthémoglobinémie : accumulation dans les globules rouges d'une hémoglobine inapte au transport du [dioxygène](#) de l'air). La CMA est dépassée dans de nombreuses régions européennes (Royaume-Uni, Pays-Bas, Allemagne, centre, ouest et nord de la France).

- Teneurs en ions nitrate dans les rivières de l'Union européenne, de 1993 à 2012 : [carte de l'Agence Européenne de l'Environnement](#).

- Teneurs en ions nitrate dans les ressources souterraines de l'Union européenne, de 2000 à 2013 : [carte de l'Agence Européenne de l'Environnement](#).

La solution souvent adoptée pour diminuer la teneur en ions nitrate des eaux consommées consiste à mélanger des eaux à teneur élevée avec des eaux à plus faible teneur afin de rester à une valeur proche de 25 mg/L (valeur guide).

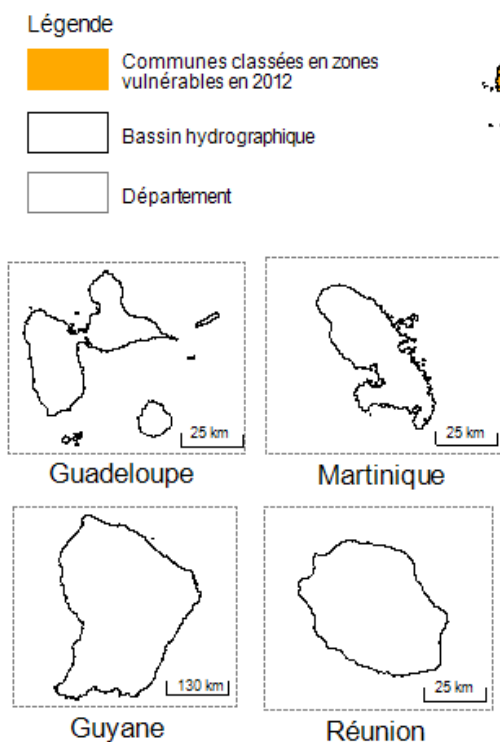
En France, des zones vulnérables à la pollution par les ions nitrate ont été définies en application de la directive nitrate CE/91/676 du 12 décembre 1991. Elles sont représentées, pour 2012, sur la carte ci-dessous.



## Pollution par les ions nitrate, en France

### - DIRECTIVE NITRATES - 5ième délimitation

#### Zones vulnérables 2012



Source des données : Ministère de l'Ecologie  
Date de création : Janvier 2013  
Créateur : OIEau  
Editeur : MEDDE

**Pollution par les ions phosphates** : les ions phosphate, avec l'azote, agissent comme engrais et entraînent l'eutrophisation des lacs et rivières qui se traduit par une prolifération anormale d'algues (cyanophycées). L'eau est appauvrie en O<sub>2</sub> dissous ce qui empêche toute autre vie animale ou végétale.

L'utilisation des phosphates dans les détergents domestiques pour textiles est interdite, en France, depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2007, mais ceux-ci continuent à être employés dans les détergents industriels pour textiles et les détergents pour lave-vaisselle.

Avant leur interdiction, la quantité utilisée, en France était de 20 000 t/an pour les détergents domestiques pour textiles, elle est du même ordre pour les détergents industriels et pour lave-vaisselle.



- Teneurs en ions phosphate dans les rivières de l'Union européenne, de 1993 à 2013 : [carte de l'Agence Européenne de l'Environnement](#).

Exemple du lac Léman d'une superficie de 582,4 km<sup>2</sup>, avec une profondeur moyenne de 152,7 m, un volume d'eau de 89 milliards de m<sup>3</sup> et un temps de séjour des eaux de 11,3 ans. Il assure l'alimentation en eau potable de plus de 800 000 personnes.

- En 1960 a été créée la [Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman](#) (CIPEL)

- En 1967 a été détectée l'apparition d'algues brunes *Oscillatoria rubescens*.

- En 1975, début de la mise en place de la déphosphatation dans les [stations d'épuration des eaux usées](#). Actuellement, 95 % des eaux usées traitées en station sont déphosphatées. Le rendement de déphosphatation est, en moyenne, de 90 %, en 2014. En 1986, suppression, en Suisse, des phosphates dans les lessives pour textiles ce qui a permis de réduire chaque année d'environ de moitié les apports de phosphore au lac. En France, cette interdiction date de juillet 2007.

- Évolution de la teneur en phosphore (en  $\mu\text{g}$  de P/L) : avant 1960 : 10, en 1979 (maximum) : 90, en 1992 : 50, en 2003 : 33, en 2014 : 20. L'objectif visé est une concentration inférieure à 15  $\mu\text{g/L}$ .

- Bilan, en moyenne 2009-2011, des rejets de phosphore biodisponible dans le lac Léman, en t de P/an :

Rejets de stations d'épuration	83	Dépôts naturel	134
Rejets domestiques non raccordés ou autonomes	19	Rejets agricoles	35
Déversements de réseaux	37		

Source : CIPEL

Dans les bassins versants du lac Léman, le flux total de phosphore biodisponible issu des activités industrielles et domestiques est, en 2014, de 828 t de P/an, les stations d'épuration en retiennent 746 t.

**Pollution par les pesticides** (herbicides, insecticides et fongicides) :

L'agriculture consomme environ 500 substances actives dans plus de 8 000 produits commercialisés.

Les eaux superficielles ou souterraines destinées à la production d'eau potable doivent posséder, pour ne pas nécessiter de traitement spécifique pour les pesticides, des teneurs inférieures à 0,1  $\mu\text{g/L}$  par pesticide ([à l'exception de l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et de l'heptachloroépoxyde pour lesquels la teneur maximale est de 0,03  \$\mu\text{g/L}\$](#) ) et de 0,5  $\mu\text{g/L}$  pour la somme de tous les pesticides. Lorsque les teneurs sont comprises entre 0,1 et 2  $\mu\text{g/L}$  par pesticide et de 0,5 à 5  $\mu\text{g/L}$  pour la somme des pesticides, des traitements spécifiques sont nécessaires et au-dessus 2  $\mu\text{g/L}$ , l'eau ne permet plus la production d'eau potable sauf dérogation. En 2013, en France, 670 molécules ont été recherchées dans les eaux superficielles.

Les teneurs des eaux de rivière en ces divers pesticides varient fortement au cours de l'année en fonction des traitements agricoles. L'atrazine, désherbant sélectif utilisé dans la culture du maïs, était, jusqu'à son interdiction en 2003, l'un des principaux pesticides polluant des eaux superficielles et souterraines. Il présentait l'inconvénient de ne pas pouvoir être facilement éliminé par les traitements classiques. En 2013, pour les eaux superficielles de France métropolitaine, les principaux pesticides dégradant la qualité des eaux sont principalement des herbicides avec en ordre

décroissant : l'AMPA (acide aminométhylphosphonique, métabolite du glyphosate), le glyphosate, l'atrazine déséthyl (métabolite de l'atrazine), la 2-hydroxyatrazine (métabolite de l'atrazine), le métolachlore (interdit en France depuis 2003), le S-métolachlore... Pour les eaux souterraines : l'atrazine déséthyl (métabolite de l'atrazine), l'atrazine, le déisopropyl-déséthyl-atrazine (métabolite de l'atrazine)...

Dans les cours d'eau des Départements d'Outre-Mer, les insecticides arrivent en tête, avec le chlordécone (interdit depuis 1993), l'hydrochlordécone (métabolite du chlordécone), ...

En 2013, en France, 92 % des points de mesures ont montré la présence d'au moins un pesticide dans les eaux superficielles et 70 % pour les eaux souterraines.

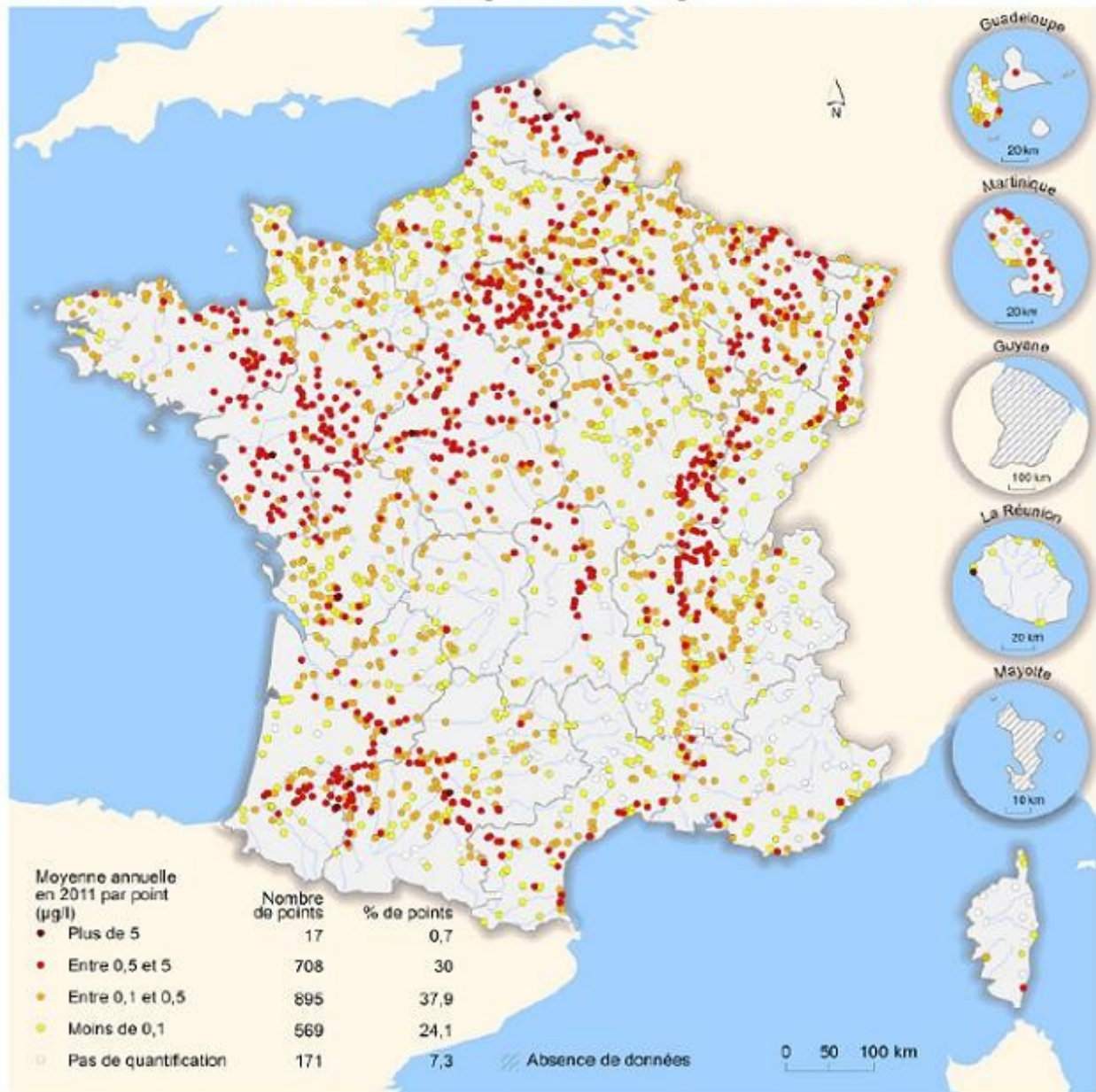
Répartition des concentrations (c) en pesticides en fonction des teneurs, en µg/L, en 2007-09, en France :

	$c < 0,1$	$0,1 < c < 0,5$	$0,5 < c < 5$	$c > 5$
Cours d'eau de métropole	47,8 %	31 %	20,5 %	0,9 %
Eaux souterraines de métropole	73,2 %	22,6 %	4,2 %	0,05 %
Plans d'eau de métropole	62,8 %	26,1 %	11,1 %	0 %
Cours d'eau des DOM	73 %	9,5 %	16,8 %	0,7 %
Eaux souterraines des DOM	64,8 %	21,3 %	10,6 %	3,3 %

Source : Commissariat Général au Développement Durable, Observation et Statistiques, n°54 , octobre 2011.

- Teneurs totales en pesticides, en France, dans les cours d'eau, en moyenne sur 2007-2009, document du Commissariat Général au Développement Durable, Observation et Statistiques, n°54 , octobre 2011.

# Concentration totale moyenne en pesticides en 2011



**Pollution microbiologique** : contamination des eaux par des microorganismes pathogènes (bactérie, virus, parasites), susceptibles de provoquer des cas isolés de gastro-entérites voire une situation épidémique. La stratégie de contrôle de la qualité microbiologique des eaux est basée sur la recherche de "germes témoins de contamination fécale", faciles à détecter, non directement pathogènes mais dont la présence laisse supposer l'existence de microorganismes pathogènes pour l'homme. Il s'agit des deux indicateurs suivants : *Escherichia coli* et les entérocoques. Une eau est dite conforme aux limites de qualité microbiologique lorsqu'il y a absence d'*Escherichia coli* et d'entérocoques dans un échantillon de 100 mL d'eau. A l'échelon national, en part de population desservie, le taux de conformité microbiologique a progressé de 80 % en octobre 1991, à 86 % en octobre 1998, à 94,2 % en octobre 2002 et 96,7 % en 2012.

## ASSAINISSEMENT DES EAUX USEES :

La pollution des eaux usées est définie par un indicateur synthétique de matières organiques : l'équivalent habitant (Eh) qui correspond à 57 g de matière organique. En France, en 2014, la production d'eaux usées correspond à 78 millions d'Eh.

Une station d'assainissement produit, en moyenne, par jour et par habitant, 2,8 L de boue à 20 g/L de matière sèche soit, par an, en France 3 millions de t de boue qui ont donné, en 2008, 1 million de t de matière sèche qui à 47 % a été valorisée en agriculture, 26 % compostée, 19 % incinérée et 8 % placée en décharge. En 2013, le réseau collectif d'eaux usées et pluviales qui couvre 392 000 km a traité 5,8 milliards de m<sup>3</sup> d'eaux usées dans **19 688 stations avec une capacité de 102 millions d'équivalents habitants (Eh)**.

- [Carte de situation des stations françaises de traitement des eaux usées, fin 2014.](#)

- En France, en 2008, 82 % de la population est reliée à un réseau collectif, 17 % un réseau individuel et 1 % déversent directement leurs eaux usées dans la nature.

- Dans le monde, par an, on estime que 450 km<sup>3</sup> d'eaux usées sont déversés dans des cours d'eau sans avoir été épurés.

Élimination des composés azotés : à l'aide de procédés biologiques.

Les eaux usées contiennent de 30 à 50 mg de N/L principalement sous forme d'ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, qui peuvent être liés chimiquement, par exemple dans les protéines, ainsi que sous forme d'ions NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Une première phase de [nitrification](#) transforme NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> à l'aide de bactéries nitrifiantes, en présence de [O<sub>2</sub>](#). Une deuxième phase de dénitrification est effectuée en absence de O<sub>2</sub>. Dans ces conditions (anoxie) une partie des micro-organismes présents dans les boues est capable de modifier son mode de respiration : au lieu d'utiliser O<sub>2</sub> dissous, ces micro-organismes consomment l'oxygène des nitrates et donnent du [diazote](#).

Élimination du phosphore, présent sous forme d'ions phosphates : 2 voies.

- Physico-chimique : par précipitation à l'aide de [chlorure ferrique](#), de [sulfate d'aluminium](#) ou de [chaux](#). Le taux d'élimination est supérieur à 90 %.

- Biologique : en créant un dérèglement du métabolisme intracellulaire des bactéries à l'aide d'un stress par privation de O<sub>2</sub>. Les bactéries ainsi tressées sont capables de renforcer fortement leur capacité d'absorption du phosphore. Le traitement a lieu en 3 phases : anaérobie (phase de stress), anoxie (absence de O<sub>2</sub>, présence de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), aérobie. Le taux d'élimination est compris entre 40 et 92 %. En général, les 2 voies sont associées, le traitement biologique permettant de diminuer la consommation de réactifs chimiques et la production de boues résultant de ce traitement.