

EAU 1993

RESSOURCES EN EAU : en millions de km³, 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 km² de superficie et de 1 637 m de profondeur maximale renferme 23 000 km³ d'eau douce soit environ 1/10 de l'eau douce de surface.

Cycle de l'eau : en milliers de km³, par an, dans le monde :

Évaporation des océans	361-425	Précipitation sur les océans	324-385
Évaporation des eaux terrestres	62-71	Précipitations sur les terres	99-120
Eaux d'écoulement des continents vers les océans	37-40		

Situation française : en milliards de m³ en année moyenne (voir schéma).

- Précipitations : 440 soit 800 mm.
- Alimentation des rivières : 70 et des nappes : 100 à 110.
- La nappe alluviale d'Alsace est la plus importante d'Europe, surface : 2 800 km², réserves : 50 milliards de m³ d'eau.
- Le stock d'eau dans les lacs est de 43,4 milliards de m³ dont 89 % correspondent à la partie française du lac Léman. La France possède 270 000 km de cours d'eau.

Eaux minérales et de sources : en millions de litres en 1992.

- Production d'eau minérale et () consommation d'eau minérale, en litres par habitant : Europe : 23 000. En 1983, la production avait été de 11 milliards de litres.

Italie	6 500 (116)	Belgique	700 (105)
Allemagne	6 315 (93)	Autriche	599 (76)
France	5 300 (80)	Suisse	455 (76)

Espagne	1 825 (44)	Royaume-Uni	340 (10)
---------	----------------	-------------	--------------

- En France : en 1992, en millions de l.
- Production d'eaux minérales : 5 300 (2 900 en 1980) dont 25 % à l'exportation.
- Production d'eaux de sources : 1 200 dans environ 50 exploitations.
- Consommation : eaux minérales plates : 3 200, gazeuses : 800, eaux de sources : 1 200.
- Chiffre d'affaires : 13 milliards de F, effectif : 30 000 personnes.
- Sur les 9,6 milliards de F réalisés en France : 57 % dans les eaux minérales plates, 29 % dans les eaux gazeuses, 13 % dans les eaux de source.
- Parts de marché des principales marques : Evian : 9,7 %, Perrier : 8,9 %, Contrexéville : 8,5 %, Badoit : 8 %, Volvic : 7,8 %, Vittel : 7,5 %, St Yorre : 4,4 %.
- Principaux producteurs d'eaux minérales : en parts de marché et marques :
- Nestlé (environ 35 %) : Vittel, Contrexéville, Perrier...
- Danone (environ 35 %) : Evian, Volvic, Badoit..., n°2 mondial, n°1 européen, 3 milliards de l d'eau minérale en bouteille (2/3 plate, 1/3 gazeuse) dans 8 usines. Chiffre d'affaire (1992) : 6 milliards de F, 3 256 personnes.
- Castel (15 %) : St Yorre, Vichy Célestin, Thonon..., acheté en février 1993 au groupe Nestlé.
- Le prix des eaux minérales est en moyenne de plus de 300 fois celui de l'eau du robinet.

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

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

Utilisé principalement dans les pays désertiques de la péninsule arabe : 70 % des besoins en eau des pays du Golfe proviennent d'une quarantaine d'usines de dessalement d'eau de mer qui fournissent 4 milliards de m³/jour dont près de la moitié en Arabie Saoudite. L'eau de mer (35 à 50 g de sel/l) est plutôt distillée, alors que les eaux saumâtres (1 à 10 g/l) sont traitées par osmose inverse. Les procédés par distillation représentent 70 % des capacités installées, l'osmose inverse 25 % et l'électrodialyse 5 %.

Traitements classiques d'une eau de rivière : exemple de l'usine de traitement de Morsang-sur-Seine qui produit 225 000 m³/jour dans 3 unités en parallèle. La plus importante station de traitement d'eau potable en France est celle de Choisy le Roi : 800 000 m³/jour (2 500 000 m³/jour à Los Angeles, États-Unis).

Prélèvement d'eau brute de Seine : 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 cancérigènes. Il est préférable d'effectuer la chloration après élimination de l'ammoniac et des matières organiques.

Coagulation-floculation-décantation :

Problème : les particules de taille inférieure à quelques mm sont chargées négativement et sont en suspension stable.

- Coagulation : neutralisation des charges négatives par Al^{3+} (solution de $Al_2(SO_4)_3$) qui précipite en $Al(OH)_3$ à la surface des particules : 3 à 17 g Al_2O_3 / m^3 .
- Floculation : grossissement des particules par agglomération à l'aide d'un polymère (polyacrylamide anionique).
- Décantation : l'eau traverse par percolation une masse de boue constituée par les particules déjà séparées.

Traitements complémentaires :

- Filtration sur sable : élimination des derniers floccs : 1 m d'épaisseur de sable, vitesse de filtration : 13 m/h.
- Ozonation : l'ozone est le désinfectant le plus efficace, O_3 résiduel : 0,4 mg/l, contact avec l'eau : 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_3 /h et la concentration en O_3 atteindre 10 % dans le dioxygène. La consommation d'énergie varie, pour une t d'ozone, de 2 kWh dans l'air à 8 kWh dans le dioxygène.
- Filtration sur charbon actif : adsorbe les matières organiques solubles et permet l'élimination des goûts, pesticides, hydrocarbures, détergents; épaisseur : 1,30 m, vitesse : selon la filière, 7 à 10 volumes d'eau traversent 1 volume de charbon en 1 h.
- Désinfection finale par Cl_2 : le Cl_2 résiduel a une teneur de 0,10 mg/l.
- Correction de pH à l'aide d'une solution de NaOH ou de H_2SO_4 pour éviter les problèmes liés au CO_2 dissous dans l'eau et obtenir ainsi une eau ni agressive, ni incrustante.

Contrôle de la qualité de l'eau traitée :

- Station d'analyse en continu et d'alerte située à Nandy, à 5 km en amont de la prise d'eau : suivi en continu de 18 paramètres : pH, résistivité, température, turbidité,

dioxygène dissous, NH₃, radioactivité b, C.O.T., hydrocarbures, absorption UV à 254 nm, 6 métaux lourds, toxicité globale par test poisson (ichtyotest).

- Contrôle en continu du process : turbidité, pH, dose réactifs, ozone et dichlore résiduels.

- Analyse quotidienne à chaque étape du traitement et au refoulement.

Traitement des eaux à l'aide de membranes : par ultrafiltration (pores de 3 à 10 nm) ou par nanofiltration (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 surfaces :

- par nanofiltration, par la CGE, à Méry-sur-Oise : mise en route, en 1992 d'une usine prototype de 2 800 m³/jour pour alimenter le réseau d'Auvers-sur-Oise (95), 6 000 habitants. L'eau ainsi purifiée ne nécessite pas l'ajout de dichlore lors de sa distribution.

- par ultrafiltration, par la Lyonnaise des Eaux, à Anglet (64), 5 000 m³/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 m² de surface filtrante.

DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE :

- En France : 5 milliards de m³ par an, longueur totale du réseau : 558 000 km. 43 % de la distribution provient d'eau de source, 43 % d'eau de forages et 14 % d'eau de surface. 31 166 points de prise d'eau dont 30 106 d'eau souterraine. Effectif employé : environ 40 000 personnes.

- **A Paris** : 1 million m³/jour soit 250 l/habitant/jour, pour une capacité installée de 1,4 million de m³ et un réseau de distribution de 1 800 km. 60 % de la distribution provient d'eau de sources (120 sources) et de forages, d'origines diverses, amenée à l'aide de 4 aqueducs de longueur totale : 600 km. La source la plus éloignée (156 km) est située à Armentière (89). 40 % de la distribution provient d'eau de surface de la Seine et de la Marne traitée à Ivry (100 000 m³/jour), Orly (300 000 m³/j) et Saint Maur (210 000 m³/j).

- **En Île de France** : 4,5 millions de m³ de capacité journalière de production (75 % d'eau de surface), 18 594 km de réseau, 2 266 000 m³ de volume de réservoirs.

- **Sociétés distribuant l'eau potable en France** : répartition du marché, en 1993.

	dans l'alimentation en eau potable	assainissement
Régies communales	25 %	65 %

C G E	38,6 %	16,4 %
Lyonnaise des Eaux	20,9 %	11,6 %
Saur (Bouygues)	9,4 %	3,5 %
Cise (Saint Gobain)	5,7 %	

- Compagnie Générale des Eaux : en 1992, 2 250 filiales consolidées.
 - Chiffre d'affaires : 143 milliards de F, dont 27 % à l'étranger.
 - Effectif : 198 813 personnes dont 135 000 en France.
 - Répartition du chiffre d'affaires : BTP : 29,7 %, Eau : 25,3 %, Énergie : 22,6 %, Immobilier : 9,5 %, Propreté : 6,2 %, Santé : 2,6 %, Communication : 1,7 %.
 - Principales filiales : BTP, Immobilier : Société Générale d'Entreprise (SOGEA), Campenon Bernard, Fougerolle, Saunier Duval, SARI, Phénix; Travaux d'hydraulique : Sade, OTV; Énergie : Compagnie Générale de Chauffage, Montenay; Communication : 20,7 % de Canal Plus, 26 % d'UGC; 20 % de Decaux, 16 % du Parc Astérix.
 - Secteur eau et hydraulique : chiffre d'affaires : 36 milliards de F, avec un effectif de 38 400 personnes.
- 1 975 millions de m³ livré à 25 millions d'habitants en France, 353 millions de m³ livré à 3,12 millions d'habitants en Grande-Bretagne. En France, traitement des eaux usées de 17,9 millions d'habitants.

- Lyonnaise des Eaux - Dumez : en 1992.
- Chiffre d'affaires : 90,4 milliards de F, dont 43 % à l'étranger.
- Effectif : 127 552 personnes.
- Répartition du chiffre d'affaires : BTP : 29,6 %, Eau : 19,3 %, Routes : 9,8 %, Énergie : 8,2 %, propreté : 5,4 %.
- Principales filiales : BTP : Dumez, Jean Lefevre, GTM-Entrepose; Services : Pompes Funèbres Générales, Sita; Eau : Dégrémont; autres activités dans : le câble, la télévision (participation de 25 % dans M6), le golf, le chauffage urbain, les résidences pour personnes âgées, United Westburne (distribution de matériel électrique et de plomberie en Amérique du Nord).
- Secteur Eau : chiffre d'affaires : 17,4 milliards de F (2/3 distribution, 1/3 dépollution). Livraison d'eau dans l'Union Européenne à 28 millions d'habitants dont 14 millions en France, 10 millions en Espagne, 3 millions en Angleterre, 2 millions aux États-Unis. Assainissement des eaux de 5,5 millions de français. Achat, en janvier 1991, de 88,7 % de la 5ème société française de distribution d'eau : la SDEI.

UTILISATIONS :

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.

- Consommation domestique par jour et par habitant :

États-Unis	630 l	France	200 l
Royaume-Uni	260 l	Allemagne	196 l
Suède	210 l	Inde	60 l

- En France, la consommation d'eau potable, de 5 milliards de m³/an a été multipliée par 4,5 entre 1967 et 1987.

- Seulement de l'ordre de 2 % de l'eau potable est consommé comme aliment.

- Utilisations domestiques de l'eau potable en France :

Bains, douches	39 %	Voiture, jardin	6 %
Sanitaires	20 %	Préparation aliments	6 %
Lavage linge	12 %	Boisson	1 %
Lavage vaisselle	10 %		

Usages industriels :

- En France, les prélèvements globaux d'eau sont d'environ 37 milliards de m³ dont 8 milliards sont effectivement consommés.

- Secteurs d'utilisations : en France, des prélèvements et () des consommations :

EDF	46 % (19 %)	Canaux, mines	13 % (33 %)
Industrie	16 % (3 %)	Agriculture	12 % (37 %)
Ménages	13 % (9 %)		

- 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.

- Source d'énergie hydroélectrique : en France en 1993 :

- Production : 68 TWh d'origine hydroélectrique (sur une production totale de 451 TWh), réalisée à 72 % dans les Alpes, 17 % le centre, 11 % les Pyrénées.

- Installations hydroélectriques et productivité annuelle moyenne en TWh :

Fil de l'eau	37,7	Eclusée	14
Lacs	17,8	Pompage	1,2

- Exploitants des installations hydroélectriques : productivité et nombre d'usines :

- EDF : 61 TWh dans 413 usines.

- Compagnie Nationale du Rhône : 16,3 TWh dans 25 usines.
- Autres producteurs importants (SNCF, industries) : 5 TWh dans 253 usines.
- Usines de moins de 4,5 kW : 1,7 TWh dans 1135 usines.
- 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 m³/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 m³/s. Pour une centrale nucléaire de 900 MW, le prélèvement moyen est de 3 l/kWh, l'évaporation de 2,1 l/kWh.
- L'agriculture mondiale irrigue 3 millions de km², 1,15 millions d'hectares en France en 1988, dont 48 % pour la culture du maïs. En France, de 1975 à 1988, l'accroissement des surfaces irriguées a été de 43 %.

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 ces cas exceptionnels, 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.

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.

Types de pollution générale : On distingue la pollution due aux :

- 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 O₂/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 chiffrer cette pollution :

- la.D.B.O5 : demande biochimique en O₂ à 20°C en 5 jours, soit la quantité de O₂ consommée à 20°C en 5 jours : méthode longue et peu précise.
- la D.C.O. : demande chimique en O₂. 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 O₂/l , équivalente à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension (1 mole de Cr₂O₇²⁻ équivaut à 1,5 mole de O₂).
- 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.

Contributions à pollution : en France, par les grands secteurs d'activité, en 1987 :

- Pollution organique des eaux :

Industries agro-alimentaires	45,6 %	Industries du bois, papiers	8,9 %
Industries textiles	16,4 %	Industries chimiques	8,7 %
Industries des métaux	12,9 %		

- Pollution toxique des eaux :

Industries chimiques	52,3 %	Cuirs et peaux	1,0 %
Industries des métaux	39,9 %	Bois, papiers, cartons	0,9 %
Industries textiles	4,4 %	Industries extractives	0,5 %

Qualité des eaux : donnée de façon globale par classes : la hors classe, non représentée dans le tableau ci-dessous correspond à des eaux dépassant les valeurs de la classe 3, qui sont inaptes à la plupart des usages et qui peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

	Tous usages	Potable après traitement	Irrigation, eaux industrielles	Navigation, refroidissement
Classe	1 A	1 B	2	3
O ₂ dissous (mg/l)	7	5-7	3-5	milieu anaérobie
DBO ₅ (mg/l)	< 3	3-5	5-10	10-25

DCO (mg/l)	< 20	20-25	25-40	40-80
% des eaux superficielles françaises en 1988*	24,3 %	29,8 %	33,9 %	9,2 %

*Ces valeurs correspondent aux mesures effectuées par le réseau national de 900 stations de mesure dont 300 permanentes, les 600 autres étant surveillées en réseau tournant par tiers en 3 ans.

Normes françaises pour l'eau potable :

Depuis le 03-01-89, la France a adopté les normes européennes (du 15-07-80) de qualité de l'eau potable qui concernent 65 paramètres.

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. On estime que sur un apport d'engrais de 167 kg d'azote par hectare et par an, 40 kg sont lessivés et alimentent les eaux de surface et les eaux souterraines. En France, sur les 9 millions de t de N apportés par la fertilisation ou produits par la minéralisation (3 millions dans les sols, 4,5 apportés par les engrais et les déjections animales, 1,5 fixé par les légumineuses à partir de l'azote de l'air), seulement 7 millions de t de N sont consommés par les plantes. Le reste, pour l'essentiel, est entraîné dans les cours d'eau et les nappes phréatiques. Sources annuelles d'azote, en France : en millions de t d'azote :

Minéralisation des matières organiques	3,0	Précipitations	1,8
Déjections animales	2,2	Déjections humaines	0,2
Engrais minéraux	2,0	Industries	0,1

La concentration maximale admissible (CMA) en ions nitrates des eaux destinées à la consommation humaine est de 50 mg/l. Un eau contenant plus de 100 mg/l ne doit pas être consommée, entre 50 et 100 mg/l elle ne doit pas être consommée par les femmes enceintes et 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). En France, en 1987, 1,7 million d'habitants étaient alimentés par une eau dont la teneur avait, au moins une fois dans l'année, dépassé 50 mg/l.

Pollution par les ions phosphates : entraîne l'eutrophisation des lacs et rivières qui se traduit par une prolifération anormale d'algues (cyanophycées) due aux apports de phosphates qui agissent comme engrais. L'eau est appauvrie en O₂ dissous ce qui

empêche toute autre vie animale ou végétale. En zone urbaine, l'essentiel de la pollution provient des effluents domestiques et en particulier des lessives (voir le chapitre consacré à l'acide phosphorique et aux lessives).

Rejets de phosphates dans l'eau : estimés en France à 1,2 million de t/an.

- Naturels : érosion des sols : 0,5 à 5 kg/hectare/an.

retombées de poussières atmosphériques : 0,1 à 0,8 kg/hectare/an.

- Domestiques : moins de 4 g/habitant/jour soit 70 à 80 000 t/an.

- métabolisme : 1,5 g/jour.

- produits lessiviels : 2,1 g/jour.

- Industriels : 40 000 t/an.

- Agricoles : 110 000 t/an.

Exemple du lac Léman : superficie : 582,4 km², profondeur moyenne : 152,7 m,

volume d'eau : 89 milliards de m³, temps de séjour des eaux : 11,9 ans.

- Évolution de la teneur en phosphore (en mg/l) : avant 1960 : 10, en 1979

(maximum) : 90, en 1992 : 50. Objectif à atteindre : 20 à 30.

- Apports de phosphore : 600 t/an, provenant :

Rejets des stations d'épuration	24 %	Pertes des réseaux	15 %
Zones naturelles	21 %	Étables, porcheries	10 %
Rejets population non raccordée	18 %	Cultures et pâturages	10 %

- Lutte contre l'eutropisation : en 1975, début de la mise en place de la phosphatation 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 84 %. Une partie de la population n'est pas encore raccordée au réseau de collecte des eaux usées. Au total, 3/4 de la pollution domestique est éliminée. En 1986, suppression, en Suisse, des phosphates dans les lessives pour textiles.

Assainissement des eaux usées :

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, par an, la production d'eaux usées correspond à 150 millions d'Eh soit 55 millions provenant des habitants réels, et 95 millions correspondant à l'activité économique (par exemple, 1 t de papier correspond à 100 à 300 Eh, 1 000 l de bière à 700 à 2 300 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

donnent 600 000 t de matière sèche qui à 40-50 % vont en décharge, à 40-50 % sont répandues en agriculture et à 15 % incinérés.

- En France, seulement 60 % des habitants sont reliés à un réseau d'assainissement, alors que 87 % des allemands de l'ouest sont reliés. Le rendement des stations d'assainissement est de l'ordre des 2/3 de la pollution. En France, en 1990, 10 200 stations soit une capacité de 60 millions de Eh.

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_4^+ , qui peuvent être liés chimiquement, par exemple dans les protéines, ainsi que sous forme d'ions NO_3^- . Une première phase de nitrification transforme NH_4^+ en NO_3^- à l'aide de bactéries nitrifiantes, en présence de O_2 . Une deuxième phase de dénitrification, est effectuée en absence de O_2 . 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_2 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 $> 90 \%$.

- Biologique : en créant un dérèglement du métabolisme intracellulaire des bactéries à l'aide d'un stress par privation de O_2 . 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_2 , présence de NO_3^-), 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.