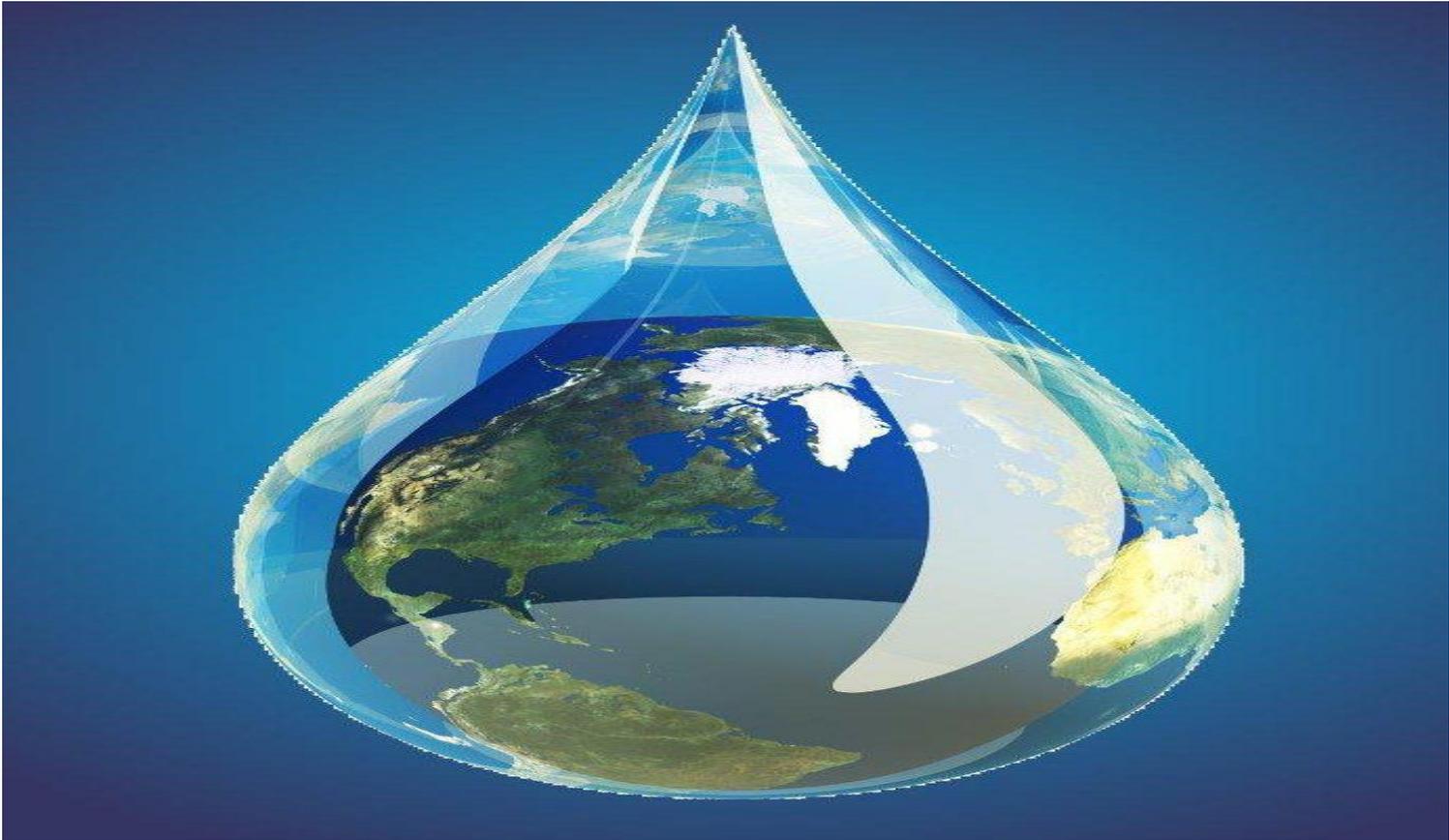


Hygiène et contrôle industriel



Dr, SASSI EL HACHEMI

Définition de l'eau

- L'eau (en latin *aqua*, qui a donné aquatique et en grec *hydros*, qui a donné hydrique, hydrologie) est un élément sous forme **liquide** en conditions standards (température et **pression** ambiante), composé sous sa forme pure de **molécules** qui associent deux **atomes** d'**hydrogène** et un atome d'**oxygène** sous la forme H₂O.
- L'eau, sous sa forme liquide, est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques. Ces êtres vivant peuvent par conséquent être composés jusqu'à 97% d'eau.
- D'un point de vue mécanique, la pression exercée par l'eau, appelée pression hydrostatique, est utilisée par les organismes pour se soutenir, que ce soit dans l'eau (**méduse...**) ou sur **terre** (végétaux).
- D'un point de vue chimique, l'eau dissout la majorité des corps **solides** et facilite ainsi les **réactions chimiques**, donc le **métabolisme**. L'eau est en effet un **solvant** essentiel, parfois qualifié de « solvant universel ».
- C'est d'ailleurs la présence permanente d'eau liquide qui permet de définir la zone habitable circumstellaire où il est possible de découvrir une forme de vie extraterrestre comparable à celle que nous connaissons.

Importance de l'eau pour l'organisme

- L'eau représente 60 % de notre poids, soit 50 litres pour un individu de 70 kg (avec des différences liées au sexe, à l'âge et à la masse grasse). Nos 50.000 milliards de cellules contiennent les deux tiers de l'eau de notre corps. On comprend combien notre organisme en est dépendant.
- Au même titre que l'air, l'eau est un élément primordial à la vie. L'eau est aussi le véhicule des éléments figurés du sang, ainsi que celui de certaines sécrétions (larmes, sucs digestifs). Elle est nécessaire au maintien de la température (sudation) et à l'élimination des déchets solubles (urine). On ne peut s'en priver plus de cinq jours. Une perte de 10 à 15 % peut entraîner la mort.
- L'eau de notre organisme est répartie dans trois compartiments : l'eau intracellulaire, l'eau extracellulaire et le sang. La quantité doit en rester constante ainsi que sa concentration en ions, essentiellement Na⁺ et K⁺

Importance de l'eau pour l'organisme

- L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules H₂O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène).
- Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que
- des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux).

Importance de l'eau pour l'organisme

L'eau, vecteur de maladies

Une eau qui semble claire et limpide peut transporter en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. C'est pourquoi toutes les eaux dans la nature ne sont pas bonnes à boire.

« Nous buvons 90 % de nos maladies », disait Louis Pasteur à la fin du XIXe siècle.

Ainsi, l'eau peut être le vecteur de nombreuses maladies (qu'elles soient bactériennes, virales ou parasitaires), d'intoxications, de troubles sur la santé

Importance de l'eau pour l'organisme

Les types d'eaux destinées à la consommation

- Plusieurs terminologies existent pour désigner un même produit : eau du robinet, eau potable, eau du réseau public, eau distribuée, eau de boisson, eau d'alimentation...
- Les principaux types d'eaux destinées à la consommation humaine sont celles fournies par un réseau de distribution et les eaux en bouteille.
- La définition des eaux destinées à la consommation Humaine « toutes les eaux qui, soit en l'état, soit après traitement, sont destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques, qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion-citerne ou d'un bateau-citerne, en bouteilles ou en conteneurs, y compris les eaux de source

Importance de l'eau pour l'organisme

- Ainsi, l'eau soit distribuée au robinet ou en bouteille, l'eau destinée à la consommation humaine est un aliment, et doit à ce titre :
 - posséder des qualités organoleptiques (goût, couleur, odeur) propre à satisfaire le consommateur,
 - ne pas porter atteinte à la santé.

Importance de l'eau pour l'organisme

L'entrée en eau dans le corps se fait par :

- la boisson (1,5 litre/jour)
- les aliments (0,9 litre/jour)
- l'eau produite par la **combustion** des aliments (0,6 litre/jour)

La sortie en eau de notre organisme se fait par :

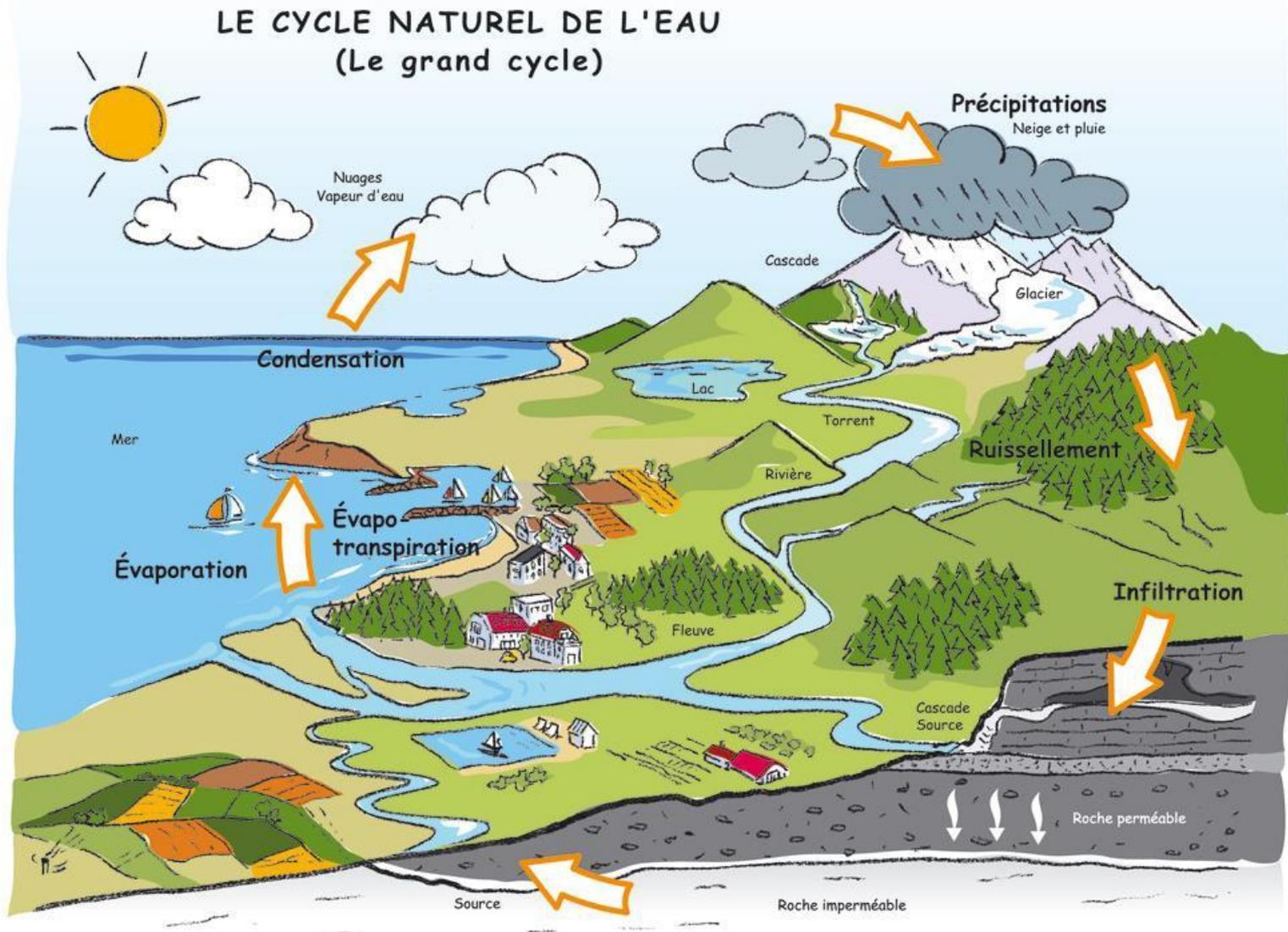
- la respiration (0,5 l/jour)
- la perspiration et transpiration : 0,9 l/jour
- l'urine (1,5 l/jour)
- les selles (0,1l/jour)

Importance de l'eau pour l'organisme

L'utilisation de l'eau par notre organisme se fait par :

- la salive : environ 1 litre par jour
- le suc gastrique : entre 2 et 2,5 litres par jour
- la bile : 0,5 litre par jour
- le suc pancréatique : 0,7 litre par jour
- les sécrétions intestinales : environ 3 litres par jour
- le sang, qui contient environ 3 à 4 l d'eau.
- Le fonctionnement normal du corps conduit à la perte d'environ 2,6 litres par jour. Il convient d'équilibrer ces pertes par des apports équivalents. Les sportifs, du fait de l'augmentation de la transpiration pendant l'effort, perdent davantage d'eau.

Cycle naturel de l'eau



Cycle naturel de l'eau

- Le « cycle de l'eau » définit l'ensemble des mécanismes qui concernent les mouvements d'eau et de renouvellement d'eau sur la Terre. C'est le circuit naturel de l'eau dans ses différents états entre les océans, l'atmosphère et les eaux des continents. C'est un cycle sans fin et continu.
- Sous l'effet du soleil, l'eau des océans et des continents ainsi que l'eau provenant de la transpiration des végétaux s'évapore. On parle d'évapotranspiration.

Cycle naturel de l'eau

- La vapeur d'eau s'accumule alors dans l'atmosphère. L'air chargé de vapeur d'eau se refroidit en fonction de l'altitude. A une certaine altitude, les molécules d'eau sous forme de gaz se transforment en molécules d'eau à l'état liquide (gouttelettes d'eau) : c'est le phénomène de liquéfaction. Ces molécules d'eau liquide sont visibles sous la forme de nuages.
- Les nuages se déplacent sous l'effet du vent. Si le nuage se trouve dans un milieu où les températures sont très froides, les gouttelettes d'eau qui le composent se solidifient et deviennent alors des cristaux de glace.
- L'eau des nuages retombe sur la terre sous forme de précipitations (liquides ou solides). Une partie de l'eau s'enfonce sous la terre pour former les nappes : c'est l'infiltration. Une autre partie ruisselle jusqu'aux océans, est partiellement récupérée par les végétaux ou encore s'évapore.
- Le cycle est ainsi bouclé.

Les ressources et besoin en eau en Algérie

La pluviométrie (200 – 400 mm)

Les barrages 110 (ressources en eau sont faible et localisés dans la bandes côtière), 140 barrages à l'horizon 2030.

Dessalement 14 stations (Chlef, Béjaia, Tlemcen (02), Tizi Ouzou, Alger (02), Jijel, Skikda, Annaba, Mostaganem, Oran (05), Boumerdès, Taref, Tipaza (02), Ain Témouchent.

Les eau souterraines; La nappe Albien, La nappe de mitidja, La nappe de la Saoura

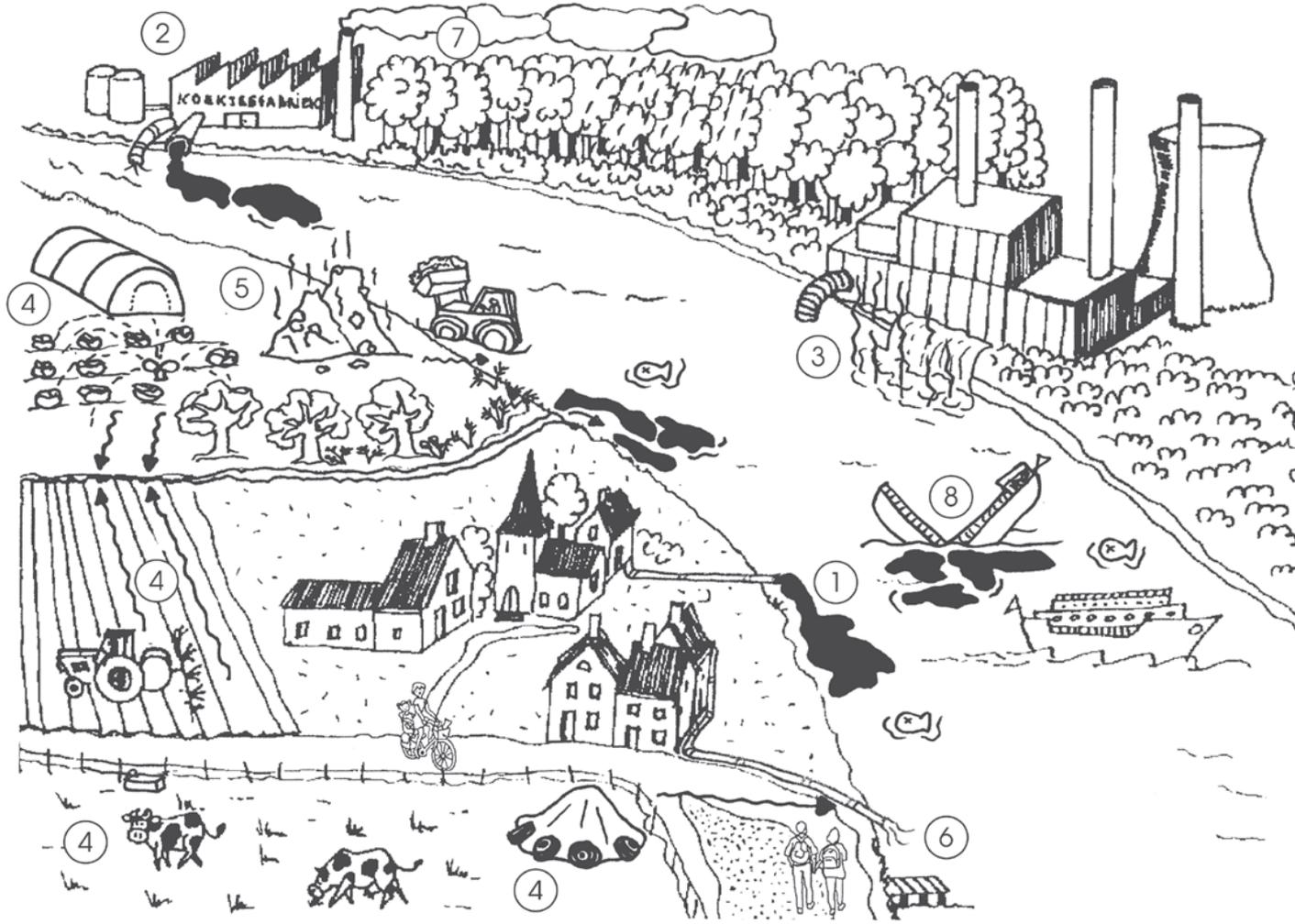
La consommation (2020) 5 Milliards mètre cubes, la mobilisation actuelle est de 2 Milliards (11 Milliards en réalité)

Les ressources et besoin en eau en Algérie

Les besoins annuels de l'Algérie en eau à l'horizon 2030 devront s'élever à **12,9 milliards** de m³.

Selon les chiffres avancés par le ministre, le volume des besoins annuels prévus à l'horizon 2030 se compose de **4 milliards** de m³ pour la consommation des ménages (contre 3,3 milliards de m³ actuellement), de **8,3 milliards** de m³ pour l'agriculture (contre 6,8 milliards de m³ actuellement) et de **0,6 milliard** de m³ pour l'industrie (contre 0,3 milliard de m³ actuellement).

La pollution des eaux



La pollution des eaux

1 / D'où vient la pollution?

On distingue généralement 3 'sources' principales de pollution: **domestique, industrielle, agricole.**

- **La pollution domestique:** résulte des usages de l'eau par les ménages. Elle comprend les eaux vannes (toilettes) et les eaux ménagères et se compose surtout de pollution organique (matières fécales, urines, graisses, déchets organiques, papier, ...), microbiologique ('microbes' dans les eaux vannes principalement) et chimique (détergents, produits domestiques divers, ...).

La pollution des eaux

- La diversité des **pollutions industrielles** reflète la diversité des usages: elle peut se composer principalement de déchets organiques (industrie agro-alimentaire, papeterie, sucrerie, brasserie,...), mais également de multiples polluants chimiques tels que hydrocarbures (pétro-chimie), métaux lourds (pétro-chimie, métallurgie, construction mécanique, teinturerie, ...), de produits azotés (industrie des engrais, explosifs, ...), ...
- Tant l'industrie que les centrales électriques peuvent rejeter des **eaux réchauffées dont la température** peut atteindre et dépasser 30°C.

La pollution des eaux

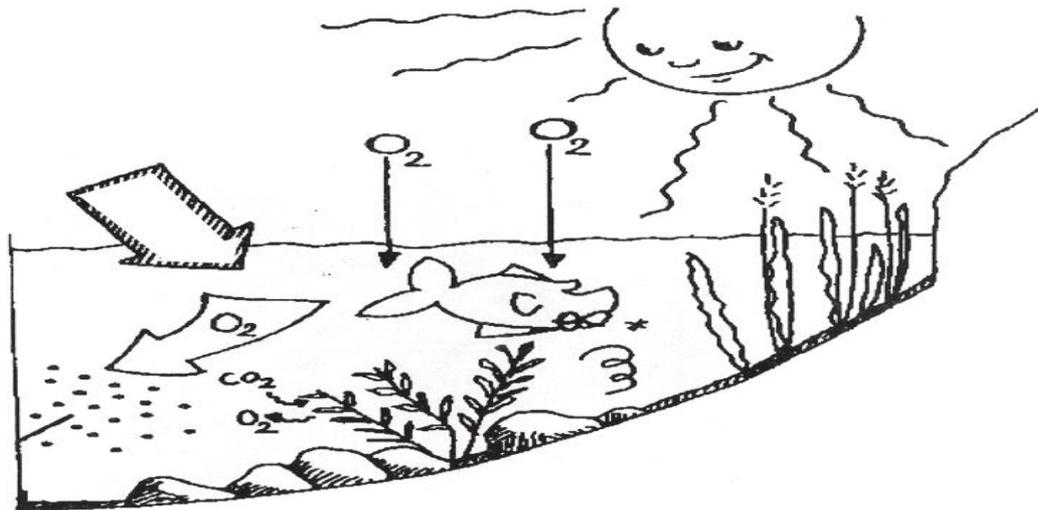
- Les **usages agricoles** engendrent des rejets de matières organiques (lisiers, purins et fumiers), d'engrais chimiques (nitrates et phosphates) et de pesticides très divers, voire de pollution bactériologique (élevages). Ces produits sont très rarement rejetés directement dans les eaux de surface, mais leur épandage en excès (pour des raisons d'agriculture intensive) entraîne leur lessivage par les eaux de pluie et une pollution diffuse (non concentrée en un point) des eaux de surface et des eaux souterraines.
- Enfin, les **pollutions d'origine accidentelle** ne représentant qu'une part infime des rejets polluants, ont un impact local extrêmement fort. Il peut s'agir de déversements de produits divers suite à des accidents à l'usine' (ruptures ou mauvaise gestion de vannes, fuites de canalisations ou de citernes, incendies,) ou lors de leur transport (renversement de camions, naufrage, ...)

La pollution des eaux

2 / Quelles pollutions?

Matières organiques (MO)

Ce sont les substances composées de chaînes d'atomes de carbone qui constituent les êtres vivants. Le carbone (C) et l'oxygène (O) constituent 95% de la matière organique; azote (N), phosphore (P), soufre (S) et hydrogène (H) environ 5%; les autres éléments sont en quantités infimes.



La pollution des eaux

Eutrophisation

- L'eutrophisation est un enrichissement du milieu aquatique en nutriments (sels minéraux nutritifs), principalement azotés et phosphatés. Ces rejets se font soit sous leur forme chimique tels qu'engrais et lessives, soit sous une forme organique tels que fumiers, lisiers ou matières organiques, dont la décomposition forme notamment des nitrates et des phosphates.

Matières inertes

- Les matières inertes comme les métaux, les déchets de démolition, sable, plastique, verre, ... affectent également les cours d'eau.

La pollution des eaux

Pollution Chimique

- Substances minérales ou organiques extraites, synthétisées et rejetées par ou pour les activités humaines : produits chimiques de synthèse (à base d'hydrocarbure, de charbon, de produits hallogénés⁵, de l'azote, ...), métaux, soude, acides, ...

Pollution microbiologique

- Pollution par des micro-organismes - d'origine humaine ou animale - potentiellement pathogènes pour l'homme ou les espèces vivantes.

Paramètres de la pollution des eaux usées

- Pour apprécier la qualité des eaux en général, différents paramètres sont utilisés que nous classerons ainsi :
- les paramètres physico-chimiques :
 - gaz dissous (oxygène)
 - température
 - pH,
 - conductivité
 - potentiel redox
- les paramètres de la pollution particulaire
 - matières grossières
 - matières en suspension (MES)
 - matières volatiles (MV)
 - turbidité

Paramètres de la pollution des eaux usées

- les paramètres microbiologiques
 - coliformes totaux
 - coliformes fécaux

Épuration des eaux

- **l'épuration des eaux usées, qui s'applique à la dépollution des eaux usées** urbaines (ou industrielles) à l'aide d'une panoplie de process naturels mis en oeuvre de façon plus ou moins industrielle, onéreuse, efficace et robuste.

Histoire de l'épuration des eaux

Lagunage (1870) (végétaux)

Lits bactériens immergés (1868)

La digestion anaérobie (1904)

Le traitement des eaux usées

Les eaux usées, qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, sont collectées par un réseau d'assainissement complexe pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

En station, les traitements varient en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

1. Prétraitement

1.1 Dégrillage

L'eau passe entre les barreaux métalliques d'une grille ou d'un tamis, qui retient les déchets volumineux (papiers, feuilles, matières plastiques....)

Le dégrillage:

Fonctionnement d'un dégrilleur:



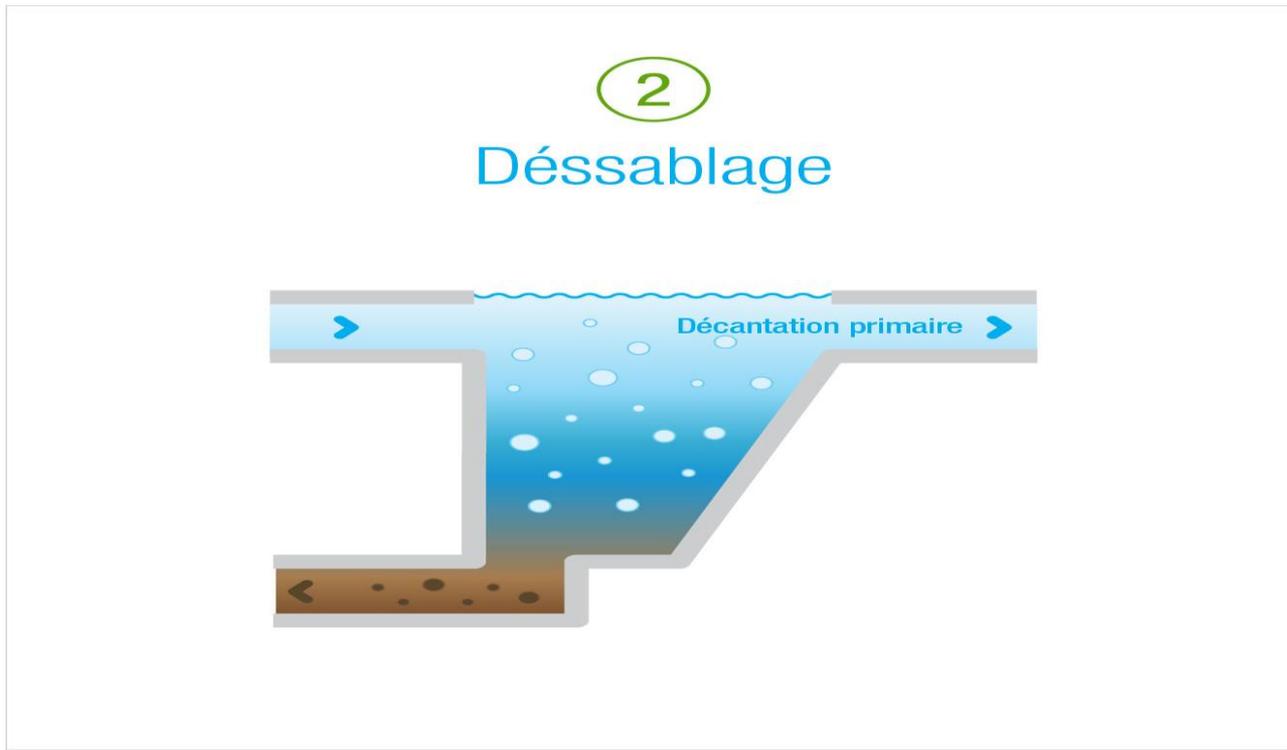
Un dégrilleur:



Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

1.2 Dessablage

Les sables et graviers susceptible d'endommager les installations en aval (ensablement de conduites, usure des pompes, organes métalliques...) se déposent au fond d'un bassin conçu à cet usage.



Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

1.3 Dégraissage-déshuilage

L'injection de fines bulles d'air dans un bassin permet de faire remonter les huiles et les graisses en surface où elles sont raclées.

Le dégraissage:

Maintenant, nous nous intéressons à la partie dégraissage:

Matières grasses

Eau usée

Injection de bulles d'air

Eau nettoyée

Un dégraisseur:



ecoledeleau.eau-artois-picardie.fr

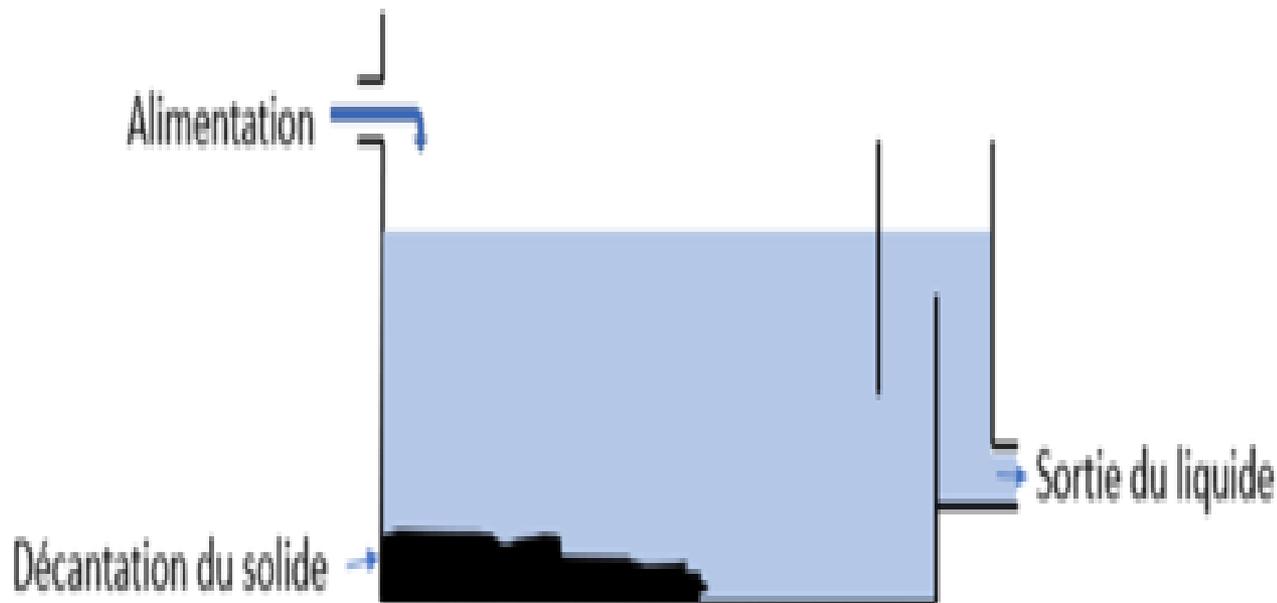
siart.fr

The diagram illustrates the grease separation process. It shows a cross-section of a tank where wastewater (Eau usée) enters from the left. Air is injected into the water from the bottom (Injection de bulles d'air), creating fine bubbles that attach to grease particles (Matières grasses), causing them to float to the surface. The cleaned water (Eau nettoyée) exits from the right side of the tank. The photograph shows a real-world example of such a grease separator tank.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

2. Traitement primaire

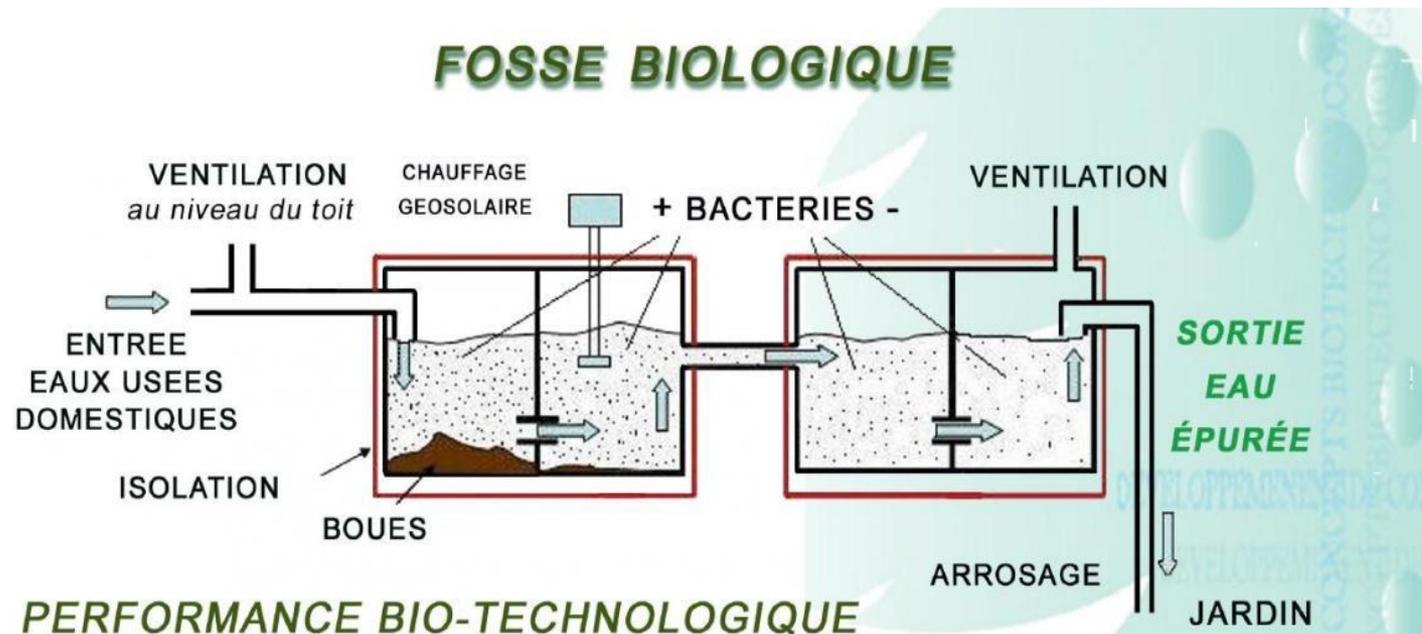
S'effectue dans des bassins, le plus souvent de forme cyclonique.
Elle permet d'éliminer 70% des matières minérales et organiques en suspension qui se déposent au fond du bassin (boues primaires).



Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

3. Traitement biologique

L'effluent est introduit dans des bassins de disposition d'aération (turbines, insufflation d'air...) ou des microorganismes naturellement présents dans l'effluent, dégradent les matières organiques dissoutes. Ces microorganismes exercent aussi un effet de rétention de la pollution par leur propension à se rassembler en films ou flocons



Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

3. Traitement biologique

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique en la transformant en matières en suspension. La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène). Dans ce dernier cas, où les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO_2 , méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé "digestion anaérobie" n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonée. On peut décrire ce processus par l'équation :

Eau résiduaire + biomasse épuratrice + $O_2 \rightarrow$ eau purifiée +
accroissement de biomasse + gaz résiduaires (CO_2 ...).

La biomasse existe dans l'eau brute (usée) :

–Bactéries : 10^{11} à 10^{12}

–Microfaune : 10^6 à 10^8

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

4, Cultures libres (boues activées)

Le terme "cultures libres" regroupe les procédés où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floccs au sein du liquide à traiter. Pour cela, on utilise un bassin brassé, pour conserver en suspension la culture, dans lequel est maintenue :

- soit une concentration d'oxygène, pour les procédés aérobies ;
- soit une absence d'oxygène, pour les procédés anaérobies.

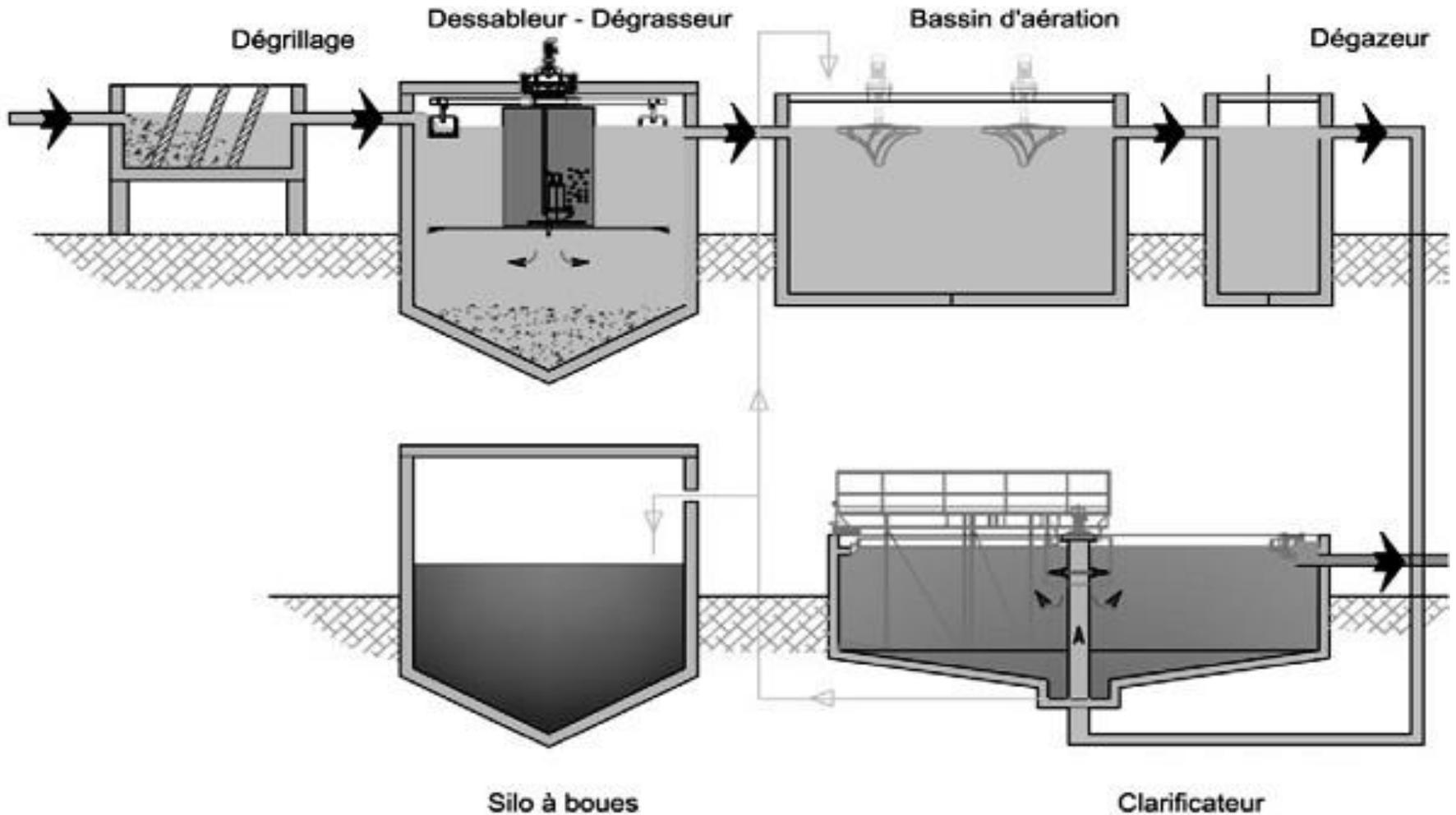
Le procédé par "boues activées" est le plus répandue des procédés par "cultures libres".

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

4, Cultures libres (boues activées)

- **Caractéristiques** : Différents paramètres permettent de définir le fonctionnement d'une boue activée :
- –la charge volumique C_v qui correspond à la quantité journalière de DBO_5 (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m^3) de l'ouvrage. Elle s'exprime en $kgDBO_5/(j.m^3)$;
- –la charge massique (biologique) C_b qui est la quantité de DBO_5 (en kg/j) rapportée à la masse de matières en suspension totales contenues dans l'ouvrage de volume V . Elle s'exprime en $kgDBO_5/(j.kgMV S)$
- –l'âge des boues qui est le rapport entre la masse de boues présentées dans le réacteur et la masse journalière de boues extraites. Il s'exprime en jours.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?



Décanteur circulaire avec raclage de boues

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

5, Traitements complémentaires

5,1, Filtration sur lit de sable

La filtration lente est une méthode d'épuration biologique qui consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h. Le matériau filtrant le plus approprié est le sable. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par la diminution du nombre de micro-organismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales et par des changements dans sa composition chimique. A la surface du lit se forme une mince couche appelée "membrane biologique". Cette mince couche superficielle est essentielle, car c'est là que le processus d'épuration se déroule.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

5,2, Elimination de l'azote

Une station d'épuration biologique élimine systématiquement une certaine proportion d'azote des eaux usées du fait de la croissance bactérienne. Lorsqu'une eau usée possède un rapport azote / source carbonée trop élevé, l'adsorption pour la croissance bactérienne ne suffit pas au respect des normes de rejet. L'excès d'azote peut être éliminé biologiquement en adaptant la station d'épuration pour y intégrer un processus de nitrification / dénitrification.

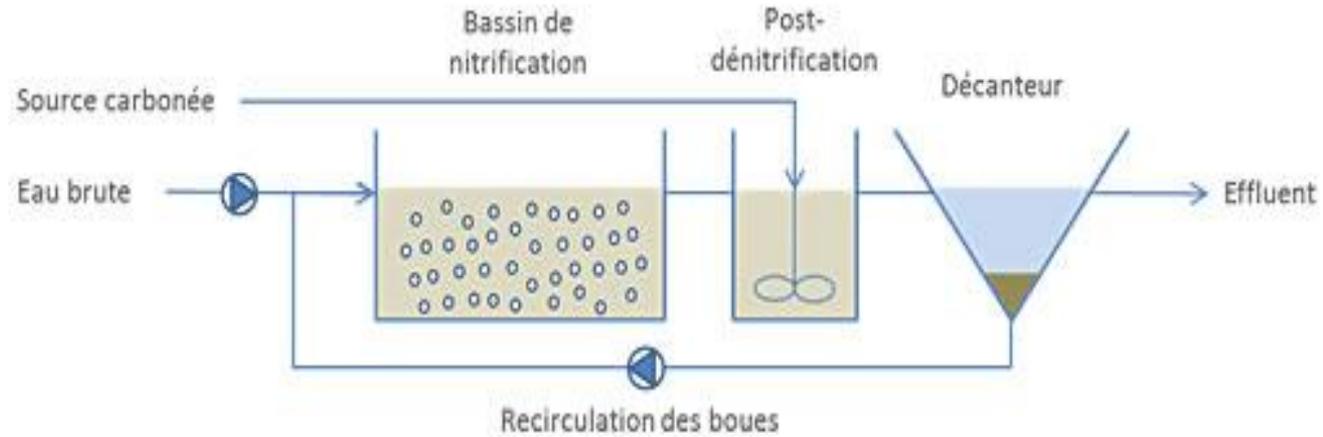
Par ce processus, l'azote ammoniacal contenu dans l'eau usée est transformé en deux étapes en azote gazeux. Lors de la première étape, aérée, les bactéries nitrifiantes transforment l'azote ammoniacal en nitrates. Les nitrates sont ensuite transformés en azote gazeux (N₂), gaz inoffensif présent en grande quantité dans l'atmosphère, lors de l'étape de dénitrification, non aérée. Cette étape consomme également de la pollution organique.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

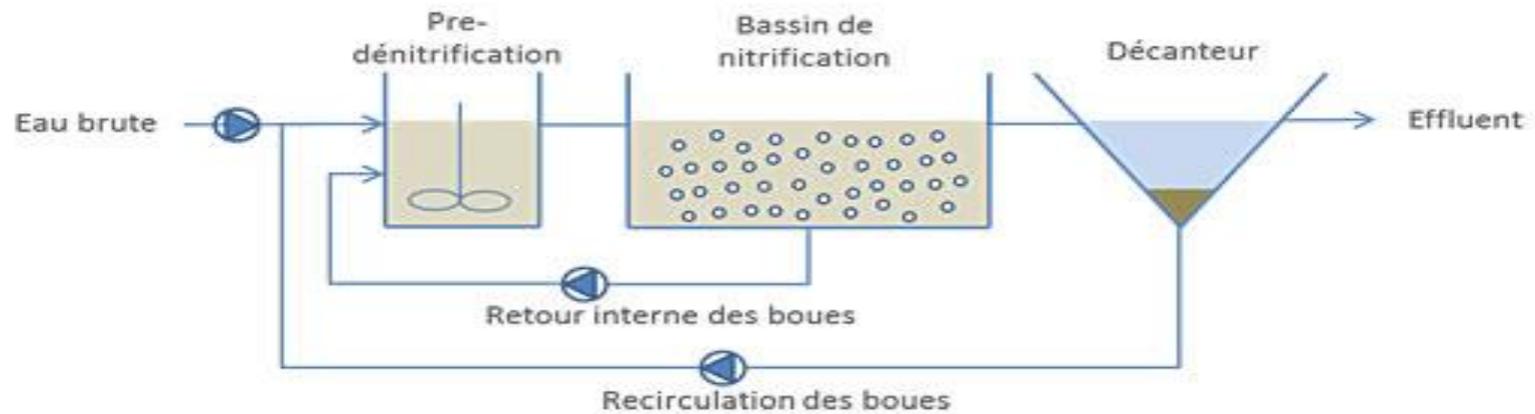
5,2, Elimination de l'azote

Pour le processus de dénitrification, il est couramment fait appel à un bassin supplémentaire non aéré, avant (pré-dénitrification) ou après (post-dénitrification) le bassin d'aération. L'élimination de l'azote peut également être réalisée dans un réacteur discontinu (SBR) par l'adjonction d'une phase non aérée mais mélangée au cycle de traitement.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?



Post-dénitrification



Dénitrification

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

5,3, Désinfection par le chlore

la **chloration** est l'action de désinfecter un produit, un substrat et parfois des aliments (dans le domaine de l'industrie agroalimentaire et de la cuisine industrielle), avec des produits chlorés (eau de Javel), Il s'agit le plus souvent d'ajout de chlore à l'eau pour limiter le risque de « maladies hydriques » diffusées par le réseau d'eau potable, le chlore étant ici utilisé pour ses propriétés super oxydantes et rémanentes qui en font un biocide bien adapté à la désinfection d'un réseau de distribution d'eau ou d'une réserve d'eau (si elle est confinée dans une enceinte étanche)

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

5,4, Elimination du phosphore

Le phosphate peut être éliminé de façon chimique ou biologique. Dans la purification biologique de l'eau, une certaine quantité de phosphate est toujours intégrée dans la nouvelle biomasse. L'élimination du phosphate est donc principalement liée à la production et séparation des boues. De plus, le procédé biologique peut être modifié pour éliminer les phosphates supplémentaires. Certaines espèces bactériennes (p. ex. *Acinetobacter* sp.) permettent l'accumulation de quantités accrues de phosphore sous forme de pastilles de polyphosphate. La phosphatation biologique est réalisée dans un système alternance de boues activées aérobies et anaérobies, optimisant notamment l'absorption de phosphate par *Acinetobacter*.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

5,4, Elimination du phosphore

Différentes configurations de processus avec des réacteurs aérobies, anoxiques et anaérobies pour l'élimination du phosphate sont possibles. Deux types sont brièvement expliqués ci-dessous.

Dans le procédé **Phostrip**, les boues précipitées du réservoir de sédimentation ou du décanteur secondaire sont transférées dans un digesteur. Les phosphates sont exemptés dans ce réacteur anaérobie. À l'aide de produits chimiques, les phosphates sont ensuite déposés dans un fraiseur séparé. Cependant, le procédé **Phostrip** ne convient pas aux eaux usées à forte concentration d'azote.

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

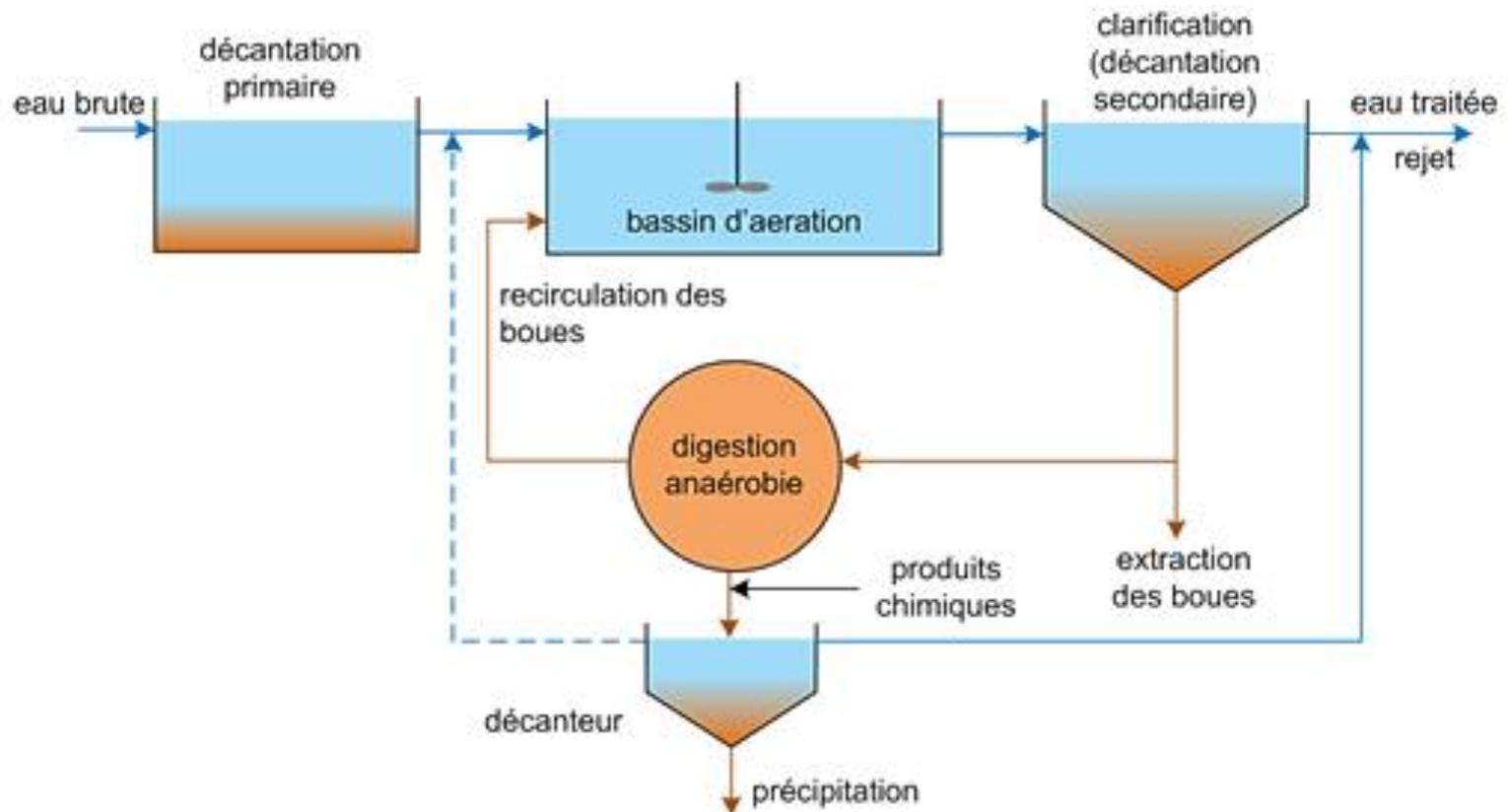


Schéma des principes du procédé Phostrip

Comment fonctionne une usine de traitement des eaux usées?

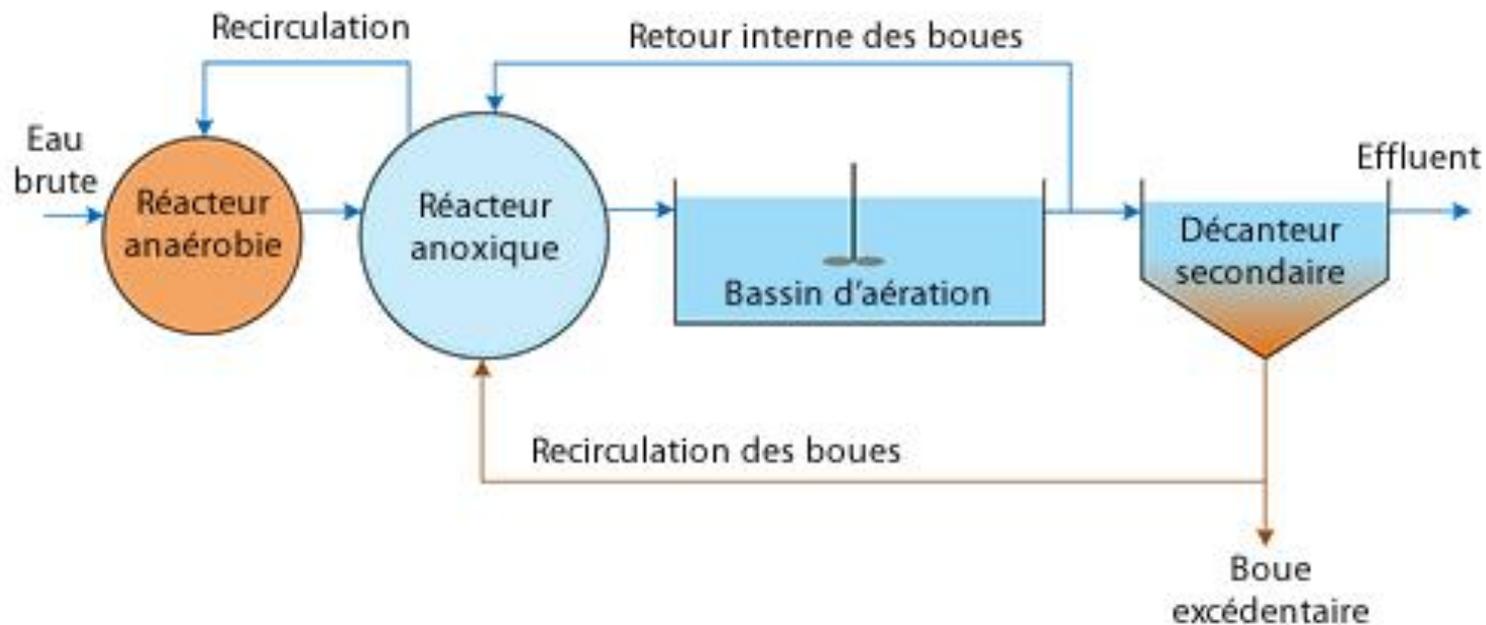


Schéma des principes du procédé Phosredo

Le procédé Phoredox permet l'élimination simultanée de l'azote et du phosphore. Les eaux usées sont traitées dans un réacteur anaérobie, anoxique et aérobie. Ensuite, les boues des eaux usées traitées sont séparées dans un fraiseuse et recirculées dans le réacteur anaérobie.

Traitement des boues

Les **boues d'épuration** (urbaines ou industrielles) sont le principal **déchet** produit par une **station d'épuration** à partir des effluents liquides. Ces **sédiments** résiduels sont surtout constitués de matière organique (**bactéries** mortes) de matière organique animale, végétale et minérale humide

Traitement des boues



Les boues de station d'épuration

Traitement des boues

Composition des boues

- Les boues urbaines sont composées principalement d'éléments fertilisants, notamment en phosphore et en azote.
- les boues primaires qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation,
- les boues biologiques, biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelés boues secondaires ou boues activées.
- les boues mixtes, mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station.
- les boues physico-chimiques, provenant de la décantation après traitement avec un réactif.

Traitement des boues

PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES BOUES

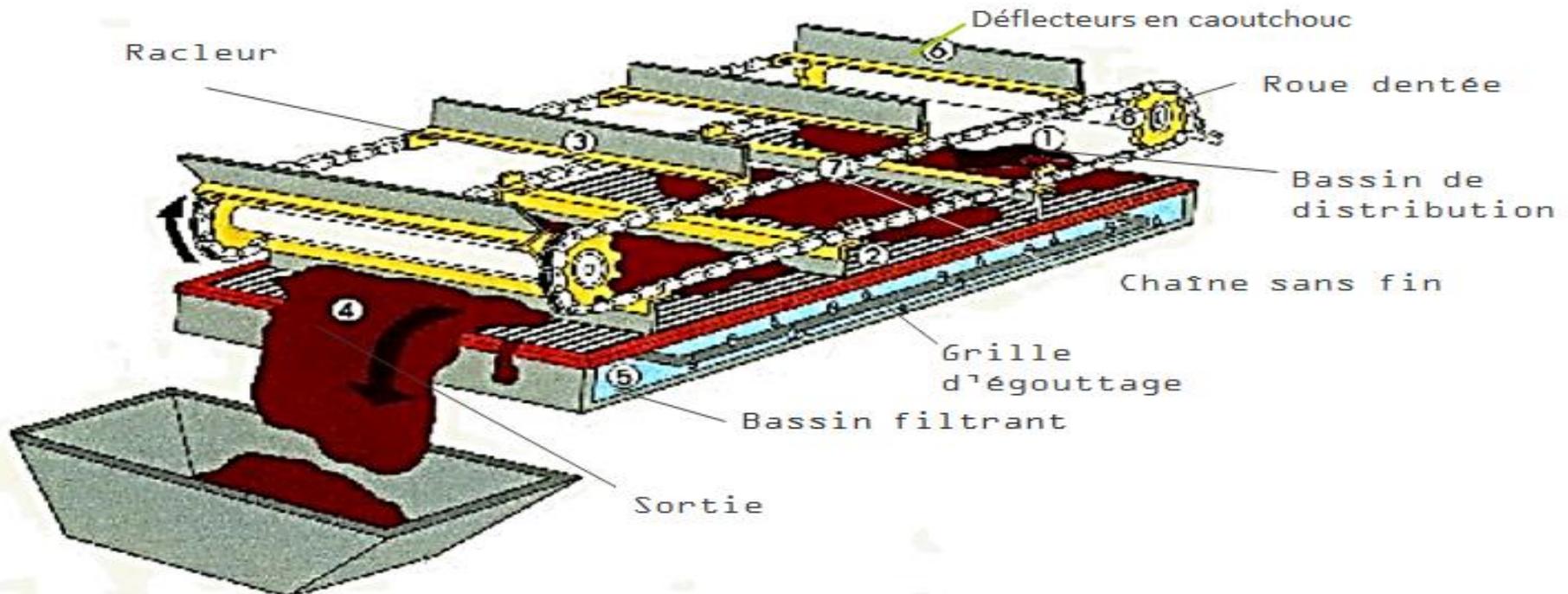
À la sortie des filières de traitement des eaux, les boues contiennent environ 95-99% d'eau. Cette dernière se présente normalement sous deux formes :

- **eau libre** : faiblement absorbée, peut être éliminée par déshydratation mécanique,
- **eau liée** : attachée avec des bactéries ou d'autres particules, peut être éliminée par séchage thermique ($>105^{\circ}\text{C}$).

Traitement des boues

1 Epaissement

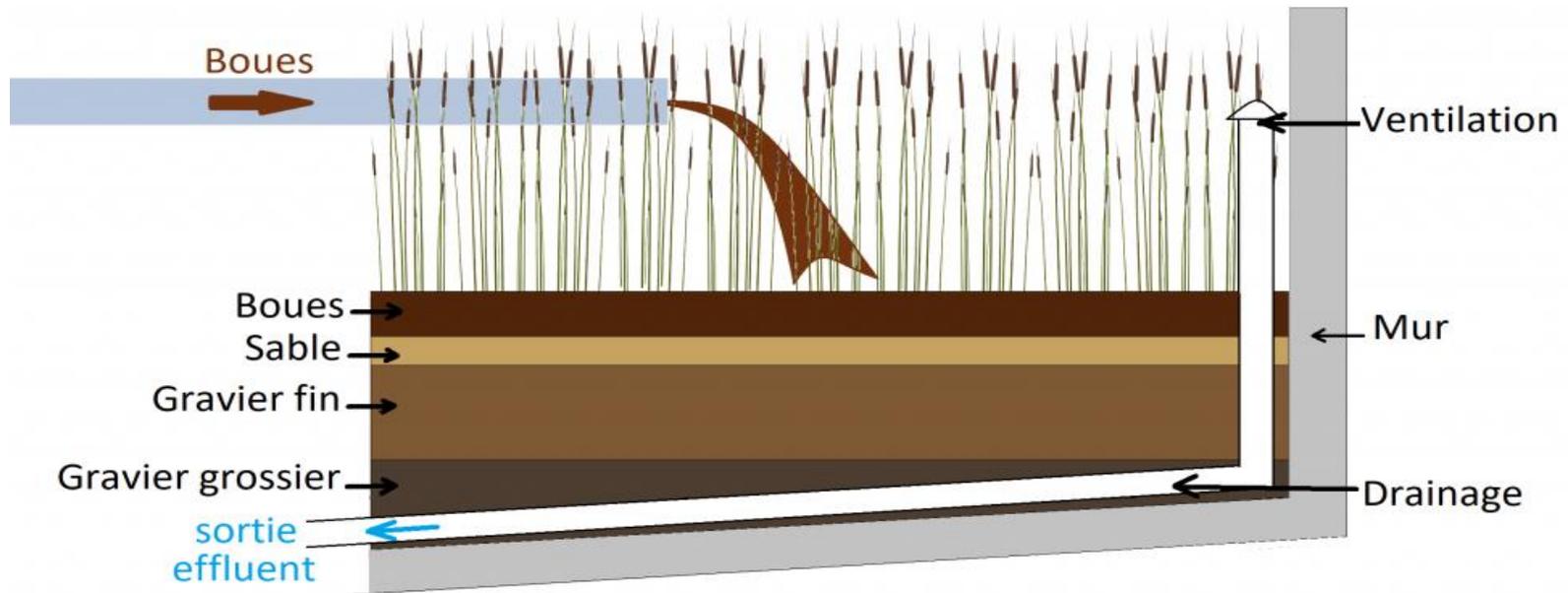
- L'épaissement est généralement la première étape du traitement des boues. C'est un procédé simple, consommant peu d'énergie. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants.



Traitement des boues

2 Déshydratation et conditionnement

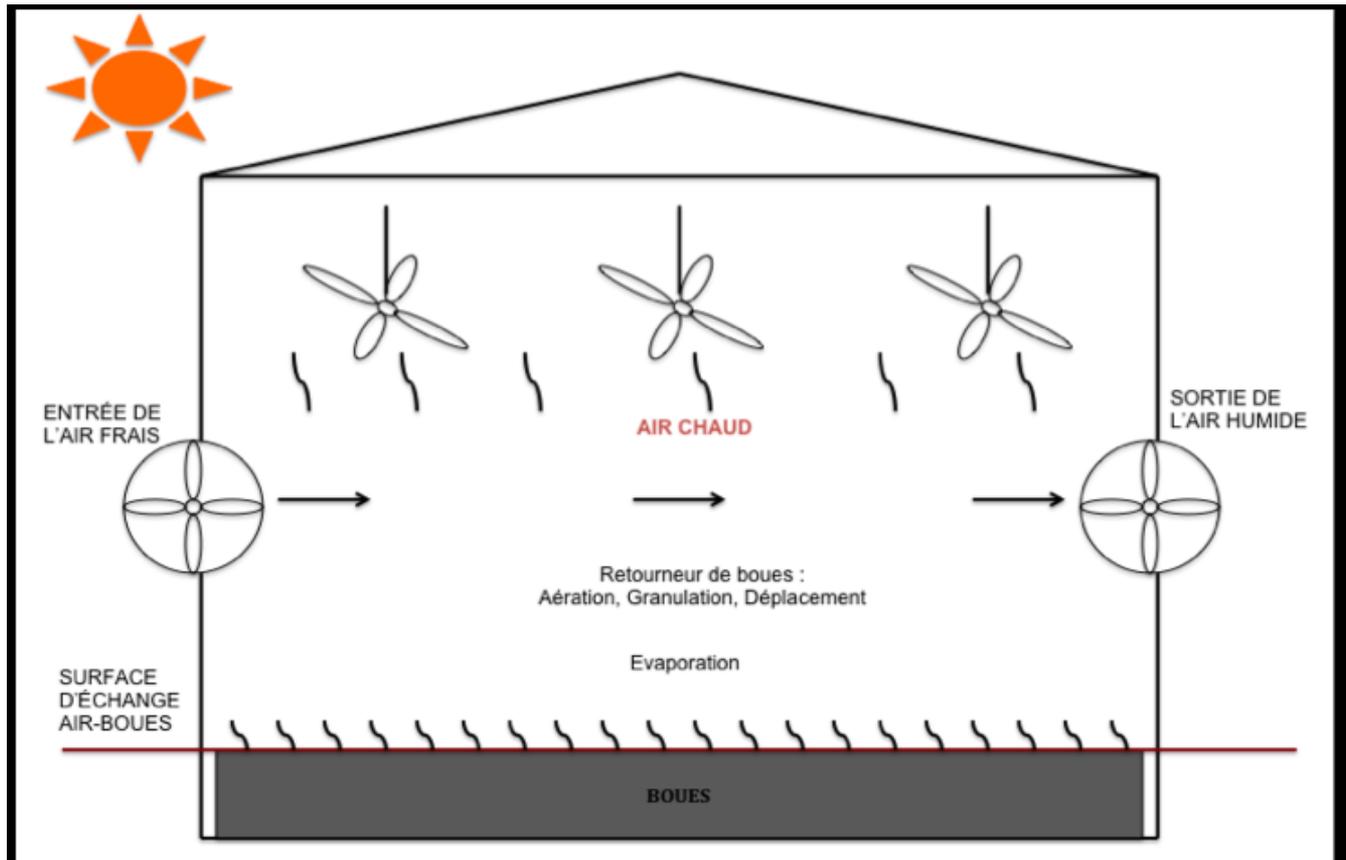
- La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues).
- La déshydratation présente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture.



Traitement des boues

3 Séchage

- Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée.



Traitement des boues

4 Stabilisation et hygiénisation

- **La stabilisation** consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes et la Demande Biologique en Oxygène.
- **L'hygiénisation** est, quant à elle, destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une contamination éventuelle dans le cas d'une utilisation pour la valorisation d'un écosystème (épandage ou revégétalisation par exemple). Ces deux étapes peuvent être assurées de manière biologique, chimique ou physique.

Traitement des boues

4.1 Les voies biologiques

Digestion aérobie : le compostage

- Le compostage est une dégradation par voie aérobie des éléments organiques fermentescibles des boues. Ce procédé conduit à la formation d'un produit, appelé compost, riche en matières humiques, mais également à des dégagements de gaz carbonique, d'ammoniaque, d'eau, d'azote et de chaleur.

Traitement des boues

4.2 Les voies chimiques

Chaulage

- le chaulage permet de stabiliser les boues en même temps qu'il les hygiénise. Ce procédé intervient après la déshydratation et consiste à déverser de la chaux vive (CaO) ou éteinte (Ca(OH)_2) sur les boues

Traitement des boues

Les voies physiques : SAT (stabilisation aérobie thermophile)

- La stabilisation aérobie thermophile sert de pré-digestion et d'hygiénisation en amont de la digestion anaérobie sans aucune action extérieure.
- Cette technique a pour but de dégrader la Matière Organique (MO) partiellement oxydée et adsorbée sur les floccs en présence d'oxygène.

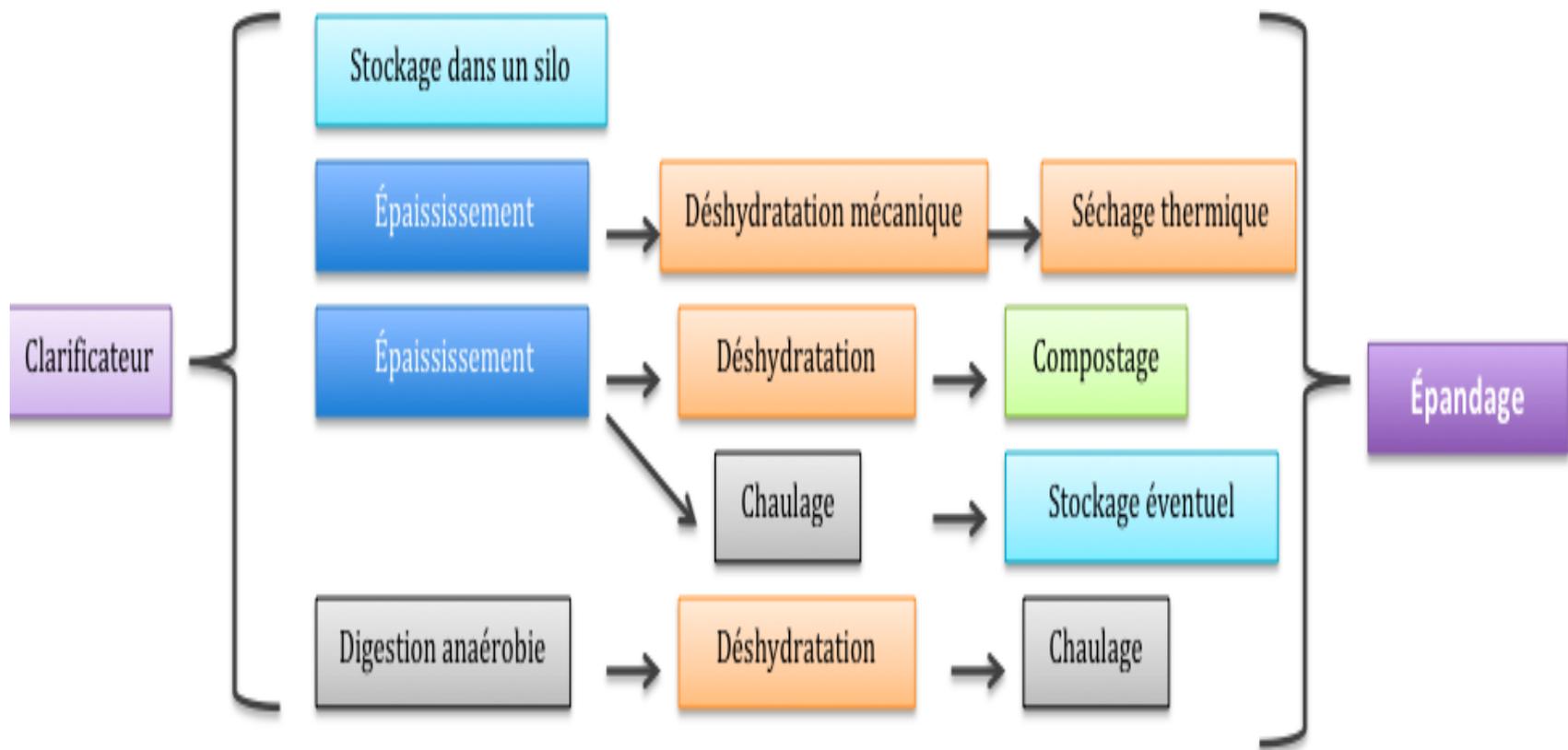
Valorisation des boues

Valorisation organique

- la valorisation agricole était la principale voie d'élimination des boues. Il s'agit de la solution la moins onéreuse mais également la plus fragile en raison des difficultés liées à l'acceptation par le monde agricole de ces « déchets » devenus « produits ».



Epandage agricole

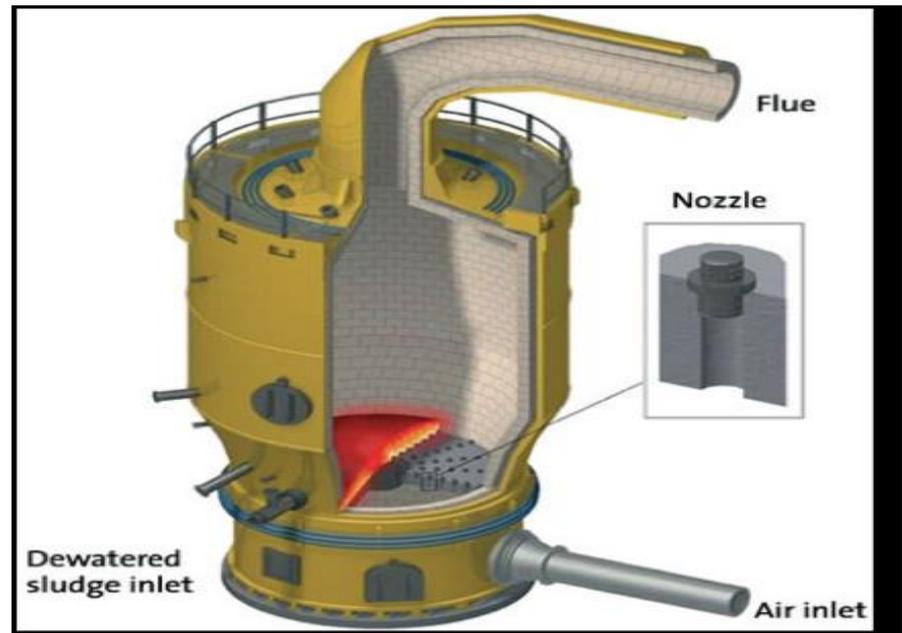


Valorisation des boues

Valorisation énergétique

Un des procédés les plus connus est le **four à lit de sable fluidisé**. Les températures de combustion sont généralement comprises entre 850 et 900°C. Le principal intérêt de cette technique réside dans le fait que la combustion est auto-entretenue si les boues ont une siccité supérieure ou égale à 26%. La chaleur produite dans l'installation peut être valorisée dans un réseau de chaleur, permettant de réduire le coût du fonctionnement de l'usine.

Exemple de mono-incinérateur



Valorisation des boues

La co-combustion en cimenterie

Cette technique offre une possibilité d'élimination des boues d'épuration déshydratées ou séchées. En effet, les boues de siccité supérieure à 90% ont un pouvoir calorifique important. Elles peuvent donc être utilisées comme combustible et remplacer une partie de la consommation en énergie fossile.

Les eaux résiduaires industrielles

Il ne faut pas confondre les **eaux résiduaires industrielles** avec l'eau usée domestique. En effet, d'une industrie à l'autre, les composantes sont différentes et les traitements à privilégier peuvent donc varier. À titre d'exemple, on trouve souvent des matières organiques et/ou azotées ou phosphorées mais, dans certains cas, il peut aussi y avoir une présence de produits toxiques, de solvants, de traces de métaux lourds, de micropolluants organiques ou encore d'hydrocarbures. Dans de nombreux cas, avant le rejet dans les réseaux traditionnels de collecte, un prétraitement est requis. En effet, le mélange avec les eaux usées domestiques n'est possible qu'une fois que l'eau ne présente aucun danger réel. En interne, les usines peuvent posséder des systèmes spécifiques permettant d'éliminer les composantes dangereuses ou néfastes.

- [Fabrication de batteries](#)
- [Fabrication de produits chimiques organiques](#)
- [Centrales électriques](#)
- [Industrie alimentaire](#)
- [Industrie sidérurgique](#)
- [Mines et carrières](#)
- [Industrie nucléaire](#)
- [Raffinage du pétrole et pétrochimie](#)
- [Industrie des pâtes et papiers](#)
- [Teinture textile](#)
- [Contamination pétrolière industrielle](#)
- [Traitement de l'eau](#)
- [Préservation du bois](#)
- [Traitement de la laine](#)

Traitement des eaux usées industrielles

Traitement des eaux usées industrielles

Les divers types de contamination des eaux usées nécessitent diverses stratégies pour éliminer la contamination.

Traitement de la saumure

Le traitement de la [saumure](#) consiste à éliminer les ions de sel dissous du flux de déchets. le traitement industriel de la saumure peut contenir des combinaisons uniques d'ions dissous, tels que des ions de dureté ou d'autres métaux, nécessitant des procédés et des équipements spécifiques.

Les systèmes de traitement de la saumure sont généralement optimisés pour réduire le volume de la décharge finale pour une élimination plus économique.

Ex: Les technologies de traitement de la saumure peuvent comprendre: des procédés de filtration sur membrane, tels que l'[osmose inverse](#); les processus d'échange d'ions tels que l'[électrodialyse](#)

Traitement des eaux usées industrielles

Enlèvement des solides

La plupart des solides peuvent être éliminés en utilisant des techniques simples de sédimentation, les solides étant récupérés sous forme de lisiers ou de boues.

Huiles et élimination des graisses

L'élimination efficace des huiles et des graisses dépend des caractéristiques de l'huile en termes d'état de suspension et de taille des gouttelettes, ce qui affectera à son tour le choix de la technologie de séparation.

les séparateurs les plus courants sont les réservoirs ou les fosses gravitaires, les séparateurs huile-eau API (API oil-water separators) ou les packs de plaques (plate packs), le traitement chimique via les DAF, les centrifugeuses, les filtres de milieu et les hydrocyclones.

Traitement des eaux usées industrielles

Enlèvement des matières organiques biodégradables

La matière organique biodégradable d'origine végétale ou animale est généralement possible de traiter en utilisant des procédés de [traitement des eaux usées](#) classiques tels que la [boue activée](#) ou le [filtre à ruissellement](#).

Enlèvement d'autres matières organiques

Les matières organiques synthétiques, y compris les solvants, les peintures, les produits pharmaceutiques, les pesticides, les produits issus de la production de coke, etc., peuvent être très difficiles à traiter.

Les méthodes de traitement sont souvent spécifiques au matériau traité .

Les méthodes comprennent: la [distillation](#), l'adsorption, la [vitrification](#), l'[incinération](#), l'immobilisation chimique ou la mise en décharge

Traitement des eaux usées industrielles

Enlèvement des acides et des alcalis

Les acides et les alcalis peuvent généralement être [neutralisés](#) dans des conditions contrôlées. La neutralisation produit fréquemment un [précipité](#) qui nécessitera un traitement en tant que résidu solide pouvant également être toxique.

Enlèvement des matières toxiques

Les matières toxiques, y compris de nombreuses matières organiques, les métaux (zinc, argent, [cadmium](#), [thallium](#), etc.), les acides, les alcalis, les éléments non métalliques (tels que l'arsenic ou le [sélénium](#)) résistent généralement aux processus biologiques, sauf s'ils sont très dilués. Les métaux peuvent souvent être précipités en modifiant le pH ou en les traitant avec d'autres produits chimiques.

Caractéristiques des rejets industriels

Effluent : Définition

Un **effluent** désigne le fluide résiduaire d'origine industrielle, issu du secteur de l'agroalimentaire, de la chimie et pétrochimie, de la métallurgie, du secteur pharmaceutique ou cosmétique, mais aussi de l'industrie minière de l'aéronautique, automobile ou du transport ferroviaire. Pour les rejets domestiques, l'épuration des eaux usées est nécessaire. Mais l'extrême diversité des eaux résiduaires industrielles (ERI) nécessite une intervention propre à chaque type d'industrie via des procédés spécifiques.

Les différents types d'effluents

Quatre grandes catégories de rejet peuvent être distinguées dans l'industrie :

- **Les effluents de fabrication**

La plupart des procédés industriels engendrent des **rejets polluants** qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides. Ces rejets sont soit continus, soit discontinus. La présence de bassins d'homogénéisation est donc indispensable.

- **Les effluents particuliers**

Certains effluents sont susceptibles d'être ségrégés afin de subir **un traitement spécifique**. La récupération de matières premières et/ou d'eau en fabrication est alors possible. Dans un second cas, ces effluents sont dirigés vers un bassin de stockage pour être réinjectés à débit pondéré dans le circuit de traitement, après avoir subi au besoin un prétraitement. C'est le cas des bains de décapage et galvanoplastie ; soudes usées ; eaux ammoniacales de cokerie ; condensats de papeterie, « eaux mères » des industries agroalimentaires et chimiques ; rejets toxiques et rejets concentrés.

Les différents types d'effluents

- **Les effluents des machines**

Ce sont les fluides qui découlent des cuves et tuyauteries comme les eaux de vannes, les eaux de chaufferie comme les purges de chaudière ou de réfrigération, ou encore les boues du traitement des eaux d'appoint.

- **Les rejets occasionnels**

Il s'agit de tout fluide qui survient suite à une fuite accidentelle de produits lors de la manutention ou du stockage des eaux de lavage de sols ou d'outils de production par exemple ; mais aussi des eaux polluées.

Exemple de l'eau et les industries agro-alimentaires

- **Traitement des eaux usées de l'industrie laitière**
- Les fabricants de produits laitiers produisent près de 3,7 litres à 22,7 litres d'eaux usées pour 3,7 litres de lait brut. Ces eaux usées sont très chargées en solides, huiles, phosphore et azote.
- Outre les matières organiques présentes dans les eaux usées des produits laitiers comme les solides du lait, le lactosérum et la matière grasse butyrique, d'importants volumes de produits nettoyants, nécessaires à l'assainissement, se retrouvent également dans l'effluent de l'usine. Ces solutions chimiques génèrent des pH divers pour les eaux usées et présentent des difficultés de traitement. Alors que de nombreuses applications de traitement des eaux usées adoptent un processus de coagulation/floculation prescrit, les eaux usées des produits laitiers nécessitent souvent une approche différente, qui tienne mieux compte des odeurs nocives généralement libérées pendant l'égalisation.

Exemple de l'eau et les industries agro-alimentaires

- **Transformation des fruits et légumes**
- Que ce soit pour le transport, le lavage, la cuisson ou l'embouteillage, les applications de transformation des fruits et légumes consomment beaucoup d'eau dans leurs process.
- Puisque nous traitons principalement avec des matières cultivées, les eaux usées qui en résultent sont très chargées en matières organiques. Pour gérer de gros volumes d'eau avec des teneurs élevées en matières organiques, un système FAD doit offrir une grande superficie active et être associé au bon programme chimique. Voici quelques projets que nous avons réalisés dans ce sens.

Le recyclage

L'Agro-Alimentaire nécessite d'énormes quantités d'eau. Un des problèmes principaux est la quantité d'eaux usées continuellement produite dans les usines. L'eau est utilisée comme un ingrédient, un agent nettoyant, pour faire bouillir et rafraîchir, pour le transport et le conditionnement de matières premières.

L'eau de process utilisée dans l'industrie alimentaire (conductivité électrique $< 3000\mu\text{m}/\text{cm}$ du au sel et la Demande Chimique en Oxygène $< 700\text{mgO}_2/\text{l}$) peut être dessalée et purifiée des composés des organiques qu'elle contient afin de remplir les exigences sur le recyclage de l'eau. Les Normes des industries Agro-Alimentaire spécifient que, l'eau de processus déjà utilisée et destinée pour la réutilisation (dans la production ou le nettoyage) doit être au moins d'une qualité équivalente à celle de l'eau potable.

Les règlements pour d'autres applications, comme de l'eau de chaudière ou de l'eau chaude de nettoyage, sont encore plus rigoureux.

Evaluation de la pollution des eaux

- Trois principaux paramètres mesurent les matières polluantes des eaux usées :
- –Les matières en suspension (MES) exprimées en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à $1\mu m$ contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des
- 'éléments minéraux et organiques et décantent spontanément ;
-
- –La demande biochimique en oxygène (*DBO*), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours. C'est la *DBO₅*, demande biochimique en oxygène sur cinq jours ;
-
- –La demande chimique en oxygène (*DCO*), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières.

Les limites des paramètres de pollution dans les effluents des réseaux eaux usées

Type de réseaux	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Effluents de réseaux unitaires	152 - 670	114 - 570	48 - 270
Effluent de réseaux séparatifs	34 - 460	28 - 320	13 - 40
Eaux épurées	35	125	25

Les normes des eaux de rejet

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter.

- **Normes internationale**
- Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) respectives pour les eaux usées.

Les normes des eaux de rejet

Normes internationale

Caractéristiques	Normes utilisées(OMS)
PH	6,5-8,5
DBO ₅	<30mg/l
DCO	<90mg/l
MES	<20mg/l
NH ₄ ⁺	<0,5mg/l
NO ₂	1mg/l
NO ₃	<1mg/l
P ₂ O ₅	<2mg/l
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

Les normes des eaux de rejet

Normes Algériennes

Les normes de rejets des effluents industriels sont fixées par la loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n° 96-13 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 83-17, du décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 de la république Algérienne définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels

Les normes des eaux de rejet

Normes Algériennes

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6,5- 8,5
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	120
MES	mg/l	35
Azote total	mg/l	30
Phosphore total	mg/l	10
Furfural	mg/l	50
Hydrocarbures	mg/l	10
Plomb	mg/l	0,5
Fer	mg/l	3
Mercure	mg/l	0,01
Cuivre	mg/l	0,5
Zinc	mg/l	3