

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE D'ORAN - MOHAMED BOUDIAF
FACULTÉ DE CHIMIE
Département de Génie Chimique

Module : Production d'Eaux Potables
M1-GPE

Généralités et Normes
Prétraitements

BENHAMOU Abdellah
Djedai .H

Introduction :

L'eau potable est une eau qui ne porte pas atteinte la santé, et qui répond à un certain confort et plaisir de boire.

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 micro-organismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux).

En effet, l'eau est un excellent solvant qui se charge en composés solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, zones humides, roches, atmosphère, etc.) dans lesquels elle circule ou séjourne :

- quand elle tombe en pluie, elle se charge des poussières atmosphériques,
- quand elle ruisselle sur les sols (lessivage),
- quand elle s'infiltré dans le sous-sol, elle se charge des produits d'altération des roches.

La composition chimique de l'eau est ainsi complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales et animales, mais également les activités humaines).

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 19^{ème} 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. 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. Ainsi, qu'elle 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 de l'individu qui la consomme.

L'eau est l'aliment le plus surveillé. Le niveau d'exigence pour sa qualité est très élevé. Pour une eau potable, la notion de qualité distingue la qualité des eaux brutes (à l'état naturel, à son lieu de captage), de la qualité de l'eau distribuée (qui arrive au robinet du consommateur, après traitement de potabilisation et parcours dans les canalisations). Les normes et paramètres qui caractérisent ces deux « visions » de la qualité de l'eau diffèrent.

La consommation des foyers est répartie comme suit :

- 39% pour les bains et les douches
- 20% pour les sanitaires
- 12% pour le linge
- 10% pour la vaisselle
- 6% pour l'arrosage des plantes et le nettoyage de la voiture
- 6% pour la préparation de la nourriture
- 1% pour la boisson
- 6% pour les autres besoins

Rappelons que seuls 5 litres par jour sont nécessaires à l'Homme pour survivre, 40 à 50 litres pour satisfaire ses besoins minima d'alimentation et d'hygiène. À cette consommation personnelle, s'ajoute l'ensemble des consommations collectives (écoles, hôpitaux, lavage de la voirie, milieu professionnel, restaurant...) on obtient alors une moyenne de 200 litres par jour et par personne.

De fortes disparités existent encore entre les secteurs ruraux (moyenne entre 90 et 100 litres/hab/j) et les secteurs urbains (moyenne entre 140 et 150 litres/hab/j), mais elles ont tendance à se combler. En effet, le monde rural, en dehors de besoins en eau plus importants pour ses activités professionnelles, est moins consommateur d'eau que le milieu urbain. Ce constat s'explique par un recours plus fréquent à l'utilisation de l'eau des puits privatifs, ainsi que par une présence souvent moindre d'éléments de confort domestique.

Le niveau des revenus influe aussi sur les consommations : les personnes à revenu modeste utilisent en moyenne 90 litres d'eau par jour et par personne. Plus le niveau de vie est élevé, plus la consommation d'eau augmente.

Dans les zones touristiques, il faut faire face aux pics de consommation qu'entraîne la présence de nombreux touristes en saison. Les installations sont donc conçues pour alimenter une population plus nombreuse que la population permanente.

Cycle de l'eau :

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états : solide ; liquide ; gazeux qui dépendant des conditions particulières de température et de pression.

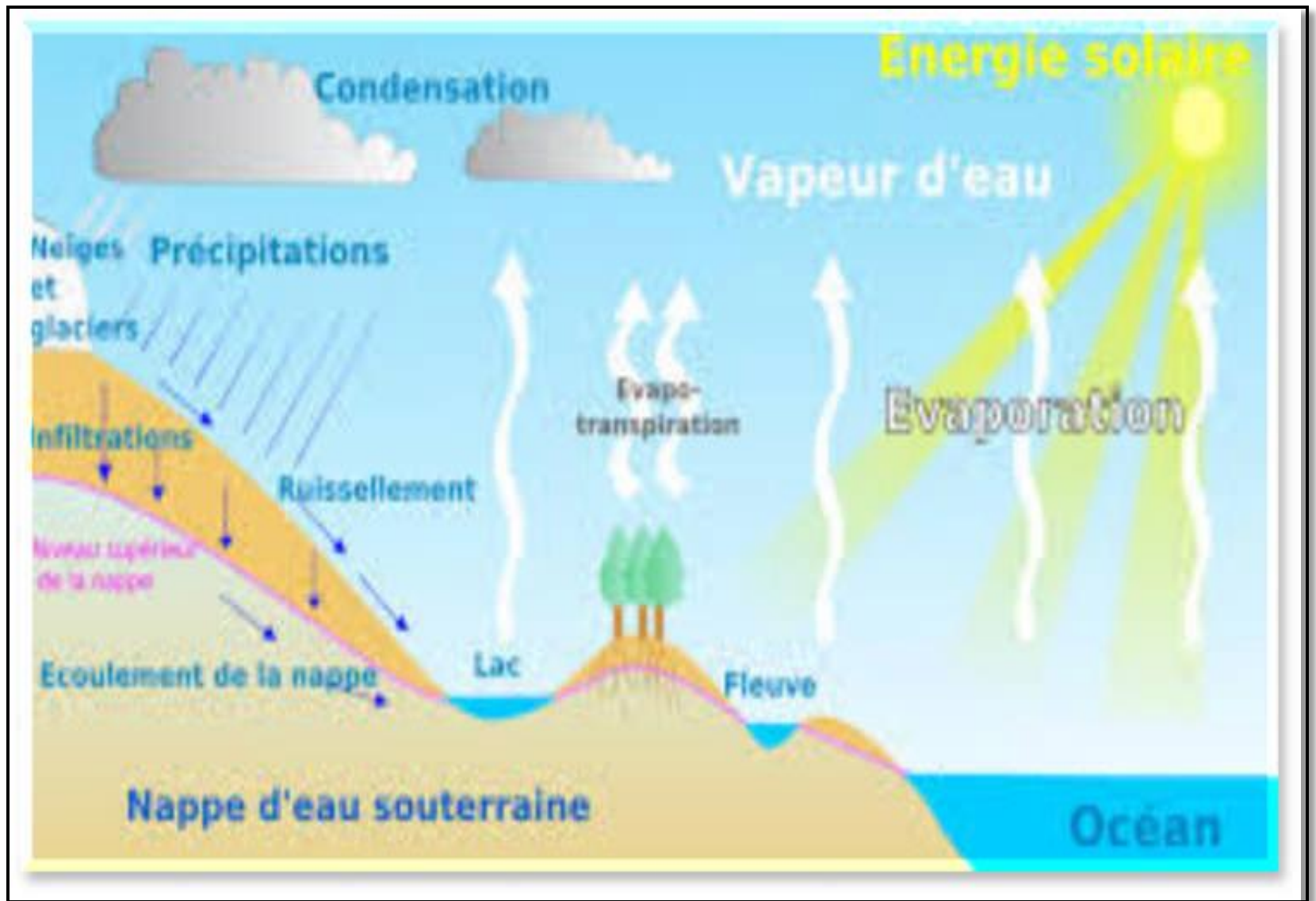
Dans le cycle de l'eau on distingue une branche atmosphérique : transport d'eau sous forme de vapeur, et une branche terrestre, écoulement et stockage sur terre et dans les océans.

Sous l'effet de l'énergie solaire qui permet la fusion des glaces et surtout l'évaporation consommant un tiers de l'énergie solaire totale reçus par la terre, l'eau s'évapore dans l'atmosphère, se refroidit au contact de l'air et forme les nuages par condensation. Sous l'effet de la pesanteur l'eau retombe à la surface de la terre sous forme de pluie et sous l'effet du froid, en flocons de neige ou cristaux de glace (la grêle).

Par gravité l'eau ruisselle ou s'infiltré dans le sous-sol des continents. Sources et ruissellements créent les rivières et les fleuves qui la ramènent à nouveau vers les mers et les océans.

Les réservoirs de l'objet entre eux de transferts complexes quantités d'eau dont les énergies solaire et gravitaire sont les moteurs des trois phases du cycle : évaporation, précipitation, ruissèlement. Presque toute l'eau provient du réservoir océanique et finit par y retourner.

C'est à Bernard Palissy (1544-1590) que l'on doit la première conception moderne du cycle de l'eau, puis à Pierre Perrault (1610-1680).



Cycle de l'eau

Sources d'approvisionnements en eau domestiques

Une source d'approvisionnement en eau est un lieu ou un ouvrage à partir duquel le ménage s'approvisionne en eau pour son usage domestique quotidien (OMS/UNICEF, 2008). L'approvisionnement en eau est assuré par les eaux de surface (rivières, fleuves, lacs, mares, barrages), les eaux souterraines (puits, forages, sources) et les eaux de pluies.

Eaux de surface

Les eaux de surface ou superficielles regroupent les cours d'eau (rivières ou fleuves) et des retenues naturelles ou artificielles. Ces eaux de surface ont une qualité plus ou moins régulière selon les rejets qui s'y déversent ou encore selon le ruissellement des pluies.

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux puis de rivière. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau- atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (O_2 , N_2 , CO_2).

Sur le plan bactériologique, les eaux de surface sont contaminées plus ou moins par des bactéries (dont certaines pathogènes) et des virus. D'une manière générale, on doit considérer que les eaux de surface sont très rarement utilisables pour les besoins industriels et, a fortiori, pour la production d'eau potable à l'état brut, elles doivent être soumises à des traitements de purification qui dans certains cas peuvent être particulièrement sophistiqués. L'Algérie septentrionale présente un climat semi-aride qui se caractérise par une forte irrégularité pluviométrique. D'une manière générale, les bassins versants sont imperméables. Ce qui donne sur le plan des régimes hydrologiques:

- une extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements qui est accentuée par de longues périodes de sécheresse;
- des crues violentes et rapides;
- une érosion intense et des transports solides importants.

Dans ce cadre le territoire algérien a été subdivisé en cinq grands bassins versants (régions hydrographiques) qui sont: Oranie-Chott Chergui, Cheliff-Zahrez, Algérois-Hodna- Soummam, Constantinois-Seybouse-Mellegue, Sahara et dont les limites ne correspondent pas nécessairement aux limites administratives des communes et wilayas. Actuellement, plus 75 barrages sont en exploitation sur l'ensemble du territoire national pour une capacité de quelque 12 milliards de m^3 contre 44 barrages (3,3 milliards m^3) en 1999.

Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des polluants que les eaux de surface. Elles sont les eaux des nappes, couches de terrains perméables saturés d'eau.

La première nappe rencontrée sous le sol est la nappe phréatique située à moins de 50 mètres de profondeur et généralement séparées de la surface par quelques couches de terrains perméables. Il peut exister des nappes plus profondes, généralement captives (sous pression) situées à plus de 50 mètres de profondeur. Selon la profondeur de l'aquifère, les modes d'exploitation seront différents.

Pour capter ces eaux, on utilise des puits ou des forages et des sources. Le puits est l'ouvrage permettant de recueillir de l'eau grâce à un trou creusé dans le sol et ayant au moins 60 cm de diamètre et trois (3) mètres de profondeur pour capter l'eau d'une formation aquifère. Les puits traditionnels ont des parois qui en général ne sont pas revêtues ou possèdent juste un revêtement peu épais de ciment non armé. Quant aux puits modernes à grands diamètres, leurs parois sont tenues par des buses en béton armé. Le puits est en particulier adapté aux localités enclavées. Sauf exception, ce type d'ouvrages se destine aux nappes phréatiques. L'exhaure peut être assurée par puisage manuel (seau et corde), par pompe à corde (nappe peu profonde) ou par pompe à motricité humaine (nappe d'eau de profondeur supérieure à 10 mètres). Le forage est un ouvrage de captage de l'eau souterraine de petit diamètre (en général 15 à 40 centimètres). Le forage est équipé d'un système mécanique ou électromécanique d'exhaure dans les aquifères profonds.

Contrairement aux puits et aux forages, les sources ne nécessitent aucun système d'exhaure. L'aménagement consiste en la réalisation d'un ouvrage de génie civil permettant de collecter et de rassembler différents filets d'eau, éventuellement à l'aide de drains avec l'aire de captage qui doit être soigneusement protégée.

Les différents types d'approvisionnement en eau souterraine décrits ci-dessus (puits, forages et sources aménagées) constituent les moyens courants de desserte en eau de consommation en cas de déficit du réseau d'eau potable dans la plupart des pays en développement.

Eaux non conventionnelles

Il s'agit de ressources hydriques réutilisées ou recueillies indirectement.

Eaux usées réutilisées

Une grande proportion des ressources en eau utilisées par l'homme sont polluées par les activités humaines. Il s'agit d'eaux usées qui sont souvent déversées directement dans le milieu naturel. De faibles quantités d'eaux usées sont récupérées. Environ 35% des ressources en eau consommées dans les pays développés, sont purifiées pour être réutilisées. Dans le reste du monde, une grande partie des eaux résiduelles est rejetée directement dans le milieu naturel (la mer, les rivières, les lacs....) aggravant encore plus les problèmes de pollution et de dégradation de l'environnement. En tant que substitut de l'eau douce, pour l'industrie, l'irrigation et l'agriculture, les eaux usées peuvent jouer un rôle important dans la préservation des ressources en eau et surtout dans la protection de l'environnement. En réservant l'eau douce et fraîche pour la boisson, les besoins domestiques et autres besoins prioritaires, les eaux usées que l'on recueille en grande quantité surtout dans les grandes villes, peuvent être réutilisées, ce qui présentera un avantage économique certain.

En Algérie, la forte croissance de l'urbanisation et de l'activité industrielle a généré une production importante d'eaux usées qui peuvent constituer une ressource non négligeable d'eau réutilisée. Néanmoins, la capacité totale des installations d'épuration des eaux usées et industrielles reste négligeable.

Dessalement de l'eau de mer

Le dessalement de l'eau de mer est considéré comme une option stratégique susceptible d'offrir de l'eau potable dans de conditions économiques et écologiques acceptables pour les populations. Toutefois, il ne faut pas trop compter sur les capacités de retenue des eaux superficielles restant tributaires de la clémence de la pluviosité, en nette régression ces dernières années. Ainsi tout un programme de réalisation d'unités de dessalement de l'eau de mer a été lancé et déjà quelques-unes sont en phase de production. Les autorités du secteur des ressources hydrique en Algérie se sont rendus à l'évidence que le pays est en proie à une exceptionnelle sécheresse depuis une vingtaine d'années, d'autres part, l'accroissement rapide de la demande en eau dans le secteur de l'agriculture pour l'irrigation, de l'industrie et les besoins incompressibles et en croissance de la population, une équation qu'il fallait, au plus vite, résoudre pour assurer une alimentation pérenne en eau potable et, de là, le choix de se tourner vers la mer devenait inéluctable.

D'autant plus que ce choix ne saurait souffrir d'aucune opposition, si on met en avant la donnée suivante : plus de la moitié de la population réside sur la bande littorale, longue de 1 200 km. Ainsi cette option stratégique s'est vue consolidée par la réforme institutionnelle engagée dans le secteur en 2001 et où il a été retenu la réalisation sur budget de l'Etat et dont l'Algérienne des eaux est l'agent exécutant de 21 petites stations. Parmi les différents procédés du dessalement (procédé d'électrodialyse, procédé d'osmose inverse, procédé de distillation), la technologie de l'osmose inverse a été retenue par l'Algérie pour la réalisation de ses stations de dessalement de l'eau de mer.

Cette technique moderne présente des avantages telles que ; l'intérêt du coût d'investissement, la faible consommation d'énergie et enfin la qualité de l'eau produite. Du point de vue quantitatif, les ressources hydriques de l'Algérie du Nord sont limitées. Si les autres paramètres du milieu, taux démographique, urbanisation, pratiques agricoles, suivent leur évolution prévisible; l'écart entre les ressources disponibles et les besoins ira en croissant dans les prochaines années. Il est par conséquent urgent de mobiliser toutes les ressources. Du point de vue qualitatif les eaux qu'elles soient de surface ou souterraines, se dégradent de façon continue en liaison avec l'environnement

Eaux de réseau de distribution publique

Elles sont produites à partir des eaux souterraines provenant de sources ou de forages, soit des eaux superficielles provenant de pompage direct dans des cours d'eau, des canaux, des lacs ou des étangs. Après traitement, elles sont envoyées dans le réseau de distribution pour arriver au robinet des consommateurs. Les points de distribution de l'eau comprennent les robinets publics (borne fontaine) relevant d'investissements publics et des robinets domiciliaires (branchements privés) installés par les ménages. Les populations qui résident dans les quartiers précaires à bas revenus n'ont pas les moyens d'installer ces branchements à domicile.

L'eau de distribution est le « produit alimentaire » le plus contrôlé. Sa qualité est en général satisfaisante et répond à des exigences sanitaires réglementaires. Au niveau national, ce sont les services publics qui se chargent de la distribution de l'eau potable.

Eaux de pluie

L'eau de pluie représente une option parallèle à d'autres technologies d'approvisionnement en eau, surtout dans les zones rurales, mais également de plus en plus dans les zones urbaines. Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des citernes. Pour le stockage de l'eau à très petite échelle, dans les pays en de développement, des cuvettes, des seaux en plastique, des pots en terre ou en céramique, de vieux barils de pétrole ou des récipients alimentaires vides sont utilisés. C'est une pratique qui existe depuis des siècles. La collecte et le stockage de l'eau de pluie fournit de l'eau pour les usages domestiques dans les périodes de pénurie, mais aussi pendant la saison des pluies.

Cependant, ce système a quelques inconvénients liés à la qualité de l'eau qui peut être affectée par la pollution de l'air, les déjections d'animaux ou d'oiseaux, des insectes, de la saleté et de la matière organique en absence de l'entretien des toitures. L'approvisionnement en eau est mis en cause par de longues périodes sécheresses. Alors, le recours à l'eau de pluie est une pratique non permanente ou provisoire d'approvisionnement en eau domestique.

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H₂S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO₂ agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O₂ dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H₂S	Absent	Présent
NH₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur normalement modérée	Teneur élevée
Micropolluants min. et org.	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisées	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Normalement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	bactéries sulfato-réductrices et ferrobactéries surtout

Les pouvoirs publics ont souligné les enjeux sanitaires liés à une distribution d'eau potable de bonne qualité en définissant des objectifs ambitieux dans la loi de politique de santé publique. Cette politique comprend trois objectifs prioritaires :

1. Garantir un air et **une eau de bonne qualité** ;
2. Prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers ;
3. Mieux informer le public et protéger spécialement les populations sensibles (enfants et femmes enceintes).

Le tableau A.1 rassemble les valeurs adoptées par l'organisation mondiale de la santé (OMS), la communauté européenne (CEE), la France et le Mexique sur la réglementation de la qualité de l'eau potable.

La directive de la CEE regroupe 62 paramètres regroupés en cinq catégories :

- Paramètres organoleptiques
- Paramètres physico-chimiques
- Paramètres concernant des substances indésirables
- Paramètres concernant des substances toxiques
- Paramètres microbiologiques.

Pour chaque paramètre, il est défini un Niveau-Guide (NG) : c'est la valeur qui est considérée comme satisfaisante et qu'il faut chercher à atteindre. Pour certains paramètres, il est également fixé une concentration maximale admissible (CMA) : l'eau distribué doit alors avoir une valeur inférieure ou égale à cette valeur. Lorsque la concentration dans l'eau brute est supérieure à cette valeur, il emporte de mettre en œuvre le traitement correspondant

Groupe de paramètres	Paramètres	Normes de l'OMS 2006	Normes algériennes 2011
Paramètres physiques	pH	entre 6,5 et 9,5	$\geq 6,5$ et $\leq 9,5$
	Conductivité	pas de norme	2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C
	Température	acceptable	25°C
	Turbidité	5 NTU	5 NTU
Paramètres organoleptiques	Couleur	Non mentionnée	15 mg/l Platine
	Goût (Saveur)	acceptables	4 Taux dilution 25°C
	Odeur	Pas de valeur guide	4 Taux dilution 12°C
	Arsenic (As)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
	Cadmium(Cd)	0,003 mg/l	0,003 mg/l
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	Cr total : 0,05 mg/l	0,05 mg/l
	Cyanure(CN ⁻)	0,07 mg/l	0,07 mg/l
	Mercure (Hg)	Hg inorg 0,006 mg/l	0,006 mg/l
	Sélénium(Se)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
	Plomb(Pb)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
	Antimoine(Sb)	0.02 mg/l	0,02 mg/l
	Fer(Fe)	Pas de val. guide	0,3 mg/l
Manganèse (Mn)	0,4 mg/l	0,05 mg/l	

Groupe de paramètres	Paramètres	Normes de l'OMS 2006	Normes algériennes 2011
Eléments indésirables	Aluminium (Al)	0,2 mg/l	0,2mg/l
	Cuivre (Cu ²⁺)	2 mg/l	2mg/l
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,5 mg/l	0,5 mg/l
	Argent	0.05 mg/l	0,1 mg/l
	Fluorures	1,5 mg/l	1,5 mg/l
	Les nitrates	50 et 3 mg/l (exposition à court terme).	50mg/l
	nitrites	0,2 mg/l (exposition à long terme)	0,2mg/l
	Zinc(Zn)	3 mg/l	5 mg/l
	Bore(B)	0,5 mg/l	1 mg/l
	Pesticides	Non mentionées	0,0001 mg/l
	H/C polynucléaires	0,0001 mg/l	0,0002 mg/l
THM (Trihalo-méthanés)CCl ₄	0 ,004 mg/l	0 ,15 mg/l	

Groupe de paramètres	Paramètres	Normes de l'OMS 2006	Normes algériennes 2011
Paramètres Bactériologiques	Coliformes totaux et fécaux	0 nb/100ml	Non mentionnées
	Streptocoques fécaux	0 nb/100ml	Non mentionnées
	Clostridium Sulfito-Réducteurs	0 nb/100ml	Non mentionnées
	Staphylocoques pathogènes	0 nb/100ml	Non mentionnées
	Spores des bactéries	0nb/20ml	Non mentionnées
	Bactéries sulfitoréductrices et spores	Non mentionnées	0 nb/20ml
	Escherichia coli et entérocoques	Non mentionnées	0 nb /100ml
	Pseudomonas aeruginosa	Non mentionnées	Non mentionnées
	Enterococci	Non mentionnées	Non mentionnées

Groupe de paramètres	Paramètres	Normes de l'OMS 2006	Normes algériennes 2011
Minéralisation globale	Calcium Ca^{2+}	100 mg/l	200 mg/l
	Chlorures (Cl)	250 mg/l	500 mg/l
	Magnésium Mg^{2+}	50 mg/l	Non mentionnées
	Dureté mg/l CaCO_3	200 ppm	200 mg/l
	Sodium (Na)	20 mg/l	200 mg/l
	Potassium (K^+)	12 mg/l	12 mg/l
	Sulfates (SO_4^{--})	500 mg/l	400 mg/l

Paramètres radiologiques

Césium-137 (^{137}Cs)	10 Bq/L	10 Bq/L	2009
Iode-131 (^{131}I)	6 Bq/L	6 Bq/L	2009
Plomb-210 (^{210}Pb)	0,2 Bq/L	0,1 Bq/L	2009
Radium-226 (^{226}Ra)	0,5 Bq/L	0,6 Bq/L	2009
Strontium-90 (^{90}Sr)	5 Bq/L	5 Bq/L	2009
Tritium (^3H)	7000 Bq/L	7000 Bq/L	2009

Actuellement pour pouvoir alimenter une localité en eau,

- 1. Il faut que cette eau soit apte à être consommée, c'est à dire potable .Qui devra satisfaire à certaines normes de qualité**
- 2. En quantité suffisante (pour satisfaire aux besoins de la localité)**
- 3. Fournit sous une pression minimale**

Le réseau de l 'A.E.P: Ensemble des ouvrages(installations) et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire ,depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés

Le réseau de l 'AEP est l'ensemble des ouvrages (installations) et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire, depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés.

Il comprend les installations suivantes (Figure 1) :

- Installations de captage ;
- Installations de traitement ;
- Installations d'adduction ;
- Installations de stockage ;
- Installation de distribution.

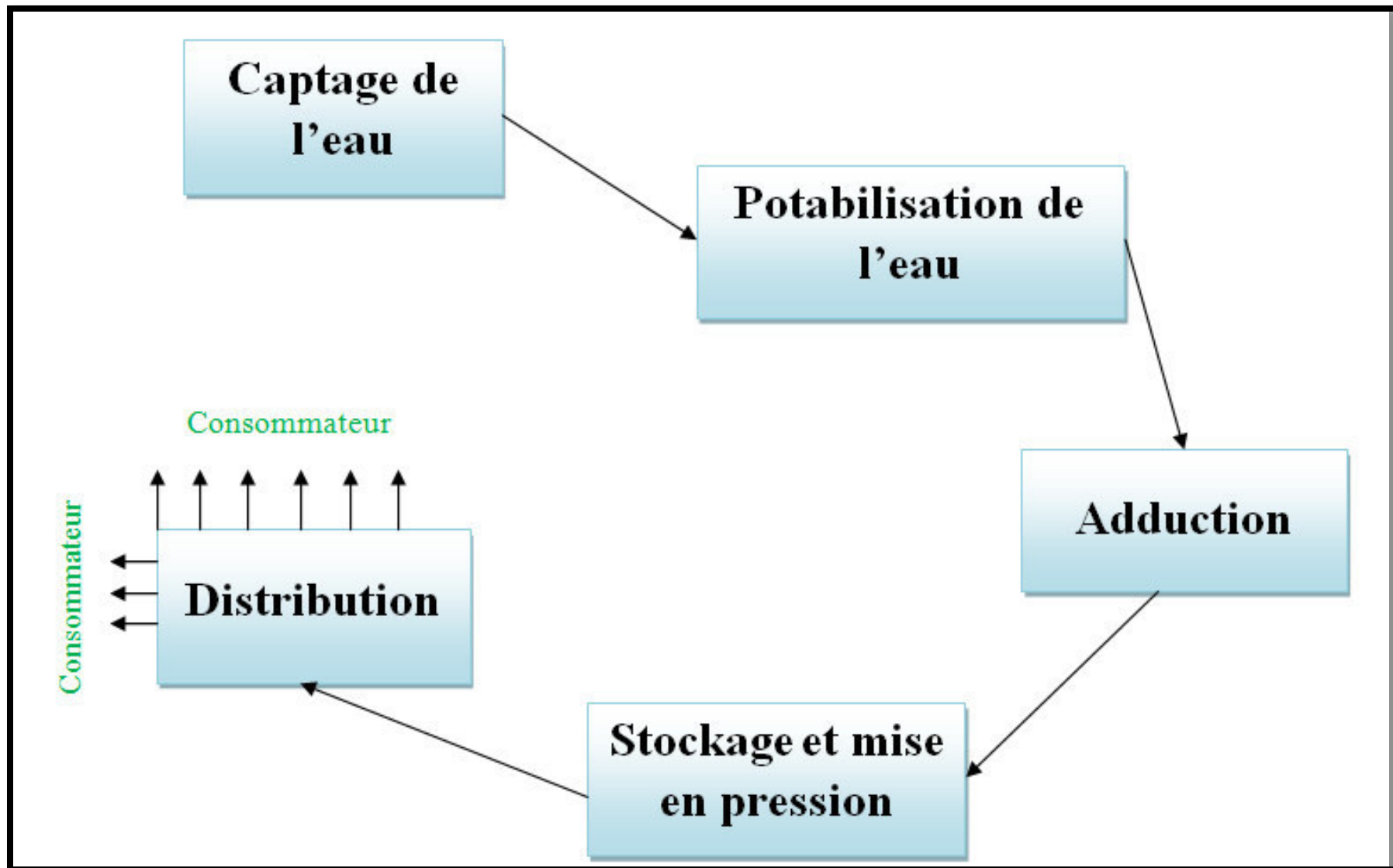


Figure 1. Schéma général des installations du réseau d'AEP

Installations de traitement

C'est l'ensemble des ouvrages qui permettent de traiter (rendre potable) une eau naturelle qui vient d'être captée. Le traitement peut être très simple, par exemple pour le cas d'une eau de profondeur; ou éventuellement complexe, et c'est le cas d'une eau de surface (cours de traitement des eaux potables).

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être régulièrement analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants.

Dans cette section, nous parlerons plus spécialement de traitement des eaux de surface, mais il est certain que certaines eaux souterraines doivent également être traitées. Suivant les circonstances, ces deux types de traitement sont semblables ou différents, mais de toute façon ils présentent des points communs.

Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur.

Le traitement classique et complet d'une eau brute à rendre potable s'effectue en plusieurs étapes (Figure 2):

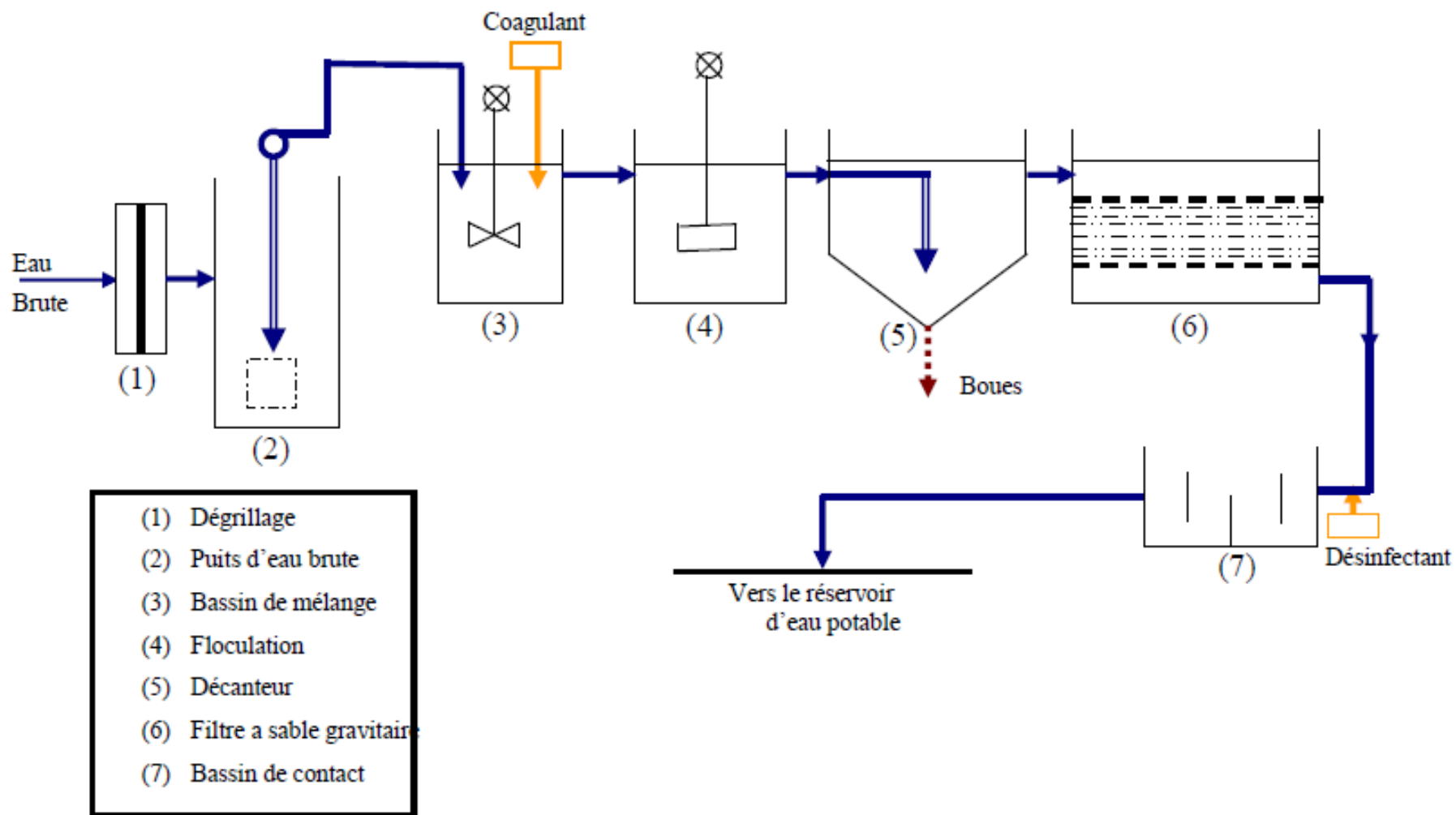


Schéma classique d'une station de potabilisation des eaux de surface.

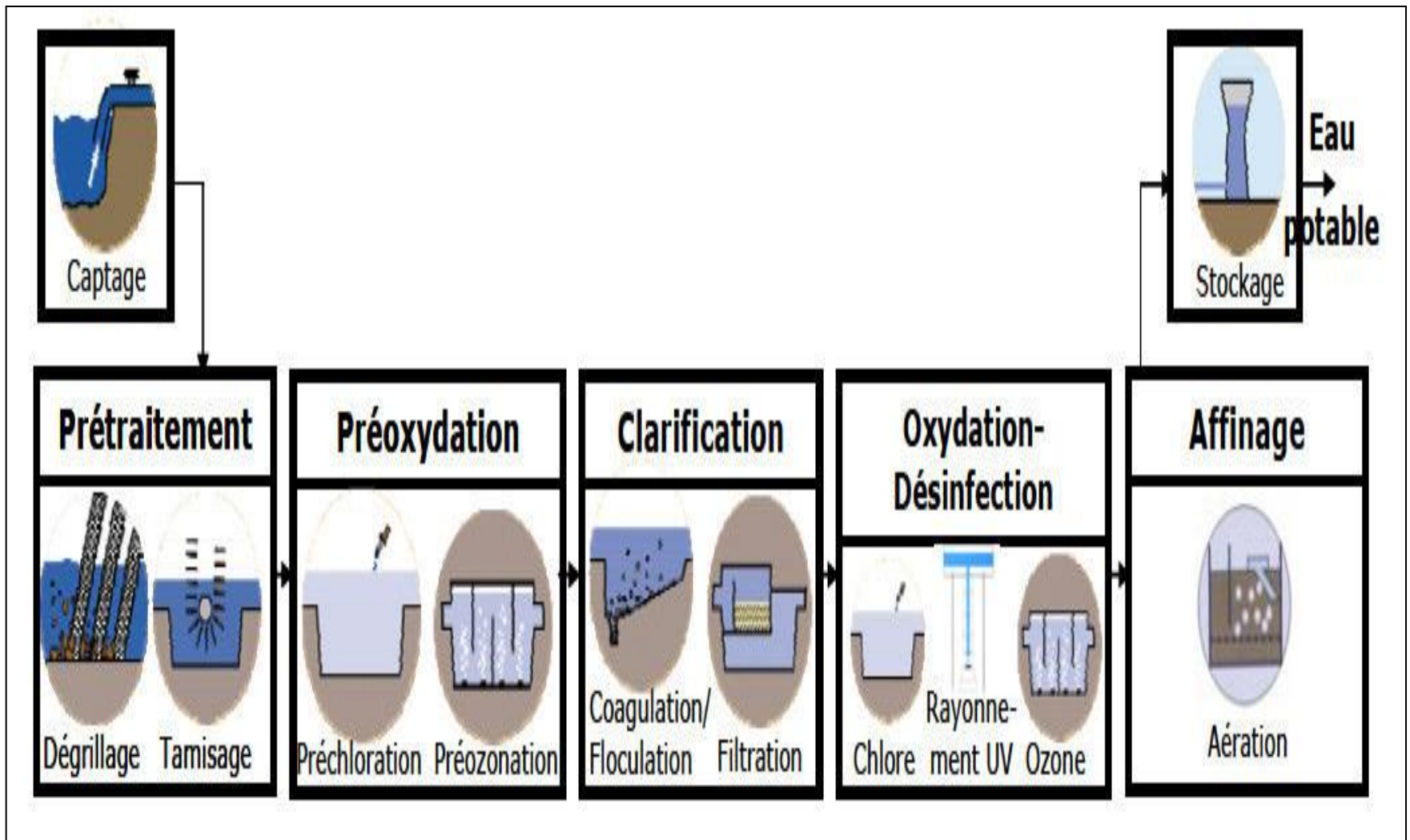
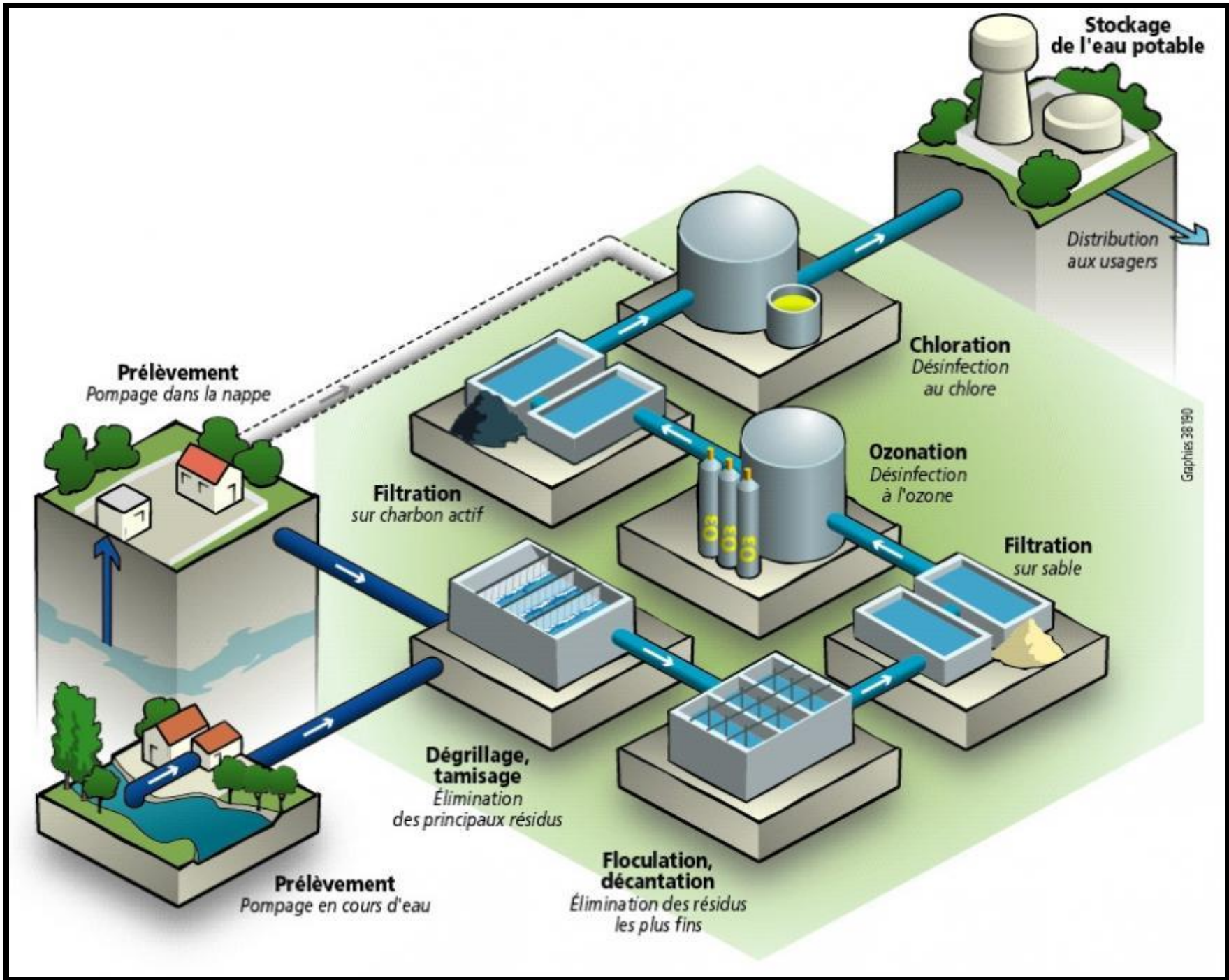


Figure 2. Schéma des étapes de potabilisation de l'eau



L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux. L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine car des éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (nitrates, matières organiques, pesticides, matières en suspension, micro-organismes...). La qualité des eaux de surface ; souvent polluées, et donc très variable et ne peut être traitée qu'au cas par cas par des traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution. Les étapes de traitement classique pour rendre l'eau potable sont :

- Prétraitement (dégrillage, tamisage...)
- Pré chloration
- Clarification (coagulation-floculation, décantation, filtration)
- Désinfection
- Affinage.

L'élimination des matières en suspension et la réduction de la matière organique sont des objectifs souvent assurés au cours du procédé conventionnel de la clarification. La coagulation-floculation conditionnera le reste du traitement et elle permet, par un processus physico-chimique comprenant l'ajout de sels métalliques dénommés coagulant, de transformer la suspension colloïdale en des particules plus importantes qui sont aptes à sédimenter

Objectifs du traitement

Ceux-ci peuvent être répartis en trois groupes:

- ❑ la santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques ;
- ❑ l'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse (source polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir couleur, odeur et goût ;
- ❑ la protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetteries, chauffe-eau,...) contre l'entartage et/ou la corrosion.

Classification des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire

Les eaux douces superficielles sont classées selon leur qualité dans les groupes **A1**, **A2** et **A3** en fonction des critères qui reprend la directive européenne 75-440. Leur utilisation pour la consommation humaine est subordonnée pour les eaux classées en:

Groupe A1: à un traitement physique simple et à une désinfection, par exemple: filtration rapide et désinfection ;

Groupe A2: à un traitement normal physique, chimique, à une désinfection par exemple: préchloration, coagulation, décantation, filtration, désinfection (chloration finale) ;

Groupe A3: à un traitement physique et chimique poussé, à des opérations d'affinage et de désinfection, par exemple: chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage (charbon actif), désinfection (ozone, chloration finale).

La classe de l'eau brute est évidemment déterminée à partir d'une analyse complète de l'eau. Pour une eau donnée il faut que 95% des échantillons aient leurs valeurs inférieures à la valeur impérative et 90% d'entre eux soient conforme à la valeur guide.

Les 5 ou 10% restants doivent respecter, entre autres, les conditions suivantes:

- La valeur des paramètres ne doit pas excéder 50% de celles fixées, exception faite de la température, du pH, de l'oxygène dissous et des paramètres microbiologiques ;
- Il ne peut en découler aucun danger pour la santé publique.

Les eaux superficielles qui ont des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques supérieures aux valeurs limites impératives correspondant au traitement type **A3** ne peuvent être utilisées pour la production d'eau alimentaire. Dans l'état actuel des choses, une eau d'une telle qualité inférieure peut être exceptionnellement utilisée s'il est employé un traitement approprié permettant de ramener toutes les caractéristiques de qualité de l'eau à un niveau conforme aux normes de qualité de l'eau alimentaire.

Ces eaux ne sont distribuées qu'après traitement, trois facteurs déterminent le choix d'un traitement:

- La quantité: La source doit couvrir la demande, en toute circonstance.
- La qualité : La qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur.
- L'économie: Le coût d'investissement et de fonctionnement du procédé de traitement relatif à chacune des ressources disponibles est déterminant lors de la prise d'une décision.

Il faut signaler que les établissements distributeurs des eaux de consommation sont responsables de la conformité de ces eaux aux normes jusqu'à leurs arrivées au consommateur.

LES PRETRAITEMENTS

Introduction

Les eaux brutes doivent subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou les dimensions constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

Le Dégrillage

Les déchets véhiculés par l'effluent sont éliminés dès leur arrivée dans la station grâce au dégrillage mécanique. Les eaux passent par des grilles de plus en plus fines où les matières volumineuses sont retenues. Il existe deux types de dégrillage :

- le dégrillage grossier qui épure l'eau avec des grilles espacées de quelques millimètres pour retirer les déchets dont le volume est supérieur à 2 ou 3cm.
- le dégrillage fin, constitué de grilles encore moins espacées, va éliminer les déchets d'un volume supérieur à 1cm.

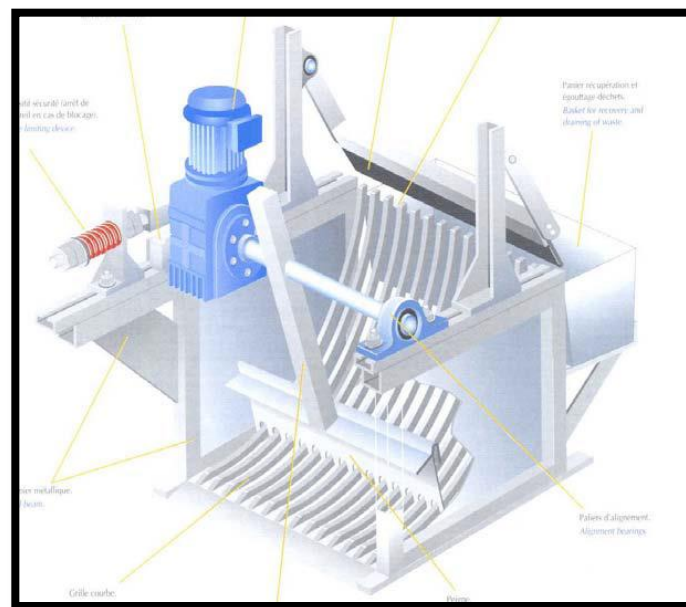
Le dégrillage, premier poste de prétraitement, est indispensable. Il permet de protéger les ouvrages en aval de l'arrivée de gros éléments susceptibles de provoquer des bouchages dans les unités de l'installation. L'opération doit sa relative efficacité à l'écartement entre barreaux de grille.

On utilise principalement trois types de dégrilleurs : ils sont courbes, droits à nettoyage alternatif, droits à nettoyage continu.

La grille courbe comporte un champ de grilles courbes en quart de cercle maintenu en châssis rigide ; un bras rotatif à 2 peignes ajustables et bras de réaction limitateur d'effort. Le dispositif s'arrête en position horizontale pour nettoyage. Les peignes peuvent être remplacés par des racleurs brosses à poils de nylon.



Dégrilleur à grille courbe



Dégrilleur courbé

La grille droite à nettoyage alternatif : comporte un champ de grilles vertical maintenu en châssis fixe, un châssis s'inclinant vers l'amont grâce à un vérin permettant la descente du peigne de nettoyage hors du champ de grille ainsi qu'un éjecteur des refus de grilles actionné par vérin. Les peignes peuvent être remplacés par un grappin ou une poche.



La grille droite à nettoyage continu est en général légèrement inclinée et nettoyée par des peignes, ou des balais brosses entraînés par un mécanisme à chaînes sans fin.

Dégrilleur à grille droite à nettoyage continu



Surface de grille

Cette surface immergée S est déterminée par la formule suivante :

$$S = Q_{max} / V \times \theta \times C$$

Avec

Q_{max} : le débit maximum arrivant en entrée de grille

V : la vitesse de l'influent qui est une vitesse permettant la bonne élimination des résidus et qui évite également une sédimentation de la grille.

θ : grandeur relative au rapport espace libre entre les barreaux noté e et la somme de l'espace libre entre les barreaux et leur épaisseur notée d .

C : un coefficient de colmatage de grille automatique (dans notre cas).

$$a = \frac{e}{d + e}$$

d : Diamètre des barreaux

e : espacement entre les barreaux

Ce sont donc ces grandeurs qu'il nous faut fixer pour chaque type de dégrilleur courbe fin puis grossier.

Largeur de grille

Une fois les surfaces obtenues, nous avons déterminé la largeur l des grilles relatives. Pour cela, nous sommes parties de la notion de tirant d'eau noté t . Le tirant d'eau représente la hauteur d'eau de la partie immergée de la grille. Cette hauteur peut être représentée de la façon schématique suivante :

Caractéristiques de la grille:

La vitesse de passage de l'eau doit permettre l'application des matières sur la grille sans provoquer de pertes de charge importantes ni entraîner des colmatages en profondeur des barreaux.

a- Vitesse de passage:

La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise $0,6 < V < 1$ m/s ou 1,2 à 1,4 m/s en débit maximal.

b- Pertes de charge:

Les pertes de charge créées par les grilles sont de 0,05 à 0,15 m en fonction des caractéristiques de la grille. On peut calculer ΔH par la formule suivant :

$$\Delta H = C \frac{V^2}{2g}$$

V : vitesse de passage de l'eau entre les barreaux.

g: accélération de pesanteur.

$$C = \beta \left(\frac{e}{d} \right)^{\frac{4}{3}} \sin \alpha$$

β : en fonction de la forme des barreaux

β : 2,42 (section rectangulaire)

β : 1,79 (section circulaire)

d : espacement entre deux barreaux,

e : épaisseur d'un barreaux,

θ : Angle que fait la grille avec l'horizontale

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} \beta \left(\frac{e}{d} \right)^{\frac{4}{3}} \sin \alpha$$

c- La section de la grille

La section minimale de la grille déterminée par la formule suivant :

$$S = \text{longueur}_{\text{mouillée}} \times \text{largeur},$$

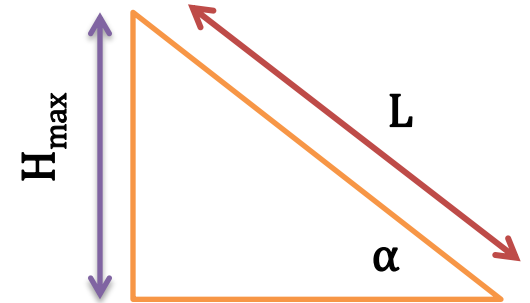
avec

$$\square \sin \alpha = H_{\max} / L$$

$\square H_{\max}$: profondeur d'eau dans le canal d'amenée,

$\square L$: longueur mouillée de la grille,

$\square l$: longueur de la grille.



$$\theta = 60 \text{ à } 80^\circ$$

Débit d'eau

Le débit d'eau qui traverse la grille est :

$$a = \frac{e}{d + e}$$

d : Diamètre des barreaux

e : espacement entre les barreaux

V : la vitesse de l'influent qui est une vitesse permettant la bonne élimination des résidus et qui évite également une sédimentation de la grille.

C : un coefficient de colmatage de grille

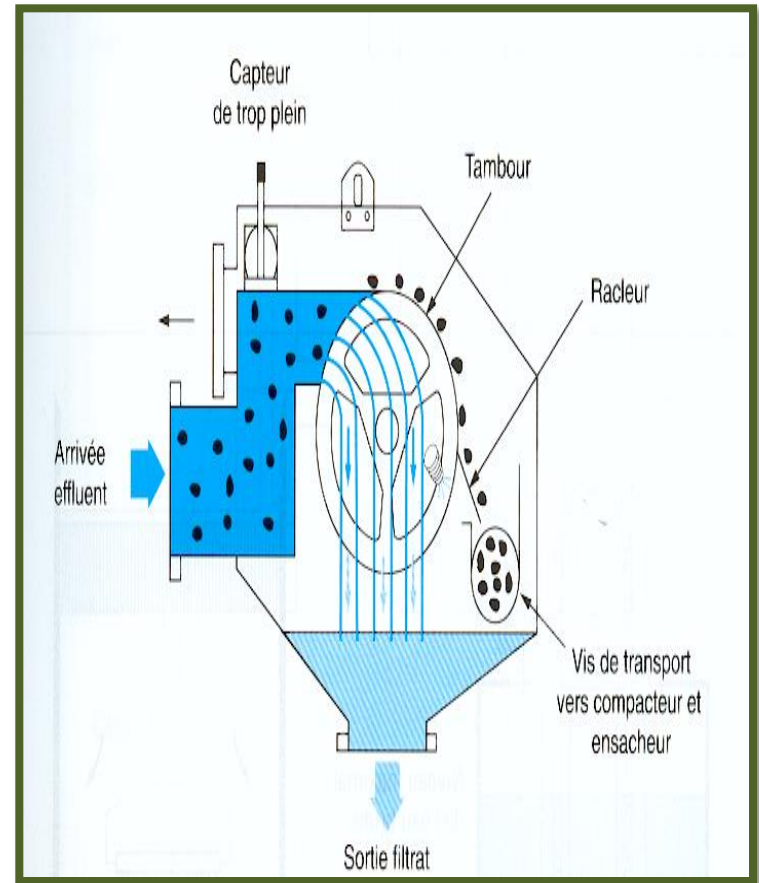
Le Tamisage

- Enlèvement des fines MES.
- Tôles perforées ou treillis, montés sur des bandes ou tambours rotatifs.
- Système à nettoyage automatique.
- Installation au fil de l'eau.

Le tamisage est en fait un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro- tamisage (mailles $> 0,3$ mm) et un micro-tamisage ($< 100\mu\text{m}$).

Le macro-tamisage est le stade le plus important et est destiné à retenir les matières en suspension flottantes, les débris végétaux, les herbes, insecticides etc....

La charge de pollution se trouve ainsi réduite et allège la STEP.



Tambour et tamis rotatif

L'appareil est constitué d'un tambour à axes horizontaux de plusieurs mètres de diamètre. Il peut encore être constitué d'une bande rotative sur chaîne sans fin. Il s'agit donc de macro-tamis rotatifs .

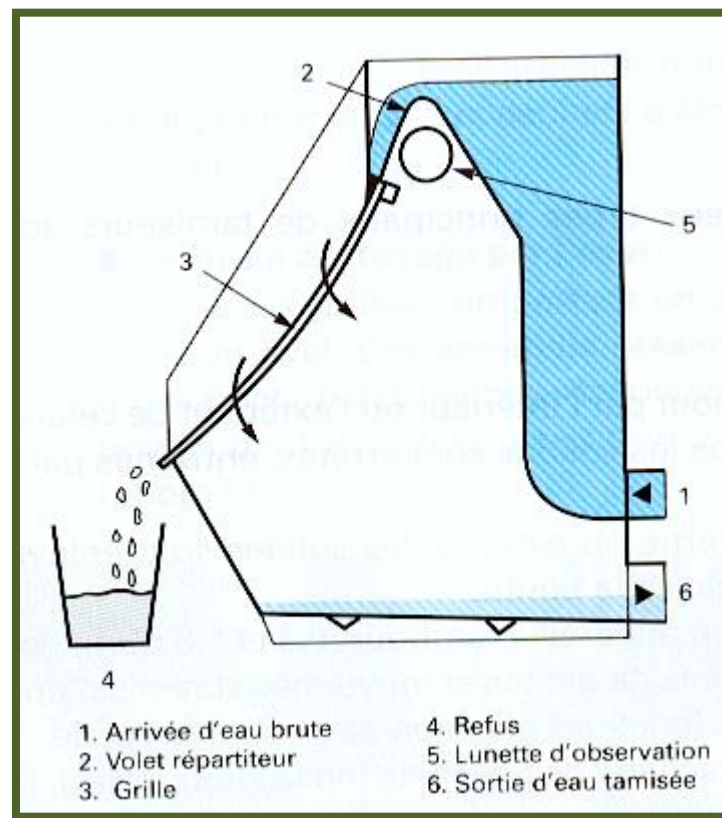
Le tamisage se fait sur les panneaux filtrants équipés d'une goulotte inférieure de recueil et d'évacuation.

Il existe également des filtres mécaniques de tamisage fonctionnant sous pression alimentés par pompage.

La gamme de maille s'étend entre 0,15 et 4 mm.

Il existe des tamis à nettoyage par raclage qui permettent un tamisage des eaux après passage sur une tôle ondulée et perforée, à orifices entre 2 et 5 mm.

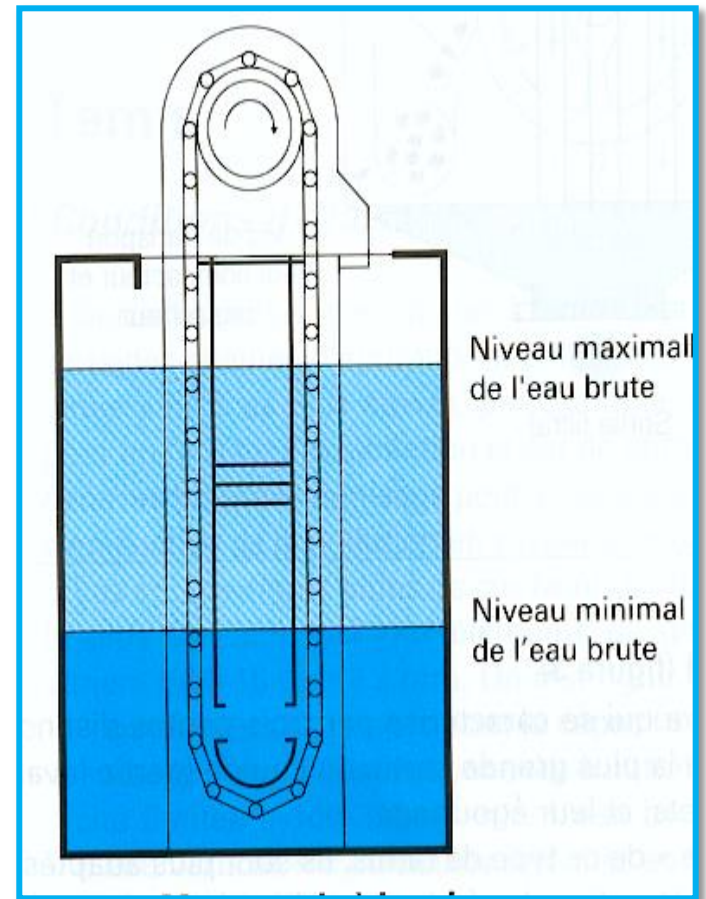
La longueur de la tôle est d'environ 2 mètres. Une autre technique consiste en des tamis vibrants circulaires ou rectangulaires dont les secousses imprimées assurent l'évacuation des déchets



Tamis à grille concave

Macrotamissage :

- Tôles perforées ou toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique
- Ouvertures de 0,15 à 2 mm
- Tambours de 1,5 à 6 m de diamètre
- Bandes de 1 à 3 m de largeur
- Hauteur 3 à 15 m



Macrotamis à bande

Elimination des " MES,
débris végétaux ou animaux, insectes, brindilles, algues...

2. Microtamisage

Le microtamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils ou à travers une membrane poreuse. Durant le passage du liquide, certains solides sont arrêtés soit directement (par les mailles du microtamis) soit indirectement par les matières solides accumulées sur le microtamis). La grosseur des mailles d'un microtamis est inférieure { $150\mu\text{m}$. Les microtamis peuvent intercepter le plancton et les particules organiques et minérales assez grosses dont la taille est supérieure à celle des ouvertures du microtamis. Par contre, les microtamis n'arrêtent ni les éléments minéraux fins (argile), ni les éléments colloïdaux minéraux ou organiques, ni les substances dissoutes. Le microtamisage n'améliore donc pas la turbidité causée par de fines particules et ne modifie pas la couleur de l'eau. On utilise principalement les microtamis pour :

- ❑ traite les eaux de lac faiblement contaminées, dont la turbidité est faible et la couleur peu accentuée. Dans ce cas, le microtamisage est habituellement suivi d'une filtration et d'une désinfection ;
- ❑ réduire la quantité de matières en suspension (MES) présentes dans les eaux usées après épuration ;
- ❑ clarifier les eaux résiduaires industrielles ;
- ❑ récolter les algues { la sortie d'un traitement par lagunage.

La durée d'utilisation du microtamis dépend du type de microtamis auquel on recourt. On peut donc la déterminer en fonction des deux types de microtamis existants : le microtamis à nettoyage manuel et le microtamis à nettoyage automatique.

2.1. Microtamis à nettoyage manuel :

Le Microtamis à nettoyage manuel est en général constitué d'une grille fixe, à mailles fines, placée en travers de l'écoulement de l'eau à traiter. Lorsque la différence entre les niveaux d'eau en amont et en aval atteint une valeur prédéterminée, appelée valeur de consigne, on retire cette grille et on la nettoie. On peut développer une expression permettant de calculer la durée d'utilisation d'un microtamis entre deux lavages, en récrivant l'équation de la façon suivante :

$$H = H_0 e^{I\beta}$$

Dans ces deux équations.

H_0 = perte de charge initiale (m)

H = perte de charge (m)

Q = débit (m^3/s)

β = volume d'eau traitée par unité de surface (m)

A = surface utile du microtamis (m^2)

t = durée de microtamisage (s)

I = indice de filtrabilité (m^{-1})

$$H = \left(\frac{Q C_f}{A} \right) e^{\frac{IQ t}{A}}$$

$$t = \left(\frac{A}{IQ} \right) \ln \frac{HA}{QC_f}$$

2.2. Microtamis à nettoyage automatique :

Tout les microtamis à nettoyage automatique fonctionnent selon le même principe. La toile forme soit un cylindre à axe horizontale, soit une bande sans fin, et les microtamis est continuellement en mouvement. La partie du microtamis qui pénètre dans l'eau est propre ; plus elle s'enfonce dans l'eau, plus elle s'encrasse. Lorsqu'elle ressort de l'eau, elle est partiellement encrassée ; il faut donc la nettoyer avant qu'elle ne soit de nouveau immergée. On effectue en générale le nettoyage à l'aide de jets d'eau traitée. Dans ce cas, la vitesse de circulation du microtamis, S , permet de déterminer la durée d'utilisation d'une section donnée du microtamis entre deux lavages.

$$S=A/t$$

S : vitesse de circulation du microtamis (m^2 /s).
On trouve que :

$$H=(QC_f)A e^{(IQ/S)}$$

2.3. Critères de choix d'un microtamis :

Les pertes de charges tolérées dans un microtamis varient de 0,05 à 0,15 m. Les charges superficielles, Q/A , les plus courantes pour les microtamis à nettoyage manuel ou automatique sont en général inférieures à 100 m/h. Plus les mailles sont petites, plus la charge superficielle doit être faible. Les grosseurs de mailles les plus courantes se situent entre 30 et 150 μm . Le choix de la grosseur des mailles découle des résultats des essais effectués en laboratoire. La fréquence de rotation des microtamis à nettoyage automatique varie de 0,5 à 5,0 tr/min

Dessablage /Dégraissage

1. Principe général:

Les étapes de dessablage et de dégraissage ne sont pas obligatoires dans les stations de traitement des eaux potables. Cependant, comme nous n'avons pas prévu de décantation primaire, nous avons estimé qu'il était nécessaire de mettre en place ces dispositifs. .

Le dessablage consiste à débarrasser les eaux des solides de taille supérieure à 200 μm (sables, graviers, matières minérales lourdes) par décantation sous l'effet de la gravité. À la différence de la décantation primaire, il n'élimine pas les matières volatils en suspension (MVS). En effet, le dessablage est basé sur la différence de densité entre les solides à séparer ($d \approx 1,7$ à $2,6$) et les matières organiques ($d \approx 1,2$), plus légères, qui restent en suspension. Pour limiter la décantation de ces matières organiques, il faut maintenir une vitesse de l'effluent entre 0,3 et 0,6 m/s. En fait, La décantation a lieu si la vitesse de chute des particules est supérieure à la vitesse de l'eau.

$$V_{\text{lim}} = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho_l)d^2}{\mu}$$

L'élimination des sables présents dans les eaux brutes est indispensable si on veut protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et éviter le colmatage des canalisations par sédimentation au cours du traitement.

La vitesse de sédimentation des particules est fonction de leur nature, de leur diamètre et de la viscosité du liquide où elles se trouvent.

Matériau	Diamètre (nm)	Masse spécifique (g/cm³)	Vitesse de sédimentation (cm/s)
Sable fin	0,02 - 2,0	2,65	2,00 - 100
Limons	0,002 - 0,02	2,65	0,04 - 2,0
Argile	0,002	2,65	0,005 - 0,04
Matières organiques	0,01 - 0,4	1,01	0,3 - 0,2

Le dégraissage vise à éliminer les graisses et huiles d'origine végétale et animale par flottation naturelle, lorsque la différence de masse volumique est naturellement suffisante pour séparer deux phases, ou accélérée par injection de fines bulles d'air. La flottation est une technique de séparation fondée sur des différences d'hydrophobicité des particules à séparer.

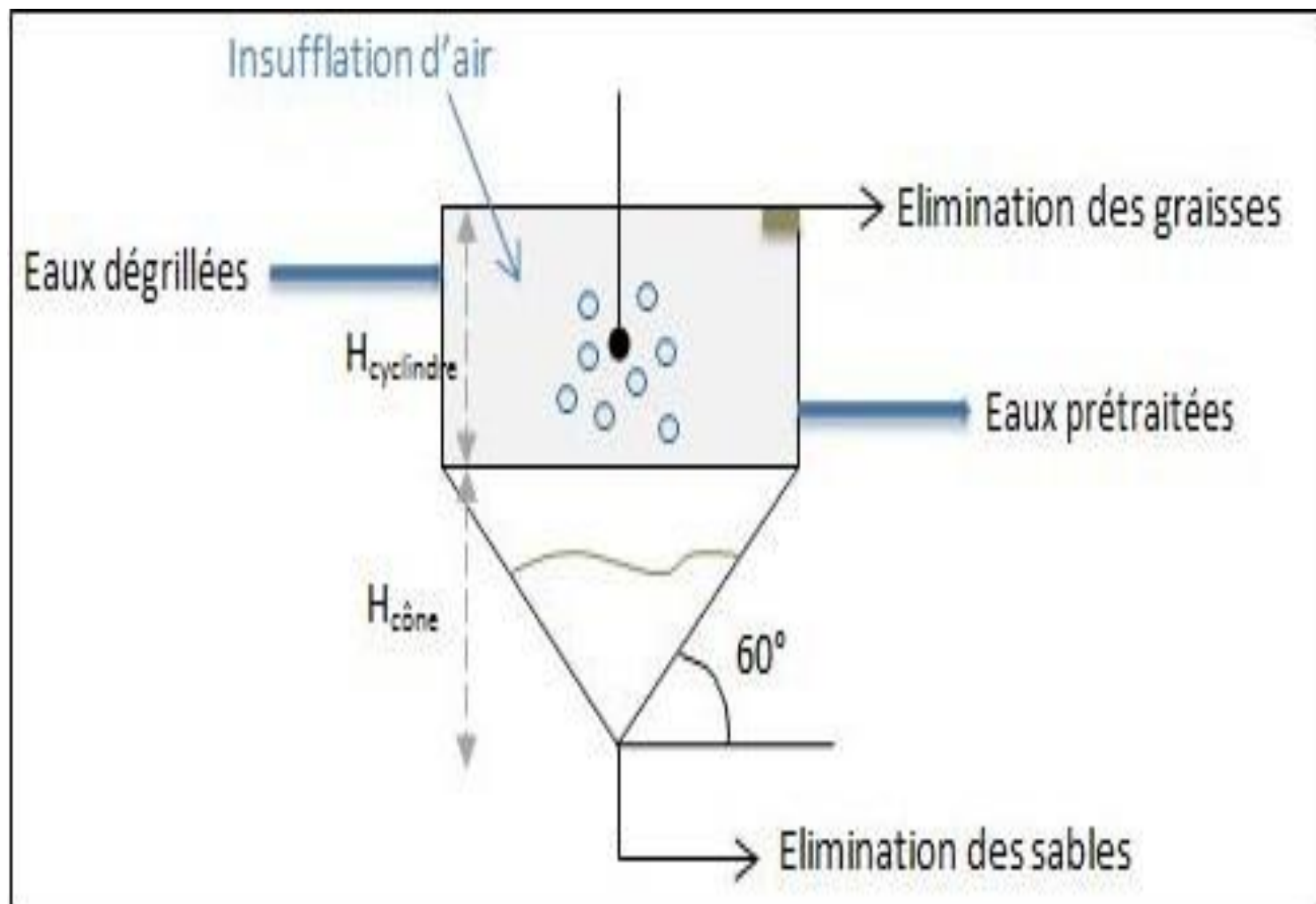
Ces deux étapes de traitement sont souvent réalisées au sein d'une même unité de traitement, et on parle alors d'ouvrage combiné. L'extraction des sables peut se faire par raclage de fond ou par pompage, et l'extraction des graisses rassemblées à la surface des eaux sous forme d'écume se fait à l'aide de pont racleurs. Elles sont recueillies dans une goulotte avant d'être envoyées dans une cuve de stockage.

Choix du dessableur/dégraisseur

Si les dessableur-dégraisseurs peuvent être de différentes formes, on les trouve souvent sous la forme cylindro-conique car cette forme correspond à un optimum d'utilisation des volumes disponibles. De plus, cette forme favorise la décantation des sables. Cependant, un décanteur de section rectangulaire permet de réduire sensiblement la hauteur de l'ouvrage, et donc, les volumes morts par rapport à un décanteur de section cylindrique.

► Comme ils sont les plus couramment utilisés, nous avons choisi de mettre en œuvre un ouvrage de **forme cylindro-conique avec insufflation d'air, évacuation automatique des graisses et reprise des matières sédimentables déposées dans le fond au moyen d'un aéroéjecteur.**

Le stockage des sables se fait dans la partie conique du bassin dont la pente sera fixée à 60° (la valeur minimum admissible étant de 50°). Les ouvrages sont généralement réalisés en béton et l'étanchéité des parties de l'ouvrage en contact avec l'eau est assurée par incorporation d'hydrofuge dans la masse du béton.



Il existe divers types de dessableurs :

Dessableurs à couloirs

Dessableurs carrés

Dessableurs aérés

Il peut s'agir de dessableurs à couloirs simples qui sont des canaux à section élargie et rectangulaire, dans lesquels la vitesse de passage est inférieure à 0,3 m/s de façon à éviter le réentrainement des particules par le courant d'eau.

Il existe également des dessableurs à couloirs à vitesse constante qui ont l'inconvénient d'être sensibles aux variations journalières de débits et donc de remettre en mouvement les particules déposées.

On a aussi imaginé des dessableurs carrés à fond plat, où l'eau est admise sur toute la largeur du bassin. L'eau sort par le côté opposé et les sables sont recueillis par raclage.

Les dessableurs aérés dans lesquels l'insufflation de l'air impose aux eaux un mouvement de rotation et entraîne une décantation rapide des grains de sable ainsi qu'un rafraîchissement des eaux par l'apport d'oxygène.

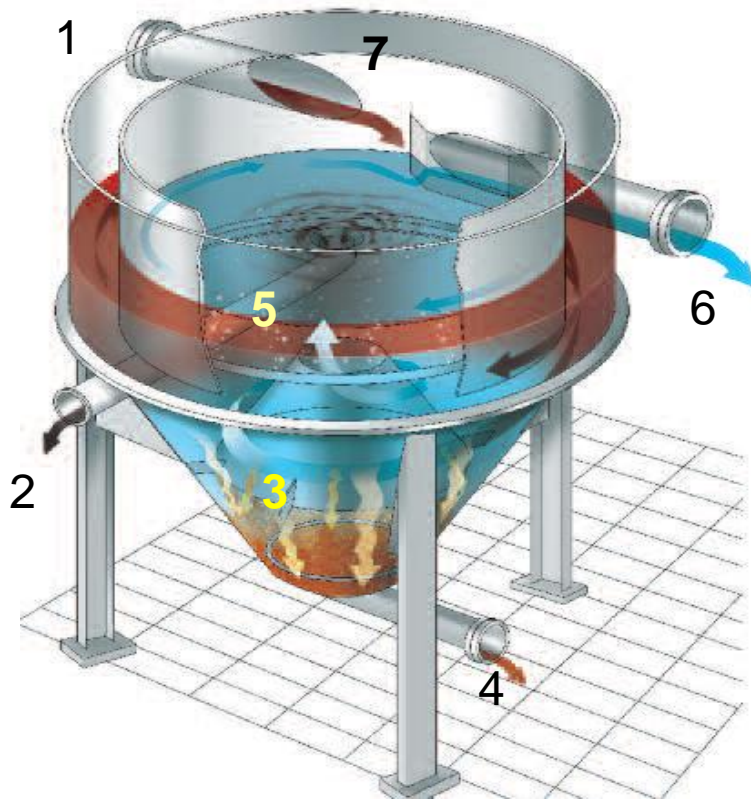
Dessableurs circulaires

- Forme cylindro-conique
- Diamètre de 3 à 8 m
- Profondeur liquide de 3 à 5 m
- Le sable se dépose sur un radier incliné
- Le sable est récupéré dans une trémie centrale

Balayage du radier :

- Effet vortex grâce à l'introduction d'eau tangentielle
- Mélangeur mécanique rotatif à pales à axe vertical
- Insufflation d'air





Dessableur circulaire

- 1- Alimentation
- 2- Ecume de décharge
- 3- Cône de séparation
- 4- Décharge des grains
- 5- Système d'aération
- 6- Sortie de l'eau dessablée
- 7- Surface intérieure



Dessableur longitudinal

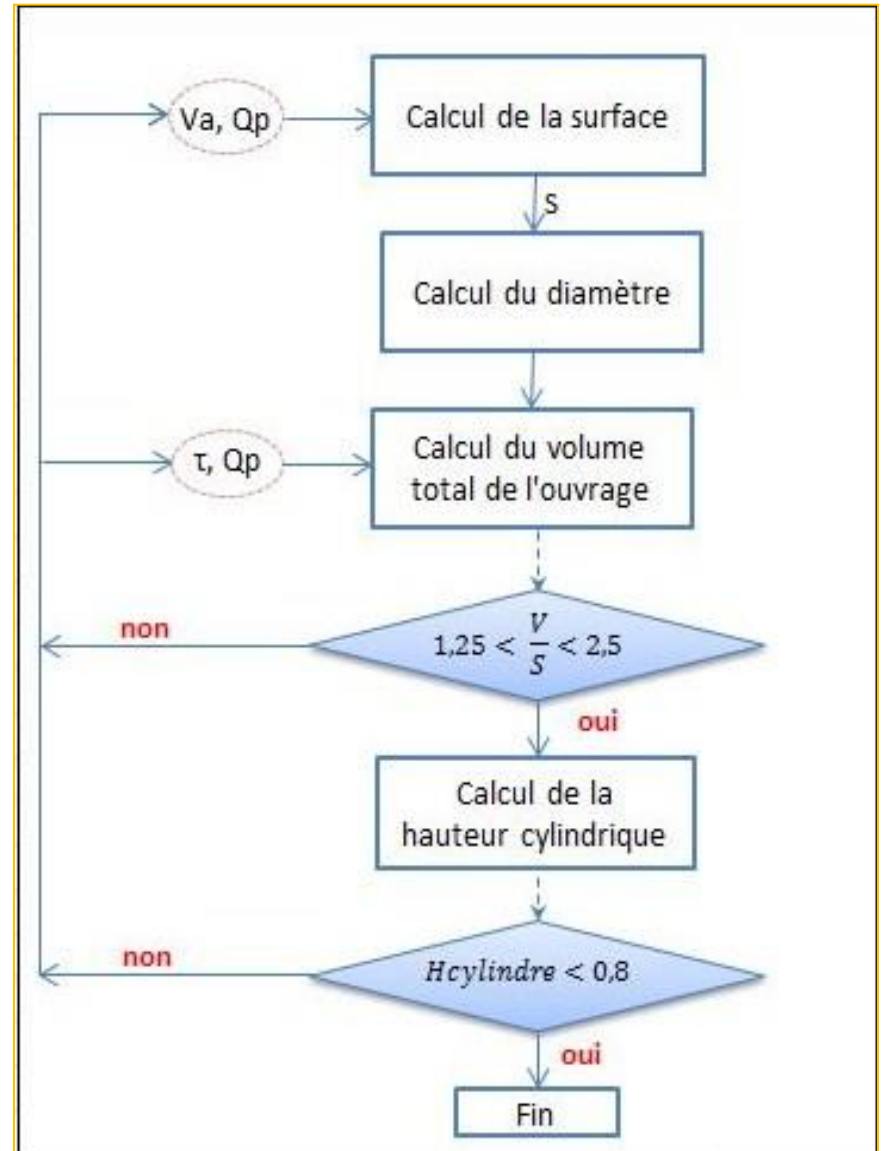
Le temps de séjour sont de 3 à 5 minutes et l'insufflation d'air est de l'ordre de 1 à 1,5 m³/m³ d'eau.

Il existe aussi des dessableurs circulaires alimentés tangentiuellement et dans lesquels les grains de sable sont projetés vers les parois et redescendent en décrivant une spirale d'axe vertical. La vitesse de passage est de l'ordre 0,8 m/s et le temps de séjour est de 1 minute.



Dimensionnement

L'objectif du dimensionnement est de déterminer la surface, la hauteur cylindrique et le volume total de l'ouvrage. Le temps de séjour nécessaire à l'ascension des graisses (de l'ordre de 10 minutes) étant supérieur au temps de séjour nécessaire à la décantation des sables (de l'ordre de 3 à 5 minutes), c'est le dégraissage qui conditionne le dimensionnement de l'unité de dessablage-dégraissage.



Organigramme du dimensionnement du dessableur/dégraisseur

Les critères de dimensionnement d'un dessableur aéré sont :

- Le temps de séjour de l'eau (T_s) dans le dessableur est de 1 à 5 minutes,
- La hauteur de dessableur est de 1 à 3 m,
- La quantité d'air à injecter est estimée de 1 à 1,5 m^3 par m^3 d'eau usée.
- Le dessableur élimine 80% de matière minérale présente dans les eaux usées. La matière minérale représente 20% environ de la charge en matière en suspension (MES), les 80% restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS).

Valeurs nécessaires au dimensionnement		
Paramètre	Intervalle	Valeur retenue
Charge hydraulique ($m^3/m^2/h$)	40-70	50 ($m^3/m^2/h$)
Temps de séjour (min)	/	5 min

Dimensionnement

a) Volume du dessableur

On adoptera un dessableur circulaire, le volume du dessableur est donné par :

$$V = Q_p \times T_s$$

- Q_p : le débit de pointe
- T_s : temps de séjour

b) Diamètre du dessableur

Le diamètre de dessableur est donné par :

$$d = \sqrt{(4 * V / h * \pi)}$$

d : diamètre

V : volume du dessableur

h : hauteur

c) Débit volumique d'air injecté

La quantité d'air à injecter est donnée par la relation :

$$Q_{\text{air}} = Q_p * V$$

Avec

V : volume d'air à injecter (m^3 / m^2)

Q_p : le débit de pointe

d) Quantité de matières éliminées

Le dessableur élimine 80% de la matière minérale existant dans les eaux usées. La matière minérale représente 20% de la charge en matière en suspension (MES), les 80% restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS).

Partant de ces hypothèses, s'ensuit :

- ❑ Les matières minérales totales = $0,20 * MES = 0,2 MES$
- ❑ Les matières minérales éliminées par le dessableur = $0,80 * 0,2MES$
- ❑ Les matières minérales restantes = $MME (init) - MMS(élim)$
- ❑ MES sortant du dessableur = $0,80 * MES + MMS (rest)$

❖ Le dessablage seul

Afin de retenir 90% des particules de diamètre supérieur à 0,2mm, il est recommandé de prendre une charge superficielle (charge hydraulique) de l'ordre de $50\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ (m/h).

$$S(\text{m}^2) = [Q_p (\text{m}^3/\text{h}) / \text{Ch}(\text{m}/\text{h})]$$

Valeurs pratiques :

- Débit moyen temps sec : $V_{\text{asc}} = 25 \text{ m/h}$ avec $T_s = 6 \text{ min}$
- Débit de pointe temps sec : $V_{\text{asc}} = 38 \text{ m/h}$ avec $T_s = 4 \text{ min}$

Avec :

- V_{asc} : vitesse ascension

❖ Le dessablage/déshuilage

Lorsque les deux équipements sont conçus dans le même ouvrage, les valeurs de la charge superficielle sont comme suit:

- Débit moyen temps sec : $6 \leq V_{\text{asc}} \leq 10 \text{ m/h}$ avec $15 \leq T_s \leq 20 \text{ min}$
- Débit de pointe temps sec : $10 \leq V_{\text{asc}} \leq 15 \text{ m/h}$ avec $10 \leq T_s \leq 15 \text{ min}$

Valeur à prendre en compte :

$$1,25 \text{ m} \leq \text{Volume}(\text{m}^3) / \text{Surface} \text{ m}^2 \leq 2,5 \text{ m}$$

Les valeurs usuelles considérées pour le dimensionnement d'un dessableur/dégraisseur aéré sont les suivantes :

Valeurs caractéristiques pour le dimensionnement de l'unité	
Vitesse ascensionnelle, V_{asc}	15 m/h
Temps de séjour, T_s	10 min

Calcul du volume total de l'ouvrage

Connaissant le temps de séjour et le débit de pointe, on peut déduire le volume de l'équipement $V = T_s * Q_p$ (m^3/mn) Il est à noter que le rapport du volume de l'ouvrage sur sa surface doit être compris entre 1,25 et 2,5 m, or nous avons un rapport de 2,5 m.

Calcul de la hauteur cylindrique

Le volume calculé correspond au volume total soit la somme des volumes de la partie cylindrique et de la partie conique. $V = V_{cylindre} + V_{cône} = S * H_{cylindre} + (\pi * D^2 * H_{cône} / 12)$

On peut facilement déterminer la hauteur du cône par des considérations géométriques.

Schéma de la partie conique de l'ouvrage

$$H_{cône} = D/2 * \tan(30^\circ)$$

On en déduit donc les hauteurs et volumes des parties cylindriques et coniques de l'ouvrage. Il faudra alors s'assurer que la hauteur de la partie cylindrique ne dépasse pas 0,8 m.

Aération

Description du procédé :

L'aération permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs. L'aération suit les lois de l'échange gaz-liquide, pour le transfert des solutés à travers une interface air-liquide.



Dispersion de l'eau dans l'air :

* *Cascade : Chute en cascade sur plusieurs paliers*

* *Plateau : Ecoulement d'eau par gravité sur une série de plateaux perforés ou en pente*

* *Masse de contact : Tour de garnissage avec écoulement à contre-courant d'air et d'eau (anneaux Rashig, Pall...)*

* *Pulvérisation : Tuyères fixées sur les collecteurs d'eau*

Champs d'application :

L'aération peut être installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau comme étape de préoxydation.

Cette aération est nécessaire lorsque l'eau présente une carence en oxygène et permet alors, soit :

- D'oxyder des éléments réduits, tels les ions ferreux ;
- D'augmenter la teneur en oxygène dans l'eau (améliorer le goût, éviter la corrosion des conduites métalliques en formant une couche protectrice) ;
- D'éliminer des gaz indésirables (H₂S, CO₂ libre, sursaturation en oxygène, composés organiques volatils, etc.).

En comparant les potentiels d'oxydoréduction du fer et du manganèse, on constate que le fer peut être oxydé facilement par l'oxygène de l'air tandis que le manganèse ne l'est qu'à un pH alcalin.

L'aération peut aussi faire partie intégrante d'une étape de traitement spécifique et se trouver alors au milieu de la chaîne du traitement de l'eau. Enfin, l'aération peut compléter la chaîne de traitement de l'eau afin de la rendre plus agréable au goût. Elle se situe alors avant la réserve d'eau traitée et sa distribution dans le réseau.

L'aération permet aisément l'oxydation du fer s'il n'est pas à l'état complexé soit par la matière organique (acides humiques) ou par la silice dissoute.

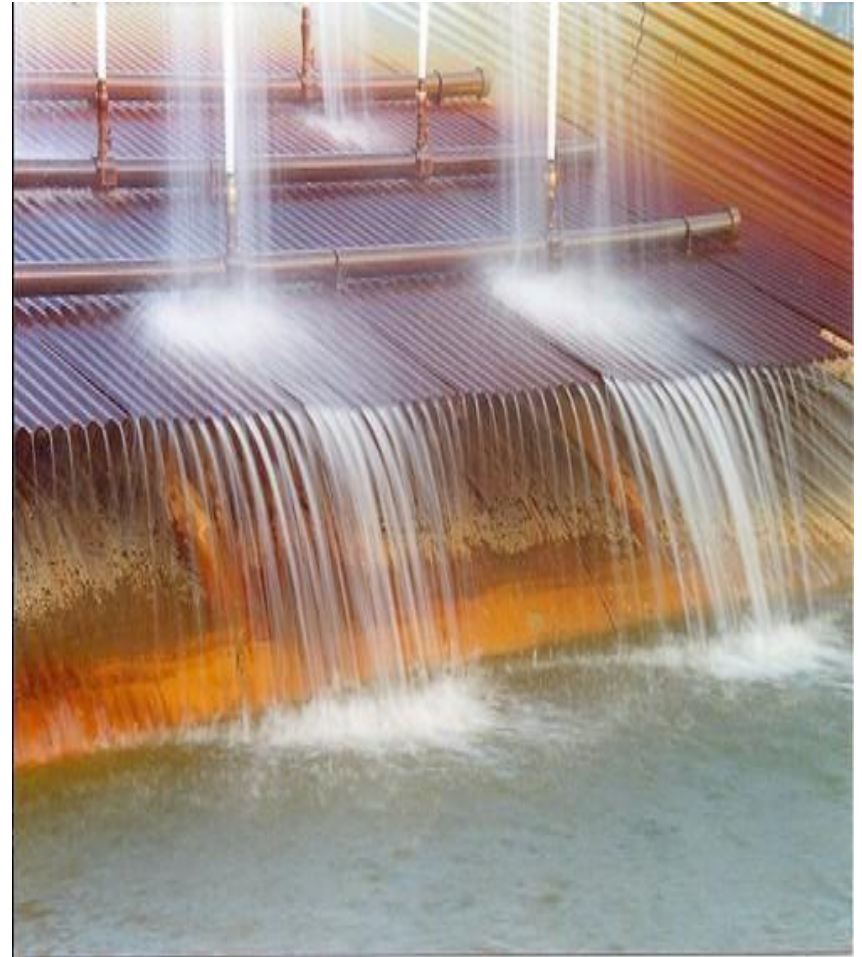
Critères de conception :

Dispersion de l'eau dans l'air

Dans ces systèmes, on provoque artificiellement la turbulence de l'eau. Une bonne dispersion de l'eau est nécessaire afin d'accroître l'interface air-eau permettant l'échange de gaz. Parmi les procédés utilisant la dispersion de l'eau dans l'air, notons les cascades, les plateaux, les masses de contact et la pulvérisation.

Déferrisation par simple aération de la veine liquide ,

Le tableau 2 suivant présente les principales caractéristiques et critères de conception de ces procédés.



Déferrisation par simple aération de la veine liquide

Caractéristiques et critères de conception pour la dispersion de l'eau dans l'air

Cascade	Plateau	Masse de contact	Pulvérisation
<i>Description</i>			
Créer une bonne turbulence à l'aide d'une chute en cascades sur plusieurs paliers	Écoulement de l'eau par gravité sur une série de plateaux perforés ou en pente	Tour de garnissage avec écoulement à contre-courant de l'air et de l'eau (anneaux Raschig, Pall, etc.)	Tuyères fixées sur les collecteurs d'eau (utilisées surtout en dégazage et oxygénation de l'eau; peuvent être combinées aux cascades)
<i>Critères de conception</i>			
Hauteur de chaque palier : 30 à 80 cm Vitesse d'approche : 25 m/h et plus	Distribution sur le plateau de tête : Uniforme Nombre d'unités : 3 à 5 plateaux Écart entre les plateaux : 15 cm ou plus Charge superficielle : moins de 12 m ³ /m ² /h Taille des perforations : entre 1,2 et 5 cm distancées de 7,5 cm	Vitesse de l'eau : de 10 à 50 m ³ /m ² /h Vitesse de l'air : de 1500 à 2000 N.m ³ /m ² /h Hauteur de garnissage : de 1500 à 3000 mm Autres éléments de conception : Fabricants et fournisseurs	Débits : selon modèle retenu (mais débit stable) Autres éléments de conception : Fabricants et fournisseurs

La température de l'eau et de l'air auront une grande influence sur l'efficacité du transfert. De plus, les eaux aérées doivent subir une désinfection adéquate avant distribution.



Dispersion de l'air dans l'eau

Dans ces systèmes, l'air est injecté dans la masse d'eau à aérer. Encore une fois, une bonne dispersion de l'air est nécessaire afin d'accroître l'interface air-eau permettant l'échange de gaz.

Parmi les procédés utilisant la dispersion de l'air dans l'eau, notons les diffuseurs et l'aération sous pression. Le tableau 3 suivant présente les principales caractéristiques de ces procédés



Caractéristiques pour la dispersion de l'air dans l'eau

	Diffuseurs	Aération sous pression
<i>Description</i>	Injection d'air sous pression dans une masse liquide	Injection d'air dans une conduite sous pression
<i>Type d'injecteur</i>	1) Dispositif déprimogène 2) Réseau de diffuseurs dans un réservoir d'aération (fines, moyennes ou grosses bulles)	Pot mélangeur
<i>Rendement</i>	Dépend du type de diffuseur et de son coefficient de transfert	1) À utiliser seulement pour fins d'oxydation suite à des essais de traitabilité 2) Filtres en aval doivent être équipés de soupapes de soulagement 3) L'air doit être débarrassé des contaminants (fumée, poussières, vapeurs, etc.)

PREOXYDATION

Préoxydation par le chlore :

En présence de matières organiques la préchloration s'accompagne de la formation de composés indésirables ; il est donc en général préférable de reporter le point de chloration le plus loin possible dans la chaîne de traitement, après l'élimination la plus complète des précurseurs organiques présents dans l'eau. Une préchloration ne peut donc être maintenue que si l'eau ne contient pas de précurseurs organiques en concentration importante; on l'applique si l'on craint des développements d'algues dans les ouvrages de clarification, si l'on veut éliminer des ions (NH_4^+) ou si l'oxydation du fer ferreux en fer ferrique est recherchée. On peut aussi l'appliquer à un stade intermédiaire (ex: dans l'eau décantée) pour prévenir des développements organiques sur les filtres (bactéries, algues, zooplancton...)

Préoxydation par les chloramines :

Si l'eau brute ne contient pas d'ammonium, on peut envisager d'injecter dans l'eau des chloramines préalablement produites par action du chlore sur l'ammoniaque ou du sulfate d'ammonium.

Préoxydation par le dioxyde de chlore :

Cette technique s'est développée pour tenter de remplacer momentanément le chlore en préoxydation. En effet, le dioxyde de chlore, s'il ne permet pas d'oxyder l'ammonium, ne conduit pas non plus à la formation de THM. En revanche, en réagissant sur les MON, il libère des ions ClO_2^- (chlorites) qu'il est nécessaire d'éliminer par la suite. A la suite des nouvelles normes l'usage du dioxyde de chlore en préoxydation a donc tendance à disparaître

Préoxydation par le $KMnO_4$

Cet oxydant est utilisé tout particulièrement lorsque l'eau brute contient du manganèse qu'il précipite:



Cette réaction est favorisée par un pH élevé, qui augmente la cinétique de la réaction, d'où la nécessité de contrôler le pH >7 et de ménager un temps de contact suffisant (5-10 mn).

Dans le cas des eaux peu minéralisées, qui contiennent de fortes concentrations en M.O dissoutes et qui nécessitent un pH de coagulation très bas (5,5 à 6), il est préférable de déplacer l'injection de $KMnO_4$ entre décanteur et filtre après avoir pris soin de remonter le pH à une valeur favorable (7 -7,5). Aussi, le $KMnO_4$ est parfois utilisé pour l'oxydation partielle de certaines M.O, pour l'élimination de certains mauvais goûts ou pour lutter contre le développements d'algues dans les ouvrages de clarification. Il est nécessaire de contrôler la dose injectée; un excès peut provoquer la présence d'une coloration rose de l'eau traitée, due à la présence de Mn(VII) soluble.

Préoxydation par l'OZONE:

En prétraitement des eaux brutes de surface, l'ozone, comme le ClO_2 , évite la formation des THM et autres dérivés chlorés ; il n'oxyde pas l'ammonium, mais en revanche crée des conditions favorables à une nitrification ultérieure. C'est pourquoi, même s'il est moins efficace que le chlore dans cette application, c'est actuellement le préoxydant le plus utilisé dans les filières de clarification, car il présente de nombreux effets bénéfiques.

- ✓ Amélioration de l'efficacité de la clarification
- ✓ Réduction de la demande en coagulant dans certains cas
- ✓ Préparation de l'eau pour en effet biologique dans la suite de la filière