

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

The image features the Basmala (Bismillah) in a highly stylized, three-dimensional golden font. The calligraphy is rendered in a thick, metallic gold color with a slight sheen, giving it a sculptural appearance. It is set against a background of a vast, calm sea meeting a blue sky with soft, wispy white clouds. The horizon line is visible in the middle ground. The calligraphy is reflected in the water below, creating a symmetrical effect. The overall composition is serene and majestic.



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi

Gestion des Ouvrages des réseaux d'eau potable

Chapitre 06

Procédés de traitement des eaux

Avant de choisir les étapes spécifiques de traitement de l'eau, il est essentiel de réaliser une évaluation complète des caractéristiques de l'eau brute et de déterminer les besoins en fonction de l'utilisation prévue de l'eau. Voici les détails que vous devriez prendre en compte lors de cette phase :

Caractéristiques de l'eau brute :

- *Origine de l'eau :*

L'eau brute peut provenir de sources diverses, telles que les rivières, les lacs, les nappes phréatiques ou les eaux souterraines. Chaque source peut contenir différents types de contaminants.

- *Qualité de l'eau brute :*

Les analyses de laboratoire sont essentielles pour déterminer les paramètres de qualité de l'eau brute, y compris les niveaux de turbidité, la concentration de matières organiques, les métaux, les bactéries, etc.

- *Charges saisonnières :*

Les variations saisonnières de la qualité de l'eau brute, telles que les crues printanières ou la sécheresse estivale, peuvent influencer le choix des processus de traitement.

Utilisation prévue de l'eau

- *Destination de l'eau :*

L'utilisation de l'eau (eau potable, industrielle, agricole, etc.) dicte les normes de qualité requises.

- *Volume nécessaire :*

La capacité de traitement doit être adaptée pour répondre à la demande. Les installations de plus grande envergure peuvent nécessiter des processus de traitement plus avancés.

Aspects économiques

- *Coûts d'exploitation et d'investissement :*

Le choix des processus de traitement doit tenir compte des coûts liés à l'exploitation, à l'entretien et aux investissements initiaux.

Considérations environnementales

- *Impact environnemental :*

Les méthodes de traitement choisies devraient minimiser l'impact sur l'environnement.

Normes de qualité de l'eau

- *Normes réglementaires :*

Les autorités réglementaires établissent des normes de qualité de l'eau que vous devez respecter. Les processus de traitement doivent être conformes à ces normes.

Aspects spécifiques

- *Caractéristiques uniques de l'eau brute* : Certains contaminants ou caractéristiques spécifiques de l'eau brute peuvent nécessiter des processus de traitement spécialisés. Par exemple, la désalinisation est nécessaire pour l'eau de mer.
- *Innovations technologiques* : Les nouvelles technologies de traitement de l'eau peuvent offrir des solutions plus efficaces et économiques.
- *Efficacité* : Les performances des processus de traitement, en termes de réduction des contaminants cibles, sont cruciales.

VI. Procédés de traitement des eaux

Variété des procédés de traitement:

Un large éventail de procédés de traitement de l'eau est disponible, permettant de s'adapter à des cas et à des objectifs variés. Le choix des procédés pertinents et leur organisation optimale incombent au concepteur de la station de traitement.

VI. Procédés de traitement des eaux

Procédé	Objectif (Polluants visés)
Aération	Élimination des gaz et des matières volatiles.
Dégrillage	Retrait des matières grossières et des objets flottants.
Tamissage	Élimination des matières grossières en suspension.
Micro-tamissage	Réduction de la teneur en plancton.
Dessablage	Élimination des sables.
Déshuilage/Écumage	Enlèvement des huiles, des écumes et des matières flottantes.
Sédimentation simple	Réduction des matières en suspension décantables.
Coagulation-floculation-sédimentation	Clarification, décoloration, désinfection partielle et précipitation chimique.
Filtration rapide/lente	Clarification et désinfection partielle.
Chloration/Ozonation	Désinfection, oxydation, décoloration et suppression des odeurs.
Précipitation chimique	Adoucissement et élimination des ions toxiques ou indésirables.
Échange d'ions	Adoucissement, déminéralisation et élimination des ions toxiques, indésirables ou radioactifs.

VI. Procédés de traitement des eaux

Adsorption sur charbon actif	Décoloration, suppression des odeurs et des mauvais goûts, élimination des matières organiques, toxiques ou indésirables.
Correction chimique par adjuvants	Correction du pH et de la dureté, réduction de l'agressivité de l'eau.
Osmose inverse	Purification générale, dessalement et déminéralisation.
Électrodialyse	Dessalement.
Distillation	Purification générale, dessalement, déminéralisation.
Ultrafiltration	Purification partielle.
Irradiation aux UV	Désinfection.
Microfiltration	Élimination des microorganismes (bactéries, virus, protozoaires).
Désinfection par membrane	Élimination des microorganismes par filtration membranaire.
Dégazage	Élimination des gaz dissous (CO ₂ , H ₂ S).
Neutralisation	Ajustement du pH de l'eau.
Déminéralisation complète	Élimination de tous les minéraux dissous dans l'eau.
Traitement par bioréacteur à membrane	Élimination des matières organiques biodégradables et des nutriments (azote, phosphore).
Oxydation avancée	Dégradation de polluants organiques récalcitrants (pesticides, produits pharmaceutiques).

VI. Procédés de traitement des eaux

- Après avoir pris en compte ces éléments, les ingénieurs et les opérateurs de stations de traitement de l'eau peuvent choisir les étapes spécifiques du traitement qui conviennent le mieux à leurs besoins.
- Voici les étapes principales que l'on retrouve généralement dans le traitement de l'eau potable, classées en étapes principales et secondaires :

1. Prétraitement :

- *Dégrilleur* : est un équipement de prétraitement de l'eau qui élimine les débris solides de grande taille grâce à une grille, assurant ainsi que l'eau est exempte de débris avant de passer aux étapes suivantes du traitement.
- *Tamissage* : Le tamissage consiste à retenir les particules plus fines, généralement des solides en suspension, des sédiments et des débris de plus petite taille
- Décantation.
- Filtration grossière.

2. Coagulation et Flocculation :

- *Coagulation* : Introduction de produits chimiques (coagulants) dans l'eau brute pour déstabiliser les particules en suspension, les faisant se regrouper en floccs plus gros.
- *Flocculation* : Processus pendant lequel les particules déstabilisées par les coagulants commencent à se regrouper en floccs plus gros, facilitant ainsi leur élimination ultérieure.

3. Sédimentation

- *Sédimentation :*

Étape de séparation au cours de laquelle les floccs formés lors de la coagulation et de la floculation se déposent au fond d'un bassin de sédimentation.

4. Filtration :

- Passage de l'eau clarifiée à travers un milieu filtrant, tel que du sable, du charbon actif ou des membranes, pour éliminer les particules en suspension restantes, les micro-organismes et d'autres impuretés.

5. Désinfection

- Processus chimique ou physique visant à tuer ou à inactiver les micro-organismes pathogènes restants, assurant ainsi que l'eau est microbiologiquement sûre pour la consommation.

6. Adoucissement

- Réduction de la dureté de l'eau en éliminant les ions calcium et magnésium responsables de la formation de tartre dans les canalisations.

Étapes Secondaires (le cas échéant)

7. Ajustement du pH

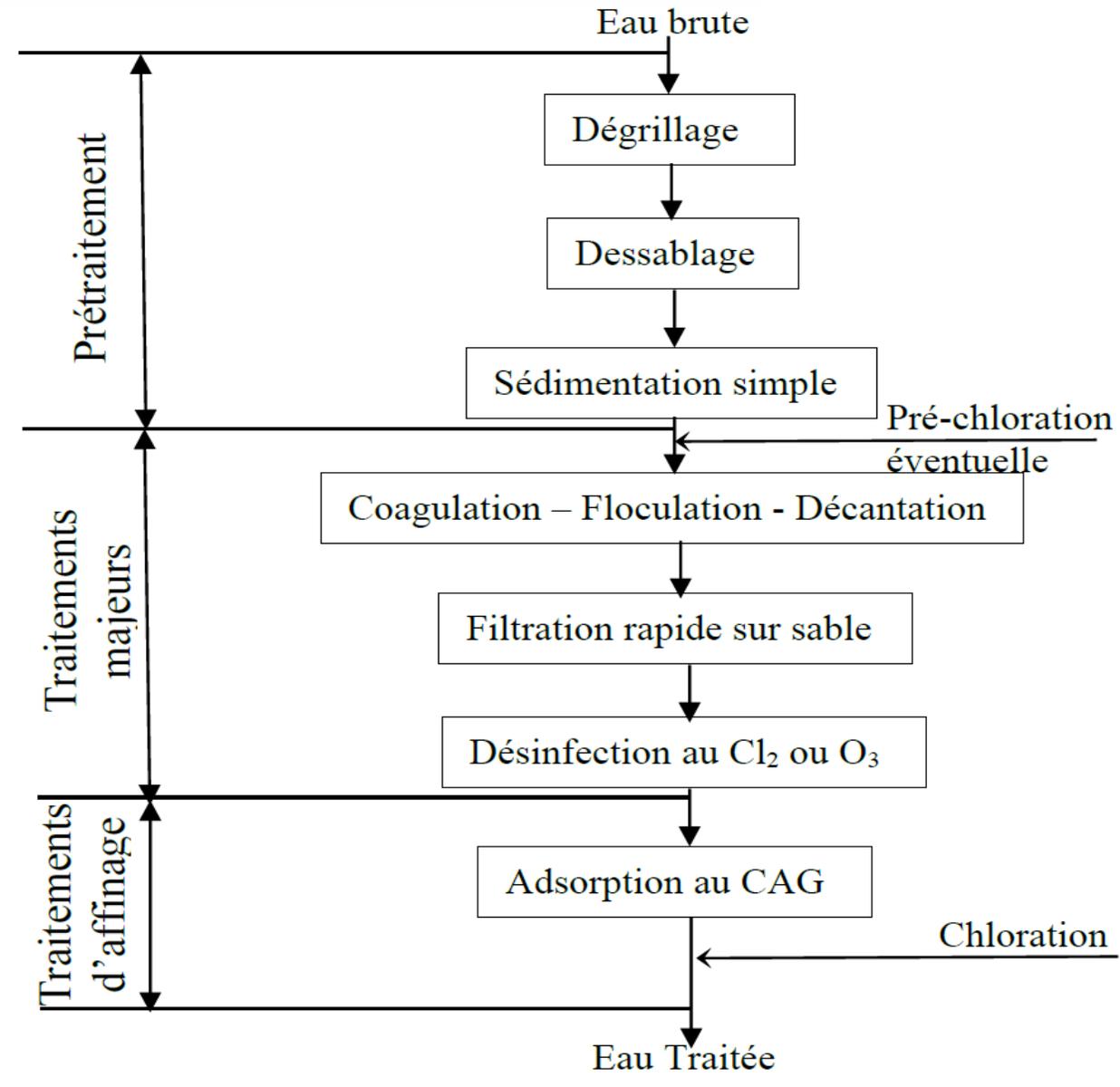
- Modification du pH de l'eau pour le rendre compatible avec les matériaux de distribution des eaux et pour éviter la corrosion ou la précipitation de minéraux.

Étapes Secondaires (le cas échéant)

8. Désinfection supplémentaire

- Désinfection finale pour garantir la sécurité microbiologique tout au long du réseau de distribution.

Le schéma ci-après montre l'enchaînement des procédés de traitement dans une usine de traitement d'eau de surface



L'EXPLOITATION DES OUVRAGES

La tâche de l'exploitant est d'assurer un bon fonctionnement des installations et de produire une eau correspondant aux Normes quelles que soient les circonstances et les variations de qualité de l'eau brute.

Pour cela, il doit contrôler à chaque instant les diverses étapes d'élaboration du produit, s'assurer que celui-ci ne posera pas de problèmes vis-à-vis du système de transport et de l'utilisateur. Il doit enfin maintenir en état les installations pour assurer la pérennité de l'outil de production.

Contrôle des procédés de traitement

Ce contrôle doit prendre en compte :

- La mesure des paramètres significatifs d'un bon fonctionnement de l'ensemble de la filière de traitement et de chaque procédé de traitement.
- Le coût de production avec le suivi des paramètres énergie (kw/m³), réactifs (optimisation du dosage), et maintenance.

Le tableau suivant résume les principales mesures permettant l'exploitant d'optimiser la qualité de l'eau produite par la filière de traitement d'une usine

Contrôle des procédés de traitement

Process	Contrôles principaux de process	Régulation ou asservissement applicables
Eau Brute	Analyse physico-chimique des paramètres de qualité	
Préoxydation	<ul style="list-style-type: none">• Point de rupture (Break-Point) ou demande en oxydant• Mesure de l'oxydant libre résiduel sur la station• Mesure abattement MO	Régulation - Oxydant résiduel
Ajustement pH Floculation	Mesure du pH après floculation	
Coagulation	<ul style="list-style-type: none">• Mesure débit des réactifs• Essai de floculation (JAR-TEST)	Régulation dose à la qualité de l'eau (SCD)
Décantation	<ul style="list-style-type: none">• Mesure de la turbidité eau décantée• Mesure de la concentration des boues	

Contrôle des procédés de traitement

Filtre à Sable	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure des pertes de charges, gestion des lavages • Turbidité eau filtrée 	
Ozonation + H ₂ O ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure pesticides (Kit triazines) • Mesure de l'ozone résiduel • Matières organiques (UV) 	Régulation dose O ₃ à résiduel O ₃ ou à % UV éliminé Asservissement démarrage H ₂ O ₂ détection pesticides
Filtre à Charbon	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi isotherme adsorption • Mesure de l'adsorption du charbon (MO, seuil de goût) • Suivi des cycles de régénération 	
Ajustement équilibre calco-carbonique	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure du pH • Détermination du pHs 	Régulation pH
Désinfection finale	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la demande en oxydant • Mesure du désinfectant libre résiduel • Maintien des conditions : concentration, temps de contact (CT) 	Régulation de la dose à la qualité de l'eau (DCL)
Eau traitée	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle des paramètres de qualité • Contrôle bactériologique • Seuil de dégustation 	

Contrôle de l'eau produite

Ce contrôle est assuré d'une part par des organismes officiels selon un planning défini en accord avec la capacité de production de l'usine de traitement.

L'entretien et la maintenance

Une installation de traitement d'eau potable doit assurer en permanence, la distribution d'eau conforme aux normes en vigueur : pour se faire, il est indispensable que les matériels et les ouvrages soient toujours dans un état de fonctionnement satisfaisant ce qui nécessite un entretien systématique et une maintenance bien suivie.

Ces opérations d'entretien et la maintenance préventives doivent être consignées dans un fichier à cet effet. Ils porteront essentiellement sur :

L'entretien et la maintenance

Entretien et nettoyage des ouvrages de traitement

- Dégrillage
- Macro-tamissage
- Bâche : eau brute, refoulement
- Décanteurs
- Filtres
- Tours d'ozonation
- Citernes de stockage de réactifs
- Cuves de recyclage des eaux de lavage

Documents d'exploitation

Les documents d'exploitation sont essentiels pour assurer le bon fonctionnement des installations. Ils fournissent des informations sur les différents composants d'une installation, leur fonctionnement, les procédures d'entretien et de maintenance, et visent à assurer la bonne marche des installations, à faciliter les opérations d'entretien et de maintenance, et à permettre la recherche et la réparation des éventuelles pannes. Différents plans généraux sont particulièrement nécessaires et doivent être mis à jour régulièrement :

- Plans de génie civil.
- Plans des réseaux (eau, air, égouts).
- Plans et schémas électriques.

Un dossier technique regroupant toutes les informations sur les équipements hydrauliques, électriques et électromécaniques est indispensable pour toutes les opérations d'entretien ou de recherche de pannes.

Documents d'exploitation

Un fichier de, maintenance et d'entretien préventif doit être également suivi et, si possible, respecté.

Enfin un document spécifique du fonctionnement journalier de la station, constituant « Le journal de bord » devra comporter les rubriques suivantes :

- Données concernant les volumes produits :
 1. Eau brute.
 2. Eau refoulée.
 3. Rejets.
- Données concernant les consommations électriques.
- Données relatives aux taux de traitements appliqués avec les consignes de traitement à respecter.
- Analyse bactériologique et physico-chimiques de l'eau distribuée.

Le Prétraitement

Avant de procéder au traitement principal des eaux brutes, un processus initial de prétraitement est essentiel.

Ce prétraitement se concentre sur l'élimination des substances susceptibles de perturber les étapes ultérieures du traitement. Principalement de nature physique, le prétraitement englobe un ensemble d'opérations visant à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible de composants dont la nature ou les dimensions pourraient entraver les traitements subséquents.

Ces procédés servent généralement de préparation nécessaire avant d'entamer des étapes de traitement plus poussées, notamment les processus physico-chimiques.

Le Dégrillage

Est une étape de prétraitement cruciale dans le traitement de l'eau, essentielle à la fois pour l'eau de surface et les eaux usées. Il se situe généralement en amont de la station de traitement ou des installations de pompage d'eau brute, jouant un rôle clé en :

- Protégeant les équipements en aval contre les objets volumineux qui pourraient obstruer les unités de traitement.
- Séparant et évacuant efficacement les matières encombrantes transportées par l'eau brute, ce qui pourrait entraver l'efficacité des étapes de traitement ultérieures.

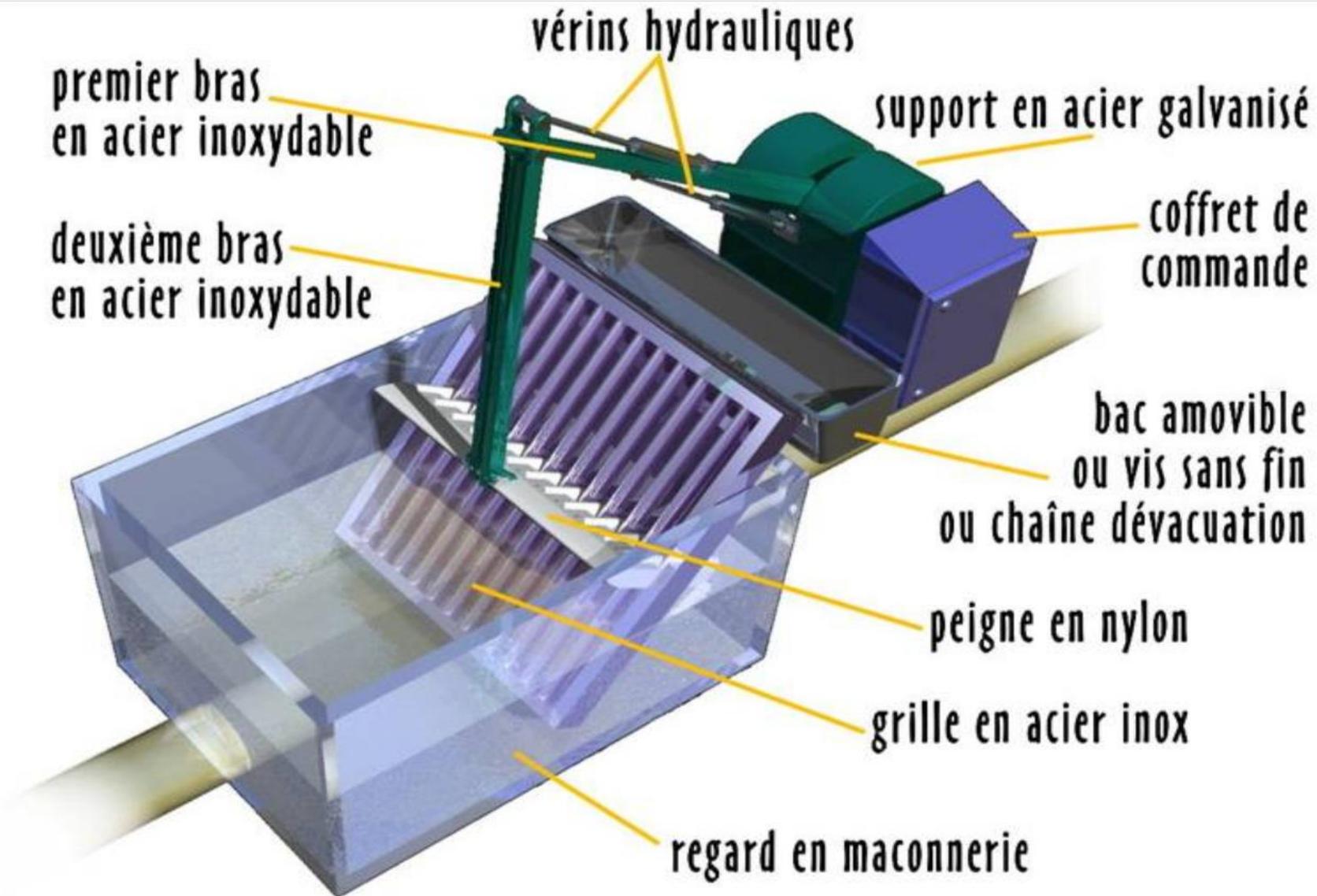
Le Dégrillage

Le dégrillage utilise des grilles composées de barres métalliques espacées en fonction des caractéristiques de l'eau à traiter. On distingue différents types de dégrillage, notamment le :

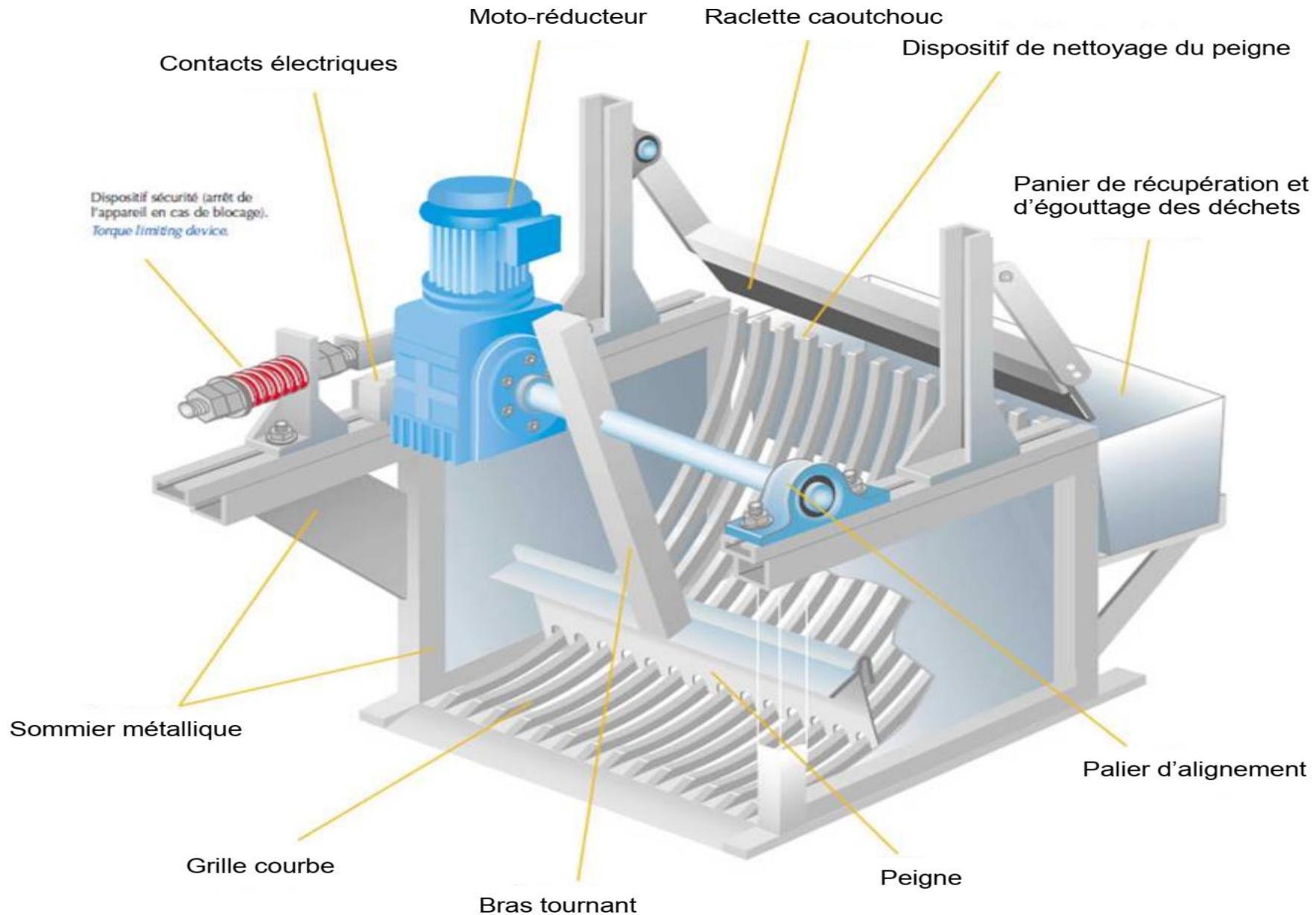
- dégrillage fin (espacement inférieur à 10 mm),
- Le dégrillage moyen (espacement de 10 à 40 mm),
- Le pré-dégrillage (espacement supérieur à 40 mm).

Le dégrillage peut être effectué manuellement à l'aide de grilles comportant des barreaux droits, ronds ou rectangulaires, inclinés pour faciliter le raclage. Il peut également être automatisé avec des grilles à nettoyage mécanisé, composées de barres verticales ou inclinées et équipées de systèmes de raclage mécanique.

Le Dégrillage



Le Dégrillage



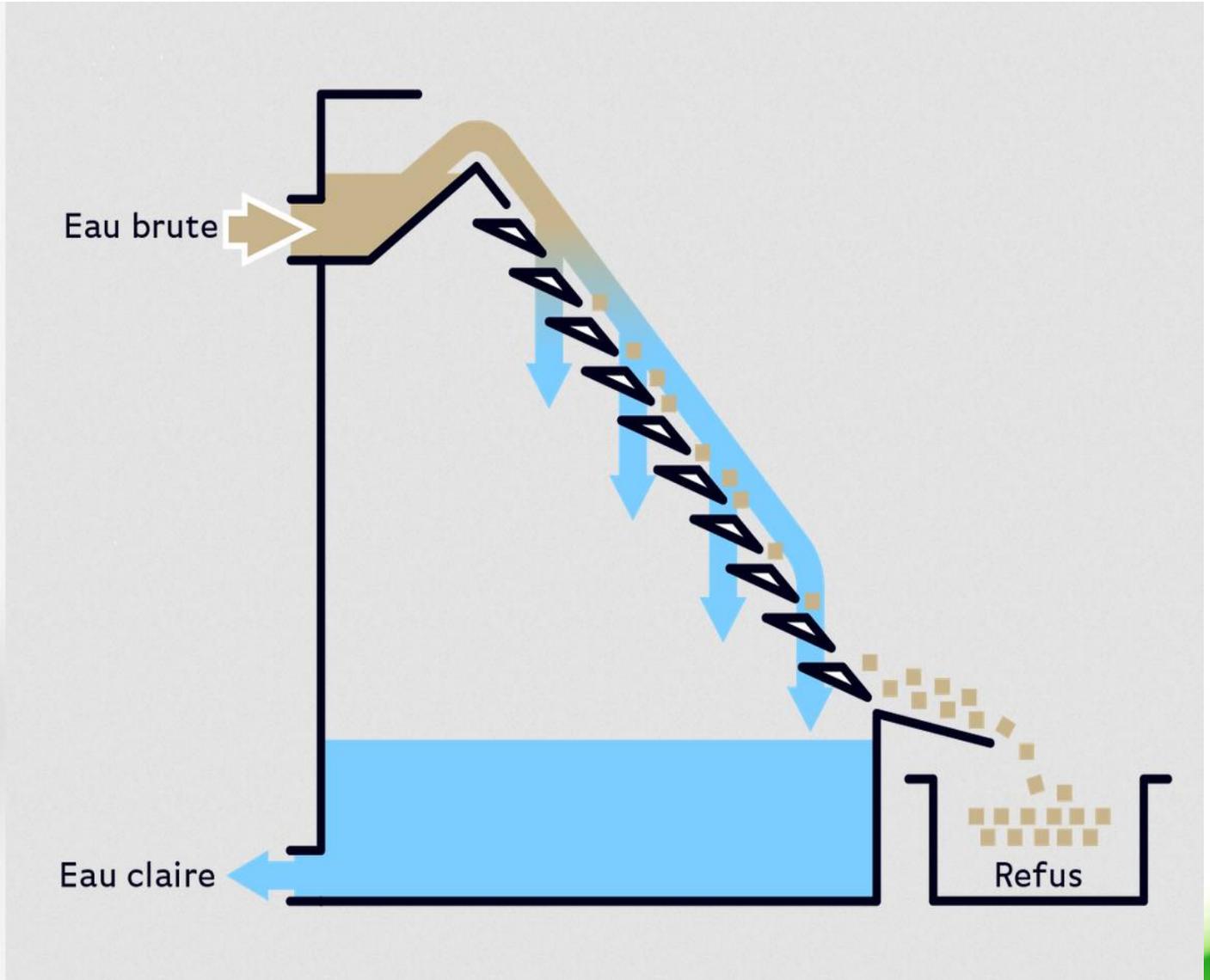
Le Tamisage

Un processus qui consiste à faire passer l'eau à travers un filtre doté de mailles fines pour retenir des matières en suspension, telles que les débris flottants, les débris végétaux, et les herbes. Il existe deux principaux modes de tamisage :

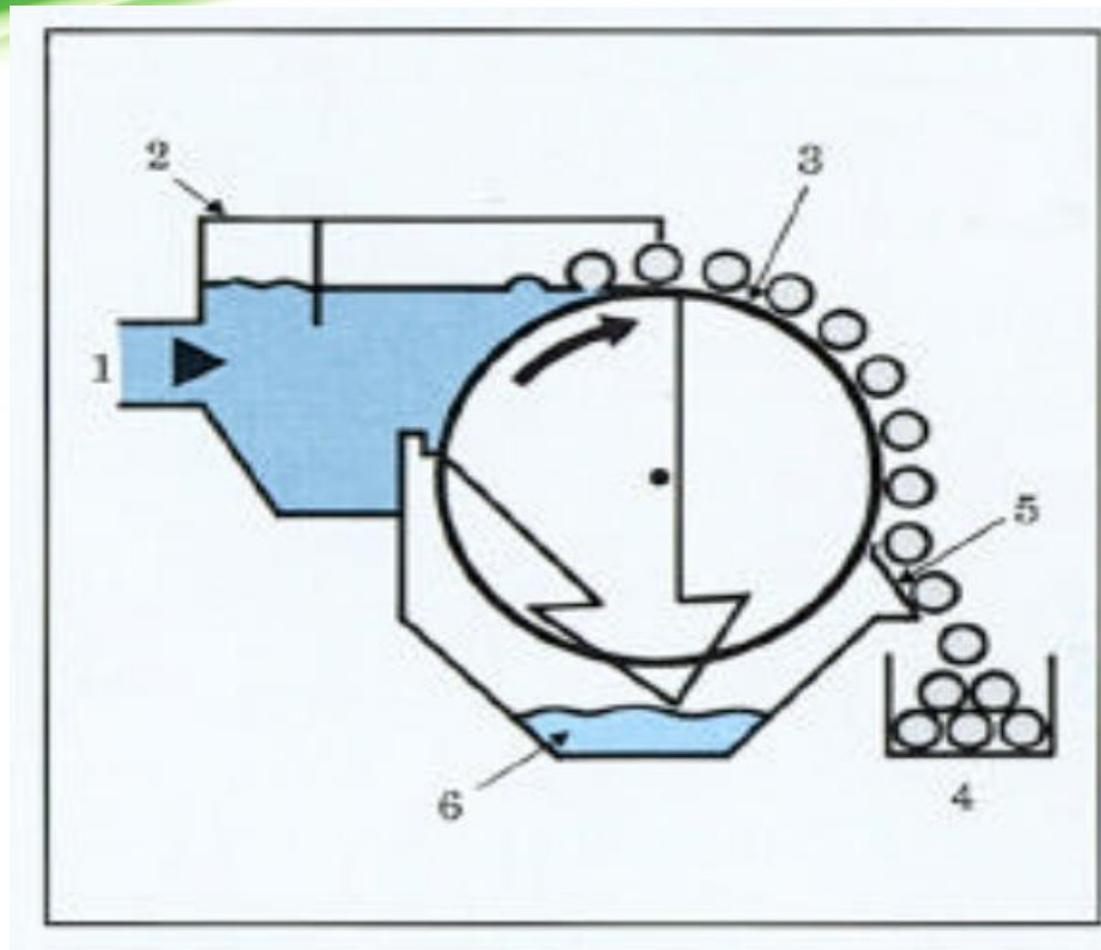
1. Macro-tamisage : Il utilise des éléments filtrants constitués de tôles perforées ou de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique. Ces filtres ont des ouvertures de 0,15 à 2 mm.

2. Micro-tamisage : Cette méthode utilise des toiles filtrantes en tissu synthétique avec des ouvertures de mailles allant de 30-40 μm à 150 μm .

Le Tamisage

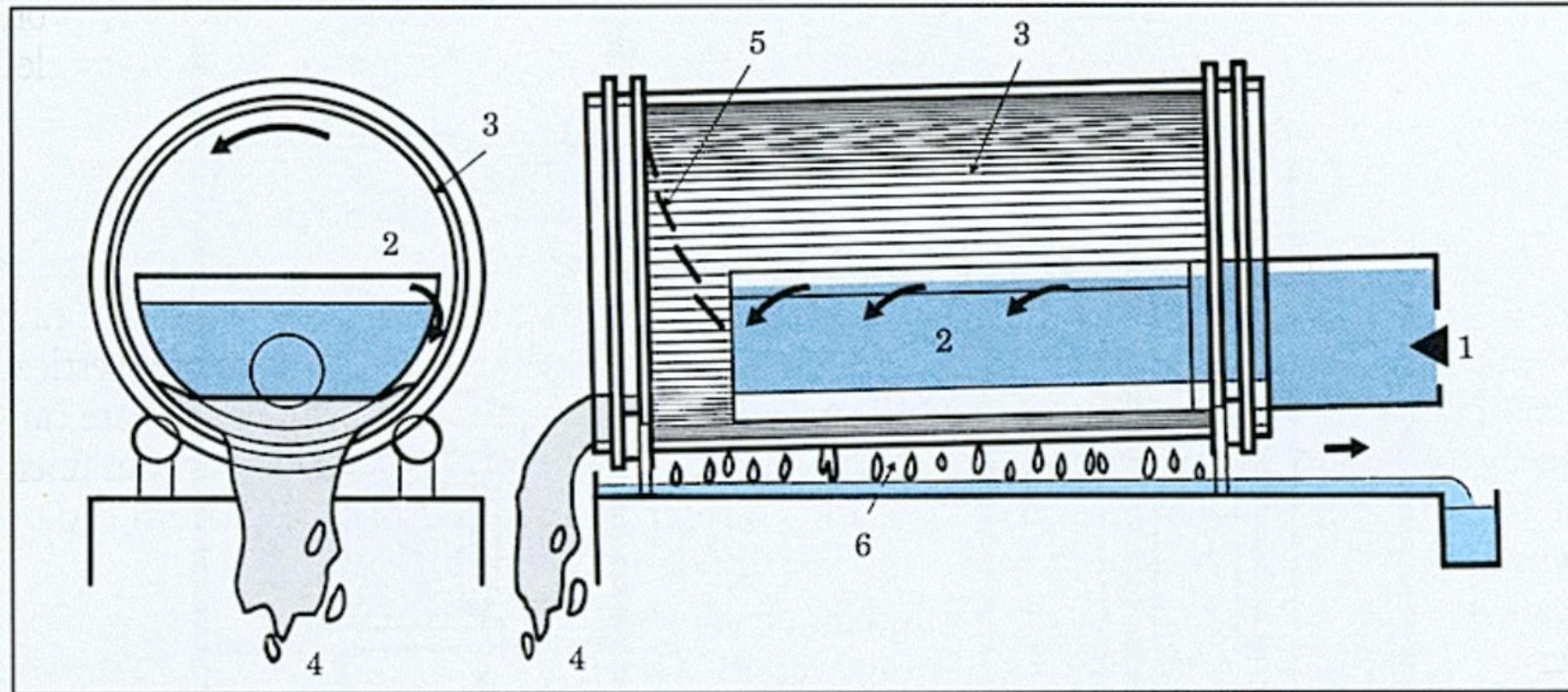


Le Tamisage



- 1-Arrivée d'eau brute.
- 2 -Boite d'alimentation.
- 3 -Tamis. 4 -Refus.
- 5-Lame de raclage.
- 6 - Sortie d'eau tamisée.

Le Tamisage



1-Arrivée d'eau brute.

2 - Goulotte de répartition.

3-Tamis cylindrique.

4 -Refus.

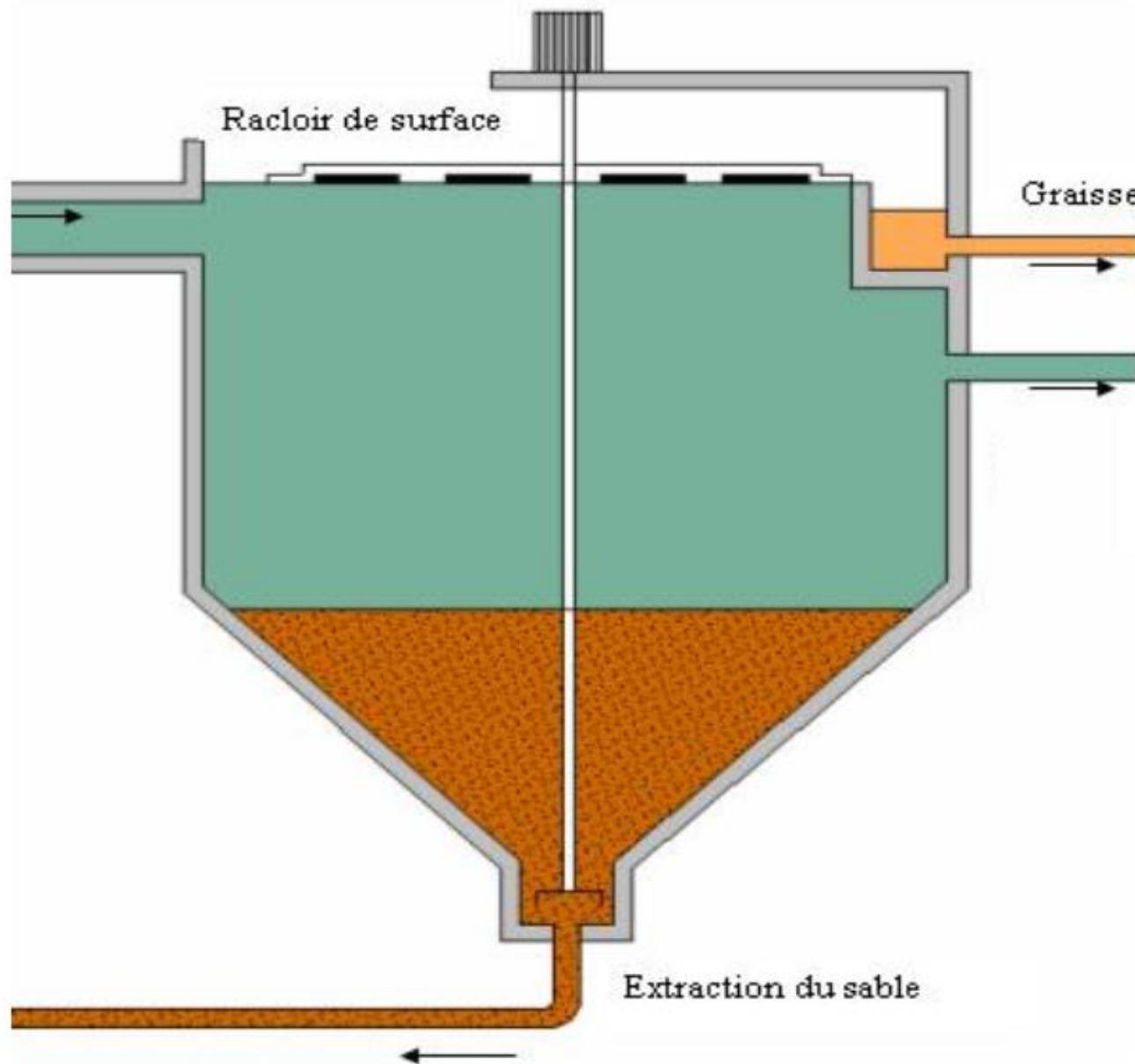
5-Guides pour refus.

6 - Sortie d'eau tamisée.

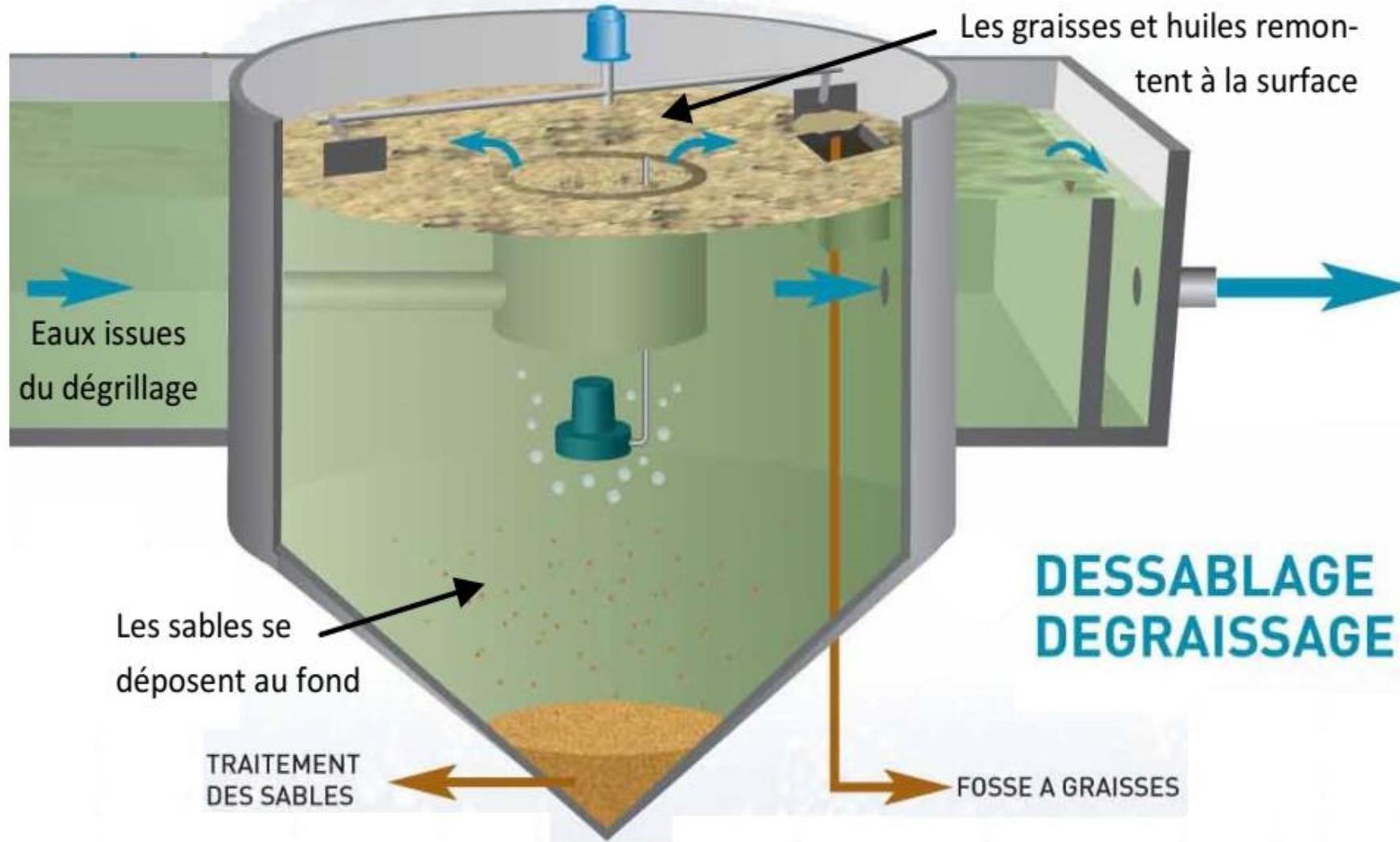
Le Dessablage/Dégraissage

Est un processus visant à extraire les graviers, les sables et les particules minérales de l'eau brute. Son objectif est d'éviter le dépôt de ces particules dans les canaux et les conduits, de protéger les pompes et autres équipements contre l'abrasion, et de prévenir les perturbations des étapes de traitement ultérieures. Le dessablage concerne généralement les particules ayant une granulométrie égale ou supérieure à $200 \mu\text{m}$

Le Dessablage/Dégraissage



Le Dessablage/Dégraissage



Le Dessablage/Dégraissage



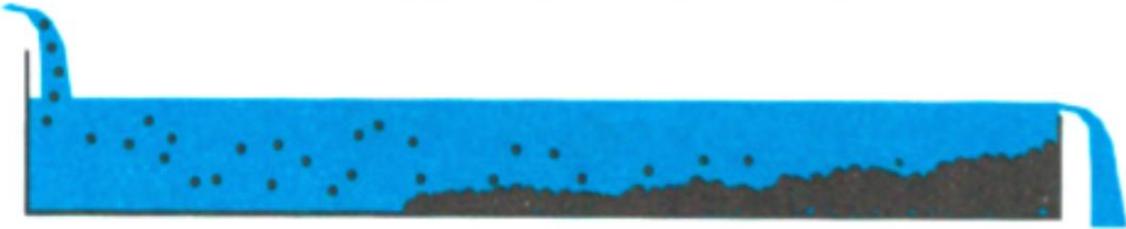
Le Dessablage/Dégraissage



Décanter primaire :

Le décantage primaire est une étape du traitement de l'eau qui vise à séparer les solides en suspension de l'eau brute en utilisant la force de gravité. Il se déroule dans des ouvrages appelés décanteurs primaires. Les principaux paramètres qui influencent le dimensionnement des décanteurs primaires comprennent le débit d'eau brut, la concentration de solides en suspension, la taille et la forme des particules en suspension, la profondeur de l'ouvrage, la vitesse d'écoulement, et la durée de séjour

Le Décanteur

Temps	0 s	20 min	40 min	1 h 00
Décantation statique				
Décantation d'un fluide en mouvement	 <p>La longueur du décanteur ainsi que la vitesse d'écoulement doivent permettre un temps de séjour supérieur à la durée nécessaire à la décantation.</p>			

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.1 Coagulation

La coagulation est une étape essentielle dans le traitement de l'eau, visant à éliminer les particules en suspension et les matières colloïdales. Elle implique la neutralisation des charges électriques des particules en suspension, suivie de leur regroupement pour former des agrégats plus lourds qui peuvent être plus facilement éliminés par décantation ou filtration.

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.1 Coagulation

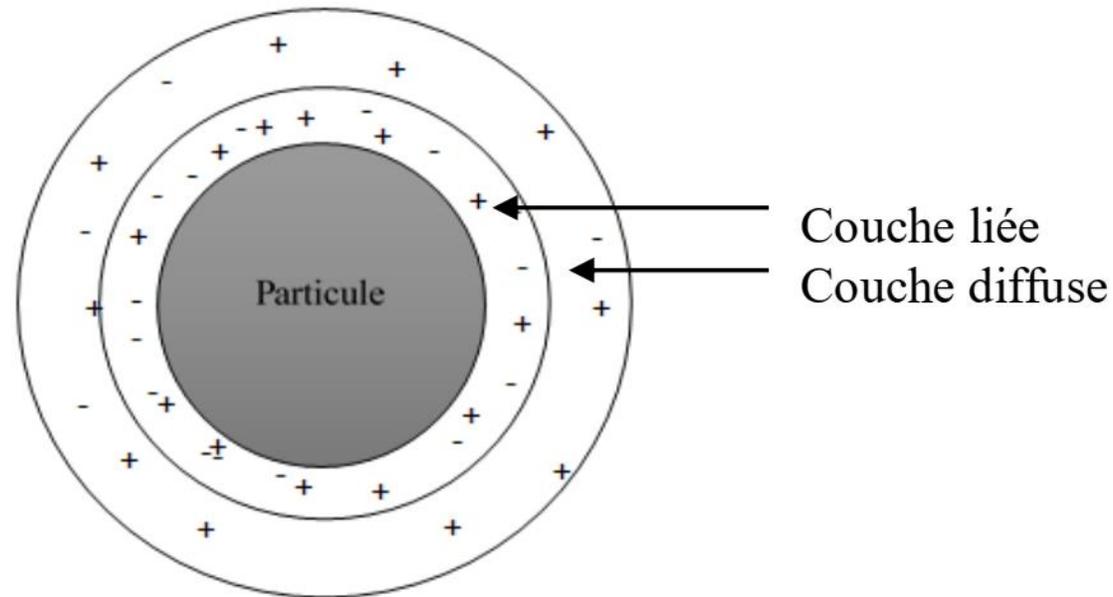
Temps requis pour que des particules de densités 2.65, 2.0 et 1.1 chutent de 1 m dans une eau à 15°C

Type de particule	Diamètre (mm)	Temps de chute		
		Densité de 2.65	Densité de 2.0	Densité de 1.1
Gravier	10	0.013s	0.02s	0.20s
Sable grossier	1	1.266s	2.09s	20.90s
Sable fin	0.1	126.66s	3.48min	34.83min
Glaise	0.01	3.52h	5.80h	58.0h
Bactérie	0.001	14.65d	24.19d	241.9d
Colloïdales	0.0001	4.12a	6.66a	66.59a
Colloïdales	0.00001	412.2a	665.9a	6659a
Colloïdales	0.000001	41222.7a	66590a	665905a

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.2. Charges électriques et double couche

Les particules en suspension et les matières colloïdales dans l'eau sont souvent chargées électriquement, ce qui les maintient dispersées et repoussées, empêchant leur agrégation. La double couche électrique entoure chaque particule, créant une répulsion mutuelle. Pour permettre la coagulation, il est nécessaire de neutraliser ces charges électriques



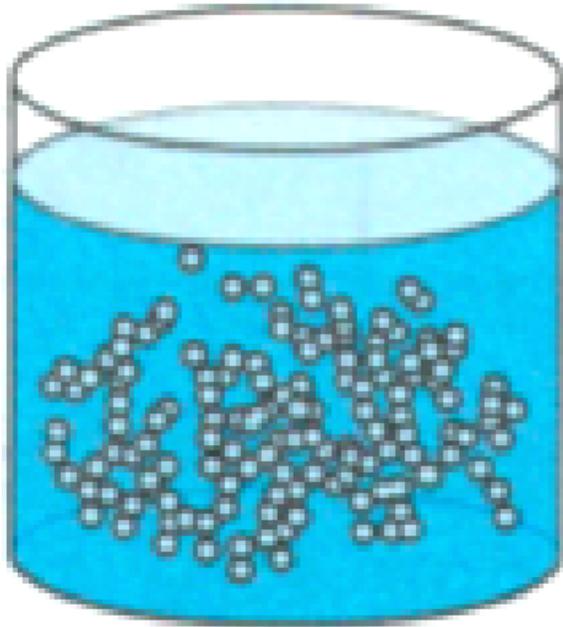
VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.3. Procédés de déstabilisation des particules

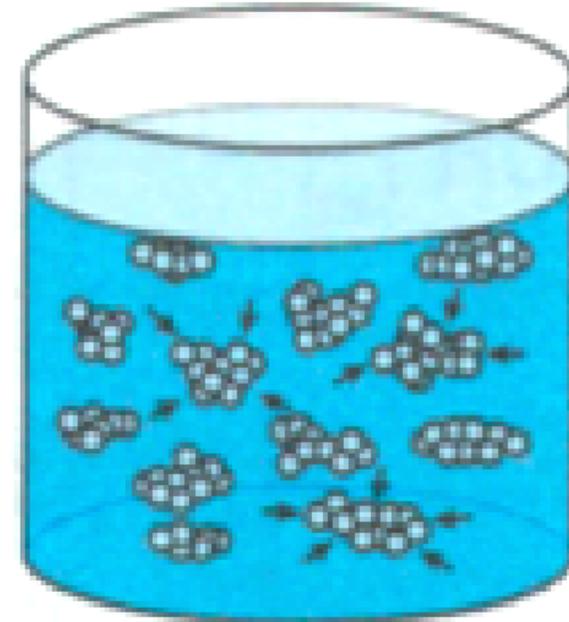
Pour déstabiliser les particules, on utilise généralement des coagulants. Ces coagulants sont des produits chimiques, tels que le sulfate d'aluminium (alun), le chlorure ferrique, ou des polymères organiques, qui réagissent avec l'eau pour former des ions chargés. Ces ions opposés aux charges électriques des particules en suspension, ce qui réduit leur répulsion mutuelle et favorise leur rapprochement

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.3. Procédés de déstabilisation des particules



Particules colloïdales



Après ajout d'un coagulant :
formation de petits agrégats

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.3. Procédés de déstabilisation des particules

Pour déstabiliser les particules, on utilise généralement des coagulants. Ces coagulants sont des produits chimiques, tels que le sulfate d'aluminium (alun), le chlorure ferrique, ou des polymères organiques, qui réagissent avec l'eau pour former des ions chargés. Ces ions opposés aux charges électriques des particules en suspension, ce qui réduit leur répulsion mutuelle et favorise leur rapprochement

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.4. Coagulants utilisés

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules pour produire un floc sont :

- le sulfate d'alumine, $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
- l'aluminate de sodium, NaAlO_2
- le chlorure d'aluminium, AlCl_3
- le chlorure ferrique. FeCl_3
- le sulfate ferrique. $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$
- le sulfate ferreux, FeSO_4
- le sulfate de cuivre. CuSO_4
- les polyélectrolytes

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.4. Coagulants utilisés

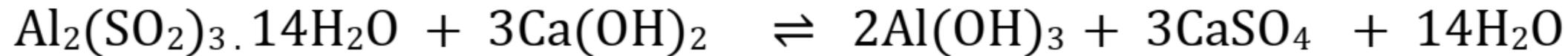
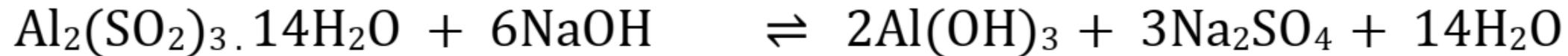
Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer.

On a longtemps pensé que ces sels libéraient des ions Al^{3+} et Fe^{3+} qui neutralisaient la force de répulsion entre les particules colloïdales et favorisaient ainsi la coagulation.

On sait maintenant que les mécanismes qui entrent en jeu sont plus complexes et que les produits d'hydrolyse des sels d'aluminium et de fer sont des coagulants plus efficaces que les ions eux-mêmes. Lorsqu'on additionne à l'eau les sels d'aluminium ou de fer, ces derniers réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes, $Al(OH)_3$ ou de $Fe(OH)_3$, insolubles et formant un précipité. Les principales réactions de l'alun sont :

VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.4. Coagulants utilisés



VI.2. Coagulation et Flocculation

VI.2.5. Facteurs influençant la coagulation :

Plusieurs facteurs influencent l'efficacité de la coagulation, notamment la concentration de coagulant ajouté, le pH de l'eau, la température, la nature et la charge des particules en suspension, et le temps de mélange. Le réglage correct de ces paramètres est essentiel pour garantir une coagulation efficace.

MERCI
POUR
VOTRE
ATTENTION

M
E
R
C
I

P
O
U
R
V
O
T
R
E
A
T
T
E
N
T
I
O
N

