

**Université Sultan Moulay Slimane**  
**Ecole Supérieure de Technologie**  
**de Fkih Ben Salah**

**Filière : Génie Biologique (S2)**

Module de :

# **Génie de l'environnement**

**Traitement et valorisation des eaux  
et des boues des STEP**



**Prof : Mariam EL JOUBARI**

**Année universitaire 2019 – 2020**

# Plan

---

## **Objectifs de cours**

### **Rappels**

### **Introduction**

### **I. Critères de conception et de sélection des procédés de traitement**

### **II. STEPs**

### **III. Pré-traitement**

III.1. Dégrillage

III.2. Tamisage

III.3. Dessablage

III.4. Dégraissage - Déshuilage

### **IV. Procédés physico-chimiques**

IV.1. Coagulation

IV.2. Flocculation

IV.2. Décantation

IV.3. Filtration

IV.5. Adsorption

IV.6. Précipitation

### **V. Clarification**

V.1. Coagulation

V.2. Flocculation

V.3. Centrifugation

V.4. Décantation

### **VI. Affinage**

VI.1. Electrolyse

VI.2. Adsorption

VI.3. Désinfection

### **VII. Procédés biologiques**

VII.1. Utilisation des micro-organismes aérobies et anaérobies/cultures libres ou fixées

VII.2. Elimination de la pollution carbonée, dénitrification, déphosphatation biologique

VII.3. Traitements des eaux destinées à la consommation et des autres eaux

VII.4. Qualité des eaux :

Techniques de mesure et contrôle de la qualité des eaux (chimique, microbiologique)

### **VIII. Gestion et traitement des boues**

VIV.1. stabilisation,

VIV.2. épaissement et déshydratation,

VIV.3. digestion,

VIV.4. séchage et incinération

# Objectifs de cours

---

- Valorisation des eaux usées et des boues.
- Présenter les procédés de traitement auxquels recourent le plus souvent les décideurs, les ingénieurs et les techniciens pour produire de l'eau traitée / potable.
- Connaître les grandes catégories de procédés de traitement des eaux et des boues.

# Objectifs de cours

---

- Maîtriser les techniques d'analyses des pollutions biologiques, chimiques et physiques dans les différents compartiments de l'environnement / EAUX et BOUES.

# Rappels

---

## Terminologie

### Environnement

- ❖ Ensemble des éléments qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à assurer ses besoins.
- ❖ C'est également l'ensemble des interactions physiques, des composants chimiques, biologiques et écologiques qui régissent les êtres vivants.
- ❖ Pour l'être humain, l'environnement comprend l'ensemble des facteurs naturels existants, des droits sociaux et culturels dans un lieu et à un moment donné, qui affectent leur vie.

# Rappels

---

## Génie de l'environnement

❖ Le **génie** est la science qui étudie et applique la technologie et diverses formes de connaissances. Son but est de concrétiser les idées dans la pratique pour répondre aux différents besoins humains.

❖ **Génie de l'environnement** est l'ensemble des connaissances scientifiques, des techniques et des pratiques permettant de comprendre et d'améliorer les interactions entre les êtres humains et les milieux naturels afin d'assurer un développement durable.

# Rappels

## STEPS = Stations d'épuration

**STEP** est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant de les rejeter dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.



# Rappels

## 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.



# Rappels

---

## Etude d'impact

- ❖ **Etude d'impact sur l'environnement** est une étude préalable permettant d'évaluer les effets directs ou indirects pouvant atteindre l'environnement à court, moyen et long terme.
- ❖ Ces effets sont les conséquences de la réalisation de projets économiques et de développement et à la mise en place des infrastructures de base.
- ❖ Ce type d'étude détermine des mesures pour supprimer, atténuer ou compenser les impacts négatifs et d'améliorer les effets positifs du projet sur l'environnement.

# Rappels



# Importance de l'eau

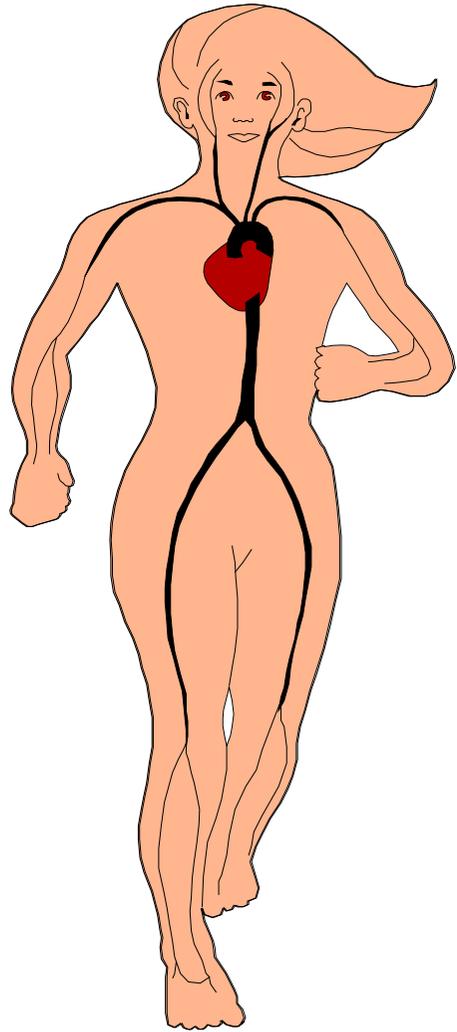


# Importance de l'eau

---

- Environ les 3/4 de notre planète (70,7%) sont recouverts par les mers et les océans.
- Le volume de l'eau sur Terre est évalué à 1 400 millions de km<sup>3</sup>.
- L'ensemble des réserves d'eau de la Terre s'appelle l'hydrosphère.

# Importance de l'eau



**Cerveau 76 %**

**Sang 83 %**

**Muscle 75 %**

**Os 22,5 %**

**60 % du corps humain**

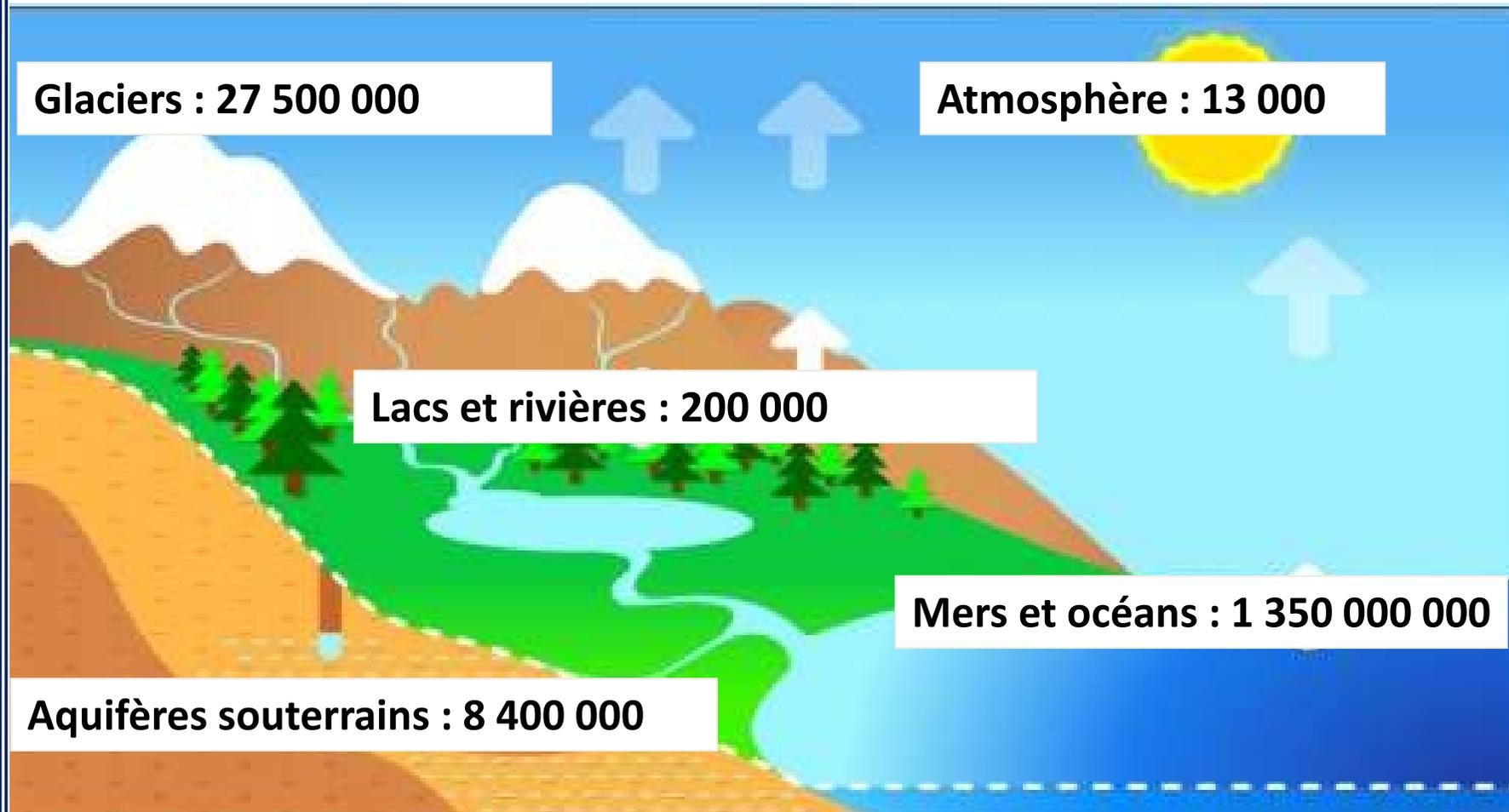
# Répartition de l'eau sur la terre

| Mers et Océans | Glaces polaires et glaciers | Eaux souterraines | Lacs et rivières | Atmosphère |
|----------------|-----------------------------|-------------------|------------------|------------|
| 97,2%          | 2,15%                       | 0,63%             | 0,01%            | 0,001%     |

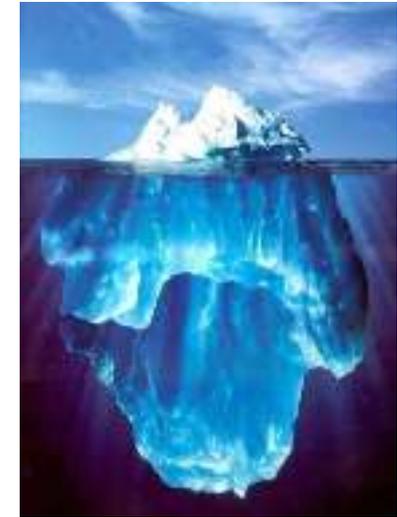
**Seuls** environ **2,5 %** sont de **l'eau douce**

# Répartition de l'eau sur la terre

Stocks en km<sup>3</sup>



# Etats de l'eau



# Etats de l'eau

---

Sur Terre, l'eau existe sous trois états :

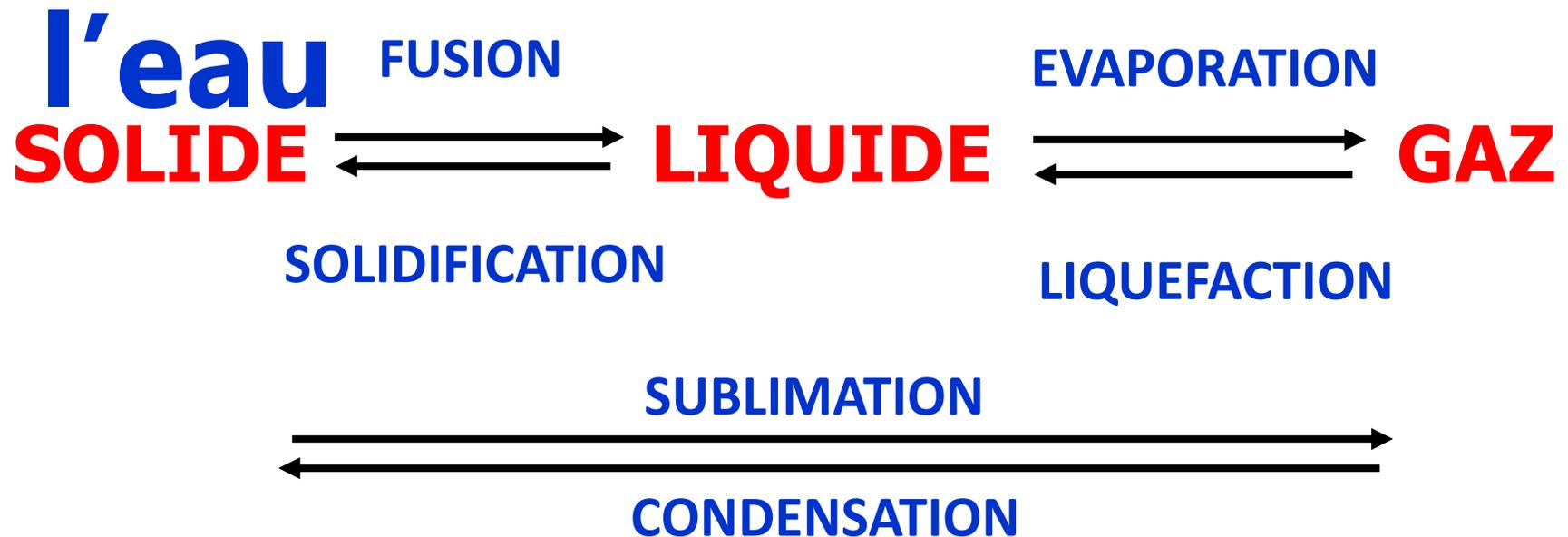
∅ **Solide** : glace, givre, neige, grêle....

∅ **Liquide** : pluie, rosée, brouillard....

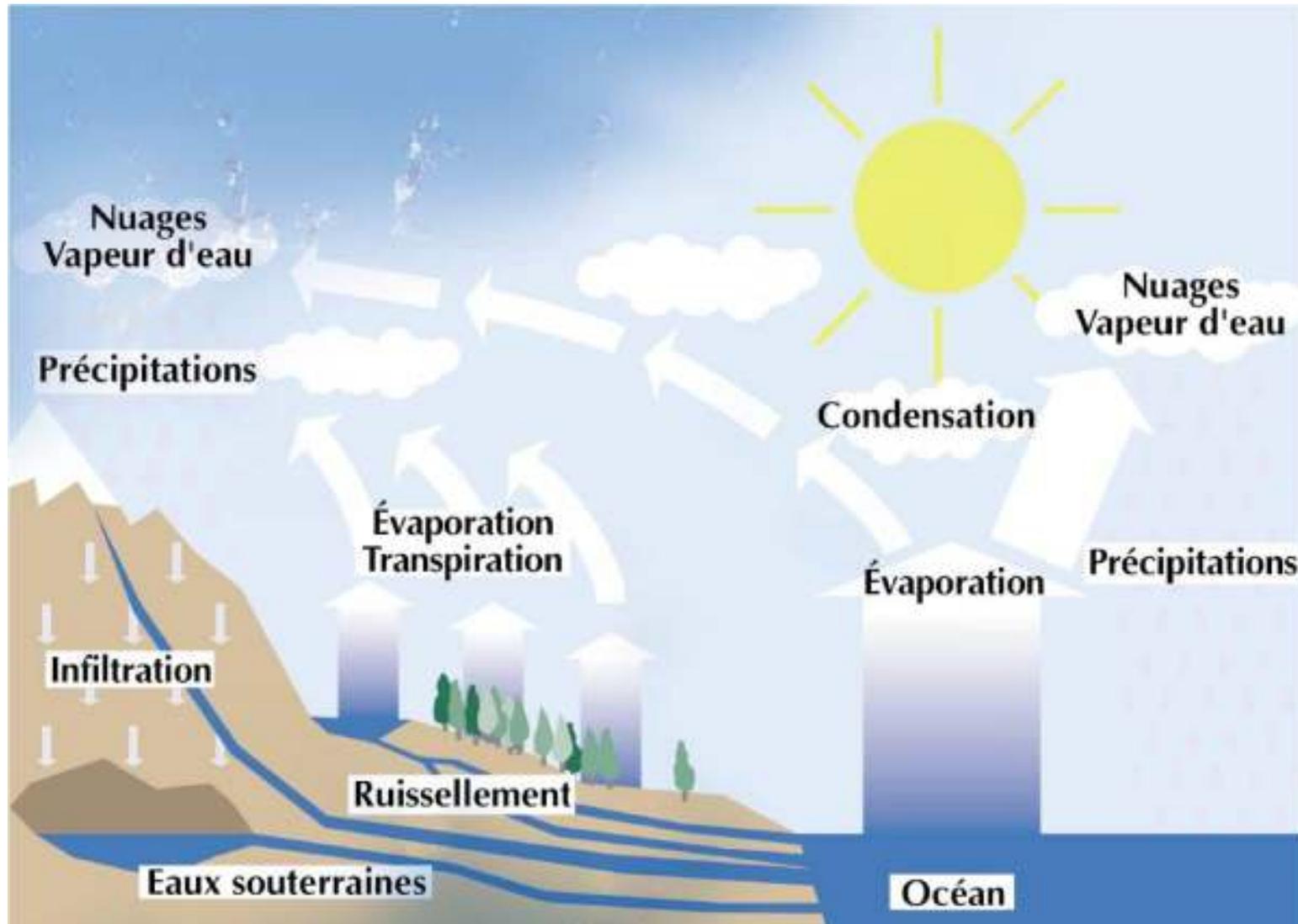
∅ **Gazeux** : vapeur d'eau (invisible).

# Etats de l'eau

✓ L'eau ne se fabrique pas et ne disparaît pas. Mais, il change d'état physique (solide, liquide et gaz) au cours de son cycle: **Cycle de**



# Cycle de l'eau



# Pollution de l'eau

---

## Définition

**Pollution de l'eau** = toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants en la consommant.

## Conséquences

- ✓ Perturbation de l'équilibre biologique du milieu
- ✓ Rendre l'eau impropre à toute utilisation ultérieure

# Origines de la pollution des ressources en eau

✚ **La pollution industrielle** : avec les rejets de produits chimiques comme les hydrocarbures ou les polychlorobiphényles (PCB) rejetés par les industries ainsi que les eaux évacuées par les usines.

✚ **La pollution agricole** : avec les déjections animales mais aussi les produits phytosanitaires / pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais et utilisés dans l'agriculture. Ils pénètrent alors dans les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines.

# Origines de la pollution des ressources en eau

---

✚ **La pollution domestique** : avec les eaux usées provenant des toilettes, les produits d'entretien ou cosmétiques (savons de lessives, détergents), les peintures, solvants, huiles de vidanges, hydrocarbures...

✚ **La pollution accidentelle** : avec le déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel et qui viennent perturber l'écosystème.

# Eaux usées

Les **eaux usées**, aussi appelées « effluents liquides » sont des « **eaux polluées** », constituées de toutes les **eaux** de nature à contaminer; par des polluants physiques, chimiques ou biologiques; les milieux dans lesquels elles sont déversées.



# Pourquoi dépolluer ?

- **Les eaux contaminées sont une ressource très dangereuse qui menace la santé publique:**
  - ✓ Les maladies transmises par l'eau, les excréments et la saleté, causent la mort de 34 000 personnes par jour dans le monde (148.000 morts chaque année de choléra).
  - ✓ Dans les pays en voie de développement, 80 % des maladies sont dues aux eaux polluées (Présence de germes pathogènes et de virus..).



# Pourquoi dépolluer ?

- **Les eaux polluées provoquent:**
  - ✓ Contamination des chaînes trophiques (Bioaccumulation).
  - ✓ Toxicité à long terme (troubles de la reproduction des espèces).
  - ✓ Eutrophisation des milieux naturels (mortalité de la faune aquatique notamment les poissons par asphyxie).

# Nécessité de traiter les eaux usées et les boues



# NB

✚ **Le Maroc** est classé parmi les pays **au stress hydrique élevé** (22ème place sur un total de 164 pays), ce qui signifie que la demande en eau est supérieure à la quantité disponible.

✚ Le **potentiel hydrique** du Maroc est estimé; en année moyenne; de 700 mètres cubes par habitant et par an, inférieur au seuil de 1.000 m<sup>3</sup>/hab/an, communément admis comme seuil au-dessous duquel des pénuries et des crises latentes d'eau apparaissent.

# Introduction

---

✚ La technologie du traitement et du rejet des eaux usées est bien avancée dans la plupart des pays industrialisés.

✚ Les processus spécifiques auxquels on recourt pour traiter ces eaux dépendent des conditions climatiques, économiques et sociales de chaque pays ou, dans un même pays, de chaque région.

# Introduction

---

✚ Dans certains pays industrialisés, pratiquement toutes les eaux usées émises par les collectivités urbaines sont soumises à un certain degré de traitement.

✚ Mais dans les pays en voie de développement, les investissements considérables que nécessite la mise en œuvre de ce service au profit des collectivités urbaines, ne sont à envisager que pour l'avenir.

# Introduction

---

✚ Il serait certes hautement souhaitable que ces pays profitent de l'expérience des pays industrialisés dans ce domaine, mais l'adoption aveugle de pratiques établies, quelle que soit leur apparence d'efficacité, ne convient pas.

✚ Chaque problème de traitement des eaux usées est unique et sa résolution doit être adaptée aux ressources locales en eau, en hommes et en matériaux.

# Introduction

---

- ✚ Le développement de la réutilisation des eaux usées reste donc très inégal au niveau mondial.
- ✚ Certains pays comme l'Australie, la Californie, Chypre, l'Espagne, la Floride, Israël, la Jordanie, Malte ou Singapour ont pour objectif de satisfaire de **10 à 60 %** de leurs besoins en eau par la réutilisation des eaux usées épurées.
- ✚ Israël et Singapour figurent parmi les pays les plus avancés dans le domaine.

# I. Critères de conception et de sélection des procédés de traitement

---

- ❖ Le choix d'un procédé approprié sera déterminé à partir d'études approfondies et d'essais pilotes pour assurer l'efficacité du traitement et fixer les critères de conception optimaux.
- ❖ Ces procédés sont souvent conçus à partir de critères généraux décrits dans les ouvrages de référence relatifs à ce domaine (exp: OMS..).

# I. Critères de conception et de sélection des procédés de traitement

❖ Plusieurs fabricants peuvent alors fournir des équipements ou des composantes du procédé, mais c'est l'équipe technique mandatée pour effectuer la conception de la station d'épuration qui assume la responsabilité de la conception et de la performance du procédé dans son ensemble.

❖ Elle adapte la conception de la station d'épuration en fonction du contexte particulier de chaque projet tout en respectant les principes de base et les critères généraux de conception déjà largement éprouvés.

# I. Critères de conception et de sélection des procédés de traitement

---

La sélection des procédés et technologies tient en compte plusieurs considérations :

- L'intérêt que présentent les procédés et technologies sur les plans de la performance, des conditions d'application et des coûts de construction et d'exploitation;
- L'historique d'application de ces procédés au même pays ou ailleurs . Certains procédés ou technologies sont présentés dans des guides de conception, alors qu'ils ne faisaient l'objet d'aucun projet d'application.

# I. Critères de conception et de sélection des procédés de traitement

---

- La logique d'analyse est basée sur des choix techniques et économiques;
- Le coût des solutions proposées et la complexité d'exploitation des systèmes sont généralement d'ordre croissant;
- Les travaux correctifs aux systèmes de captage et de traitement existants sont considérés en priorité;
- L'eau souterraine est préférée pour la raison des moindres coûts de traitement et de la simplicité des opérations de traitement...

## II. STEPs

---

✚ Une **station d'épuration des eaux usées** ou plus communément appelée **STEP**, est un centre de traitement de l'eau. Ce dernier a trois missions principales:

- ✓ Recycler les eaux usées en éliminant les polluants avant leur rejet dans la nature.
- ✓ Rendre les eaux naturelles propres et sans danger pour la réutilisation (exp: Irrigation).
- ✓ Transformer les eaux naturelles en eau potable

## II. STEPs

---

✚ Toutes les stations d'épuration permettent de dépolluer l'eau des impuretés qui la constituent. **Cependant**, il faut noter que toutes les stations d'épuration ne rejettent pas d'eau pure ni d'eau potable.

✚ Le but général des traitements des eaux usées étant de rejeter de l'eau suffisamment dépolluée pour ne pas nuire à la faune et la flore du milieu naturel.

## II. STEPs

### II.1. Critères généraux pour les installations de traitement des eaux usées

#### a. Localisation de l'installation de traitement

La localisation de l'installation de traitement doit tenir compte des éléments suivants :

- L'installation de traitement doit être facilement accessible en toutes saisons;
- Tous les équipements doivent être situés dans un endroit à l'abri de toute pollution où ils ne risquent pas d'être endommagés;

## II. STEPs

---

- Les autorités concernées devraient être consultées relativement à tout ouvrage qui pourrait gêner l'écoulement naturel d'un cours d'eau, tel un barrage...
- La localisation de l'installation de traitement doit être à l'extérieur des zones inondables;
- Les facilités d'élimination des eaux de lavage et des boues doivent privilégier le rejet à l'égout.

## II. STEPs

---

### **b. Aménagement de l'installation de traitement**

L'aménagement d'une installation de traitement doit tenir compte des éléments suivants :

- Dimensionnements de l'installation dépend du débit à traiter, on parle d'EH (équivalent habitants) et de la nature des effluents;
- Espace pour le bureau du ou des opérateurs;
- Utilités sanitaires telles que toilettes et lavabo;

## II. STEPs

---

- Espace de laboratoire indispensable (incluant un comptoir, des espaces des prises d'analyse pour l'eau brute et celle des différentes étapes de traitement et d'espace nécessaire pour les équipements d'analyse);
- Possibilité d'agrandissement futur de l'installation de traitement;
- Espace pour le traitement et l'élimination des boues;
- Facilités d'accès au sein de l'installation;

## II. STEPs

---

- La protection du site contre les intrus, les vols, les sabotages...;
- Le drainage du site pour prévenir toute entrée d'eau de surface et prévoir l'élimination de ces eaux;
- La facilité de livraison des produits chimiques dans les endroits réservés à cette fin;
- La sécurité et l'hygiène du personnel...

## II. STEPs

### c. Bâtiment

La conception du bâtiment devra être faite en conformité avec le Code du bâtiment et inclure les éléments suivants:

- Une **ventilation** adéquate, particulièrement dans les pièces abritant de l'équipement mécanique qui pourraient produire des vapeurs nocives et des produits pulvérulents (exp: charbon en poudre). La ventilation sera adaptée à chacun de ces produits;
- Un **éclairage** adéquat qui tient compte des besoins spécifiques à certains endroits (exp: lecture de cadrans ou autres tâches d'opération);

## II. STEPs

---

- Un **chauffage** adéquat et la protection des bassins contre le gel;
- Des **planchers** suffisamment lisses pour éviter l'accumulation de saleté et faciliter le nettoyage;
- Une **déshumidification** de l'air ambiant, si nécessaire, pour contrôler la condensation sur les équipements et ouvrages métalliques;
- La **flexibilité** d'opération et l'**accessibilité** à l'équipement en vue de l'opération, de l'entretien ou du remplacement;

## II. STEPs

---

- Un **drainage** adéquat et une disposition en cas de trop-pleins des unités;
- La **sécurité** de l'opérateur, c.-à-d. l'installation de dispositifs pour protéger le personnel des contacts dangereux avec l'équipement mécanique ou électrique;
- **Stockage des produits chimiques** et de l'équipement de dosage dans des pièces séparées, pour réduire les risques d'accidents et les problèmes de poussières ou de fuites de gaz;

## II. STEPs

---

### d. Équipements électriques

#### Alimentation

- ✓ L'alimentation extérieure devrait se faire de préférence à l'aide de câbles souterrains pour réduire les risques de dommages. L'alimentation intérieure devrait être disposée dans des conduites rigides par mesure de sécurité.

# II. STEPs

---

## Moteurs électriques

Certains facteurs doivent être considérés dans le choix des moteurs tels :

- ✓ Les exigences de la machine;
- ✓ La puissance disponible;
- ✓ L'équilibre entre la puissance et la charge;
- ✓ Un système de mise en marche manuelle ou automatique ou les deux, selon les besoins;...

## II. STEPs

---

### Ventilation

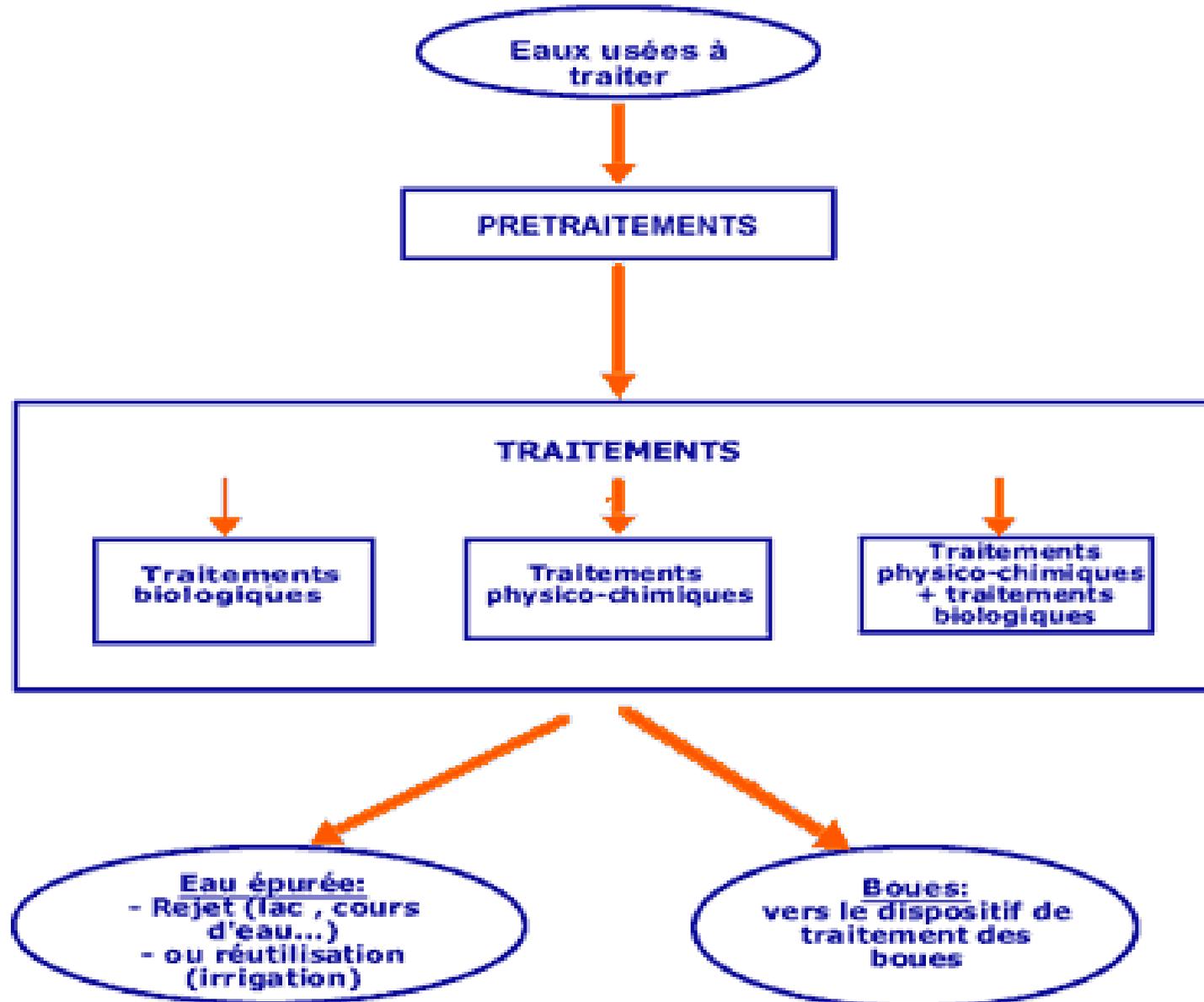
- ✓ Une ventilation devra être prévue dans les pièces où des moteurs exigent des refroidissements.
- ✓ Elle sera également nécessaire pour chasser les gaz, s'il y a lieu, et ce à fonctionnement périodique pour prévenir l'accumulation et éviter ainsi les risques d'explosion.

# III. Etapes de traitement des eaux usées

- **Prétraitement**
- **Traitement physico-chimique**
- **Traitement biologique**
- **Traitement des boues**



# III. Etapes de traitement des eaux usées



## III.1. Pré- traitement

---

- Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un « prétraitement ».
- Il s'agit d'un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieure pour le traitement.

## III.1. Pré- traitement

- Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers.
- Il s'agit des déchets volumineux (**dégrillage**), des sables et graviers (**dessablage**) et des graisses et huiles (**dégraissage-déshuilage**).



# III.1. Pré- traitement

## III.1.1. Dégrillage

- ❖ Le **dégrillage** est la première étape du prétraitement des eaux usées.
- ❖ Il consiste à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus volumineux susceptibles de gêner les traitements ultérieurs voire endommager les équipements.
- ❖ Les eaux usées sont filtrées au travers d'une grille dont les barreaux; verticaux ou inclinés et plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses qui seront ensuite éliminées avec les ordures ménagères.

# III.1. Pré- traitement

## III.1.1. Dégrillage

Le dégrillage est une opération indispensable qui permet :

- De protéger la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et évacuer facilement les matières volumineuses portées par l'eau brute qui pourraient nuire l'efficacité des traitements postérieurs ou compliquer leur exécution.

# III.1. Pré- traitement

## III.1.1. Dégrillage

L'opération est plus ou moins efficace en fonction de l'écartement des barreaux des grilles. On distingue :

- ✓ Le **prédégrillage** pour un écartement de 50 à 100 mm;
- ✓ Le **dégrillage moyen** pour un écartement de 10 à 25 mm;
- ✓ Le **dégrillage fin** pour un écartement de 3 à 10 mm.

## III.1.1. Dégrillage

### Types de grilles

Le dégrillage est assuré soit par:

- Des **grilles à nettoyage manuel**, constituées généralement de barreaux droits en acier. Elles peuvent être verticales mais sont plus souvent inclinées. Dans les petites stations d'épuration rurales, les grilles sont quelquefois remplacées par des paniers perforés relevables.



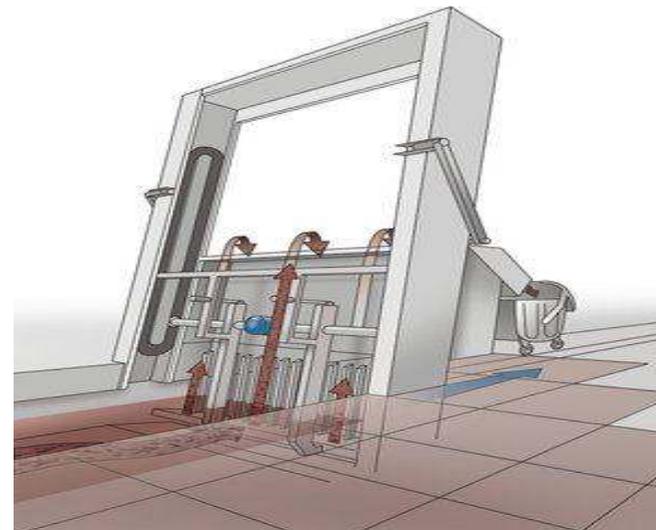
## III.1.1. Dégrillage

### Types de grilles

✿ Des **grilles à nettoyage automatique** dites “grilles mécaniques” ou “dégrilleurs mécaniques” qui sont utilisées généralement à partir d’une certaine importance de la station d’épuration. Elles peuvent être fixes ou mobiles.



**Grilles mobiles à nettoyage automatique**



**Grilles fixes à nettoyage automatique**

## III.1.1. Dégrillage

### Domaine d'application des types de grilles

| Type de grilles                         | Taille de l'installation                       |
|---|--|
| Grilles à nettoyage manuel              | Petite et moyenne avec faible charge de débris |
| Grilles mobiles à nettoyage automatique | Moyenne (< 20 000 m <sup>3</sup> /j)           |
| Grilles fixes à nettoyage automatique   | Grande envergure (> 20 000 m <sup>3</sup> /j)  |

# III.1. Pré- traitement

## III.1.2. Tamisage

- Le **tamisage** assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur des tamis à mailles plus ou moins fines.
- La quantité de matières solides retenue sur le tamis étant très supérieure à celle retenue par les grilles.

## III.1.2. Tamisage

---

On distingue deux variantes de tamisage :

- Le **macro-tamisage** (mailles supérieures à 0,3 mm) est destiné à retenir certaines matières en suspension, flottantes ou semi-flottantes, débris végétaux ou animaux, insectes, brindilles, algues, herbes, etc.
- Le **micro-tamisage** (mailles inférieures à 100 microns) réalise la séparation des matières en suspension de très petites dimensions.

## III.1.2. Tamisage

---

- ✚ La technique de macro-tamisage est la méthode utilisée de façon courante dans les stations d'épuration.
- ✚ Les appareils de macro-tamisage utilisables en prétraitement peuvent être classés en :

## III.1.2. Tamisage

✓ **Tamis vibrant:** formé de plaques métalliques mouvantes munies de perforations. Les vibrations amènent les saletés vers un point de sortie, tandis que l'eau traverse le tamis par les perforations.



## III.1.2. Tamisage

- ✓ **Tamis rotatif** constitué de plaque métallique perforée et légèrement pliée de telle manière que les particules retenues glissent vers un conteneur de déchets.



## III.1.2. Tamisage

- ✓ **Tamis à tambour** : est constitué d'un tamis rotationnel qui laisse passer l'eau usée. Les déchets retenus sont généralement éliminés à l'intermédiaire d'un grattoir.



# III.1. Pré- traitement

## III.1.3. Dessablage

- ✚ Le **dessablage** débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation.
- ✚ Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe.
- ✚ Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

### III.1.3. Dessablage

---

- ❖ Le dessablage s'effectue sur des particules millimétriques (0,2 à 2 mm).
- ❖ La section du dessableur doit être calculée de manière que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0,30 à 0,20 m/s, on évite ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables.

### III.1.3. Dessablage

Pour obtenir cette vitesse d'écoulement, les dispositifs utilisés sont par ordre d'importance :

➔ Les **dessableurs couloirs** (à écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante;



## III.1.3. Dessablage

➔ Les **dessableurs circulaires** à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter le dépôt de matières organiques);



### III.1.3. Dessablage

➔ Les **dessableurs rectangulaires** menés d'un système d'insufflation de l'air qui peut être installé sur toute la longueur de l'ouvrage. L'air insufflé permet une séparation des matières organiques déposées sur les particules de sables et permet également une séparation des matières flottantes.



### III.1.3. Dessablage

- ❖ Le sable est extrait soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant, soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage.
- ❖ Le sable est lavé et essoré avant d'être mis en container.



# III.1. Pré-traitement

## III.1.4. Dégraissage - Déshuilage

- ✓ Le **dégraissage/déshuilage** se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau.
- ✓ Il s'agit généralement des huiles et des graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques et physico-chimiques postérieurs.

# III.1. Pré-traitement

## III.1.4. Dégraissage - Déshuilage

- ✓ Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras.
- ✓ Les graisses sont raclées à la surface, puis éliminées (mise en décharge ou incinération).



## III.1.4. Dégraissage - Déshuilage

- ✓ La teneur des eaux usées en ce type de matières est de l'ordre de 30 à 75 mg/l. Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300-350 mg/l.



## III.1.4. Dégraissage - Déshuilage

- ✓ Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de  $0,2 \text{ m}^3$  par mètre cube d'eau et par heure.



## III.1.4. Dégraissage - Déshuilage

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage-dégraissage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.

