

Partie I: Traitement des eaux

Chapitre II : Traitement de clarification

1. Introduction

Une chaîne de traitement des eaux de surface est constituée principalement de trois étapes importantes: le prétraitement, la clarification et le traitement tertiaire (d'affinage). Le traitement de clarification incluant une étape de coagulation-floculation réduit non seulement la pollution particulaire mais aussi la concentration des composés organiques dissous.

2. Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur sont principalement causées par des particules très petites (les particules colloïdales). Ces particules non décantables peuvent traverser également un filtre fin. Leur élimination ne peut se baser sur une simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible (voir plusieurs années par un mètre).

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation consiste à déstabiliser les particules en suspension pour faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé se fait par l'injection et le mélange rapide de réactifs chimiques. La floculation rend compte de l'agglomération des particules en agrégats éliminés par décantation et/ filtration.

2.1. Origine des colloïdes

Les colloïdes proviennent de l'érosion des sols, la dissolution des substances minérales, la dégradation de la matière organique, les rejets urbains et industriels et les déchets d'agriculture.

2.2. Structure des colloïdes

Dans une eau de surface, les colloïdes portent des charges électriques négatives situés à leur surface. L'origine de cette charge est l'ionisation des groupements chimiques (NH_2 , OH , COOH) et l'adsorption d'anions. Ces charges (-) dites primaires attire les cations en solution dans l'eau. Ces cations sont étroitement collés au colloïde et forment la couche liée ou de Stern. La couche de Stern attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité de cations. La nouvelle couche comporte une alternance d'anions et de cations. C'est la couche diffuse ou couche de Gouy. Il y a donc formation de double couche ionique à la surface de chaque colloïde (Figure 2).

Entre les deux couches (couche liée et couche diffuse) il se crée un potentiel électrostatique (de Nernst) qui est en fonction de la température. Ce potentiel dépend de la quantité des charges positives et négatives présents au niveau de la double couche. La couche liée est définie par la distance d_1 (figure 2), le potentiel est décroît linéairement car les cations constitutifs sont empilés uniformément. La couche diffuse est déterminée par la distance d_2 , sa répartition ionique n'étant pas figée car issue d'un mélange aléatoire de cations et d'anions, le potentiel est décroît d'une façon non linéaire.

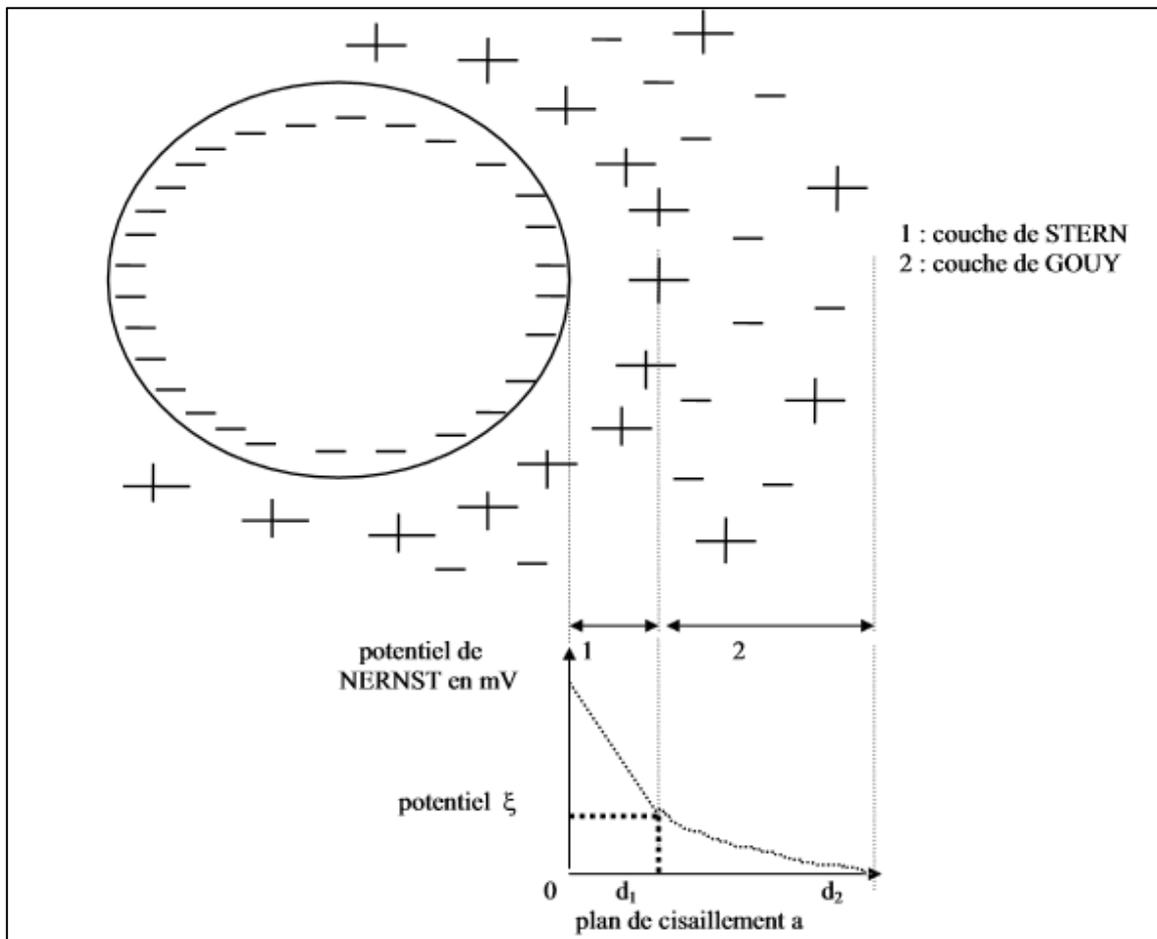


Figure 2: double couche ionique d'un colloïde.

La limite entre la couche Stern et la couche de Gouy, définit un plan de cisaillement (a), situé à une distance d_1 de la surface de particule. Il caractérise le plan entre la couche fixe et celle se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard. La valeur de potentiel électrostatique au niveau de du plan de cisaillement est appelé potentiel zêta (ξ). Les colloïdes étant chargés négativement, ce potentiel est négatif. Les particules ayant un potentiel zêta négatif se

repoussent très fortement et inhibent toute agglomération. Pour les eaux de surface, la valeur de ξ est de -30 à -35 mV.

2.3. Phénomène de coagulation

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules colloïdes tendent à éloigner les particules les unes des autres et par conséquent à les stabiliser dans la solution. La stratégie d'élimination des colloïdes est basée sur leur déstabilisation par annulation du potentiel zêta.

La réduction des forces de répulsion se fait par annulation du potentiel zêta à l'origine de ces forces. Ce procédé consiste à une addition d'ions de charge inverse de celle des colloïdes. L'augmentation de la force ionique de l'eau (addition des cations) permet de comprimer la couche diffuse. Les forces de Van Der Waals seront assez importantes près de la particule et peuvent neutraliser la force de répulsion.

2.4. Réactifs utilisés

Pour déstabiliser des particules colloïdes, on peut les emprisonner dans une grosse particule s'appelle floc. Lorsqu'on ajoute une quantité suffisante de coagulant, on obtient un précipité formé de floes. L'efficacité des coagulants est liée directement à la valence des cations utilisés, les ions bivalents et trivalents sont plus efficaces que les ions monovalents. Les ions sodium, calcium, aluminium, fer présentent une efficacité dans l'ordre ; $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$. Les coagulants habituellement utilisées sont les sels cationiques trivalents tel que le sulfate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ou le chlorure ferrique (FeCl_3).

Le mélange rapide de réactif est effectué dans une chambre de mélange rapide avec une turbine à grande vitesse (Figure 4) à un point de turbulence hydraulique (ressaut hydraulique dans un canal de mesure ou d'un déversoir) à des doses généralement de 30 à 70 mg/L.

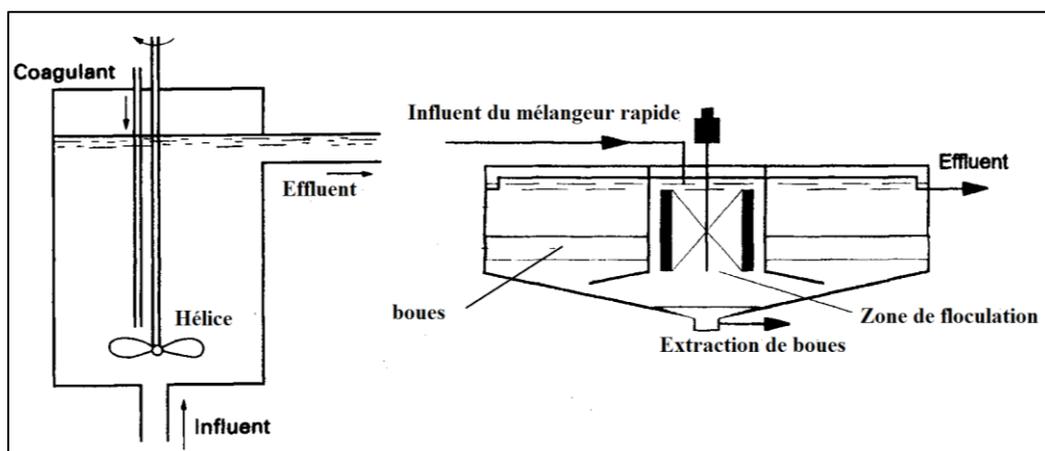


Figure 4: Schéma de la coagulation-floculation.

2.5. Mécanismes de coagulation

Les sels d'aluminium et de fer peuvent s'hydrolyser dans la gamme de pH habituelle des eaux naturelles (voisin de la neutralité), en donnant un hydroxyde insoluble qui précipite. Il a été montré que l'ion trivalent n'est pas le responsable essentiel du mécanisme, mais les intermédiaires polychargés positifs qui se forment dans une étape intermédiaire.

Si on prend le cas de sulfate d'aluminium, la réaction peut être représentée comme suit :



La phase d'hydrolyse (étape 1) ou la formation des intermédiaires polychargés. L'hydrolyse de sel d'aluminium conduit en effet, à la formation de monomères selon les réactions suivantes:



La formation de différentes espèces (polymères solubles et d'hydroxydes insolubles) dépend essentiellement du pH du milieu, de température et de la minéralisation de l'eau. La figure 5 donne les différentes proportions de formes d'aluminium selon Degremont (1989).

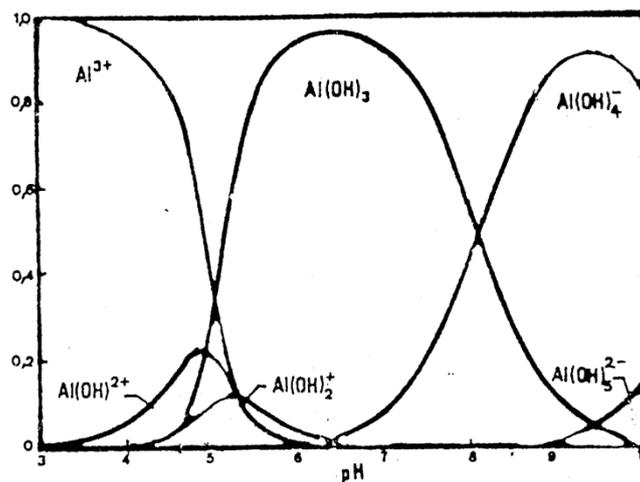


Figure 5: Diagramme des espèces de formes hydrolysées en fonction de pH.

La formation de $Al(OH)_3$ est en fonction de l'agitation de l'eau. Ce précipité est le responsable du pontage de particules neutralisées (forme floculante du coagulant). Pour le

sulfate d'aluminium, le pH optimal de coagulation-floculation varie de 5,8 et 7,2, le minimum de solubilité correspond à un pH de l'ordre de 6,5. Dans cette gamme de pH, la forme précipitée est la prédominante. De plus, la forme de cationique (Al^{3+}) indésirables est inexistante. Dans le cas du chlorure ferrique, le pH optimal est compris entre 5,5 et 8,3.

3. Théorie de floculation

Après avoir être déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le floc formé, peut décanter, flotter ou filtrer (coagulation sur filtre), suivant le procédé de rétention le plus adapté. La probabilité des contacts entre les colloïdes détermine l'efficacité d'agglomération. Le but de floculation est donc d'augmenter la probabilité des contacts des colloïdes, lesquels sont favorisés par la différence de vitesse entre ces particules.

La relation entre le nombre des particules colloïdales libre à l'instant t et l'instant t_0 est donnée par l'expression de Smouluchowski :

$$\ln \frac{N}{N_0} = \frac{-4}{\Pi} \cdot \alpha \cdot \Omega \cdot Gt \quad (15)$$

avec :

- N et N_0 le nombre des colloïdes libre à l'instant t et t_0
- α c'est le facteur de fréquence de collision efficace.
- Ω est le volume des particules par volume de suspension.
- G est le gradient de vitesse (s^{-1}).
- t est le temps de contact (s).

$\alpha=1$ lorsque un choc inraparticlaire provoque une agglomération (floculation). Ω est constant, car la quantité de matière est constante. Le gradient G représente la vitesse moyenne des particules dans l'eau.

3.1. Type de flocculateurs

3.1.1. Flocculateurs a écoulement horizontal

Dans un flocculateur classique, l'agitation est causée par un ensemble de pales parallèles à l'axe de rotation, ensemble qui tourne à une vitesse constante. La puissance que ces pales doivent transmettre lorsqu'on souhaite obtenir un certain gradient de vitesse est donné par l'équation suivante :

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot A \cdot \rho \cdot V^3 \quad (16)$$

avec :

- P : puissance transmise en (W)
- C_D : Coefficient de traînée en fonction de la forme des pales (=1,8 pour des pales plates)
- A : Surface des pales (m^2)
- ρ : masse volumique du liquide (kg/m^3).
- v : vitesse relative de la pale par rapport à la vitesse de liquide, soit $0,75 \times$ la vitesse de la pale (m/s).

3.1.2. Floculateurs à voile de boues

Dans ce type de floculateurs, l'écoulement de l'eau à lieu vers le haut, ce qui permet de maintenir un voile de boues en suspension. Ce voile situé dans une zone de faible turbulence avec une forte concentration des colloïdes favorisant leur collision. Dans ce floculateur, la concentration de colloïdes est beaucoup plus élevée que celle dans un floculateur horizontal, ce qui augmente la probabilité des contacts. À partir de l'équation de Smoulichowski, Hudson a montré que :

$$\frac{N}{N_0} = e^{(-\Gamma G \Phi t)} \quad (17)$$

avec :

N : nombre de particules dans l'effluent.

N_0 : nombre de particules dans l'affluent.

Γ : facteur qui rend compte l'efficacité de collision.

Φ : volume de floc par unité de volume de solution.

T : temps de rétention.

La vitesse de chute de voile de boues V_v est en fonction de la vitesse de décantation des particules V_p . Dans le cas du sulfate d'aluminium, le rapport entre les deux vitesses est donné par :

$$\frac{V_v}{V_p} = (1 - 2,78 \cdot \Phi^{2/3}) \quad (18)$$

La valeur de Φ est en fonction de la vitesse de l'eau (entre 0,0- et 0,1 pour le sulfate d'aluminium). Pour un rapport de vitesse $V_v/V_p=0,5$, on obtient une valeur de $\Phi=0,076$. On peut prendre cette valeur pour dimensionner un floculateur à voile de boues.

4. Décantation

La décantation est une méthode de séparation solide-liquide permet d'éliminer les floes formés lors de la floculation. L'eau claire est recueillie à la partie supérieure du bassin, alors qu'on soutire les boues sédimentées dans la partie inférieure. Lorsque la concentration en

MES est faible, les floc formés sont dispersés dans le décanteur. La vitesse de chute augmente au fur et à mesure que les dimensions du floc s'accroissent par suite de rencontres avec d'autres particules, c'est la **décantation diffuse**.

Pour des concentrations en matières plus élevées, l'abondance du floc crée une décantation d'ensemble, caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant : c'est la **décantation en piston**.

La décantation lamellaire est effectuée avec insertion des surfaces inclinées dans le bassin de décantation, ce qui améliore considérablement l'efficacité de la décantation.

4.1. Décanteur statique

Il s'agit d'un décanteur rectangulaire à flux horizontal dimensionné sur la base de la relation de Hazen. Cette relation considère que les particules sont indépendantes et l'écoulement de l'eau sera laminaire (Figure 6).

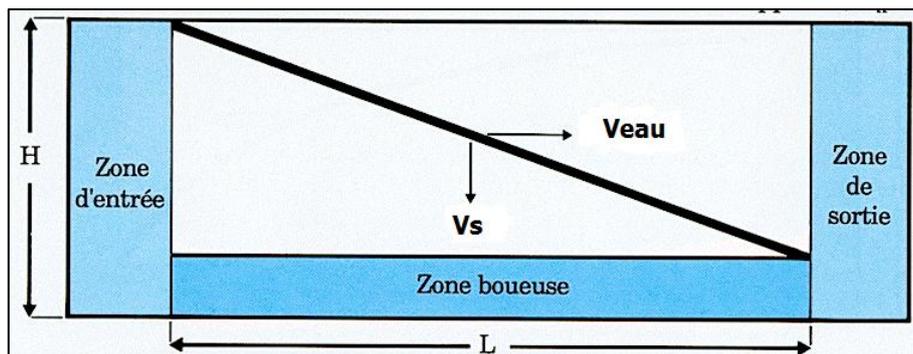


Figure 6: Schéma représente la décantation à flux vertical.

Soit un décanteur rectangulaire de longueur L et de section verticale S (où H : hauteur d'eau et l : largeur), traversé par un débit Q . À une trajectoire oblique :

$$V_e / L = V_s / H \quad \text{ou} \quad V_s = (H / L) \cdot V_e \quad (19)$$

on multiplie par l (largeur), on obtient :

$$V_s = (H \cdot l / L \cdot l) \cdot V_e \quad (20)$$

Avec : $H \cdot l$ représente la section verticale (S_V), la surface au sol (S_H) est donnée par le produit ($L \cdot l$).

On peut écrire donc :

$$V_S = Q / S_H \quad (\text{m/h}) \text{ ou } \text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \quad (21)$$

$$V_S = Q / n.S.\cos \alpha$$

C'est la vitesse de Hazen ou la charge volumique superficielle. On distingue deux cas pour la décantation :

Si : $V_S \geq V_H$ donc $V_S \geq Q/S_H$ et la particule sera retenue.

Si : $V_S \leq V_H$ donc $V_S \leq Q/S_H$ et la particule ne sera pas retenue.

Le rendement de décantation est en fonction de la valeur de vitesse de l'eau (V_e). Ce rendement est diminué en augmentant la vitesse de l'eau. Pour une vitesse ne dépasse pas 1m/h, nous pouvons atteindre des rendements de décantation de l'ordre de 90%.

Pour le dimensionnement du décanteur on doit vérifier que:

- La hauteur de la zone des boues égale à (1/5) H de l'eau.
- Temps de séjour entre 1 et 4heures
- $3 \leq L/l \leq 6$
- L/H ou D/H soit voisin de 10 (diamètre généralement entre 10 et 15m).

Pour le décanteur à flux vertical ou cylindro-conique réponds aux mêmes conditions que le décanteur à flux horizontal (Figure7).

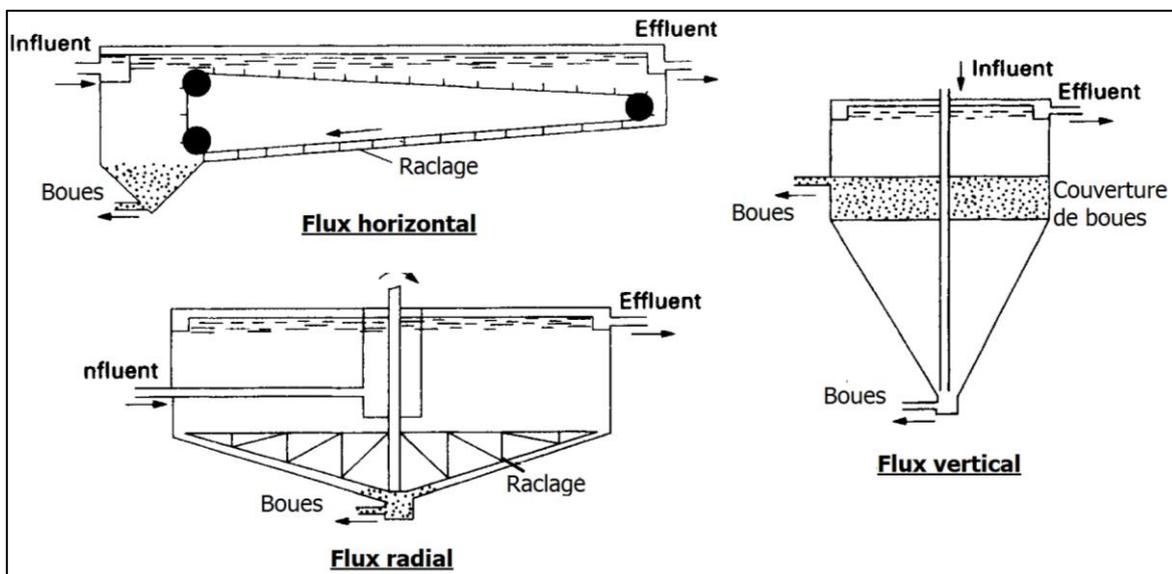


Figure 7: Schéma de différents types de décanteurs.

4.2. Décanteur lamellaire

Pour améliorer la capacité d'un décanteur, il faut augmenter la surface de décantation. Pour ce faire, on ajoute des lamelles ou modules hexagonaux) avec une inclinaison par rapport à l'horizontal.

Si S est la surface réelle de lamelle, la surface projetée $S'=S \cos \alpha$. L'expression de la vitesse de Hazen devient :

$$V_s = Q / n.S.\cos \alpha \quad (22)$$

Le décanteur lamellaire peut être considéré comme décanteur multi-étages avec une surface S multiplié par les lamelles parallèles. L'angle d'inclinaison facilite également l'évacuation des boues. On peut donc augmenter la charge superficielle sur les décanteurs sans augmenter la turbidité dans l'effluent, on aura également une amélioration de l'élimination des solides.

5. Filtration

C'est un procédé physique destiné à clarifier l'eau décantée (ou flottée), l'installation d'un filtre assure la séparation des matières insolubles non décantées. Ce procédé est largement utilisé notamment pour les eaux de surface, il s'effectue par le passage de l'eau à travers un milieu poreux. Le filtre permet une bonne élimination de la couleur, la turbidité, les bactéries, le gout, et l'odeur des eaux.

5.1. Matériaux utilisés

Divers matériaux filtrants sont utilisés tels que les granules libres non adhérents les uns aux autres, insolubles et inattaquables. Les filtres à sable sont couramment employés dans les usines de traitement des eaux. Le choix se porte généralement sur le sable de quartz rond, la pierre ponce, l'antracite et l'ilménite. Les principales propriétés d'un matériau filtrant sont : le diamètre effectif, le coefficient d'uniformité, la masse volumique, porosité, taille des pores, surface spécifique, etc.

5.2. Types de filtres

On distingue deux types de filtration :

5.2.1. Filtration lente ($2 < \text{vitesse} < 10$ mètres/jours)

Une opération simple s'utilise directement sur l'eau brute sans coagulation-floculation ni décantation. L'eau à filtrée doit être de bonne qualité (faible turbidité et faible matière organique). Ce procédé s'adapte bien aux petites agglomérations et repose sur le processus biologique (développement d'un film biologique).

5.2.2. Filtration rapide ($5 < \text{vitesse} < 10$ mètres/heure)

Cette filtration rapide s'applique sur une eau préalablement traitée (eau floculée, flottée ou décantée) et aura pour objectif d'effectuer une clarification poussée de l'eau par élimination complémentaire de MES. Ce type de filtres est basé sur des processus physiques de rétention des particules (à la surface des grains de sable et par tamisage). Les débits d'eau traités dans ces filtres peuvent être assez importants.

5.3. Fonctionnement d'un filtre

La turbidité de l'eau traitée et la perte de charge à travers le filtre sont les deux principaux paramètres permettant de suivre le fonctionnement d'un filtre. Lorsque la perte de charge atteint une valeur maximale admissible ou que la turbidité de l'eau filtrée dépasse une valeur prédéterminée, on procède au nettoyage du filtre. La turbidité de l'eau ne doit dépasser 2 NTU.

Le lavage des filtres est effectué par un débit contre-courant, le sable est mis en expansion et les impuretés sont décollées par frottement intergranulaire. La vitesse de l'eau de lavage est réglée de telle façon à ne pas avoir de pertes de matériaux. Également on fait injecter de l'air pour augmenter les turbulences et améliorer le nettoyage des particules fixées sur les grains de sable.

6. Conclusion

Le traitement des eaux de surface riches en matière en suspension s'effectue souvent par clarification. Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur les différentes étapes de traitement de clarification des eaux naturelles.

Partie II: Épuration des eaux usées

Chapitre I : Les paramètres de pollution et les normes de rejet

1. Introduction

Les eaux usées sont les eaux altérées par les activités humaines (domestiques agricoles ou industrielles), ces eaux sont souvent chargées par différentes substances toxiques qui doivent être traitées avant d'être déversées dans le milieu naturel. Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu sur l'origine des eaux usées, leur composition, les principaux paramètres de pollution et les différentes normes de rejet.

2. Origine des eaux usées

L'eau usée est un liquide trouble, généralement grisâtre, contient des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. Suivant l'origine et la nature des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées.

2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques provenant de différents usages domestiques de l'eau contiennent essentiellement de la pollution organique. Elles se répartissent en eaux de salles de bains et de cuisine (chargées de détergents, graisses, de solvants,..) et les eaux de vannes (rejet de toilettes chargées en matière organique et de germes fécaux).

2.2. Les eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont les eaux produites par les installations industrielles dont la nature et le degré de pollution diffèrent d'une activité à une autre. Ces eaux peuvent contenir de la matière organique azotée ou phosphorée, de produits pharmaceutiques, des solvants, des métaux lourds, des composés phénoliques, des colorants, etc. Les effluents industriels peuvent être rejetés dans le réseau d'assainissement urbain lorsqu'elles ne présentent pas de risque de contamination et ne perturbent pas le fonctionnement des installations de traitement. Dans certains cas, ces eaux doivent faire l'objet d'un traitement spécifique avant d'être collectés dans le réseau d'égouts.

2.3. Les eaux pluviales

Les eaux pluviales peuvent constituer la source d'une pollution soit en contact avec l'air (les fumées industrielles et les résidus de pesticides), ou lors du ruissellement (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds, etc.). En cas de fortes précipitations la capacité limitée des ouvrages d'épuration peut imposer un déversement des eaux polluées dans le milieu naturel (par le déversoir d'orage).

2.4. Les eaux agricoles

Les eaux agricoles peuvent contenir des substances utilisées dans le domaine agricole comme les engrais et les pesticides. Certains produits présentent des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour les ressources en eau.

3. Composition de l'eau usée

La composition de l'eau usée est très variable, elle est essentiellement en fonction de leur origine (industrielle, domestique, agricole...etc.). La concentration moyenne de quelques paramètres de pollution pour une usée urbaine est donnée dans le tableau 5.

Tableau 5: Composition moyenne d'un effluent domestique

Paramètres	Valeur moyenne	Échelle de variation
pH	7,8	7,5 à 8,5
DBO₅ (mgO ₂ /L)	300	150 à 500
DCO (mgO ₂ /L)	700	300 à 1000
MES (mg/L)	250	100 à 400
NK (mg/L)	80	30 à 100
N-NH₄⁺ (mg/L)	60	20 à 80
Phosphore total (mg/L)	35	10 à 45
Coliformes totaux	-	10 ⁶ à 10 ¹⁰ pour 100 mL
Entérocoques	-	10 ⁶ à 10 ⁸ pour 100 mL

La composition des eaux usées urbaines brutes dépend essentiellement de:

- L'activité humaine (eaux ménagères et eaux de vannes).
- Nature et quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain (lavages, abattoirs).

4. Paramètres de pollution

La majeure partie de pollution par les eaux usées est due à la forte concentration en matière organique, ce qui conduit toujours à une consommation importante de l'O₂ dissous par les micro-organismes qui prolifèrent dans les eaux polluées.

4.1. Paramètres physiques

4.1.1. Coloration et odeur

La coloration est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdales et par des substances chimiques colorées. Pour les eaux usées, elle est grisâtre qui devient noirâtre avec le temps. L'odeur désagréable est due à la fermentation de la matière organique.

4.1.2. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, elle influe considérablement sur la solubilité des sels minéraux et surtout sur la dissolution des gaz dans l'eau. La concentration en oxygène diminue avec l'augmentation de la température, ce qui peut diminuer l'activité bactérienne (processus d'auto-épuration et multiplication des microorganismes). Elle joue également un rôle important dans les processus de nitrification et dénitrification biologique.

4.1.3. Conductivité:

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est liée directement à la salinité de l'eau et influe sur la décantation et le traitement biologique.

4.1.4. Salinité

Elle exprime la quantité de tous les sels dissous dans l'eau. Elle s'exprime en ‰, en g/kg ou en PSU (pratiques salinité unité).

4.1.5. Matières en suspension (MES)

Elles représentent la partie solide de la pollution des eaux que ce soit minérales ou organiques (MES décantable et matière colloïdale).

4.1.6. Matières volatiles sèches (MVS)

Elles expriment la fraction organique de MES et constituent environ 70-80 % des matières en suspension pour des eaux usées à dominance domestique.

4.2. Paramètres chimiques

4.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration des ions hydrogène (H^+) dans la solution. Il joue un rôle important dans le développement bactérien dans l'eau usée.

4.2.2. Oxygène dissous(O_2)

Il conditionne la spéciation de plusieurs substances et influe sur l'activité bactérienne et par conséquent sur l'efficacité du traitement biologique. La solubilité d' O_2 dans l'eau dépend de la température et de la pression atmosphérique.

4.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO)

Il exprime la quantité de la matière organique éliminée par voie biologique (par des bactéries). Par convention, la DBO est déterminée par mesure de la quantité d' O_2 consommée en 5 jours, dite DBO_5 .

4.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO):

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation chimique de toute les matières organiques contenues dans l'eau usée en utilisant un oxydant puissant (bichromate de potassium), elle s'exprime en mgO_2/L .

4.2.5. Rapport de biodégradabilité de l'effluent

Le rapport DCO/DBO_5 caractérise la nature de la matière organique. La biodégradabilité d'une substance est son aptitude à être décomposée par voie biologique (par des micro-organismes).

4.2.6. Substances nutritifs

Les activités humaines contribuent à l'augmentation de la quantité d'éléments nutritifs dans le milieu aquatique. Le phosphore (P) et l'azote (N) sont indispensables à la synthèse des micro-organismes dans les eaux. L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Le phosphore de l'eau est sous forme de sels minéraux provenant surtout des poudres à lessives, et sous forme organique (matières fécales).

4.2.7. Eléments toxiques

Les métaux lourds dans les eaux usées urbaines sont nombreux, les plus connus sont surtout le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les éléments comme l'aluminium, le chrome, l'arsenic, le mercure, le cadmium, le cobalt, le nickel, etc., peuvent se présenter à l'état de traces. L'eau usée peut contenir d'autres substances toxiques comme les phénols, les pesticides, les colorants, etc.

4.3. Paramètres microbiologiques

L'eau usée contient tous les microbiologiques excrétés avec les matières fécales qui peuvent être classés en quatre groupes: les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes.

4.3.1. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires microscopiques, leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaires. Les bactéries Gram négatives peuvent provoquer de l'irritation des muqueuses ou des problèmes dans le système gastro-intestinal et respiratoire.

4.3.2. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm). Dans les eaux usées, plus de 150 types de virus peuvent être présents. Certains virus se multiplient dans le système digestif (humain ou animal) et sont excrétés dans les matières fécales. La maladie de l'hépatite A est causée par un virus.

4.3.3. Les protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires plus complexes et de taille plus importante que les bactéries. Du point de vue sanitaire, le protozoaire le plus important est la *Giardia lamblia*.

4.3.4. Les helminthes

Elles sont des vers multicellulaires et présentent le plus souvent des organismes parasites. Les helminthes et leurs œufs peuvent être présents dans les eaux usées et dans les boues des stations d'épuration.

5. Normes de rejet

La réglementation exige des niveaux de qualité pour les eaux usées rejetées dans le milieu naturel, déterminés par des valeurs limites de divers paramètres de pollution.

5.1. Norme de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

Le tableau 6 présente les valeurs limites de l'OMS pour les rejets.

Tableau 6. Normes de rejet des eaux usées (OMS)

Caractéristiques	Normes	Unités
PH	6,5-8,5	-
Température	<30	°C
DBO ₅	<30	mg/L
DCO	<90	mg/L
MES	<20	mg/L
NH ₄ ⁺	<0,5	mg/L

NO ₂	1	mg/L
NO ₃	<1	mg/L
P ₂ O ₅	<2	mg/L
Couleur	Incolore	-
Odeur	Inodore	-

5.2. Norme Européenne

Cette directive fixe les niveaux des rejets dans les stations d'épuration des eaux usées urbaines, Commission Économique Européenne le 21 mai 1991 (Tableau 7).

Tableau 7. Normes européenne de rejet des eaux usées

Paramètre	Normes	Unités
pH	5,5 <pH<9,5	-
Température	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	°C
DBO5	25	mg/l
DCO	125	mg/l
MES	35	mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	mg/l
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	mg/l
Plomb	0,1	g/l
Hydrocarbures totaux	5	g/jour
Composées phénoliques	5	g/jour

5.3. Norme Algérienne

Le Décret Exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006, donne les valeurs limites maximales de rejet d'effluents liquides (tableau 8).

Tableau 8. Normes algérienne de rejet des eaux usées (JORA, 2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
Température	30	C°
pH	5,5 à 8,5	-
MES	30	mg /L
DBO ₅	40	mg /L
DCO	120	mg /L
Azote kjeldahl	40	mg /L
Phosphates	02	mg /L
Phosphore total	10	mg /L
Cyanures	0,1	mg /L
Aluminium	05	mg /L
Cadmium	0.2	mg /L
Fer	05	mg /L
Manganèse	01	mg /L
Mercure total	0.001	mg /L
Nickel total	05	mg /L
Plomb total	01	mg /L
Cuivre total	03	mg /L
Zinc total	05	mg /L
Huiles et Grasses	20	mg /L
Hydrocarbures totaux	20	mg /L
Indice phénols	0,3	mg /L
Fluor et composés	15	mg /L
Etain total	02	mg /L
Composés organiques chlorés	05	mg /L
Chrome total	0,5	mg /L
(*)Chrome III+	03	mg /L
(*)Chrome VI+	0,1	mg/l
(*)Solvants organiques	20	mg /L
(*)Chlore actif	1,0	mg /L
(*)PCB	0,001	mg /L
(*)Détergents	2	mg /L
(*)Tensioactifs anioniques	10	mg /L

6. Notion de l'équivalent habitant

L'équivalent habitant se définit comme la pollution quotidienne que génère un individu. Il exprime non seulement le pouvoir polluant des eaux usées domestiques mais également la pollution produite par les activités industrielles ou agricoles. L'équivalent habitant est donné par la relation suivante :

$$EH = \frac{Q_T}{\tau \cdot d} \tau \quad (38)$$

avec : Q_T (m^3/j) est le débit d'eau usée totale

τ : taux de rejet (entre 70 et 80 %)

d ($m^3/j/hab$): dotation en eau potable

Généralement, un habitant génère 150 à 200 litres d'eaux usées par jour contenant:

- 70 à 90 grammes de matières en suspension,
- 60 à 70 grammes DBO_5 ,
- 15 à 17 grammes de substances azotées (exprimé en N),
- Environ 4 grammes de phosphore (exprimé en P).

Dans ces eaux, il existe des milliards de micro-organismes par 100 mL.

L'ensemble de ces polluants représente la charge polluante journalière produite par un habitant. Il est important de noter que la capacité des stations d'épurations est exprimée par EH.

7. Conclusion

Les eaux usées sont d'origine domestique, industrielle, pluviale et agricole. La charge polluante des eaux usées urbaines peut être physique, chimique et bactériologique. Lorsque les normes de qualité sont dépassées, ceci impose le recours à des procédés de traitement plus ou moins poussés pour ne pas nuire l'environnement et la santé humaine si ces eaux sont rejetés directement dans la nature.