

11/02/14.942
M1540.818

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etude
2^{ème} Année Master

Intitulé :
Traitement des eaux Industrielles

Filière : Génie des Procédés
Option : Matériaux et Génie des Procédés : Matériaux et Traitements de Surface

Présenté par :

MANSOURI Ali

Sous la direction de :

Pr. NEMAMCHA Abderrafik

Juin 2015

Remerciement

En première lieu, nous remercions DIEU tout puissant de m'avoir donné la volonté, pour terminer ce travail dans les meilleures conditions.

Je tiens à exprimer mes remerciement et à mon encadreur pf.

NEMAMCHA ABD RAFIK

pour son aide précieuse, et conseils de la préparation de ce projet.

Mes remerciements vont aussi aux membres du jury qui ont pris de leur précieux temps pour évaluer ce mémoire

Je tiens également à remercier pour tous les enseignants de notre département.

Dédicace

Je dédie modeste travail

A la chère personne dans ma vie ma mère pour tout ce qu'elle

*a fait pour moi sa présence permanente à mes cotes, depuis mon enfance,
pour la confiance qu'elle a plantée en moi, pour tous sacrifices consentie
pour toute sa tendresse*

J'ai abouti mes souhaits

A mes chers frères, A mes très chères sœurs.

A toutes mes amis

Mansouri Ali

Remerciement

*En première lieu, nous remercions DIEU tout puissant de m'avoir
donné la volonté, pour terminer ce travail dans les meilleures
conditions.*

Je tiens à exprimer mes remerciement et à mon encadreur pf.

NEMAMCHA ABD RAFIK

pour son aide précieuse, et conseils de la préparation de ce projet.

*Mes remerciements vont aussi aux membres du jury qui ont pris de
leur précieux temps pour évaluer ce mémoire*

*Je tiens également à remercier tous les enseignants de notre
département.*

Dédicace

Je dédie à modeste travail

A la chère personne dans ma vie ma mère pour tout ce qu'elle

*a fait pour moi sa présence permanente à mes cotes, depuis mon enfance,
pour la confiance qu'elle a plantée en moi, pour tous sacrifices consentie
pour toute sa tendresse*

J'ai abouti mes souhaits

A mes chers frères, A mes très chères sœurs.

A tous mes amis

Mansouri Ali

Sommaire

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	01
INTRODUCTION	02

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU

I.1. Définition de l'eau.....	03
I.2. Les propriétés physiques et chimiques de l'eau.....	03
I.2.1. Les propriétés physiques de l'eau.....	03
I.2.2. Les propriétés chimiques.....	04
I.3. Types des eaux	06
I.4. Domaines d'utilisation des eaux superficielles	06
I.4.1. Agriculture	06
I.4.2. Industrie	06
I.4.3. Lutte contre les incendies.....	07
I.4.4. Services généraux	07

CHAPITRE II : LA POLLUTION DES EAUX SUPERFICIELLES

II.1. Aspects généraux des pollutions des eaux.....	08
II.2. Conséquences de la pollution.....	09
II.3. Les éléments minéraux majeurs de la pollution.....	10
II.4. Les oligo-éléments et les toxiques minéraux	12
II.5. Les produits organiques	15
II.5.1. Les matières organiques naturelles	16
II.5.2. Les hydrocarbures	16
II.5.3. Les produits de synthèse	17
II.6. Principales méthodes d'analyse chimique des eaux	17
II.6.1. Colorimétrie ou spectrométrie d'absorption moléculaire.....	17
II.6.2. Spectrométrie de flamme	18
II.6.3. Spectrométrie absorption atomique.....	18
II.6.4. Électrode spécifique	18
II.6.5. Chromatographie en phase gazeuse	18
II.6.6. Spectrométrie de masse.....	18

CHAPITRE III : LES DIFFERENTES METHODES DE TRAITEMENTS DES EAUX

III.1 Prétraitement.....	20
III.1.1 Dégrillage et tamisage.....	20
III.1.2 Dessablage.....	20
III.1.3 Dégraissage.....	20
III.2 Traitement primaire.....	21
III.3 Traitement secondaire.....	23
III.3.1 Traitement par voie biologique.....	23
III.3.1.1 Traitement biologique anaérobie.....	23
III.3.1.2 Traitements biologiques aérobies.....	23
III.3.1.3 Traitement des composés organiques.....	23
III.3.1.4 Nitrification.....	23
III.3.1.5 Dénitrification.....	24
III.3.2. Déphosphatation.....	24
III.4 Traitement tertiaire.....	24
III.4.1 Traitement bactériologique.....	24
III.4.2 Traitement bactériologique par rayonnement UV.....	25
III.4.3 Traitement par voie physico-chimique.....	25
III.4.4 Traitement par charbon actif.....	26
III.2. Les caractéristiques physicochimiques des eaux.....	26
III.2.1. Potentiel hydrogène (pH).....	26
III.2.2. La température (T).....	26
III.2.3. La conductivité électrique (CE).....	26
III.2.4. Matières en suspension (MES).....	26
III.2.5. L'oxygène dissous.....	26
III.2.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	26
III.2.7. Demande chimique en oxygène(DCO).....	27
III.2.8. La minéralisation.....	27
III.2.9. La coloration.....	27
III.2.10. Le potentiel redox.....	27
III.3. Les Normes.....	28

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Déchets solides et liquides générés par centre carburant de NAFTAL.....	36
IV.1.1 Source de déchets	36
IV.1.2 Effluents liquides.....	36
IV.2 Traitements des eaux industrielles.....	38
IV.2.1. Prétraitement et relevage	39
IV.2.2. Egalisation– accumulation et le premier déshuilage	39
IV.2.3. Flotteur.....	40
IV.2.4. Traitement par charbon actif.....	40
IV.2.5. Traitement final des huiles.....	40
IV.2.6. Traitement des boues	40
IV.2.7. Le dosage	41
IV.3 Les analyses des eaux traitées.....	41
IV.3.1. Mesure du Ph.....	41
IV.3.2. Mesure d'hydrocarbures totaux.....	41
IV.3.3. Mesure de DBO5.....	44
IV.3.4. Mesure du chrome totale	46
IV.3.5. Mesure de MES (matière en suspension).....	47
IV.3.6. Mesure de DCO (demande chimique en oxygène).....	48
CONCLUSION GENERALE.....	50
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	51
ANNEXES (Présentation de l'entreprise de NAFTAL)	52

Liste des figures et tableaux

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

Les figures :

FIGURE I. 1 : La molécule d'eau.....	4
FIGURE I. 2 : Représentation de Lewis et modèle 3D de l'eau.....	5
FIGURE I. 3 : Polarité d'eau.....	5
FIGURE II. 4 : La loi BEER LAMBERT.....	17
FIGURE II. 5 : La loi de NERNST	18
FIGURE III. 6 : Principe de l'ozonation	25
FIGURE III.7 : La loi d'Ohm.....	27
FIGURE III. 8 : L'équation de NERNST.....	27
FIGURE IV. 9 : Schéma de fonctionnement de la station d'épuration	37
FIGURE IV. 10 : Le pH-mètre.....	40
FIGURE IV. 11 : Bloc chauffant NANOCOLOR.....	41
FIGURE IV. 12 : L'appareil de mesure NANOCOLOR	43

Les tableaux :

TABLEAU II. 1 : Des normes de l'eau potable	28
TABLEAU II. 2 : Normes de rejet industriel	35
TABLEAU IV. 3 : Donnés technique de NANOCOLOR.....	44
TABLEAU IV. 4 : Les résultats des analyses	49

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Le domaine de traitement des eaux est très vaste et concerne une grande variété de techniques expérimentales. Les eaux issues des différents procédés de traitement peuvent être destinées aux différentes utilisations telles que l'industrie, le domaine agricole et la consommation domestique.

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur. En ce qui nous concerne, les milieux considérés seront les milieux aquatiques : nappes souterraines, cours d'eau, lacs et mer.

Le développement de l'utilisation globale de l'eau, en additionnant les différents usages représentent le chiffre de 250 m^3 par an et par habitant. Ceci implique la nécessité impérieuse de protéger l'eau. Il faut la traiter que ce soit pour produire une eau propre à la consommation ou à des usages spécifiques industriels et agricole ou pour limiter les rejets de pollution dans le milieu naturel.

L'étude de la pollution des eaux consiste à mesurer, par des analyses physico chimiques, des caractéristiques au niveau du milieu naturel ou du milieu pollué. Dans cette optique, mon travail consiste à effectuer des traitements des eaux industrielles et de suivre la qualité des eaux rejetées vers le milieu environnement.

Le présent mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré aux propriétés chimiques et physiques ainsi que les différents types des eaux avec leurs domaines d'utilisation. Les aspects généraux de la pollution seront traités dans le chapitre II, on donnera une classification des différentes pollutions, suivant leur origine ou leur conséquence, et l'étude des principales méthodes d'analyse chimique. Dans le chapitre III, on explique les différentes méthodes de traitement des eaux avec les normes internationales de l'eau potable et les rejets liquides vers le milieu environnemental. Le chapitre IV concerne l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus au cours d'un stage pratique au niveau du centre carburant de NAFTAL EL KHROUB, on explique la procédure utilisée pour le traitement et l'épuration des eaux industrielles accidentellement polluées et les analyses à effectuer. Une conclusion générale contient l'ensemble des résultats obtenus sera présentée à la fin du mémoire.

Chapitre I

Généralités sur l'eau

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'EAU

I.1. Définition de l'eau

L'eau est un liquide transparent, insipide et inodore. A l'état de pureté, elle bout à une température de 100°C, sous la pression atmosphérique (1atm) et se solidifie à 0°C.

I.2. Les propriétés physiques et chimiques de l'eau

I.2.1. Les propriétés physiques de l'eau

• Point d'ébullition

Le point d'ébullition de l'eau est élevé par rapport à un liquide de poids moléculaire égal. Ceci est dû au fait qu'il faut rompre jusqu'à 3 liaisons hydrogène avant que la molécule d'eau puisse s'évaporer. Par exemple, au sommet de l'Everest, l'eau bout à environ 68°C, à comparer aux 100°C au niveau de la mer. Réciproquement, les eaux profondes de l'océan près des courants géothermiques (volcans sous-marins par exemple) peuvent atteindre des températures de centaines de degrés et rester liquides.

L'eau est sensible aux fortes différences de potentiel électrique.

À très faible concentration, l'eau peut transporter des signaux (ondes électromagnétiques produites par résonance, par les molécules composant certaines séquences de l'ADN).

Radioactivité : elle dépend des métaux et minéraux et de leurs isotopes présent dans l'eau, et peut avoir une origine naturelle ou artificielle (retombées des essais nucléaires, pollution radioactive, fuites...).

• La couleur de l'eau

A l'état gazeux, la vapeur d'eau dans l'atmosphère est aussi invisible que l'air il faut qu'elle se condense sur une paroi (brouillard, nuage) pour qu'elle nous apparaisse nettement à l'œil.

L'eau liquide est un liquide faiblement réfringent, c'est la raison pour laquelle, la nuit on peut voir la lune se refléter à la surface d'un plan d'eau la réfraction de la lumière par les gouttelettes d'eau donne aussi naissance aux arc-en-ciel par temps de pluie dans la partie du ciel opposée aux soleils par rapport à l'observateur on voit alors un ou plusieurs arcs concentrique. L'arc le plus intérieur (avec la couleur violette à l'intérieur et la couleur rouge à l'extérieur) résulte de la réfraction des rayons solaires en pénétrons dans les gouttes d'eau qui se comportent comme des miroirs concaves, ou les rayons se réfléchissent et ressortent comme des miroirs en subissant une nouvelle réfraction l'arc secondaire (avec la couleur rouge à l'intérieur et la couleur violette à l'extérieur) correspond à deux réflexions de la goutte.

• Radiolyse

La radiolyse de l'eau est la dissociation, par décomposition chimique de l'eau (H_2O) (liquide ou de vapeur d'eau) en hydrogène et hydroxyde respectivement sous forme de radicaux libres H et OH, sous l'effet d'un rayonnement énergétique intense (rayonnement ionisant dont notamment le rayonnement neutronique par exemple). Elle a été expérimentalement démontrée il y a environ un siècle. Elle se fait en passant par plusieurs stades physicochimiques et à des conditions particulières de température et de pression, de concentration du soluté, de pH, de débit de dose, de type et énergie du rayonnement, de présence d'oxygène, de nature de la phase de l'eau (liquide, vapeur, glace). C'est un phénomène encore incomplètement compris et décrit qui pourrait, dans le domaine du nucléaire, des voyages dans l'espace ou pour d'autres domaines, avoir dans le futur des applications techniques nouvelles, entre autres pour la production d'hydrogène.

1.2.2. Les propriétés chimiques

L'eau qui, par ses propriétés physiques particulières, est à l'origine de l'existence de la vie sur terre et aussi vital par ses propriétés chimiques.

• La structure de la molécule d'eau

La molécule a une structure où un atome d'oxygène possède six électrons périphériques, est lié par deux liaisons et lentes à deux atomes d'hydrogène possédons chacun électron sur sa couche externe (il a acquis la structure du gaz rare le plus proche) dont quatre seulement sont impliqués dans des liaisons covalentes O-H, les quatre électrons restants sont groupés en deux paires appelées doublet électronique libre. La géométrie moléculaire est en fait tétraédrique les deux liaisons covalentes OH et les deux doublets électroniques libres (représentés par deux flèches) pointent les sommets occupés par deux atomes d'Hydrogène

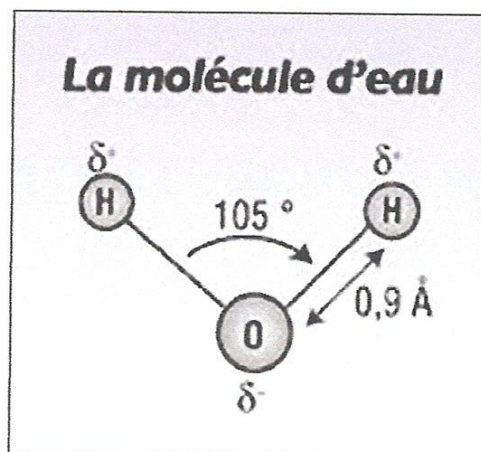


Figure 1 : La molécule d'eau

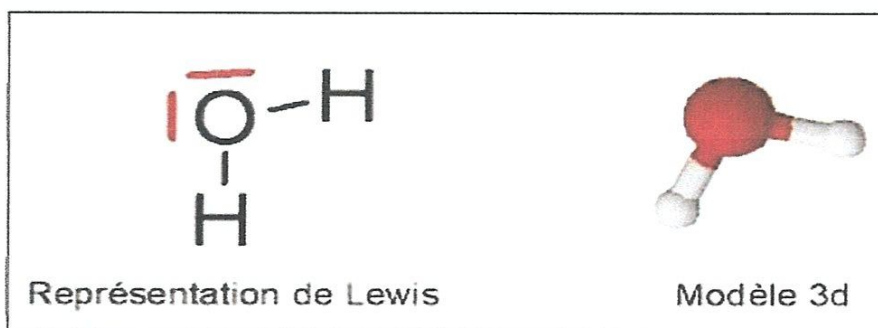


Figure 2 : Représentation de Lewis et modèle 3d de l'eau

• Polarité

L'électronégativité de l'atome O étant plus haute que celle de H, il y a une polarisation de cette molécule, ce qui en fait un bon solvant. Elle possède un dipôle électrique permanent. La polarité de la molécule rend possible pour la molécule d'eau de réaliser des liaisons hydrogène intermoléculaires.

On observe donc 2 charges partielles négatives (δ^-), sur les doublets non liants de l'oxygène qui forment chacune une liaison hydrogène avec un atome d'hydrogène d'une autre molécule portant charge partielle positive (δ^+).

Et une charge partielle positive (δ^+), sur chaque atome d'hydrogène ce qui permet des liaisons hydrogène avec un oxygène d'une autre molécule portant une charge (δ^-).

Pour exemple les cristaux de glace ont cette forme à cause de cela. À quantité égale, la glace flotte sur l'eau (sa densité solide est plus faible que celle liquide) et c'est dû à ces liaisons hydrogène.

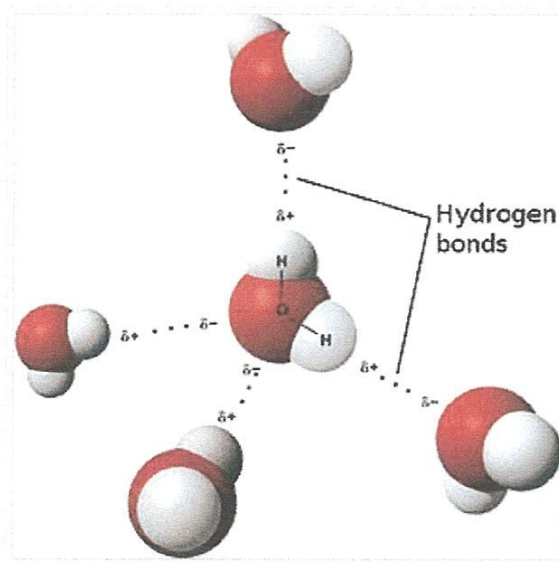
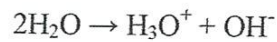


Figure 3 : Polarité d'eau

• **Solvant**

L'eau est un composé amphotère, c'est-à-dire qu'elle peut être une base ou un acide. L'eau peut être protonée, c'est-à-dire capter un ion H^+ (autrement dit un proton, d'où le terme protonée) et devenir un ion H_3O^+ . À l'inverse, elle peut être déprotonée, c'est-à-dire qu'une autre molécule d'eau peut capter un ion H^+ et la transformer en ion OH^- . Cependant, ces réactions se produisent très rapidement et sont minimales.



Les solvants protiques ou polaires y sont solubles (grâce aux liaisons hydrogène) et les solvants aprotiques ou non-polaires ne le sont pas.

I.3. Type des eaux

Les eaux sont constituées des eaux souterraines (nappes, infiltration) et des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrage, lacs, rivières) et des eaux de mer et des océans.

I.3.1. Les eaux souterraines

Elles ont été pendant longtemps, synonymes « d'eaux propres » et répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles.

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. L'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule. Les eaux circulant dans le sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées. Les eaux circulant dans le sous-sol calcaire sont bicarbonatées calciques.

Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments comme le fer, le manganèse, le fluor... etc. à des concentrations dépassant les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage. En effet les eaux souterraines doivent être traitées avant distribution, à chaque fois que la concentration des éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur.

I.3.2. Les eaux de surface

Les de surface sont toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs, mer, océans, ...etc.) ou artificielles (retenues, barrage) caractérisées par une surfaces d'échange eau-atmosphère quasiment importante et un temps de séjour appréciable.

I.4. Domaines d'utilisation des eaux superficielles

I.4.1. Agriculture

L'agriculture est le premier secteur de consommation d'eau, notamment pour l'irrigation.

I.4.2. Industrie

L'eau est aussi utilisée dans beaucoup de processus industriels et de machines, tels que la turbine à vapeur ou l'échangeur de chaleur : on peut ajouter à cela son utilisation comme solvant chimique. Dans l'industrie, les rejets d'eau usée non traitée provoquent des pollutions qui incluent les rejets de solutions (pollution chimique) et les rejets d'eau de refroidissement (pollution thermique). L'industrie a besoin d'eau pure pour de multiples applications, elle utilise une grande variété de techniques de purification à la fois pour l'apport et le rejet de l'eau.

I.4.3. Lutte contre les incendies

C'est parce que les combustibles se combinent avec l'oxygène de l'air qu'ils brûlent et dégagent de la chaleur. L'eau ne peut pas brûler puisqu'elle est déjà le résultat de la réaction de l'hydrogène avec l'oxygène.

Elle aide à éteindre le feu pour deux raisons :

Lorsqu'un objet est recouvert d'eau, l'oxygène de l'air ne peut pas parvenir jusqu'à lui et activer sa combustion ; la seconde, est que l'eau peut absorber une grande quantité de chaleur lorsqu'elle se vaporise et de ce fait, abaisse la température de la matière en combustion au-dessous de son point d'ignition.

I.4.4. Services généraux

Sont compris dans cette famille :

- les eaux usées domestiques qui sont biodégradables
- les eaux de cuisines
- les eaux de services supports tels que les laboratoires. Dans ce cas le danger provient de substances toxiques en quantité plus ou moins importante, qu'il faut nécessairement éliminer par la filière des déchets.

Chapitre II

La pollution des eaux superficielles

CHAPITRE II : LA POLLUTION DES EAUX SUPERFICIELLES

II.1. Aspects généraux des pollutions des eaux

Origine de pollution Suivant l'origine de substances polluantes, on distinguera :

- **Pollution domestique**

Provenant es habitation, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration.

La pollution domestique se caractérise par :

- les germes fécaux
- de fortes teneuses de matière organique
- des sals minéraux (azote, phosphore)
- des détergents

En sortie de station d'épuration, on retrouve les mêmes éléments en quantités moindre (50 à 90 % extrait) mais concentrés en un point de rejet.

- **La pollution industrielle**

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité .suivant l'utilisation de l'eau, tous les produits ou sous produit de l'activité humaine se retrouvant ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant :

- matière organique et graisses (industrie agro-alimentaire, équarrissages)
- hydrocarbures (raffinerie)
- métaux (traitement de surface, métallurgie)
- acide, base, produits chimiques divers (industrie chimique)
- eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques)
- matières radioactifs (centrale nucléaire, traitement des déchets radioactif)

- **La pollution agricole**

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant des engrais ; des purins et lisiers (élevage).
- la présence de produit chimique de traitement (pesticide herbicides).

- **Phénomènes naturels**

Certains auteurs considèrent que divers phénomène naturels sont aussi à l' origine de la pollution (par exemple une irruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, le contact avec les filons géologiques (métaux, arsenic), une source thermominérale.

II.2. Conséquences de la pollution

Les conséquences d'une pollution peuvent être en trois catégories principales.

II.2.1. Conséquences sanitaires

C'est-à-dire qui en trait a la santé d'une population humaine.

Les conséquences sanitaires sont donc celles à prendre en compte en priorité.

Elles peuvent être liées l'ingestion d'eau, de poissons, mais aussi au simple contact avec le milieu aquatique.

A noter qu'il ne s'agit pas toujours de problèmes de toxicité immédiate, les conséquences sanitaires pouvant intervenir au travers de phénomène complexe

Les conséquences sanitaires d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau : par exemple, la pollution d'une nappe non exploitée n'a aucune conséquences sanitaire immédiate, mais peut en avoir longtemps après si on utilise cette eau pour l'alimentation en eau potable.

II.2.2. Conséquences écologiques

C'est-à-dire qui ont trait a la dégradation du milieu biologique.

Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état du milieu pollué par rapport a ce qu'il aurait été sans pollution.

Ceci n'a rien d'évident, la pollution se traduisant parfois uniquement par l'accentuation d'un phénomène naturel.

D'une manière générale les conséquences écologiques sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche, aquaculture, tourisme, promenade ...), a court et long terme.

Dans certains cas, la conservation du milieu à l'état naturel peut être aussi choisie comme un objectif en soi.

II.2.3. Conséquences esthétiques

Cette troisième catégorie de conséquences, pour être la plus subjective, n'en est pas moins importante.

Il s'agit de pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importantes, mais perturbant l'image d'un milieu (par exemple des bouteilles plastiques ou des goudrons rejetés sur une plage).

Les conséquences esthétiques sont, par définition, les plus perceptibles, et c'est donc celles dans les riverains et le grand public auront, en première conscience.

On peut également distinguer deux autres conséquences liées à l'utilisation de l'eau comme produit :

II.2.3.1. Conséquences industrielles

L'industrie est un gros consommateur d'eau : il faut par exemple 1m^3 d'eau pour produire 1kg d'aluminium.

La qualité requise pour les utilisations industrielles est souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion), que biologique.

Le développement industriel peut donc être stoppé par la pollution (c'est une des raisons pour laquelle la préoccupation pollution est apparue d'abord dans les pays industrialisés.

II.2.3.2. Conséquences agricoles

L'eau est, dans certaines régions, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traité).

La texture du sol (complexe argilo humique), sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau.

De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols.

II.3. Les éléments minéraux majeurs de la pollution

Ils sont souvent désignés sous le terme de « sels minéraux ».

On les rencontre naturellement en quantité notable dans toutes les eaux. Leur toxicité est généralement très réduite mais ils peuvent jouer un rôle écologique important.

II.3.1. Le calcium (Ca^{2+})

Origine généralement naturelle (dissolution des calcaires, du gypse) ; teneur variable de 1 à 200mg/l Ca en eau douce, d'environ 400 mg/l Ca en eau de mer.

La dissolution ou la précipitation du calcaire dépend de la teneur en CO_2 et du pH (équilibre calco-carbonique).

Méthode de mesure : Dosage chimique ou par absorption atomique

II.3.2. Le magnésium (Mg^{2+})

Origine naturelle (dissolution des roches : magnésites, basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse, de la cellulose, traitements de surface, brasserie) ; en eau douce, les concentrations en Mg sont inférieures à Ca ; en eau de mer, c'est le contraire (environ 1,3 g/l Mg).

Méthode de mesure : Dosage chimique ou par absorption atomique.

II.3.3. Les chlorures (Cl^-) et le sodium (Na^+)

Origine :

- Naturelle (mer : 27 g/l NaCl, et terrains salés)
- Humaine (10 à 15 g NaCl dans les urines)

- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire).

Méthode de mesure : Dosage chimique ou électrochimique ; en eau salées, une estimation de la salinité est possible par mesure de résistivité.

II.3.4. Le soufre (S) et les sulfates (SO₄)

Origine :

- Naturelle (gypse, pyrite, volcans)
- Industrielle (industrie pétrolière, tanneries, papeteries, industrie textile, décapage des métaux).
- Produits de traitement agricole.

II.3.5. Le fer (Fe²⁺)

Origine :

- Naturelle (sous sol) : le fer est fréquent dans les eaux souterraines.
- Industrielle (industrie minière, métallurgie).
- Les dépôts d'ordures

Méthode de mesure : Dosage colométrique ou absorption atomique

II.3.6. Le manganèse (Mn²⁺)

Origine :

- Naturelle : sols bruns, pyrite.
- Industrielle : batteries sèches, verrerie, teinturerie, allumettes, métallurgie (alliages).
- Agricole : améliore la texture du sol.
- Les sels manganés (Mn²⁺) s'oxydent à l'état Mn⁺⁴ en oxydes ou hydroxydes insolubles.

Méthode de mesure : Dosage colorimétrique ou par absorption atomique.

II.3.7. L'ammonium (NH₄⁺)

Origine :

- Pluie et neige (jusqu'à 2 mg/l).
- Eau souterraines (réduction des nitrates) en association avec le fer ;
- Décomposition des déchets azotés (urée, azote organique) ;
- Industrie textile (blanchissement) ;
- Engrais.

Méthode de mesure : Dosage chimique ou par électrode spécifique

II.3.8 Les nitrites (NO₂⁻)

Origine industrielle : traitement de surface, chimie, colorants....

Les nitrites disparaissent vite en milieu naturel.

II.3.9. Les nitrates (NO₃⁻)

Origine :

- Minéralisation de la matière organique ;
- Engrais azotés ;
- Résidus animaux, fumier, purin ;
- Eaux usées domestiques et stations d'épuration.

II.3.10. Les phosphates (PO_4^{3-} ou P_2O_5)

Origine :

- Naturelle : phosphates calciques
- Contamination fécale
- Détergents
- Engrais
- Industrie chimique
- Poly phosphates (utilisés contre l'entartrage).

II.3.11. le potassium (K^+)

Origine : lessivage des roches, comme le sodium.

II.4. Les oligo-éléments et toxiques minéraux

Les oligo éléments sont toujours présents dans l'eau, dans des quantités très faibles.

Leur présence est généralement indispensable au développement des êtres vivants, et leur absence peut entraîner des carences.

A plus forte concentration, ils deviennent toxique.

II.4.1. Le plomb (Pb)

Origine :

- Fréquent dans les roches (galène...);
- Industrie chimique (colorants, explosifs);
- Raffineries, traitement de surface, mines,
- Corrosion des canalisations ;
- Eaux et ruissellement (essence).

Méthode de mesure : Dosage par méthode polarographique, absorption atomique, colorimétrie.

II.4.2. Le mercure

À partir des eaux météoritiques, le mercure passe de l'air à l'eau. Il est retrouvé dans les torrents et lacs, (y compris dans les zones arctiques où il affecte la santé humaine), d'où il a ensuite a tendance à se concentrer et sédimenter des zones alluviales et des bassins de drainage.

On le retrouve aussi dans les eaux littorales où les apports terrigènes s'ajoutent au mercure dissous dans l'eau de mer à partir de l'atmosphère

II.4.3. Le cadmium (Cd)

Origine :

- Naturelle : traces ;
- Industrielle : métallurgie du zinc, du plomb, traitement de surface, industrie chimique

(matières plastiques) ;

- Batteries
- Agricole : engrais chimiques.

Peu soluble dans l'eau à Ph normale

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique

II.4.4. L'argent (Ag)

Origine :

- Industrie minière, métallurgie, galvanoplastie ;
- Photographie ;

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique.

II.4.5. Le sélénium (Se)

Origine :

- Naturelle (sources thermales, ou il accompagne le soufre) ;
- Industrielle : verrerie, cellules photoélectrique.

Méthode de mesure : Dosage par spectrométrie ou absorption atomique.

II.4.6. L'arsenic (As)

Très répandu au niveau des roches «pollutions naturelles ».

Origine :

- Insecticides
- Industrielle : chimie, colorants, composants électroniques.

Méthode de mesure : Dosage par colorimétrie, spectrophotométrie ou absorption atomique.

II.4.7. Le zinc (Zn)

Origine :

- Corrosion des canalisations et des toitures
- Industrie : métallurgie, traitement de surface, galvanoplastie, savonneries, fabrique de

bougie.

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique.

II.4.8. Le cuivre (Cu)

Origine :

- Industrielle : métallurgie, traitement de surface, galvanoplastie
- Traitements agricoles
- Corrosion des tuyaux
- Traitement des algues.

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique.

II.4.9. Le nickel (Ni)

Origine industrielle : traitement de surface, galvanoplastie.

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique.

II.4.10. Le chrome (Cr)

Origine industrielle : galvanoplastie, tanneries, raffineries, métallurgie, colorants, textile, peinture.

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique.

II.4.11. Le chlore (Cl)

Origine :

- Désinfection des eaux usées ;
- Industrie : fabrication du papier, galvanoplastie.
- Chimie, colorants, agroalimentaire, textile
- Désinfectant utilisé en traitement et distribution d'eau potable.

Le chlore, sous sa forme oxydée, ne peut avoir une origine naturelle, il est fabriqué par électrolyse de chlorure de sodium ; il est devenu l'un des produits les plus utilisés par l'industrie chimique (solvants chlorés, produits organochlorés, plastiques...)

Méthode de mesure : Dosage chimique ou colorimétrique.

II.4.12. L'aluminium (Al)

Origine :

- Roches sols
- Industrie : traitement de surface, métallurgie, industrie de l'alumine. Colorants, industrie pétrochimique ;

Méthode de mesure : Dosage par absorption atomique.

II.4.13. Le fluor (F)

Origine :

- Naturelle : roches (cryolithe, fluorures de calcium, fluorapatites), sert d'antiseptique en teinturerie, bois

- Domestique : dentifrices, sels fluorés.

Se rencontre principalement dans l'eau sous forme de fluorures (F⁻) et forme facilement des complexes (FeF²⁺ ...).

Méthode de mesure : Dosage par électrode spécifique.

II.4.14. Le bore (B)

Origine naturelle très rare.

Présent dans les eaux usées ; détergents (parfois utilisé comme tracteur dans les études d'assainissement).

Méthode de mesure : Dosage par colorimétrie.

II.4.15. Les cyanures (CN⁻)

Il s'agit de composés chimiques ayant comme radical l'ion cyanure (CN⁻) ; les cyanures sont présents dans l'eau sous forme d'acide cyanhydriques (HCN) ou associés à un alcali (sodium, potassium, ammonium), un métal (fer, cuivre, zinc, cadmium, or...), ou aux deux (cyanures alcalino-métallique).

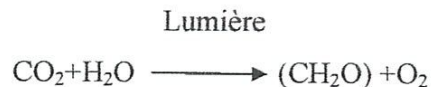
Origine industrielle : galvanoplastie, pétrochimie, métallurgie, colorants.

II.5. Les produits organiques

Les produits organiques retrouvés dans l'eau sont extrêmement diversifiés. Ils peuvent être en suspension, en solution, ou former une phase différente (huiles par exemple).

Les molécules organiques sont caractérisées par une structure carbonée, les autres éléments principaux étant l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le soufre et le phosphore.

Les molécules organiques ont une origine biologique, au travers des phénomènes de photosynthèse :



Les molécules organiques initiales sont remaniées par les êtres vivants (biochimie) mais aussi au travers de phénomènes géologiques (gisements d'hydrocarbures, charbon ...) ou par l'activité humaine (chimie organique).

Bien qu'il n'y ait pas de classification bien établie dans la multitude des molécules organiques, nous distinguerons :

- Les matières organiques «naturelle», d'origine biologique récente (animale, végétale, bactérienne) ;
- Les hydrocarbures ;
- Les produits de synthèses fabriquées par l'homme.

II.5.1. Les matières organiques naturelles

Qu'elles soient d'origine animale ou végétale, les matières organiques provenant des êtres vivants sont principalement les protéines, les glucides, les lipides et les acides nucléiques.

Les substances humiques proviennent de la transformation de débris organiques par des micro-organismes.

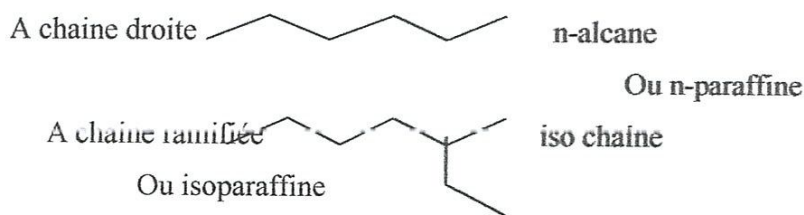
II.5.2. Les hydrocarbures

• Composition

Les hydrocarbures, au sens strict, sont des molécules renfermant seulement des atomes de carbones et d'hydrogène.

On distingue :

- Les hydrocarbures paraffiniques, à la chaîne droite ou ramifiée, saturée.



- Les hydrocarbures naphténique, également saturés mais avec une partie cyclique (dérivés du cyclohexane, du cyclopentane)
- Les hydrocarbures polycycliques aromatiques (pyrène)
- Les composés hétéro-atomiques, qui ne sont pas, à proprement parler, des hydrocarbures puisqu'ils comportent des éléments autres que H et C : composés oxygénés (phénols), soufrés (thiophène), azotés (pyrimidine, pyrrole, indole).

• Origine

Les hydrocarbures « minéraux » proviennent, comme le charbon, de la fossilisation de matières organiques datant principalement du carbonifère (notons qu'en deux siècles, l'homme a consommé les 2/3 des réserves du carbonifère).

On trouve à côté des hydrocarbures minéraux, des hydrocarbures d'origine biologique récente, synthétisés par les végétaux (algues...).

Les rejets d'hydrocarbure dans l'eau proviennent :

- Du transport maritime : accidents (marées noires), rejets de cales, fuites, nettoyage des citernes

- Du déversement aux terminaux pétroliers
- De l'exploitation pétrolière en mer
- De l'activité industrielle : raffinage et pétrochimie.
- Des résidus d'huile usée (garages...)
- Des apports atmosphériques
- Des eaux de ruissellement, en zones urbaines

La plupart de ces rejets s'effectue en mer, sur les côtes.

La quantité d'hydrocarbures répandus naturellement (notamment par les suintements sous-marins) est mal connue.

Les marées noires, pour spectaculaires et localement catastrophiques, ne représentent qu'une faible part des rejets d'hydrocarbures en mer.

II.5.3. Les produits de synthèse

Les produits organiques fabriqués sont de plus en plus nombreux : fabriques de colorants, de produits pharmaceutiques, d'insecticides, de détergents, pétrochimie, industrie des matières plastiques ... on les désigne parfois sous le terme de composés « xénobiotiques »

Ce sont généralement des composés organochlorés.

Les produits de synthèse nouveaux font en principe l'objet de tests de toxicité, d'écotoxicité, de biodégradation et de bioaccumulation.

II.6. Principales méthodes d'analyse chimique des eaux

II.6.1. Colorimétrie ou spectrométrie d'absorption moléculaire

Les analyses colorimétriques sont basées sur la mesure d'une intensité de coloration, basée sur la loi Beer-Lambert :

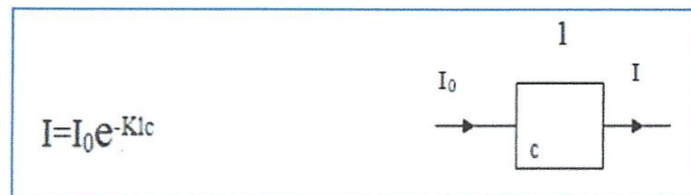


Figure 4: La loi Beer-Lambert

I_0 et I étant l'intensité lumineuse avant et après la traversée d'une solution de concentration c sur une distance l , et K une constante.

La absorption du faisceau lumineux est donc liée à la concentration du produit coloré en solution. Ce produit coloré a été obtenu par réaction avec l'élément à doser, ce qui permet de

mesurer sa concentration. On dose par colorimétrie les nitrates, nitrites, ammonium, le phosphore, le chlore résiduel...

II.6.2. Spectrométrie de la flamme (émission)

L'eau est pulvérisée dans une flamme, et les atomes des substances à doser sont excités. Le retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique dont l'intensité est fonction de la concentration de l'élément à doser (Ca, K, Na, Li, Al, Sr). Les anions ne sont pas dosables.

II.6.3. Spectrométrie d'absorption atomique

Comme en spectrométrie d'émission, l'eau est pulvérisée dans une flamme. A l'état fondamental, les éléments ont la propriété d'absorber une radiation de fréquence caractéristique (la même que celle émise) ; cette absorption est mesurée suivant la loi de Beer-Lambert.

Éléments dosables : éléments prédominants : Ca, Mg, Na, K traces : Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, Sr, Li.

II.6.4. Électrodes spécifiques

Elles sont basées sur la mesure d'une différence de potentiel électrochimique entre la solution à doser et un milieu de référence, de part et d'autre d'une membrane. La différence de potentiel E (en mV) est liée à l'activité (a_i) soit sensiblement à la concentration de l'ion dosé, suivant la loi de NERNST :

$$E = A + \frac{0,05}{n} \log (a_i)$$

Figure 5: La loi de NERNST

A : étant une constante

n : la charge de l'ion considéré

Les électrodes spécifiques ont un domaine d'application limité : pH, fluor, Cyanures, sont les plus utilisés ; d'autres éléments sont dosables (nitrates, ammonium...) mais la fiabilité n'est pas toujours bonne.

II.6.5. Chromatographie en phase gazeuse

Cette technique sert à la séparation et au dosage des matières organique de l'eau.

La séparation des différentes molécules s'effectue en fonction de leur masse moléculaire dans une colonne capillaire, les plus volatiles étant entraînées en premier.

A la sortie de la colonne de séparation, les composés séparés passent par un détecteur.

II.6.6. Spectrométrie de masse

Elle permet l'indentification des matières organiques (après séparation par chromatographie).

Les composés sont fragmentés en un ensemble d'ions, déviés en fonction de leur masse et de leur charge par un champ électromagnétique. Les particules formées, recueillies sur une cible, forment un spectre caractéristique de la molécule, analysé par ordinateur.

Cette technique permet l'identification de plusieurs milliers de molécules (micropolluants organiques). Elle ne suffit pas, néanmoins, pour reconnaître l'ensemble des produits organiques de l'eau, notamment les molécules à haut poids moléculaire.

Chapitre III

Les différentes méthodes de traitement des eaux

CHAPITRE III :

LES DIFFERENTES METHODES DE TRAITEMENT DES EAUX.

III.1. Prétraitement

Le prétraitement consiste en trois étapes principales qui permettent de supprimer de l'eau les éléments qui gêneraient les phases suivantes de traitement. Toutes les stations d'épuration ne sont pas forcément équipées des trois, seul le dégrillage est généralisé, les autres sont le dessablage et le déshuilage.

III.1.1. Dégrillage et tamisage

Le dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes hygiéniques, etc. En effet, ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage).

III.1.2. Dessablage

Le dessablage permet, par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations. Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques, la dégradation de celles-ci provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.

III.1.3. Dégraissage

Déshuilage par écumage des graisses :

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations. Leur élimination est essentielle également pour limiter les problèmes de rejets de particules graisseuses, les difficultés de décantation ou les perturbations des échanges gazeux.

Le dessablage et le déshuilage se réalisent le plus souvent dans un même ouvrage : les sables décantent au fond de celui-ci tandis que les graisses remontent en surface.

Le déshuilage peut aussi se faire par coalescence. Ce procédé permet un niveau de déshuilage hors-norme.

III.2.Traitement primaire :

Le but d'un traitement physico-chimique est de permettre la séparation de phases :

- Solide/liquide : élimination de matières en suspension,
- Liquide/liquide : élimination d'hydrocarbures et d'huiles/grasses.

Ce processus se fera de manière naturelle par simple séparation gravitaire dans des ouvrages de prétraitement rudimentaires ou bien, en mettant en œuvre des traitements de floculation/décantation ou de floculation/flottation où des produits de traitements et des installations spécifiques seront nécessaires pour obtenir des particules (flocs) susceptibles d'être séparées de l'eau.

Une étape supplémentaire est parfois nécessaire pour insolubiliser les métaux dissous ou se placer dans des conditions de pH requises pour le bon déroulement des traitements physicochimiques.

Le contrôle du pH est souvent un point critique du fonctionnement d'une station d'épuration physico-chimique et doit être vérifié en priorité en cas de dysfonctionnement.

Le traitement se compose de trois étapes principales :

•La Coagulation

Les suspensions colloïdales sont pratiquement impossibles à décanter sous l'effet naturel de la gravité. La stabilité de ces suspensions est liée à des charges électriques de mêmes signes et qui rend leur décantation impossible sans adjuvant.

L'ajout de réactifs chimiques (sels métalliques ou composés organiques) permet de neutraliser les charges électriques et favoriser ainsi l'agglomération des colloïdes. L'utilisation de ces réactifs permet soit de précipiter certains composés soit de former un hydroxyde susceptible de fixer par adsorption les colloïdes présents dans le milieu et faciliter ainsi leur séparation.

Dans le cas de présence de métaux, l'injection de chaux permet d'augmenter le pH du milieu et de les précipiter sous forme d'hydroxydes. Le pH doit être adapté en fonction des métaux à traiter.

Dans le cas d'effluents chargés d'huiles, on procède à une acidification du milieu pour casser les émulsions huileuses et faciliter leur agglomération à la surface du réacteur avant leur séparation.

L'électrocoagulation constitue un procédé dérivé dont le principe est l'utilisation du courant électrique pour générer in-situ les agents coagulants (fer, aluminium) et des microbulles

(oxygène, hydrogène) participant à la flottation des boues formées. Les installations sont plus compactes que pour le procédé classique et peuvent avoir des performances supérieures.

• **La Flocculation**

La coagulation se caractérise par la formation de floccs fins plus ou moins dispersés dans le milieu réactionnel (résultant de la précipitation de certains composés ou de l'adsorption des colloïdes sur les hydroxydes formés). L'ajout d'un flocculant organique (polymère de synthèse) permet l'agglomération des floccs, augmentant ainsi leur taille et leur vitesse de séparation (décantation ou flottation).

• **La séparation de la phase aqueuse de la phase solide**

La séparation des divers floccs formés permet d'obtenir une eau traitée débarrassée de la majeure partie des métaux et colloïdes présents au départ.

Cette séparation est réalisée :

- soit par **décantation** : dont le principe repose dans la séparation, sous l'action de la force de gravité, des matières en suspension de l'eau et dont la densité est supérieure à 1. Elle est réalisée dans des décanteurs continus essentiellement des bassins circulaires ou rectangulaires munis d'un dispositif mécanique de raclage pour collecter les boues. Dans le principe de fonctionnement de ces ouvrages, la théorie montre que la hauteur du bassin n'a aucune influence sur la séparation des particules, celle-ci ne dépendant que du débit et de l'aire de décantation (une hauteur minimale étant toutefois nécessaire pour assurer un volume tampon minimal pour les boues en transit)

- soit par **flottation** : c'est en quelque sorte une décantation inversée qui consiste à amener les substances solides en suspension (ou huiles et graisses) généralement finement dispersées dans l'eau, dans un complexe plus léger, constitué essentiellement par une mousse d'air, qui flotte à la surface de l'eau et que l'on sépare soit par débordement soit par raclage mécanique. La technologie la plus utilisée est l'aéroflocculation ou flottation par air dissous produisant des microbulles d'air selon le processus de pressurisation – détente : l'eau préalablement saturée en air sous une pression de 2 à 4 atmosphères se dégaze dans une cellule de flottation travaillant à la pression atmosphérique en donnant naissance à un nuage de microbulles d'air qui en se fixant sur les particules les allège en provoquant leur flottation.

- soit par **filtration sur sable** : il s'agit de faire percoler l'eau conditionnée (après coagulation/flocculation) à travers d'un lit filtrant composé de sable calibré. La hauteur de filtration est comprise entre 0,8 et 1,5 mètre. La percolation de l'eau à travers le média filtrant entraîne un colmatage progressif lié aux matières en suspension retenues dans la masse. Pour retrouver la capacité de filtration du filtre, il faut procéder régulièrement au dé colmatage et au

lavage du matériau. Pour s'affranchir de cette contrainte, certains fournisseurs proposent des filtres autonettoyants dans lesquels le lavage est réalisé en continu par injection d'air (système d'air lift) qui assure un mouvement continu du matériau et débarrasse le média des matières en suspension (par friction entre les grains de sables).

III.3. Traitement secondaire

Le traitement secondaire se fait le plus couramment par voie biologique. Une voie physico-chimique peut la remplacer ou plus souvent s'y ajouter pour favoriser la floculation et coagulation des boues ou permettre, par exemple, la fixation des phosphates.

III.3.1. Traitement par voie biologique

III.3.1.1. Traitements biologiques aérobies

Les processus de biodégradation du substrat carboné (DCO) demande chimique en oxygène, (DBO5) demande biologique en oxygène, par les microorganismes se déroulent en présence d'oxygène sous des conditions définies de pH et de température.

III.3.1.2. Traitement biologique anaérobie

Ce traitement se base sur les procédés de fermentation anaérobie (méthanisation). Il s'agit de mettre en contact l'effluent à traiter avec une biomasse développant son métabolisme dans des conditions anaérobies (absence d'oxygène). Dans ces conditions le substrat carboné est transformé essentiellement en biogaz composé d'environ 65/75 % de méthane. La production de boues est beaucoup plus faible que les procédés aérobies.

Cette filière peut être utilisée comme premier étage de traitement d'effluents concentrés (agroalimentaires, brasserie, papeterie, etc.) avant finition sur boues activées.

III.3.1.3. Traitement des composés organiques

Le traitement biologique le plus simple consiste à éliminer les composés organiques tels que sucres, graisses, protéines, etc. Ceux-ci sont nocifs pour l'environnement puisque leur dégradation implique la consommation de dioxygène dissous dans l'eau nécessaire à la survie des animaux aquatiques. La charge en polluants organiques est mesurée communément par la DBO5 (demande biologique (ou biochimique) en Oxygène sur 5 jours) ou la DCO (Demande Chimique en Oxygène). Les bactéries responsables de la dégradation des composés organiques sont hétérotrophes. Pour accélérer la dégradation des composés organiques, il faut apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées.

III.3.1.4. Nitrification

Si les réacteurs biologiques permettent un temps de contact suffisant entre les effluents et les bactéries, il est possible d'atteindre un second degré de traitement : la nitrification. Il s'agit de l'oxydation de l'ammoniaque en nitrite, puis en nitrate par des bactéries nitrifiantes⁵.

L'ammoniaque est un poison pour la faune piscicole. Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes (elles fixent elles-mêmes le carbone nécessaire à leur croissance dans le CO_2 de l'air).

Elles croissent donc beaucoup plus lentement que les hétérotrophes. Une station d'épuration doit d'abord éliminer les composés organiques avant de pouvoir nitrifier.

III.3.1.5. Dénitrification

Une troisième étape facultative consiste à dénitrifier (ou dénitrater) les nitrates résultants de la nitrification. Cette transformation peut se faire en pompant une partie de l'eau chargée de nitrates de la fin de traitement biologique et la mélanger à l'eau d'entrée, en tête de traitement. La dénitrification se passe dans un réacteur anoxique, en présence de composés organiques et de nitrates. Les nitrates sont réduits en diazote (N_2) qui s'échappe dans l'air. Les nitrates sont des nutriments qui sont à l'origine de l'envahissement d'algues dans certaines mers, en particulier la Mer du Nord. La dénitrification se fait généralement sur les petites stations d'épuration dans le même bassin que la nitrification par syncopage (arrêt de l'aération, phase anoxie). Cette étape tend à se généraliser pour protéger le milieu naturel.

III.3.2. Déphosphatation

Le traitement du phosphore est généralement demandé sur les stations supérieures à 10 000 équivalents habitant. Il peut être demandé sur des plus petites stations d'épuration suivant la sensibilité du milieu récepteur.

Cinq types de traitement sont possibles :

Le traitement physique : utilise des filtres ou des membranes afin d'enlever le phosphore.

Le traitement chimique : il s'agit de réaction des sels formant des précipités insolubles au fond du bassin. D'autres composés chimiques tels que le calcium ou le fer peuvent être utilisés. Cette méthode reste assez coûteuse et augmente le volume à traiter.

Un traitement combinant les méthodes chimiques et physiques.

III.4. Traitement tertiaire

III.4.1. Traitement bactériologique

Le traitement tertiaire n'est pas toujours réalisé. Cette étape permet de réduire le nombre de bactéries, donc de germes pathogènes présents dans l'eau traitée. Elle peut être demandée pour protéger une zone de baignade, un captage d'eau potable ou une zone conchylicole. Ce traitement peut être réalisé par ozonation, par un traitement aux UV (ultra violet) ou pour des petites capacités de station d'épuration par une filtration sur sable (sable siliceux et de granulométrie spécifique).

III.4.2. Traitement bactériologique par rayonnement UV

Il existe une certaine variété de systèmes sur le marché. Le principe traditionnel de désinfection par rayonnement UV consiste à soumettre l'eau à traiter à une source de rayonnements UV en la faisant transiter à travers un canal contenant une série de lampes submergées. Depuis quelques années, l'on trouve aussi, surtout pour les petites stations de traitement des eaux usées, un système basé sur des réacteurs mono lampe, qui offre des avantages au niveau de la maintenance et des coûts d'utilisation.

III.4.3. Traitement par voie physico-chimique

Désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes).

• Chlore et composés chlorés

Le chlore a été l'un des premiers moyens utilisés pour désinfecter l'eau en vue de la purification. Quand il est utilisé avec de l'eau de mer contenant des quantités faibles à modérées de sédiments et de matières organiques, c'est une substance bactéricide efficace. Son efficacité contre les virus prête cependant encore à discussion.

En plus du chlore, on utilise en général une solution d'hypochlorite de sodium même si des composants générant du chlore et du gaz de chlore peuvent être utilisés.

En vue de la purification, on utilise normalement une quantité de 2 ou 3 mg/l de chlore libre pendant une durée de contact d'au moins une heure.

• Ozonation

L'ozonation est très efficace pour l'inactivation des bactéries et des virus. Il peut être obtenu à l'état gazeux en bonbonnes ou bien être produit sur place grâce à des décharges électriques de haute intensité ou au moyen de rayonnements UV. L'ozone est ensuite introduit dans l'eau de mer grâce à un diffuseur pour être bien mélangé.

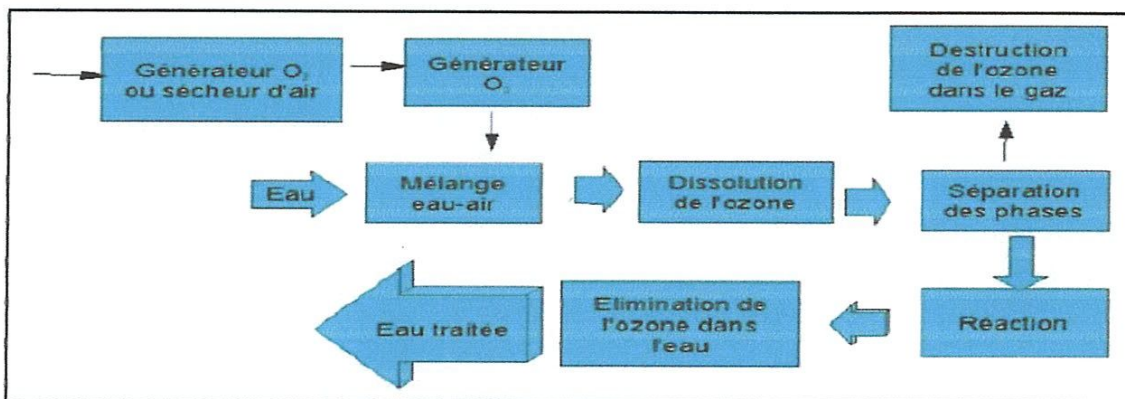


Figure 6 : Principe de l'ozonation

III.4.4. Traitement par charbon actif

Le fluide pénètre par le haut par un couvercle perforé et traverse le lit de charbon actif. Le débit se déplace vers le bas en traversant la couche de charbon et ressort par la plaque de fond, perforée et doublée d'une toile à inox.

III.5. Les caractéristiques physicochimiques

III.5.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H^+) de la solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

III.5.2. La température (T)

Une température élevée cause une diminution de la solubilité des gaz (oxygène). C'est ainsi par exemple que l'augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation.

L'effet catalytique des enzymes en fonction de la température, passe par un maximum entre 33 et 35°C, mais toutes ces réactions consomment de l'oxygène, si leur importance augmente. Les réactions chimiques ralentissent avec la diminution de la température jusqu'à un seuil où elles s'arrêtent totalement (moins de 5°C), tandis qu'une température très élevée cause la mortalité des quelques espèces d'êtres vivants.

III.5.3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1 cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1 S/m = 104 µS/cm = 103 S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau.

III.5.4. Matières en suspension (MES)

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels.

III.5.5. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques.

III.5.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Elle correspond à la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par une biomasse pour décomposer les matières organiques. Elle est mesurée à partir d'un DBO mètre, et exprimée en mg d' O_2 / l l'échantillon est incubé dans l'enceinte thermostatée à 20°C en présence d'air. Les

microorganismes présents, consomment l'oxygène en provenance du volume d'air situé au dessus de l'échantillon. La mesure de cette perte en oxygène est effectuée durant cinq jours.

III.5.7. Demande chimique en oxygène(DCO)

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau

III.5.8. La minéralisation

C'est la quantité de sels minéraux contenus dans l'eau :

Anions: HCO_3^- , SO_4 , Cl^- Cations: Ca^{2+} , Mg^+ , Na^+ , K^+

Elle est estimée a partir de la mesure de la conductivité caractéristique électrique de l'eau (mesurée par sonde) qui traduit l'aptitude à laisser passer un courant, suivant la loi d'Ohm :

$U = R \times i$
Volt ampères

Figure 7: La loi d'Ohm

III.5.9. La coloration

La coloration est un paramètre essentiel de la pollution esthétique d'origine :

- Naturel : certain eaux très peu minéralisées contiennent des substances humiques fortement colorés.
- Eutrophisation : la pullulation d'algues ou des bactéries colore d'eau en vert ou en rouges.
- Chimique : colorants (tanneries, teintureries), phénols et dérivés, pigments chlorophylliens (industrie agroalimentaire)

La coloration d'origine chimique est très difficilement éliminable en épuration.

Méthode de mesure : comparaison (après centrifugation) avec un gramme de dilution d'une solution étalon de platine cobalt a 500 mg /l de platine.

III.5.10. Le potentiel redox

Le potentiel d'oxydoréduction (redox) est une des caractéristiques fondamentales des milieux aquatiques, au même titre que la température, le pH ou l'oxygène dissous.

La mesure de potentiel redox permet de caractériser le milieu, de suivre, notamment en absence d'oxygène, les évolutions et oxydées des composés chimiques

L'oxydoréduction est donc liée a un transfert d'électrons (d'où courant électrique).

Le potentiel redox E (en volt) est défini par figure (8) l'équation de NERNST :

$E = E^{\circ} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[ox]}{[Red]}$
--

III.6. Les normes

• L'eau potable

Les lignes directrices de l'OMS (organisation mondiale de santé) en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Tableaux 1 : des normes de l'eau potable :

Elément / substance	Symb ole/ formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobique)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As		0,01 mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2 mg/l
Cyanure	CN ⁻		0,07 mg/l
oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃		200 ppm

Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide : peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

Composés organiques

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alcanes	Tétrachlorométhane	C Cl ₄	4 µg/l

chlorés	Dichlorométhane		$C_2H_2Cl_2$	20 µg/l
	1,1-Dichloroéthane		$C_2H_4Cl_2$	Pas de valeur guide
	1,2-Dichloroéthane		$Cl-CH_2-CH_2-$ Cl	30 µg/l
	1,1,1-Trichloroéthane		CH_3-C-Cl_3	Pas de valeur guide
Alcènes chlorés	1,1-Dichloroéthène		$C_2H_2Cl_2$	Pas de valeur guide
	1,2-Dichloroéthène		$C_2H_2Cl_2$	50 µg/l
	Trichloroéthène		C_2HCl_3	20 µg/l
	Tétrachloroéthène		C_2Cl_4	40 µg/l
Hydrocarbures aromatiques	Benzène		C_6H_6	10 µg/l
	Toluène		C_7H_8	700 µg/l
	Xylènes		C_8H_{10}	500 µg/l
	Ethylbenzène		C_8H_{10}	300 µg/l
	Styrène		C_8H_8	20 µg/l
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires		$C_{2-10}H_{3-10}N_1O_5$ P ₁₋₃	Non mentionné
Benzènes chlorés	Monochlorobenzène (MCB)		C_6H_5Cl	Pas de valeur guide
	Dichlorobenzènes (DCBs)	1,2-Dichlorobenzène (1,2-DCB)	$C_6H_4Cl_2$	1000 µg/l
		1,3-Dichlorobenzène (1,3-DCB)	$C_6H_4Cl_2$	Pas de valeur guide
		1,4-Dichlorobenzène (1,4-DCB)	$C_6H_4Cl_2$	300 µg/l
	Trichlorobenzènes		$C_6H_3Cl_3$	Pas de valeur guide

Constituants organiques micellaires	Adipate de dioctyle		$C_{22}H_{42}O_4$	Pas de valeur guide
	phthalate de Di(2-ethylhexyle)		$C_{24}H_{38}O_4$	8 $\mu\text{g/l}$
	Acrylamide		C_3H_5NO	0.5 $\mu\text{g/l}$
	Epichlorhydrine		C_3H_5ClO	0.4 $\mu\text{g/l}$
	Hexachlorobutadiène		C_4Cl_6	0.6 $\mu\text{g/l}$
	Acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA)		$C_{10}H_{12}N_2O_8$	600 $\mu\text{g/l}$
	Nitriloacétate (NTA)		$N(CH_2COOH)_3$	200 $\mu\text{g/l}$
	Organocétains	Dialkylétains	R_2SnX_2	Pas de valeur guide
Oxyde de tributylétains		$C_{24}H_{54}OSn_2$	Pas de valeur guide	

Pesticides

Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alachlore	$C_{14}H_{20}ClNO_2$	20 $\mu\text{g/l}$
Aldicarbe	$C_7H_{14}N_2O_4S$	10 $\mu\text{g/l}$
Aldrine and dièldrine	$C_{12}H_8Cl_6/$ $C_{12}H_8Cl_6O$	0.03 $\mu\text{g/l}$
Atrazine	$C_8H_{14}ClN_5$	2 $\mu\text{g/l}$
Bentazone	$C_{10}H_{12}N_2O_3S$	Pas de valeur guide
Carbofuran	$C_{12}H_{15}NO_3$	7 $\mu\text{g/l}$
Chlordane	$C_{10}H_6Cl_8$	0.2 $\mu\text{g/l}$
Chlorotoluron	$C_{10}H_{13}ClN_2O$	30 $\mu\text{g/l}$
DDT	$C_{14}H_9Cl_5$	1 $\mu\text{g/l}$
1,2-Dibromo-3-chloropropane	$C_3H_5Br_2Cl$	1 $\mu\text{g/l}$
acide 2,4-Dichlorophenoxyacétique (2,4-D)	$C_8H_6Cl_2O_3$	30 $\mu\text{g/l}$

1,2-Dichloropropane		$C_3 H_6 Cl_2$	40 µg/l	
1,3-Dichloropropane		$C_3 H_6 Cl_2$	Pas de valeur guide	
1,3-Dichloropropène		$CH_3 CHClCH_2 Cl$	20 µg/l	
dibromure d'éthylène (EDB)		$Br CH_2 CH_2 Br$	Non mentionné	
Heptachlore and epoxide d'heptachlore		$C_{10} H_5 Cl_7$		
Hexachlorobenzène (HCB)		$C_{10} H_5 Cl_7 O$		
Isoproturon		$C_{12} H_{18} N_2 O$	9 µg/l	
Lindane		$C_6 H_6 Cl_6$	2 µg/l	
MCPA		$C_9 H_9 Cl O_3$	2 µg/l	
Methoxychlore		$(C_6 H_4 OCH_3)_2 CHC$ Cl_3	20 µg/l	
Metolachlor		$C_{15} H_{22} Cl N O_2$	10 µg/l	
Molinate		$C_9 H_{17} N O S$	6 µg/l	
Pendimethalin		$C_{13} H_{19} O_4 N_3$	20 µg/l	
Pentachlorophenol (PCP)		$C_6 H Cl_5 O$	9 µg/l	
Perméthrine		$C_{21} H_{20} Cl_2 O_3$	300 µg/l	
Propanil		$C_9 H_9 Cl_2 N O$	Pas de valeur guide	
Pyridate		$C_{19} H_{23} Cl N_2 O_2 S$	Pas de valeur guide	
Simazine		$C_7 H_{12} Cl N_5$	2 µg/l	
Trifluraline		$C_{13} H_{16} F_3 N_3 O_4$	20 µg/l	
y herbicides (excluding 2,4-D and MCPA)	Chlorophenox	2,4-DB	$C_{10} H_{10} Cl_2 O_3$	90 µg/l
		Dichlorprop	$C_9 H_8 Cl_2 O_3$	100 µg/l
		Fenoprop	$C_9 H_7 Cl_3 O_3$	9 µg/l
		MCPB	$C_{11} H_{13} Cl O_3$	Pas de valeur guide
		Mecoprop	$C_{10} H_{11} Cl O_3$	10 µg/l
		2,4,5-T	$C_8 H_5 Cl_3 O_3$	9 µg/l

Désinfectants et désinfectant par produits

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
Désinfec tants	Chloramines	$NH_nCl^{(3-n)}$, where n = 0, 1 or 2	Non mentionné	
	Dichlore	Cl_2	5 mg/l	
	Dioxyde de chlore	ClO_2	Pas de valeur guide	
	Diode	I_2	Pas de valeur guide	
Désinfec tant par produits nols anes	Bromate	$Br O_3^-$	10 µg/l	
	Chlorate	$Cl O_3^-$	70 µg/l	
	Chlorite	$Cl O_2^-$	70 µg/l	
	Chlorophe CP)	2-Chlorophenol (2-CP)	$C_6 H_5 Cl$ O	Pas de valeur guide
		2,4-Dichlorophenol (2,4-DCP)	$C_6 H_4$ $Cl_2 O$	Pas de valeur guide
		2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	$C_6 H_3$ $Cl_3 O$	200 µg/l
	Formaldéhyde	HCHO	Pas de valeur guide	
	MX (3-Chloro-4-dichlorométhyl-5-hydroxy-2(5H)-furanone)	$C_5 H_3$ $Cl_3 O_3$	Pas de valeur guide	
	Trihalométh hane hane	Bromoforme	$CH Br_3$	100 µg/l
		Dibromochlorométhane	$CH Br_2$ Cl	100 µg/l
Bromodichlorométhane		$CH Br$ Cl_2	60 µg/l	

	Chloroforme	CHCl_3	300 $\mu\text{g/l}$
Acides acétiques chlorés	Acide Monochloroacétique	$\text{C}_2\text{H}_3\text{ClO}_2$	Pas de valeur guide
	Acide Dichloroacétique	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2\text{O}_2$	50 $\mu\text{g/l}$
	Acide Trichloroacétique	$\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}_2$	20 $\mu\text{g/l}$
Hydrate de chloral (trichloroacétaldéhyde)		CCl_3 $\text{CH}(\text{OH})_2$	Pas de valeur guide
Chloroacétones		$\text{C}_3\text{H}_5\text{OCl}$	Pas de valeur guide
Halogénés acétonitriles	Dichloroacétonitrile	$\text{C}_2\text{HCl}_2\text{N}$	20 $\mu\text{g/l}$
	Dibromoacétonitrile	$\text{C}_2\text{HBr}_2\text{N}$	70 $\mu\text{g/l}$
	Bromochloroacétonitrile	CHCl_2CN	Pas de contraintes
	Trichloroacétonitrile	$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{N}$	Pas de valeur guide
Chlorure de cyanogène		ClCN	70 $\mu\text{g/l}$
Trichloronitrométhane		CCl_3 NO_2	Pas de valeur guide

• les normes d'un rejet industriel

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi.

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

Tableau 2 : Normes du rejet industriel

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6.5-8.5
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
Température	< 30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

Chapitre IV

Résultats et discussions

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. Déchets solides et liquides générés par le centre carburant de NAFTAL

IV.1.1. Source des déchets

Les déchets produits découlent de toutes les activités habituellement déployées dans ce type de situation. On peut citer :

- Les ordures ménagères qui proviennent des bureaux
- Les chiffons souillés.
- Les déchets de nettoyage
- Les déchets dangereux provenant essentiellement des huiles de lubrification destinées à la maintenance des machines et des véhicules.
- Eaux huileuses
- Déchets de soins

IV. 1. 2. Effluents liquides

IV. 1. 2.1. Sources de polluants

Lors du fonctionnement normal du centre carburant de NAFTAL El khroub, l'eau est souvent utilisée comme moyen d'évacuation de divers polluants qui proviennent d'une part des installations sanitaires (toilettes, lavabos, etc.) et d'autre part de l'utilisation de l'eau aux divers postes du centre pour des activités de nettoyage.

Le premier type des eaux usées est celui des eaux pouvant résulter du nettoyage des aires du centre ainsi que les eaux de pluie lessivant des surfaces susceptibles d'être polluées (aires de service, parkings, distribution de carburants, etc.). Ces eaux peuvent être chargées d'impuretés comme les particules solides ou différents types de substances utilisées couramment dans le fonctionnement de l'établissement, comme les hydrocarbures (mazout, essence, huiles à moteurs etc.) ou des détergents.

Le deuxième type d'usage génère des eaux usées de type eaux sanitaires ou domestiques. Les eaux sanitaires contiennent des matières fécales, ainsi que toutes sortes de matières contenues dans l'eau utilisée pour l'hygiène corporelle et le nettoyage.

Lors de déversements accidentels peuvent s'y ajouter d'autres liquides classés comme des substances dangereuses, provenant des équipements et activités liés au centre (Liquides de freins, liquides de refroidissement, huiles de graissage, essence ou solvants) et cela potentiellement en quantités importantes.

Les effluents au niveau de l'unité sont liés aux eaux pluviales, les eaux usées et vannes et les eaux huileuses.

- **Les eaux pluviales**

Les eaux provenant des toitures, sont récupérées par des descentes métalliques raccordées à un collecteur en acier fixe sous les chéneaux.

Les eaux de ruissellement provenant des aires de circulation et des espaces verts sont récupérées par caniveaux en acier, regard à toujours et avaloirs, ces eaux sont évacuées par canalisations vers le réseau extérieur existant.

- **Les eaux usées**

A l'intérieur des bâtiments les eaux usées et vannes sont récupérées dans des regards et caniveaux puis évacuées vers le réseau extérieur par canalisations enterrées (réseau d'assainissement de la zone industrielle).

- **Les eaux huileuses**

Les eaux de ruissellement (eau de refroidissement) qui risquent d'être polluées par les produits (carburants), ainsi que les égouttures provenant des installations sont récupérées par des caniveaux et regards puis évacuées vers une station de traitement des eaux huileuses.

Après traitement les huiles récupérées sont stockées dans une cuve de récupération des huiles. Les eaux ainsi traitées sont évacuées vers le réseau des eaux usées de la zone industrielle.

IV.2. Traitement des eaux industrielles

L'unité a réalisée un mode de fonctionnement comprenant les opérations de prétraitement et relevage des eaux industrielles, dont on trouve un dessablage statique et un pompage. En suite un traitement de l'égalisation, accumulation et le premier déshuilage, et une séparation statique des huiles termine par une flottation par air diffuse est effectuée dans un flotteur.

Le rejet s'Accumule dans le réservoir de filtration seulement et filtration final par charbon actif. Il existe le traitement des boues et le dosage par injection des émulsionnants (un coagulant).

Le schéma à bloc du traitement est suivant représentée par la figure 5

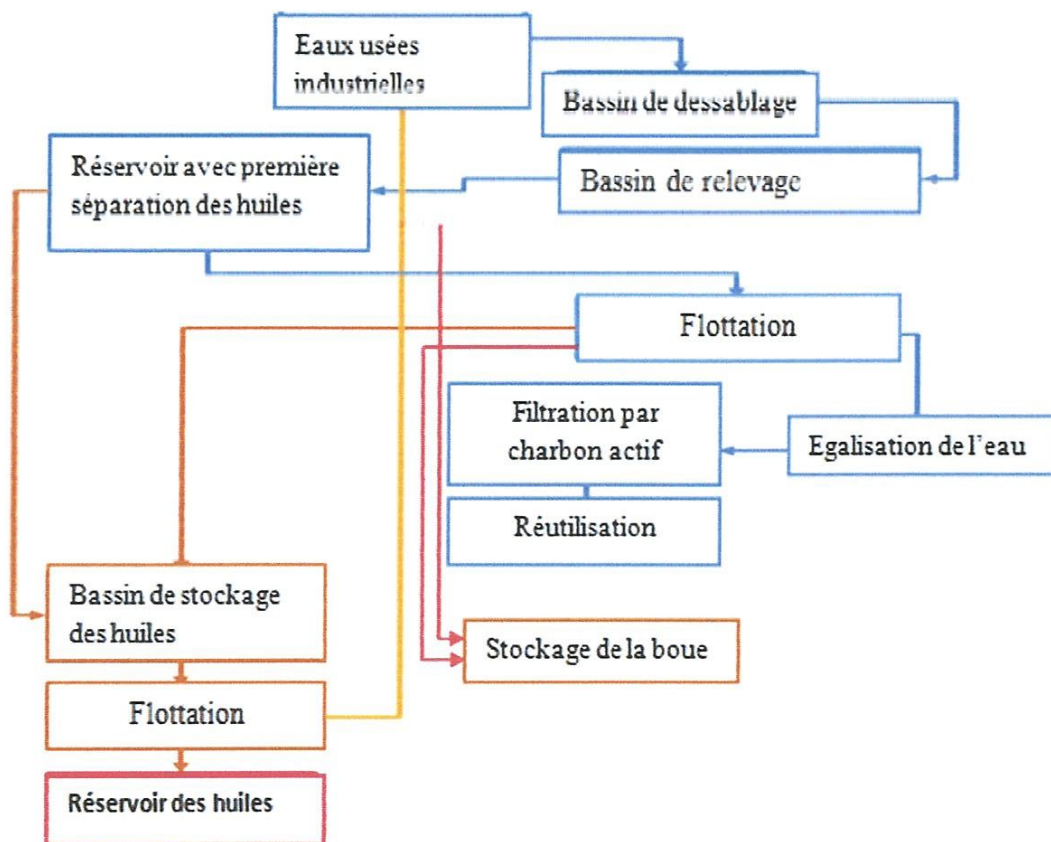


Figure 9 : Schéma de fonctionnement de la station d'épuration

IV.2.1. Prétraitement et relevage

IV.2.1.1. Dessablage

Les eaux industrielles sont acheminées par gravité en tête de l'unité par une conduite qui débouche dans le premier ouvrage bassin de dessablage

Les eaux subissent un traitement dans le bassin de dessablage pour éliminer les particules du sable :

- Les écumes qui se trouvent à la surface du bassin se disposent dans un panier approprié.
- Les eaux séparées sont envoyées vers le bassin de pompage.

Le bassin de dessablage, pour permettre l'extraction des boues et du sable décantés une épaisseur d'environ 30-40 cm.

IV.2.1.2. Station de pompage

Le pompage des eaux dessablées vers le réservoir est assuré par 03 pompes.

IV.2.2. Egalisation, accumulation et le premier déshuilage

Les eaux introduites dans le bac avec les pompes précédemment détaillée, subissent une décantation gravitaire.

- Le bac a les dimensions suivantes :

Diamètre (m) : 16,40. Hauteur (m) : 12,81. Volume unitaire (m³) : 2706.

- A la sortie du bac une valve papillon manuelle, est installée sur une conduite, située entre le bac et le séparateur.

- Les huiles sont évacuées au moyen d'un écrémeur flottant et transférées par une pompe vers le bassin des huiles collectées.

- Dans le bac est installé un transmetteur de niveau pour la mesure de niveau dans le bassin.

- Les boues qui se trouvent au fond du bac sont extraites, et envoyées vers les lits de séchage pour la déshydratation naturelle.

Les eaux rejetées seront pompées au moyen de deux pompes vers le premier séparateur, une séparateur eau /hydrocarbures (flotteur).

IV.2.3. Flotteur

La flottation est une technique de séparation fondée sur des différences d'hydrophobicité des surfaces des particules à séparer. Elle est utilisée en minéralurgie pour séparer des minéraux entre eux et dans le traitement des eaux usées pour éliminer les huiles.

Les eaux dépuré seront envoyé par gravite vers le bassin d'égalisation des eaux industriel e avec l'utilisation des deux pompes centrifuge envoyée à la filtration finale.

IV.2.4. Traitement par charbon actif

Accumulation des eaux dans le réservoir de filtration seulement et filtration final par charbon actif.

IV.2.5. Traitement final des huiles

Les huiles collectées dans le bassin sont envoyées au moyen d'une pompe centrifuge à un autre flotteur.

L'unité de flottation, comme la précédente unité, doit être équipée avec les suivant équipements:

- Pompe d'alimentations.
- Pompe de saturation.
- Pompe de décharge des boues vers le réservoir de stockage pour le séchage de la boue.

Les huiles une fois séparées sont envoyées vers le réservoir.

IV.2.6. Traitement des boues

Incluant les opérations suivantes :

- Une égalisation avec accumulation et le premier déshuilage au niveau du bac
- Une flottation par air diffuse effectuée dans un flotteur

- Pompage des boues au réservoir pour séchage

IV.2.7. Le dosage

Cette opération est effectuée dans le but d'accélérer la séparation des huiles, on injectant des émulsionnants (un coagulant) ; l'injection s'effectue au niveau des ouvrages suivants :

- Dans le bac.
- En amont du flotteur.

IV.3. Les analyse des eaux traitées

IV.3.1. Mesure de pH

Le pH est mesuré par un pH mètre plonger les électrodes dans l'eau à analyser et faire alimenter l'appareil avec un courant électrique lire sur un petit écran.



Figure 10 : pH-mètre

IV.3.2. Mesure d'hydrocarbures totaux

Détermination photométrique brevetée d'hydrocarbures en mode DCO (demande chimique en oxygène) avec extraction au pentane d'échantillons aqueux.

- **Contenu du jeu de réactifs** : Cuves rondes.
- **Contenu du jeu de réactifs pour l'extraction de l'eau**

500 ml n-pentane 500 g sulfate de magnésium

200 ml n-pentane 100 ml de l'eau sans DCO

• Préparation d'échantillon aqueux

Accessoires nécessaires : 2 entonnoirs de déversement de 500 ml, 1 éprouvette graduée de 50 ml, 2 colonnes de rectification, seringue en matière plastique de 50 ml à embout, éprouvette graduée de 25 ml, fiole de 100 ml, pipette aspirante à piston de 1–5 ml avec pointe et robinet d'écoulement supplémentaire, bloc chauffant *NANOCOLOR*®, cuves de réaction, coupleur à visser.



Figure 11 : Bloc chauffant *NANOCOLOR*®,

• Extraction d'échantillon aqueux

Additionner dans un entonnoir à agitation 25 g de sulfate de magnésium dans 400 ml d'échantillon aqueux (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre pH 1 et 10). Agiter pendant env. 1 min jusqu'à dissolution complète du magnésium. Mélanger l'échantillon aqueux avec 25 ml de n-pentane, puis agiter tout en ventilant fréquemment avec précaution. Laisser déposer la phase. Soutirer en phase aqueuse.

Transférer l'extrait organique sur une colonne de rectification, puis recueillir dans un ballon gradué de 25 ml. Remplir le ballon gradué jusqu'au-dessous du repère annulaire en rinçant la colonne au n-pentane. Compléter l'extrait de pentane jusqu'à concurrence du repère annulaire avec du pentane. Fermer le ballon gradué, puis le basculer pour mélanger.

• Valeur blanc

30 ml DBO5 R3 le réactif R3 contient d'acide sulfurique 51–80 %.

• Préparation des échantillons

L'échantillon est mis dans un premier temps à température ambiante ; ensuite, la valeur pH est vérifiée. La valeur pH de l'échantillon doit se situer entre pH 6 et 8 et doit être le cas échéant corrigée ultérieurement. Si une précipitation se forme alors, l'échantillon doit être bien homogénéisé ou filtré. En présence d'algues dans les échantillons, considérer un filtrage afin d'éviter des résultats trop élevés. En présence de chlore libre et / ou lié, l'enlever par addition d'une quantité approprié de sulfite de sodium.

• Exécution de la détermination de la DBO5

Accessoires nécessaires : DBO5 mélange de sels nutritifs, cylindres gradués (vol. 100 ml et 500 ml), pipettes à piston avec embouts, appareil de l'incubation avec règlement de température sur 20 ± 1 °C (par exemple : bain-marie ou incubateur) ou alternativement une pièce sombre avec environ 20 °C

• Etape 1 : Contrôle (demande en oxygène de l'eau de dilution)

Verser dans une bouteille de laboratoire de un litre 500 ml d'eau de dilution aérée et 2,5 ml de solution de sels nutritifs (1,25 ml R1 + 1,25 ml R2 de la préparation de réactifs dbo5 mélange de sels nutritifs), fermer le récipient et mélanger en agitant vigoureusement pour l'enrichir en oxygène.

Ouvrir 1 bouteille d'oxygène et une cuve ronde, préincer après quelques millilitres de préparation de contrôle et remplir sans formation de bulles d'air jusqu'à débordement.

Fermer la bouteille d'oxygène en enfonçant lentement le bouchon oblique en verre en évitant la formation de bulles d'air et faire incuber dans un bain-marie ou dans un incubateur durant 5 jours dans le noir à 20 ± 1 °C.

Fermer la cuve ronde en évitant la formation des bulles d'air et réaliser immédiatement une mesure de l'oxygène conformément à l'étape 3.

• **Etape 2 : Dilution de l'échantillon**

Selon la DBO5 attendue d'un échantillon, la dilution la plus favorable est réalisée dans une bouteille de laboratoire de un litre conformément au tableau suivant. S'il n'existe aucune expérience en ce qui concerne la DBO5 attendue, il convient de préparer au minimum deux, au mieux trois dilutions différentes d'un échantillon en vue d'une détermination plus sûre.

Fermer la bouteille de laboratoire après réalisation de la préparation de dilution de l'échantillon et mélanger en agitant vigoureusement pour l'enrichir en oxygène.

Ouvrir une bouteille d'oxygène et une cuve ronde, préincuber après quelques millilitres de préparation de contrôle et remplir sans formation de bulles d'air jusqu'à débordement.

Fermer la bouteille d'oxygène en enfonçant lentement le bouchon oblique en verre en évitant la formation de bulles d'air et faire incuber dans un bain-marie ou dans un incubateur durant 5 jours dans le noir à 20 ± 1 °C. Fermer la cuve ronde en évitant la formation des bulles d'air et réaliser immédiatement une mesure de l'oxygène conformément à l'étape de travail 3.

• **Etape 3 : Mesure de l'oxygène**

Mesure de l'oxygène au jour 0 : Pour les cuves rondes déjà remplies au commencement du test, jour 0, il est possible de commencer immédiatement la réalisation de la détermination de l'oxygène.

Mesure de l'oxygène au jour 5 : Lors de la détermination de la teneur en oxygène dans les bouteilles préparées après 5 jours, une cuve ronde par bouteille et deux pour les doubles déterminations sont remplies dans un premier temps d'eau de test (préparations de contrôle et d'échantillon) jusqu'à débordement et fermées en évitant la formation des bulles d'air. Ensuite, procéder comme décrit au point « Exécution ».

• **Exécution** Ouvrir la cuve ronde remplie de préparation de contrôle ou de préparation de l'échantillon, ajouter 2 gouttes DBO5 R1 et 2 gouttes DBO5 R2, fermer la cuve en évitant la formation des bulles d'air et homogénéiser. Attendre 2 min.

Ouvrir la cuve ronde, ajouter 5 gouttes DBO5 R3, fermer la cuve en évitant la formation des bulles d'air et secouer jusqu'à dissolution du précipité. Nettoyer la cuve à l'extérieur et mesurer.

La mesure effectuée par NANOCOLOR ®.

IV.3.4. Mesure de chrome totale

Oxydation acide du chrome (III) en chrome (VI) suivie de la détermination du chrome total moyennant la diphénylcarbazine avec le test en cuve ronde.

• Contenu du jeu de réactifs

100 ml chrome total R1 contient de l'acide sulfurique < 10%. 8 g chrome total R3 contient du peroxydisulfate d'ammonium > 50%. 50 perles en verre. Une cuillère de mesure 85 mm. 2 x 100 ml chrome total R2. 50 bandelettes en papier. Une spatule 120 mm.

Accessoires nécessaires : pipette à piston avec embouts, pompe à air électrique avec tube d'introduction, éprouvettes, bloc chauffant *NANOCOLOR®*

• Préparation

Pipeter dans une éprouvette 2,0 ml de chrome total R1, ajouter 2,0 ml de l'échantillon à analyser (la valeur du pH de l'échantillon doit être comprise entre 1 et 9).

Ajouter un régulateur d'ébullition, mélangé. Enrouler une bandelette de papier autour d'un crayon et l'introduire dans l'éprouvette.

Cette bandelette doit être appliquée contre la paroi et dépasser un peu le bord supérieur de l'éprouvette.

• Oxydation

Ajouter avec précaution 4,0 ml de chrome total r2 et mélanger. Ajouter 1 cuillère de mesure remplie à ras bord de chrome total r3, fermer l'éprouvette et mélanger.

• Détermination

Ouvrir une cuve ronde chromate, ajouter 4,0 ml d'échantillon peroxydé, fermer et mélanger

(Chromate r2 n'est pas requis). Nettoyer la cuve et mesurer après 5 min. La mesure effectuée par *NANOCOLOR®*.

IV.3.5. Mesure de MES (matière en suspension)

IV.3.5.1. Méthode par filtration sur fibre de verre

• **Principe :** L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle. On utilise :

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (100000 à 200000 pa).
- Disques filtrants en fibre de verre.

• **Mode opératoire**

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105 °C) jusqu'à masse constante en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (v) sur filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau permutée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.

• **Expression des résultats :** La teneur de l'eau en matière en suspension (mg/l) est donnée par l'expression :

$$\frac{M_1 - M_0}{V} * 1000$$

M_0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg)

M_1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg)

V = volume d'eau utilisé (ml)

IV.3.6. Mesure de DCO

Détermination photométrique de la diminution de concentration en chromates après une oxydation à l'aide du dichromate de potassium, de l'acide sulfurique et du sulfate d'argent.

• **Contenu du jeu de réactifs**

Cuves rondes DCO 40, les cuves rondes contiennent de l'acide sulfurique 80–98 % et du sulfate de mercure(II) 0,74–1,50 %.

• **Exécution**

Accessoires nécessaires : NANOCOLOR® bloc chauffant, pipette à piston avec embouts.

• **La préparation :** Ouvrir une cuve ronde, la tenir inclinée et ajouter lentement, sans mélanger, 2,0 mL de l'échantillon à analyser.

Fermer la cuve à fond, l'insérer dans le récipient de sécurité et secouer en le tenant au bouchon. La placer ensuite dans le bloc chauffant. Enclencher le chauffage.

Après 30 min, sortir la cuve du bloc chauffant. 10 min plus tard (la cuve est encore chaude), la secouer et laisser refroidir à température ambiante. Nettoyer la cuve à l'extérieur et mesurer. La mesure effectuée par NANOCOLOR ®.

Les résultats des analyses dans le tableau 4 ci dessous
Selon la législation algérienne :

Paramètres	Unité	Valeurs limites	Résultat 1 ^{er} essai	Résultat 2 ^{eme} essai	Résultat 3 ^{eme} essai
Ph		5.5-8.5	7.65	7.5	8
Hydrocarbures totaux	Mg /l	20	<u>490</u>	<u>29</u>	<u>54</u>
DBO5	Mg /l	40	<u>90</u>	30	22.5
Chrome totale	Mg /l	0.75	0.2	<u>1.9</u>	0.19
Mes	Mg /l	40	170	36.70	<u>40.3</u>
DCO	Mg/l	130	50.10	75	56.10

• **Interprétation des résultats**

Le tableau ci dessus représente les résultats des essais des analyses effectuées sur trois échantillons différents pour déterminer les paramètres suivants : pH, hydrocarbures totaux, DBO5, chrome totale, MES (matière en suspension) et DCO (demande chimique d'oxygène).

On trouve que les valeurs du pH obtenues pour les trois essais sont conformes aux normes. Les valeurs des hydrocarbures totaux sont supérieures à celles de la norme exigée. La valeur de la DBO5 est très supérieure à la valeur normale limite pour le premier essai. Par contre, les deux autres valeurs sont conformes aux normes. Pour le chrome total, le deuxième essai est hors norme contrairement aux deux autres essais qui présentent des valeurs inférieures à la valeur limite. Les MES sont conformes aux normes pour les deux premiers essais alors qu'elles sont hors norme pour le dernier. Toutes les valeurs de la DCO sont conformes aux normes. A la suite de ces résultats, on peut conclure que ces eaux présentent quelques valeurs supérieures aux valeurs limites, elles ne sont donc pas conformes aux normes exigées et elles constituent un danger pour le milieu extérieur.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le travail réalisé dans ce mémoire est une étude expérimentale qui port sur la procédure de traitement des eaux industrielles et les analyses des eaux rejetées vers le milieu externe au sein de l'entreprise NAFTAL EI-KHROUB.

Ce stage nous a permis d'acquérir une expérience pratique bénéfique sur les procédures de traitements des eaux industrielles et les techniques d'analyse utilisées dans ce domaine. Nous avons également fait connaissance avec les valeurs des normes exigées des rejets industrielles vers le milieu extérieur.

Les propriétés physiques et chimiques des eaux industrielles, les aspects de pollution et les substances qui peuvent se trouver dans ces eaux dépendent du type de l'activité industrielle. Les techniques de traitement ou d'épuration de l'eau nécessitent plusieurs opérations qui incluent: le prétraitement, les traitements primaire, secondaire et tertiaire, sont suivies par l'étude des caractéristiques physicochimiques des eaux en respectant les normes imposées.

Pour connaître l'influence des rejets sur l'environnement, des analyses spécifiques doivent être effectuées: détermination du pH, le dosage des hydrocarbures totaux, le DBO₅, la concentration du chrome total, les matières en suspension et la DCO.

Les résultats obtenus indiquent que les eaux traités au niveau de l'entreprise présentent des valeurs non conformes aux normes exigées. Pour cela, une procédure complémentaire de traitement de ces eaux s'avère nécessaire pour éviter la pollution et préserver l'environnement.

Référence bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]: ADRIAN RODRIGUEZ GARCIA. Thèse de doctorat. Etude de la congélation comme Technique de traitement des eaux : Maître ès sciences en génie des procédés. L'institut national des sciences appliquées de Toulouse 10 décembre 2004.
- [2]: CHERID TILIOUINE, étude d'impact sur l'environnement, groupe NAFTAL Perfectionnement 2007/2008.
- [3]: CHORFA HELA, ZERGUINE OURIDA, l'eau : étude général, analyse et traitement de potabilisation et de dessalement, université 8 mai 1945 Guelma, juin 2013.
- [4]: DIDIER GAUJOURS, la pollution des milieux aquatiques technique et documentation – LAVOISIER, 1995.
- [5]: E27 - Méthodes et moyens disponibles, simples ou plus élaborés, d'analyse physique, chimique et/ou bactériologique de l'eau – Wikiwater.
- [6]: Eau — Wikipedia.
- [7]: KHEMICI YAMINA. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes université KASDI MERBAH Ouargla, juin 2014.
- [8]: MORIN, la surveillance physico-chimique des milieux Aquatiques Manuel d'utilisation du guide, Version 2011.

ANNEXES

1. Présentation du NAFTAL (centre carburants El Khroub)

Le Centre Carburants d'EL KHROUB est conçu pour la réception, le stockage et l'expédition des différents produits carburants (gasoil, essence normal, essence super, essence sans plomb et Jet A1).

L'approvisionnement de l'entrepôt en produits s'effectue par pipeline et par wagons, venant principalement de la raffinerie de Skikda. Ils sont distribués dans les wilayas de Constantine, Mila, Oum El Bouaghi, Guelma (oued zenati), Khenchela, Sétif et Bordj Bou Arreridj.

L'unité de traitement des eaux usées industrielles et domestiques du Centre Carburant EL KHROUB a été mise en service en 1983 et réalisée par une entreprise Italienne (TECNECO ITALIE).

Elle est composée de deux circuits totalement indépendants, l'un traite les eaux usées industrielles et l'autre traite les eaux usées domestiques.

Nom de l'établissement	Centre de Stockage et Distribution des produits pétroliers 1250 El Khroub
Nom de l'exploitant	Société nationale de commercialisation et de distribution de produits pétroliers - Naftal/spa - branche carburant
Adresse de l'établissement visé par l'étude	Zone industrielle - Ouled Rahmoune 6ème KM Route de Guelma BP 67 A Khroub.
Tel	031.95.42.83
Fax	031.95.45.04
Activités de l'établissement	L'activité du centre carburants d'EL KHROUBE est le stockage et la distribution des carburants. Le Centre carburant NAFTAL BOUNOUARA est alimenté en produits pétroliers (essence normale, essence super, gasoil, kérosène) acheminé à partir de la raffinerie de Skikda situé à 103 Km de Bounouara commune D'OULED RAHMOUNE par un pipeline de 12 pouces.
Date de mise en service	1981
Superficie totale du site	24 hectares
Capacité de stockage théorique actuelle	63.000 mètres cubes
Capacité de stockage future (après extension)	235.000 mètres cubes

Industrie	2000
Habitation	1500
Ferme	500
Cours d'eau	limitrophe
Route	30

Cette situation géographique du site permet de délimiter la zone d'étude à l'intérieur du territoire de la commune d'Ouled Rahmoun, elle s'étale en longueur sur un rayon d'une centaine de mètres. Elle représente la zone d'influence ; c'est à dire la zone touchée ou susceptible d'être touchée par les différentes formes de pollution générée par les activités de l'entrepôt .