



## Liste Des Abréviations

ABH : Agence de Bassin Hydraulique

CNEDS : Centre National d'Elimination des déchets spéciaux

DBO<sub>5</sub> : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : matière en suspension

MO : Matière organique

RADEEF : La Régie Autonome intercommunale de distribution d'Eau et d'Electricité de Fès

STEP : Station d'épuration

PDAIRE : Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau



# Sommaire

INTRODUCTION .....	7
<b>PARTIE 1 : Présentation Générale de la régie, Ces Départements et Ces Divisions .....</b>	<b>8</b>
<b>CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA RÉGIE ET CES DÉPARTEMENTS .....</b>	<b>9</b>
I. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA RADEEF : .....	9
II. LES DIFFÉRENTES DÉPARTEMENTS TECHNIQUES: .....	9
III. ORGANIGRAMME DE DIRECTION:.....	10
<b>CHAPITRE 2 : DÉPARTEMENT EXPLOITATION EAU ASSAINISSEMENT .....</b>	<b>11</b>
I. PRÉSENTATION DE DIFFÉRENTES DIVISIONS DE CE DÉPARTEMENT : .....	11
II. LES DIVISIONS VISITÉES DURANT LA PÉRIODE DE MON STAGE : .....	11
1. Division 1 : Division dépollution industrielle .....	11
2. Division 2 : Division projet STEP.....	15
3. Division 3 : Division contrôle qualité .....	16
<b>PARTIE 2 : Projet étudié “Excès d’Ammonium au niveau des Eaux Usées de la ville de Fès Ressources et Impacts” .....</b>	<b>18</b>
<b>CHAPITRE 1 : LA POLLUTION DES EAUX .....</b>	<b>19</b>
I. GÉNÉRALITÉ SUR LES EAUX USÉES : .....	19
II. DIFFÉRENTS TYPES DE POLLUTION DES EAUX:.....	20
1. La pollution domestique : .....	20
2. La pollution industrielle : .....	21
3. Les déchets : .....	21
4. Les carrières : .....	22
5. La pollution agricole : .....	22
6. La pollution minière : .....	22
7. Pollution accidentelle : .....	22
8. Les cimetières : .....	23
III. POLLUTION INDUSTRIELLE DES EAUX DE FÈS : .....	23
1. Problématique de la pollution industrielle des eaux de Fès : .....	23
2. Résultats de l’étude des stations d’épuration des eaux usées de la ville de Fès (Historique) : .....	23
3. Les projets réalisés par la RADEEF pour atténuer la pollution au niveau de la ville de Fès : .....	25



<b>CHAPITRE 2 : POLLUTION DES EAUX PAR L'AMMONIUM</b> .....	26
I. PRESENCE DE L'AMMONIUM DANS L'EAU : .....	26
1. Définition : .....	26
2. L'ammonium dans l'eau : .....	27
3. Origines de contamination : .....	27
4. Normes pour les eaux naturelles : .....	27
5. Conditions d'admissibilité des eaux résiduaires industrielles : .....	27
II. IMPACTS DE LA POLLUTION DES EAUX PAR L'AMMONIUM SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT : 28	
1. Effets sur la santé : .....	28
2. Effets sur l'environnement : .....	28
III. RESSOURCES DE LA POLLUTION DES EAUX PAR L'AMMONIUM : .....	29
1. Activités industrielles (tanneries) : .....	29
2. Lixiviat : .....	30
3. Cas pratique : .....	31
IV. TECHNIQUES D'ELIMINATION : .....	31
1. L'oxydation chimique : un procédé efficace à utiliser dans des conditions très précises. .	31
2. L'échange ionique : un procédé simple qui pose le problème de ses propres rejets. ....	32
3. Le stripping : un procédé peu adapté à la potabilisation.....	32
4. La filtration biologique : un procédé performant mais nécessitant certaines contraintes d'exploitation. ....	33
Conclusion et discussion .....	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	36



# INTRODUCTION

Les ressources naturelles en eau au Maroc sont parmi les plus faibles au monde. En effet, le potentiel des ressources en eau naturelles, est évalué à 22 milliards de m<sup>3</sup> par an, soit l'équivalent de 750 m<sup>3</sup> /habitant/an, Communément admis comme seuil critique indiquant l'apparition de pénuries et de crise latente d'eau. Plus de la moitié de ces ressources sont concentrées dans les bassins du nord et le Sebou couvrant près de 7% du territoire national. A cette limitation des ressources en eau s'ajoute la dégradation de la qualité de l'eau suite à l'augmentation de la pollution. Dans ce contexte et pour accompagner le développement du pays, le Maroc s'est engagé depuis longtemps dans la voie de la maîtrise de ces ressources en eau à travers la réalisation de 135 grands barrages totalisant une capacité de près de 17,5 Milliards de m<sup>3</sup> et de plusieurs milliers de forages et de puits captant les eaux souterraines.

Toutefois, le secteur de l'eau reste confronter à des défis liés principalement à la raréfaction des ressources en eau sous l'effet des changement climatiques, à la surexploitation des ressources en eau souterraine, à la faiblesse de la valorisation des ressources en eau mobilisées notamment dans le domaine agricole et à la détérioration de la qualité des ressources en eau à cause du retard dans l'assainissement, l'épuration des eaux usées et la réutilisation des eaux usées épurées.

Afin de bien cerner l'origine de la dégradation des ressources en eau observée, la Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau(DRPE) en collaboration avec les Agences des Bassins Hydrauliques et la régie autonome procède depuis 2000 à l'inventaire des sources de pollution des eaux sur l'ensemble du territoire marocain.

Cet inventaire basé sur des enquêtes de terrain actualisées et sur des analyses des rejets et des ressources en eau, a concerné l'ensemble des principales sources de pollution (Pollution domestique, industrielle, agricole, minière, accidentelle, les décharges, les carrières et les cimetières).

**Ce rapport présente de point de vue générale, les différents types de pollution des ressources hydriques, notamment la pollution industrielle causée par l'excès de l'ammonium au niveau des eaux usées de Fès qui sont traitées au sein de la station d'épuration de des eaux usées la RADEEF et après sont jetées à Oued Sebou pour diminuer le taux de cette pollution et ses différents impacts sur la santé et l'environnement.**



# ***PARTIE 1 :***

## ***Présentation Générale de la région, Ces Départements et Ces Divisions***

# CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA RÉGIE ET CES DÉPARTEMENTS

## I. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA RADEEF :

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'intérieur.

La RADEEF a été créée par délibération du conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 avril et 29 août 1969 en vertu du Dahir n° 1.59.315 du 23 Juin 1960 relatif à l'Organisation communale. Par arrêté du 25 Décembre 1969, le Ministre de l'Intérieur a approuvé la délibération du conseil communal de la ville de Fès en date du 29 Août 1969 concernant la création de la RADEEF, fixant la dotation initiale établissant son règlement intérieur ainsi que son cahier des charges.

En Janvier 1970, la RADEEF s'est substituée, d'une part à la « Compagnie Fassie d'Electricité » pour la gestion du réseau électrique, et d'autre part à la ville de Fès pour la gestion du réseau d'eau potable.

Par la suite, la RADEEF a été transformée en Régie Intercommunale suite à l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n°3211 du 02-10-1985 portant autorisation de créer le nouveau syndicat des communes pour la gestion du Service de l'Eau potable dans 19 communes.

La Régie est donc chargée d'assurer, à l'intérieur de son périmètre d'action, le service public de distribution d'eau et d'électricité, elle est également chargée de l'exploitation des captages et adductions d'eau appartenant à la ville.

Actuellement, la RADEEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Sefrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnai, Ouled Tayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

## II. LES DIFFÉRENTES DÉPARTEMENTS TECHNIQUES:

La régie comprend trois départements techniques:

**Département Electricité :** La régie (RADEEF) assure la distribution de l'énergie électrique moyenne tension et basse tension à plus de 1.076.251 habitants répartis sur l'ensemble du territoire de la préfecture de Fès qui regroupe la commune urbaine de la ville partagée en arrondissements : Agdal, Zouagha, Saiss, Médina, Jnanates, Mérinides, et les communes Ain Chkef et Mechoir.





**Département Eau Potable :** La régie assure l'alimentation en l'eau potable pour une population dépassant les 1 .204 .000 personnes à l'intérieur des villes de FES, SEFROU, BHALIL, ainsi que les communes rurales ; BIR TAM-TAM, RAS TABOUDA, SIDI HRAZEM, AIN TIMGNAI, OULAD TAIB, DOUAR AIT TALEB, et douar AIN ALQUADI.

**Département Exploitation Eau Assainissement :** En matière d'assainissement, la RADEEF intervient au niveau du territoire de la Commune urbaine de Fès et dans la zone est nouvelle. Par ailleurs, la régie procède actuellement à l'équipement de la commune rurale d'Ouled Tayeb en réseau d'assainissement liquide.

### III. ORGANIGRAMME DE DIRECTION:

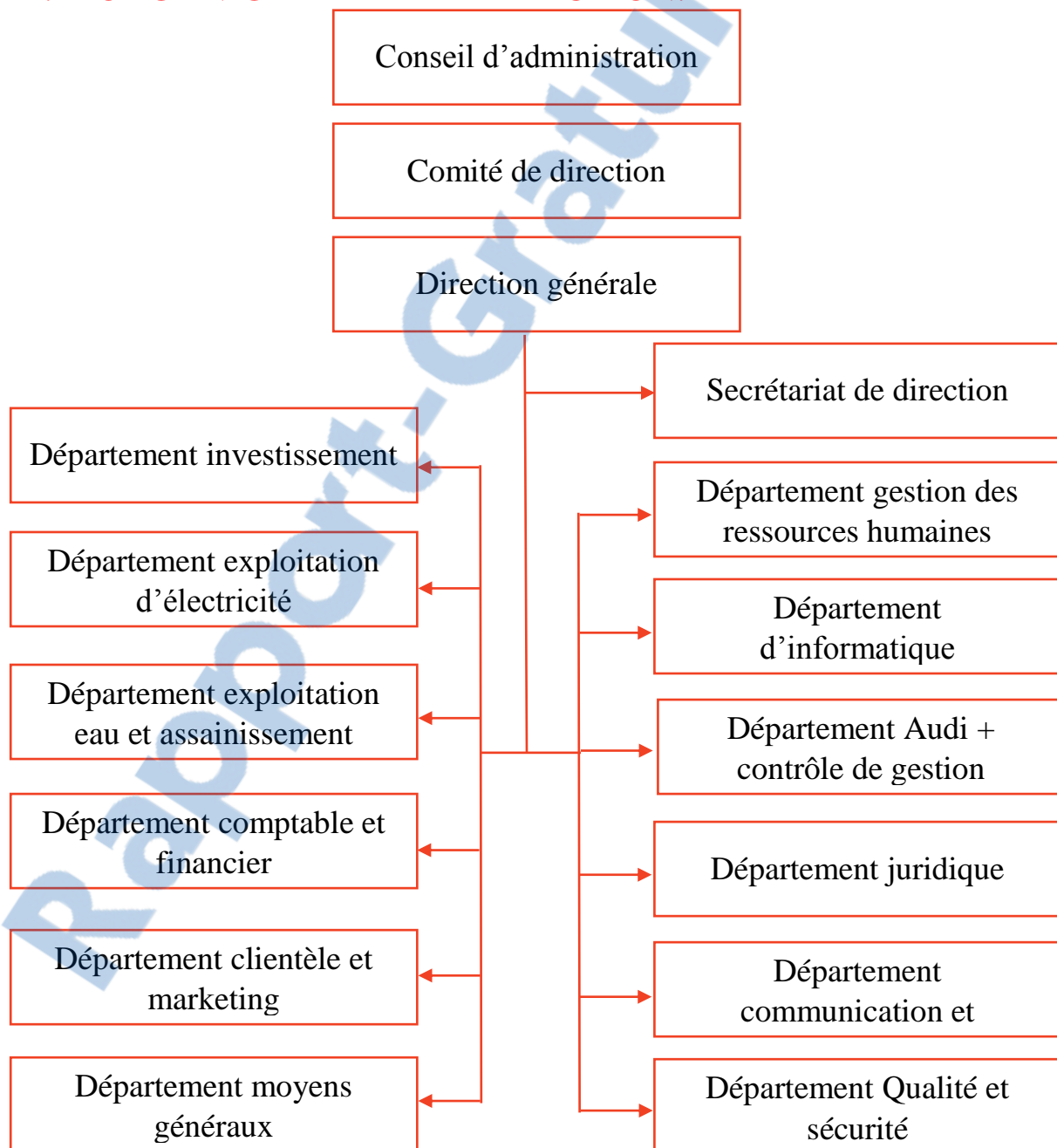


Figure 1 : organigramme de direction

## CHAPITRE 2 : DÉPARTEMENT EXPLOITATION EAU ASSAINISSEMENT

### I. PRÉSENTATION DE DIFFÉRENTES DIVISIONS DE CE DÉPARTEMENT :

Ce département est constitué de 7 divisions :

- ✓ Division dépollution industrielle.
- ✓ Division projet STEP.
- ✓ Division infrastructure assainissement.
- ✓ Division exploitation eau potable.
- ✓ Division exploitation assainissement.
- ✓ Division contrôle qualité.
- ✓ Division travaux exploitation assainissement.

### II. LES DIVISIONS VISITÉES DURANT LA PÉRIODE DE MON STAGE :



Division dépollution industrielle

<Melle Saidi Bouchra>



Division projet STEP

<Melle Bey>



Division contrôle qualité.

<Mme Ghizlane >

#### 1. Division 1 : Division dépollution industrielle

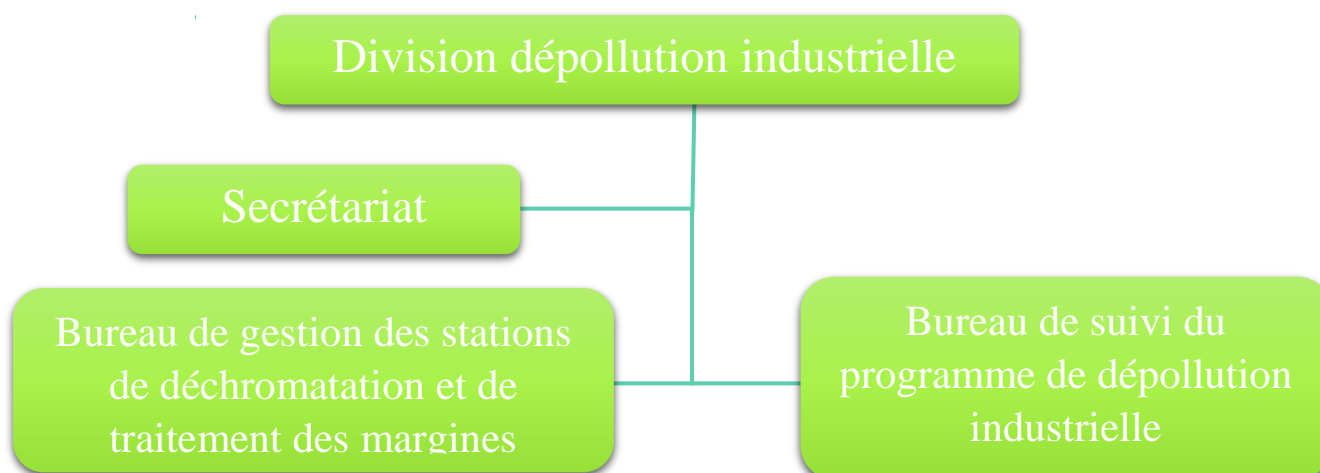
La pollution industrielle générée au niveau de la ville de Fès représente 35% de la pollution totale rejetée par la ville. Elle provient essentiellement des rejets des huileries (margines), des tanneries (chrome), dinanderies(Nickel), agroalimentaire,...etc.

Les rejets de ces unités industrielles se présentent sous différentes formes de pollution notamment : pollution organique biodégradable, difficilement biodégradable, ou encore des



métaux lourds. La RADEEF a mis en service en 2014 la station d'épuration des eaux usées de la ville de Fès, le fonctionnement de cette station est tributaire de la réalisation d'une dépollution industrielle concrète à l'amont de cette STEP.

### Organisation de la division dépollution :



**Figure 2 : organigramme de la division dépollution**

### Bureau de suivi du programme de dépollution industrielle :

- ✓ Suivi des études des prétraitements industrielles.
- ✓ Suivi technique et administratif des travaux des prétraitements industriels.
- ✓ Suivi de la campagne d'analyses des eaux industrielles prétraitées.

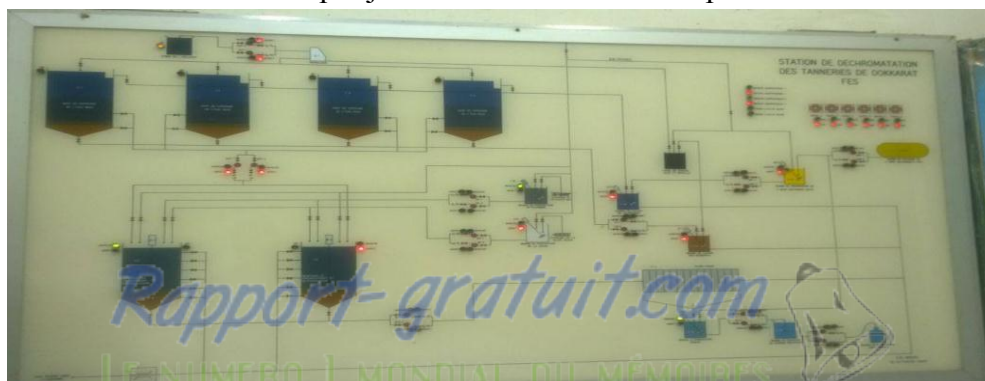
### Bureau de gestion de déchromatation et de traitement des margines :

- ✓ Suivi de la pollution industrielle.
- ✓ Exploitation de la station d'évaporation naturelle.
- ✓ Gestion de la station de déchromatation.
- ✓ Organisation de l'opération de collecte des eaux chromées des tanneries de la ville de Fès.

### Station de déchromatation :

La station de déchromatation est opérationnelle depuis 2002-2003 sur un terrain de 700m<sup>2</sup>. Elle a pour objectif la réduction de la pollution produite par les tanneries utilisatrices du chrome dans le traitement des peaux.

La station est située dans la zone industrielle de Dokkarat, traite en moyenne un débit d'environ 12 m<sup>3</sup>/J d'eau chromée par jour avec un rendement supérieure à 90%.



**Figure 3 : schéma simplifié de la station de déchromatation**

### Les étapes de déchromatation :

**Dégrillage :** L'eau chromée des tanneries et stockée dans un bassin doit avoir un pH acide entre 3,6 et 4, ainsi qu'une coloration verte. En amont, l'eau subit un dégrillage de maille égale à 2mm pour se débarrasser des déchets grossier.



**Figure 4 : photo représentant l'étape de dégrillage**

**Décantation :** Après le dégrillage, l'eau se dirige vers quatre décanteurs, le remplissage de ces derniers s'effectue l'un après l'autre. Elle dure une semaine d'une façon à ce qu'il forme 2 phases : eau chromée et sédiments décantés se posent au fond de la cuve.



**Figure 5 : photos représentant l'étape de décantation**

**Précipitation du chrome :** la phase de l'eau chromée se transfère vers le réacteur où on ajoute la soude (NaOH) progressivement qui précipite le sulfate de chrome en hydroxyde de chrome insoluble qui permet d'augmenter le pH qu'il doit être à la fin entre 8,6 et 9,7 .



Une fois le pH est stabilisé, il faut épaissir le précipité avec l'ajout d'un polymère dilué en agitant qui assure la floculation (formation des floes). Une fois la floculation terminée, on arrête l'agitation et on laisse décanter le précipité du chrome épaissi dans le réacteur.

On mesure la concentration en chrome qui ne doit pas dépasser 2mg/l. A la fin, on lave le précipité avec de l'eau potable pour enlever les sels solubles et avoir un chrome récupéré pur.

**Lavage des sédiments :** la phase des sédiments sera pompée dans la cuve de lavage des sédiments. Le lavage se fait 2 à 3 fois par l'ajout de l'acide sulfurique d'une faible concentration ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), une fois est terminé, l'eau chromée retourne vers la fosse d'arrivée afin d'être recyclées.

**Filtration :** On envoie le précipité vers le filtre presse, le précipité mouillé est pompé dans le filtre par une pompe à air qui élimine l'eau du chrome, on obtient une pâte auquel on ajoute de

l'acide sulfurique (92%) pour transformer l'hydroxyde de chrome en sulfate de chrome, le pH finale est entre 2,7 et 3.



**Figure 6 : photo représentant l'étape de filtration**

**Stockage :** le sulfate du chrome récupéré sera transféré vers la cuve de stockage pour enfin être commercialisé dans des bidons.



**Figure 7 : échantillon du précipité du chrome recyclé**

### Site des margines :

Les rejets des huileries de Fès en margines peut atteindre annuellement entre 80.000 m<sup>3</sup> et 160.000 m<sup>3</sup>. Actuellement la ville de Fès dispose d'une station d'évaporation naturelle des margines réalisée en Décembre 1996 avec le soutien financier de l'union européenne.



**Figure 8 : station d'évaporation naturelle**

Elle consiste en l'évaporation des margines du quartier industriel de Dokkarat (50% comme taux moyen d'évaporation) dans deux bassins de capacité de 17.000 m<sup>3</sup> situés au km 15 sur la route des Oudayas.

Cette capacité reste insuffisante pour traiter la totalité des rejets des huileries, c'est pourquoi la RADEEF a lancé une étude technico-financière pour le traitement des margines de la ville de Fès afin de définir la solution la plus appropriée.

A ce jour, la solution la plus pertinente reste la délocalisation des huileries de la ville de Fès avec installation du système biphasé (huile + grignon humide) et d'un pré-séchage du grignon humide.

## 2. Division 2 : Division projet STEP

### Gestion de la station d'épuration des eaux usées :

Toutes les eaux usées sont rejetées directement dans l'Oued Sebou sans aucun traitement. Cela a influencé négativement sur la santé, la quantité de l'eau, potabilisation de l'eau ainsi que les conditions socioéconomiques des habitants.

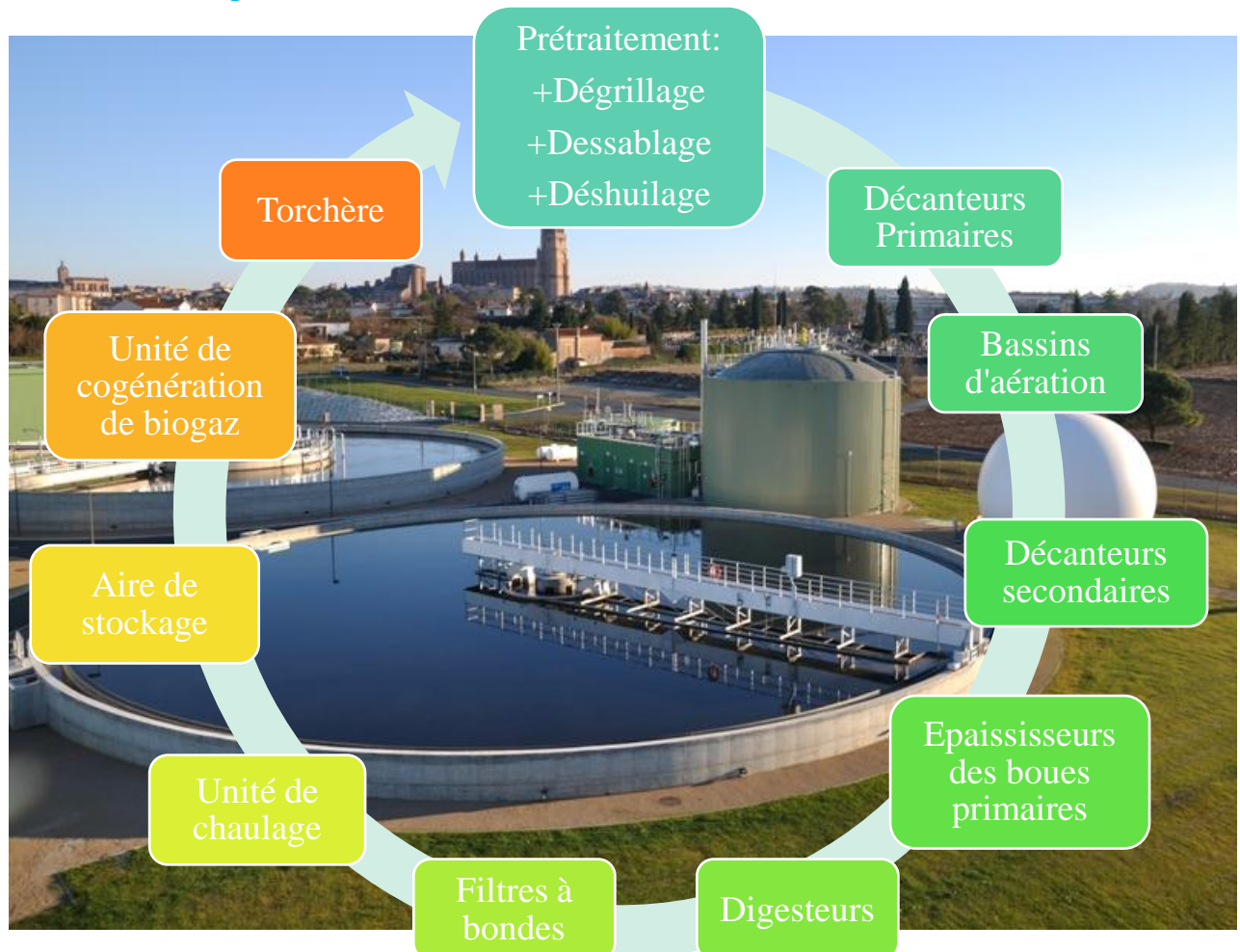
Pour atténuer cette situation, la RADEEF a réalisé en 2014 la station d'épuration des eaux usées qui a permis par la suite d'abattre la pollution jusqu'à 85%. Elle est capable de traiter 1,2 million équivalent habitant.

Ce projet fait appel à un procédé d'épuration consistant à élever les boues (bactéries présentes naturellement dans les eaux usées) à grande échelle, dans des bassins aérés pour éliminer la pollution. L'oxygène insufflé permet aux micros organismes de proliférer en se nourrissant de la pollution organique, azotée et carbonée. Celle-ci y donc transformée en matière vivante qui est ensuite séparée de l'eau dans des bassins appelés clarificateurs. A la sortie de la station, l'eau clarifiée peut rejoindre Oued Sebou, après avoir séjourné 8 à 12 heures dans la station d'épuration.

La réussite de la station d'épuration des eaux usées de la ville est tributaire de la réalisation d'une dépollution industrielle concrète à l'amont afin de préserver la STEP et ses ouvrages contre tout risque de dysfonctionnement lié aux polluants toxiques (chromes, nickel...) ou des pointes de charge ou de débits.



### Schéma des étapes de traitement des eaux usées :



**Figure 9 : Schéma des étapes de traitement des eaux usées**

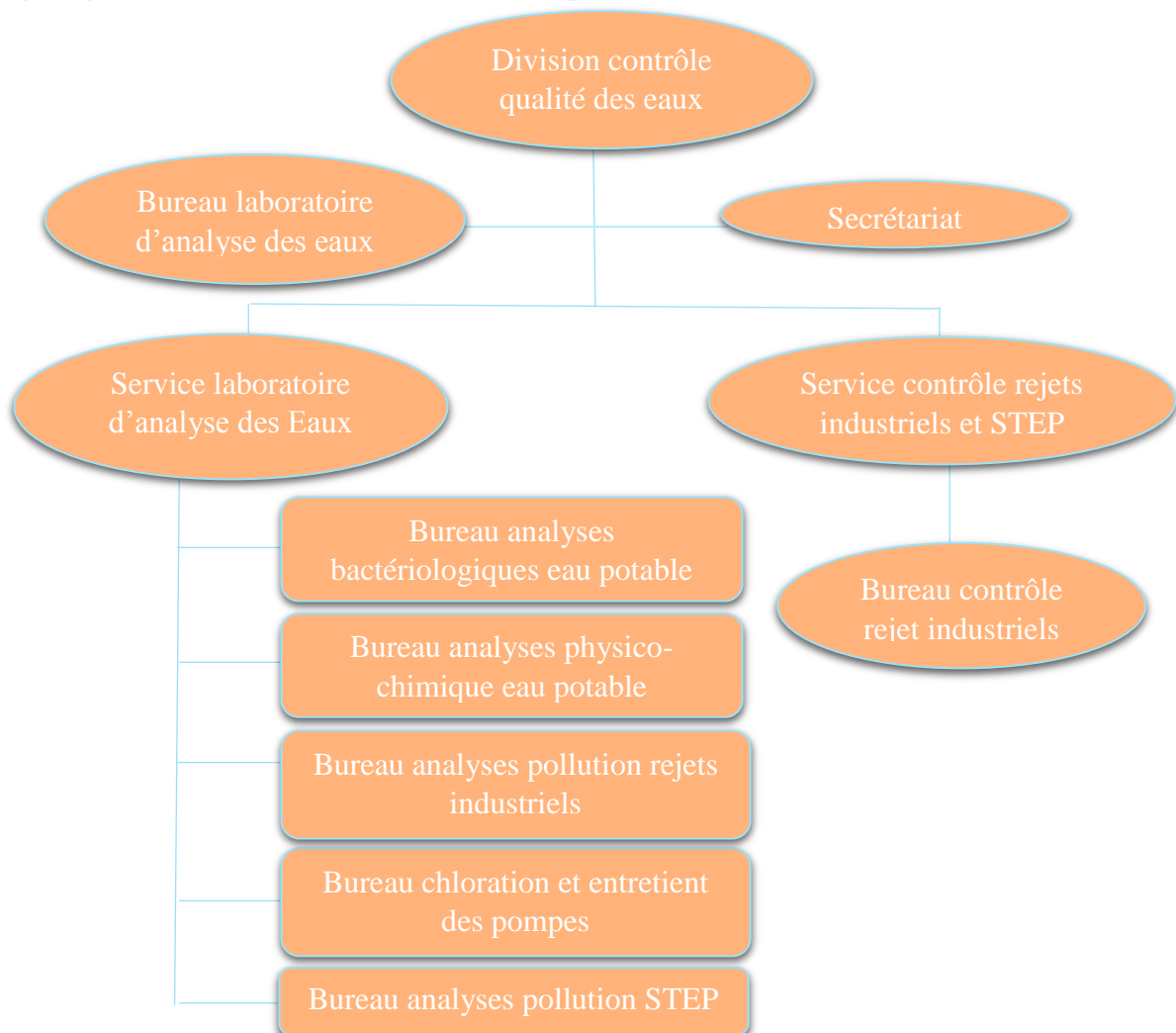
### **3. Division 3 : Division contrôle qualité**

Laboratoire de la RADEEF : La Régie dispose d'un laboratoire d'analyses, de contrôle et de surveillance de la qualité des eaux, qui a été créé en 1976 au siège de la Régie, puis il a été transféré près du réservoir sud en 1993.

### Les activités du laboratoire de la RADEEF :

- ✓ Le contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la ville de Fès et ses régions. Cette eau distribuée doit répondre aux normes de potabilités selon la norme marocaine et ceci en effectuant des prélèvements des échantillons pour analyses physico-chimiques et bactériologiques.
- ✓ Le contrôle quotidien du chlore résiduel sur l'ensemble du réseau d'eau d'approvisionnement de la ville de Fès et ses régions.
- ✓ Le contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection des réservoirs et des conduites.
- ✓ La réalisation des enquêtes sur la qualité de l'eau lors des réclamations.
- ✓ La désinfection de toutes les conduites nouvellement installées afin de garantir une bonne hygiène et respecter les normes internationales en ce sens.

### Organigramme du laboratoire contrôle qualité des eaux :



**Figure 10 : organigramme de laboratoire contrôle qualité des eaux**





# **PARTIE 2 :**

## **Projet étudié “Excès d’Ammonium au niveau des Eaux Usées de la ville de Fès Ressources et Impacts”**

# CHAPITRE 1 : LA POLLUTION DES EAUX

## I. GÉNÉRALITÉ SUR LES EAUX USÉES :

### Définition :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargés de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dans certaines peuvent avoir un caractère toxique. A cette charge s'associent presque toujours des matières grasses et des matières colloïdales. Sous cette terminologie, on groupe habituellement des eaux d'origines très diverses : les eaux d'origine urbain (eaux ménagères, eaux vanne) les eaux résiduaires urbaines (ERU) ; il s'ajoute suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole appelées eaux résiduaires industrielles (ERI).

Les ERI ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considéré. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés. Etant donné la grande variété des produits utilisés dans l'industrie, le travail de l'analyse sera toujours délicat et compliqué par la présence de matières organiques et minérales en quantité importante.

### Origines et dénominations des eaux usées :

L'origine des eaux usées est diverse mais on peut citer :

- **Eaux grises** : ce sont des eaux peu chargées en matières toxiques ou à haut-risque du point de vue sanitaire, par exemple des eaux d'origine domestique, résultant du lavage de la vaisselle, des lessives, du lavage des mains, des bains ou des douches) ;
- **Eaux noires** : elles contiennent des matières polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que des matières fécales, des produits cosmétiques, ou tout type de sous-produit industriel mélangé à l'eau<sup>3</sup> ;
- **eaux de ruissellement** : Il peut également s'agir d'eau de pluie ou de lavage, qui se sont écoulées sur des surfaces imperméables susceptibles d'être polluées : ainsi les eaux de ruissellement des parcs de stationnement ou des routes sont considérées comme des eaux usées par la présence de divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques ;
- **Eau blanche de papeterie** : résiduaire produite au cours de la fabrication du papier ;
- **Eaux blanches de laiterie** : eaux de lavage des laiteries et des salles de traite ;
- **Eau de fumier** ;
- Fuite de fosse septique ;
- Déversement de fosse septique ;
- Évacuation d'installation de traitement d'eaux d'égout ;
- **Eau pluviale** : Précipitations collectées par les toits ou les trottoirs ;
- **Eaux souterraines** infiltrées dans le réseau d'égouts ;

- Liquides manufacturés en surplus provenant de sources domestiques (boissons, huiles de cuisine, pesticides, huiles de graissage, liquides de peinture, de nettoyage, etc.) ;
- Écoulement urbain des précipitations sur les routes, les parkings, les trottoirs (contient des huiles, fèces animales, ordures, traces de carburant, résidus de caoutchouc, métaux provenant des gaz d'échappement des véhicules, etc.) ;
- Entrées d'eau de mer (sel, micro-organismes, volumes élevés) ;
- Entrée directe d'eau de rivières (micro-organismes, volumes élevés) ;
- Entrée directe de liquides synthétiques (décharge illégale de pesticides, d'huiles usagées, etc.) ;
- Drainage des routes (huile, agents de dégivrage, résidus de caoutchouc) ;
- Drainage de tempête (tout type de déchet liquide ou solide, y compris voitures, chariots, arbres, bétail, etc.) ;
- Pertes industrielles ;
- Drainage industriel d'un site, etc.

**Constituants indésirables :** Les eaux usées contiennent divers polluants ou substances indésirables, que l'épuration de l'eau cherchera à biodégrader réduire et/ou éliminer.

Parmi ces constituants néfastes ou nuisant à une qualité de l'eau irréprochable figurent des métaux lourds et métalloïdes, des sels (phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) principalement et des polluants organiques tels que PCB (polychlorobiphényle), résidus d'hydrocarbures, de médicaments humains et vétérinaires, de pesticides, des bactéries, virus, parasites, prions, ou autres micro-organismes indésirables, etc.

**Ces eaux usées se sont la principale conséquence des activités humaines et de la pollution causée par ces activités.**

## II. DIFFÉRENTS TYPES DE POLLUTION DES EAUX:

### 1. La pollution domestique :

Les charges polluantes domestiques générées par les rejets urbains et ruraux sont évaluées à environ 400 000 tonnes de matières oxydables. Le tableau ci-dessous donne la répartition des charges polluantes en DBO5, DCO et MES par ABH en 2012.

ABH	DBO5 (T/an)	DCO (T/an)	MES (T/an)
Tensift	17 652	35 631	34 884
Moulouya	22 555	45 485	30 065
Oum Er Rbia	30 170	61 489	40 664
Souss-Massa	32 373	67 018	37 234
Boureg-Reg	98 400	213 107	105 197
Sebou	64 057	160 144	-
Loukkos	37 892	66 738	42 231
Ziz	3661	6865	7552
Sahara	1584	3071	1566

**Figure 11 : tableau de répartition des charges polluantes domestiques par ABH en DBO5, DCO, et MES (Source PDAIRE)**



## 2. La pollution industrielle :

Au Maroc le secteur industriel a des répercussions et des retombées positives sur le plan socio-économique mais il génère en même temps des impacts négatifs qui se traduisent par l'usage non rationnel de l'eau et par la pollution du milieu récepteur. L'activité industrielle est assurée par plus de 8000 unités de production, répartie en 227 activités et regroupant 4 sous-secteurs, dont 81 sont jugées potentiellement polluantes et sont concentrées essentiellement dans les bassins hydrauliques du Bouregreg, **du Sebou** dont Fès fait partie, de l'Oum Er Rbia et Loukkos. Plus de 50 % des établissements industriels se trouvent dans l'axe Casablanca - Kenitra.

Le tableau ci-dessous présente les charges polluantes des rejets industriels de quelques Agences de Bassin Hydraulique pour l'année 2011 et 2012 :

ABHs	DBO5 (T/an) 2011	DBO5 (T/an) 2012	DCO (T/an) 2011	DCO (T/an) 2012	MES (T/an) 2011	MES (T/an) 2012
<b>Souss Massa</b>	8622	8868	17046	17553	6191	6370
<b>Loukkos</b>	6183	6285	11825	11999	6495	6438
<b>Bouregreg</b>	4500		8400		1800	
<b>Sebou</b>	63432	64801	170849	174598	497463	503104
<b>OER</b>	31438	33424	89316	95483	1694	1728
<b>Tensift</b>	189648		861781		13146217	

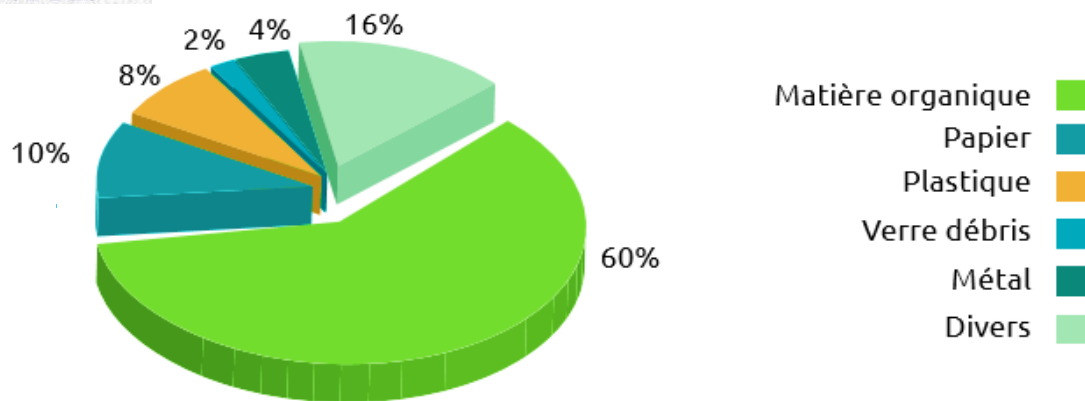
**Figure 12 : tableau des charges polluantes industrielles en DBO5, DCO et MES de quelques ABHs (source PDAIRE)**

## 3. Les déchets :

Le secteur de la gestion des déchets ménagers et assimilés connaît une déficience en matière de collecte et de nettoyage, et a accusé de ce fait un retard important, la production annuelle des déchets ménagers est de l'ordre de 6.80 MT, dont 5.3 MT en milieu urbain.

Le secteur industriel génère plus de 1,2 million de tonnes annuellement dont environ 289.385 de Tonnes sont des déchets dangereux. Seulement, un total de 8% de ces déchets industriels dangereux est collecté annuellement et la majorité de ces déchets sont déposés dans des dépotoirs non contrôlés et des décharges municipales sans traitement préalable. La production des déchets médicaux est estimé à 21 milles tonne / an, dont 28% sont dangereux. Il est prévu que ces déchets dangereux seront traités et déposés au Centre National d'Elimination des Déchets Spéciaux (CNEDS).

**Composition des déchets ménagers :** La composition des déchets ménagers est en fonction de la nature des déchets et les habitudes de consommation qui varient en fonction du niveau de vie et des habitudes culturelles. La figure n° 13 ci-dessous présente la composition des déchets ménagers au Maroc qui montre que la matière organique (MO) est la principale composante, suivi du papier-carton et du plastic.



**Figure 13 : Graphique représentant la composition des déchets au Maroc**

#### 4. Les carrières :

Une carrière est le lieu d'extraction des matériaux de construction (Pierres, du sable ou roche). À ciel ouvert ou complètement souterraines, les carrières peuvent être distinguées selon le type de roche qui en est tirée, ou selon le type d'extraction qui est faite.

#### 5. La pollution agricole :

C'est la pollution diffuse provenant principalement de l'utilisation d'engrais et des produits phytosanitaires qui n'est pas toujours maîtrisée.

**Quantités d'engrais et de pesticides :** En moyenne, 720 000 tonnes d'engrais et 15 000 tonnes de produits phytosanitaires sont appliqués annuellement sur les superficies cultivées. L'utilisation des pesticides au Maroc a connu une nette évolution. Durant la période de 2005 à 2009, les quantités importées de pesticides ont atteint respectivement près de 14700 et 17600 tonnes.

#### 6. La pollution minière :

Le Maroc compte près d'une vingtaine de mines en fonction qui se répartissent entre les bassins de Sebou, Oum Er Rbia, Moulouya, Souss-Massa, Tensift et Ziz Guir Rhéris. L'extraction des phosphates représente la principale activité minière au Maroc et parmi les autres minerais produits, on trouve le plomb, le manganèse, le fer, le cuivre, la fluorine, le sel, l'argent et le zinc.

Les mines constituent des sources de pollution des ressources en eau par le biais des eaux usées et des déchets solides qu'elles génèrent suite à l'extraction et au traitement des minerais. Les eaux sont soit rejetées directement dans le milieu naturel soit entreposées dans des bassins. De nombreuses mines rejettent directement dans les oueds apportant ainsi une pollution métallique toxique qui se retrouve dans les sédiments.

#### 7. Pollution accidentelle :

La pollution accidentelle constitue une menace sérieuse pour les eaux superficielles et les eaux souterraines. Elle est par définition la pollution qui se traduit dans un endroit et à un moment non prévisible. Elle résulte soit, d'une erreur humaine, d'une défaillance mécanique,



d'une négligence, du climat ou de combinaison de tous ces facteurs. De tels incidents sont généralement associés au transport de substances dangereuses ou toxiques. On distingue 4 types de pollution accidentelle :

- ✓ **Accidents de transport** : Accidents se produisent lors du transport des substances dangereuses ;
- ✓ **Accident domestique** : Pannes accidentelles des stations de traitement des eaux usées ;
- ✓ **Accident industriels** : Rejet ou déversement industriels accidentelles ;
- ✓ **Accidents de transfert et de stockage** : le déversement accidentel se produise durant le transfert ou le stockage de substances dangereuses ou toxiques.

### **8. Les cimetières :**

Les cimetières génèrent une pollution diffuse constituée de matières organiques, d'azote, de phosphore et de calcium. Dans certaines conditions, ils constituent un risque non négligeable de contamination, voire de pollution des nappes souterraines et des cours d'eau situés à leur proximité.

## **III. POLLUTION INDUSTRIELLE DES EAUX DE FÈS :**

### **1. Problématique de la pollution industrielle des eaux de Fès :**

Comptant 1.3 million d'habitants, la ville de Fès est la troisième ville du Maroc. Elle déverse un volume annuel d'eaux non traitées de 38 millions de m<sup>3</sup> engendrant 40% de la pollution du Sebou. L'oued Sebou est actuellement l'un des oueds les plus pollués à l'échelle nationale, avec des répercussions néfastes sur la santé, les capacités d'irrigation et la potabilisation de l'eau. La dépollution de l'oued Sebou est une priorité nationale qui passe impérativement par l'épuration des eaux usées de la ville de Fès.

La pollution industrielle dans la ville de Fès provient de nombreuses activités. Cette pollution qu'elle soit solide, liquide, ou atmosphérique n'est pas actuellement traitée. C'est le milieu environnant qui en constitue le récepteur final. La pollution liquide représente environ 40% de la pollution totale du bassin de Sebou, entraînant des impacts sévères sur le milieu récepteur.

La pollution hydrique intéresse plus particulièrement les pouvoirs publics, en raison de son importance d'une part et son impact sur l'environnement d'autre part. Elle contribue de manière très significative à la dégradation de l'environnement, notamment la nappe et l'oued Sebou et occasionne des arrêts momentanés de la station d'eau potable de Karia Ba Mohamed en particulier durant la période oléicole.

### **2. Résultats de l'étude des stations d'épuration des eaux usées de la ville de Fès (Historique) :**

Pour cela la RADEEF a été en phase avancée d'étude de la station de traitement des eaux usées de la ville de Fès. Cette démarche a imposé l'analyse de la pollution industrielle, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. En effet, vu sa diversité, le parc industriel génère une pollution hétérogène contenant tous les types de polluants. Cette pollution est également caractérisée par la variabilité importante de son débit, si l'on considère les huileries, les tanneries et les conserveries. Ainsi la pollution générée par les activités industrielles dont les eaux usées contiennent des métaux lourds doit être traitée en priorité ce serait le cas par exemple des tanneries et des dinandiers. Les unités industrielles générant une pollution organique dégradable



mais relativement importante doivent réduire leurs pollution pour amortir les chocs sur la station. Ce serait le cas de la levurerie, teinturerie et deux sociétés de fabrication de boissons gazeuses.

La pollution totale domestique et industrielle cumulée en 2015 a été estimée à environ 76t/j de DBO5 et 180t/j de DCO. Ce qui représente environ 1,2 million d'équivalent habitant (1'équivalent habitant international = 60g DBO5/j).

D'après les études effectuées en 2005 pour la mise en place de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Fès La pollution industrielle représentera en 2015 environ 30% de la pollution totale ce qui est tout à fait normal compte tenu de l'importance du secteur industriel à Fès. Cependant elle représente en situation actuelle environ la moitié de la pollution totale. Ceci s'explique par l'absence de cadre réglementaire et tarifaire nécessaire au contrôle et réduction à la source de la pollution industrielle.

La pollution totale passera de 64 à 76 t DBO5/j entre 2004 et 2015, soit environ 20% d'augmentation en l'espace de 11 ans.

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble de ces données :

Paramètre (arrondi)	Unité	Charge polluante 2004	Charge polluante 2015
Débit	M3/j	108 250	139 600
DBO5	T/j	64	76
DCO	T/j	150	180
MES	T/j	50	70

**Figure 14 : tableau de la Charge polluante des eaux usées de Fès**

La régression du poids de la pollution industrielle par rapport à la pollution globale passera de 44% à 30% et s'explique par :

L'accoissement de la pollution urbaine parallèlement avec l'accoissement de la pollution et la généralisation de la couverture du réseau d'assainissement (amélioration du taux de branchement au réseau d'assainissement).

Le décroissement de la pollution industrielle à l'horizon 2015 pour refléter les conséquences des effets réglementaires et financiers (taxes, redevances, réglementation) sur la réduction à la source de la pollution.

Cette réduction ne sera atteinte que par la mise en place d'un système de gestion environnementale efficace en deux étapes :

- ✓ Au niveau des procédures (sensibilisation, réparation des fuites, nettoyage à sec, ..) ;
- ✓ Au niveau du procès par la réalisation des recyclages, séparation des déchets, valorisation des sous-produits, bonne gestion des stocks et épuisement important des produits chimiques.

A l'échelle internationale, il a été observé une nette réduction de la pollution industrielle suite à la mise en place d'instrument financier et réglementaire.

### **Raccordement à une STEP (normes européennes) :**

Les valeurs limites imposées à l'effluent en sortie de l'installation avant le raccordement à une station d'épuration urbaine sont :



Paramètres de pollution	Valeurs limites
DBO5 (mg/l)	800
DCO (mg/l)	2000
MES totales (mg/l)	600
Azote global (NGL) (mg/l)	150
Phosphore total (mg/l)	50

Figure 15 : tableau présentant les valeurs limites pour un rejet en station d'épuration en France.

### 3. Les projets réalisés par la RADEEF pour atténuer la pollution au niveau de la ville de Fès :

On trouve trois projets qui sont déjà réalisés :

- ✓ La station de déchromatation ;
- ✓ La STEP de Fès ;
- ✓ Le programme de dépollution industrielle.

## CHAPITRE 2 : POLLUTION DES EAUX PAR L'AMMONIUM

Parmi les pollutions des eaux on trouve la pollution par l'ammonium qui présente actuellement une problématique au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Fès. L'excès de ce paramètre dans les eaux usées rejetées au niveau d'Oued Sebou peut provoquer des dangers sur la santé ainsi que l'environnement pour cela des recherches ont été réalisées pour savoir d'où vient cet excès (les activités industrielles, rejets pharmaceutiques,...) en plus il faut indiquer ses impacts sur l'homme et la nature et en fin proposer des recommandations en raison d'inhiber cet excès.

### I. PRESENCE DE L'AMMONIUM DANS L'EAU :

#### 1. Définition :

L'ion ammonium de formule brute  $\text{NH}_4^+$ , est la forme réduite de l'azote c'est un ion poly atomique de charge électrique positive. Ce cation poly atomique possède une structure tétraédrique, l'atome d'azote N occupant le centre et les quatre atomes d'hydrogène occupant les sommets équivalents du tétraèdre. Il est obtenu par protonation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) ; il est parfois présenté comme une molécule d'ammoniac ionisée en plus il est l'un des maillons du cycle de l'azote présenté dans le schéma suivant :

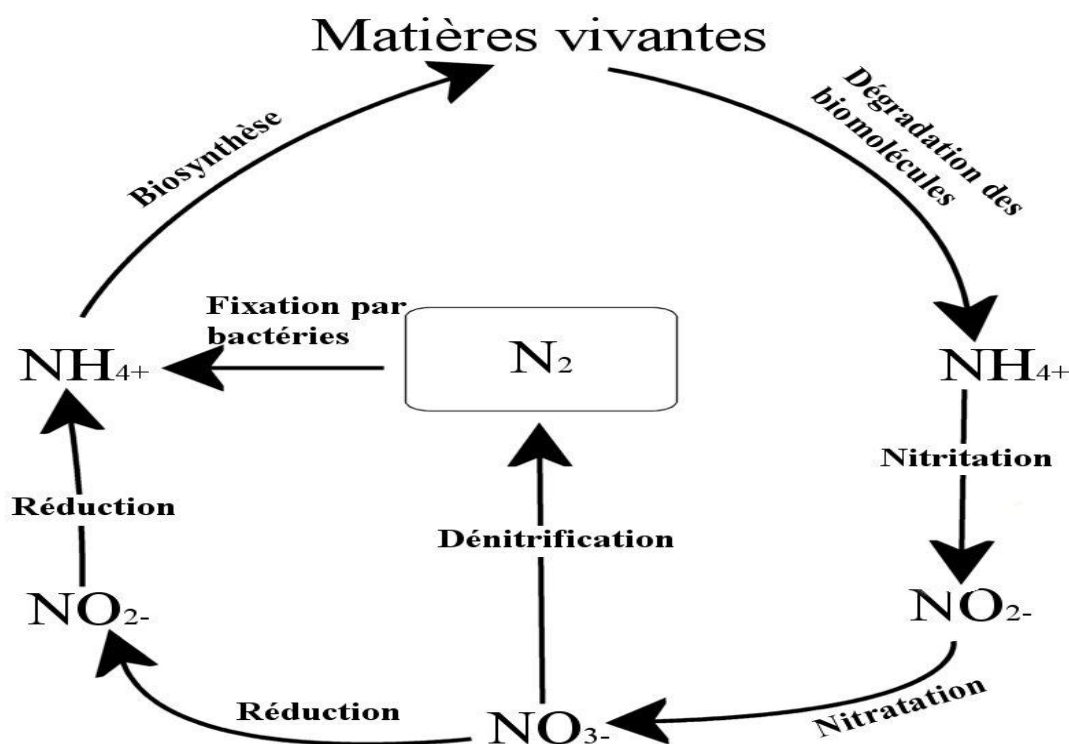


Figure 17 : cycle d'azote



L'ion ammonium est présent dans de nombreux produits nettoyants et désinfectants, à commencer par l'ammoniaque. Avant la découverte de sa véritable structure par les chimistes, il était l'analogue d'un métal alcalin ou d'un alcali. D'où par exemple la désignation d'alcali volatil de l'ammoniaque. Son usage est antique, il est présent dans le sel ammoniac  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , c'est-à-dire le corps minéral naturel salmiak. Il est présent aussi dans le sulfure d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , ancien réactif prisé par l'analyse chimique.

## 2. L'ammonium dans l'eau :

Schématiquement, l'azote ammoniacal (très soluble dans l'eau) dissous dans l'eau est présent sous forme d'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) si le pH est supérieur à 8 ou d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) si le pH est inférieur à 8. Les pH rencontrés usuellement déplacent cet équilibre dynamique en faveur de l'ammonium. Du fait du pH des eaux compris généralement entre 6,5 et 8, la majeure partie de l'azote ammoniacal se trouve sous la forme  $\text{NH}_4^+$ . Ce qui tombe bien puisque l'ammoniaque est particulièrement toxique pour la quasi-totalité des organismes aquatiques alors que l'ammonium ne l'est seulement dans des concentrations élevées.

## 3. Origines de contamination :

L'azote ammoniacal et les nitrites constituent les premiers stades de la décomposition des matières organiques azotées dans les cours d'eau.

L'ammonium et l'ammoniaque sont immédiatement transformés, en présence des bactéries Nitrosoma, en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) très toxiques pour les poissons. Ces nitrites sont normalement oxydés à leur tour en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) sous l'effet des bactéries Nitrobacter.

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates, il peut être aussi issu de l'apport d'effluents urbains épurés, de rejets industriels ou agricoles. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

## 4. Normes pour les eaux naturelles :

Il se trouve dans les eaux naturelles à des concentrations qui peuvent varier de 0,1 à plus de 10 mg/l. Si sa concentration dépasse la valeur 10 mg/l on peut conclure que cette eau est effectivement polluée.

## 5. Conditions d'admissibilité des eaux résiduaires industrielles :

Au niveau de la régie les effluents industrielles devront présenter une concentration en matière organique telle que la teneur en totale du liquide n'excède pas 150 mg par litre si on l'exprime en azote élémentaire, 200 mg par litre si l'on exprime en ions ammonium.

## II. IMPACTS DE LA POLLUTION DES EAUX PAR L'AMMONIUM SUR LA SANTE ET L'ENVIRONNEMENT :

### 1. Effets sur la santé :

$\text{NH}_4^+$  n'est pas très toxique mais il pose des problèmes pour la santé publique. Ces effets directs sur la santé sont encore assez méconnus. L'ammonium est le plus fréquemment rencontré sous forme de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Cette substance n'est pas réellement dangereuse pour la santé. Néanmoins son inhalation peut provoquer des toux, son contact avec la peau ou les yeux des rougeurs, son ingestion des nausées, des maux de gorge, des vomissements. Aussi en cas d'inhalation il est préférable de rester à l'air frais au repos et de consulter un médecin. En cas de contact avec la peau ou les yeux il faut rincer abondamment avec de l'eau. En cas d'inhalation il faut boire de l'eau abondamment et consulter un médecin. Aussi les nitrates  $\text{NO}_3^-$  se transforment en milieu acide faible en ions nitrites  $\text{NO}_2^-$  qui sont toxiques pour l'organisme humain.

### 2. Effets sur l'environnement :

L'ammonium est lui-même peu toxique mais il peut provoquer plusieurs problèmes tels que la corrosion des conduites la reviviscence bactérienne à l'intérieur de celles-ci, la diminution de l'efficacité du traitement au chlore et le développement de microorganismes responsables de saveurs et d'odeurs désagréables.

Au niveau du milieu naturel, sur les plantes, cela entraîne un déséquilibre dans leur alimentation et augmente leur fragilité vis-à-vis d'autres facteurs secondaires de stress.

Les ions  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_2^-$  sont très toxiques pour la faune aquatique. Ils induisent une prolifération bactérienne dans les eaux. Par contre, les nitrates  $\text{NO}_3^-$  sont la principale source d'inquiétude. Les nitrates constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique.

**Pollution azotée :** Les nitrates en eux-mêmes semblent peu toxiques vis-à-vis de la faune aquatique. L'azote des nitrates avec dans une moindre mesure, celui des nitrites et de l'ammoniac, est l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux, dans lesquels il est métabolisé pour fournir essentiellement des protéines, des acides nucléiques et les polymères des parois cellulaires. Les nitrates constituent un facteur d'eutrophisation mais, pratiquement, on estime qu'ils n'induisent pas de développement d'algues géantes en dessous d'une teneur de 2 à 5 mg/l dans le milieu récepteur.

Les nitrites peuvent être présents dans l'eau sous forme non ionisée d'acide nitreux ( $\text{HNO}_2$ ) ou ionisée ( $\text{NO}_2^-$ ). La première forme, qui apparaît dans certaines conditions de température et de pH, est la plus toxique pour les organismes vivants : l'azote nitreux intervient dans le phénomène de méthémoglobinémie et dans la production soupçonnée de nitrosamines. Dans le milieu naturel, sa toxicité se manifeste à faible dose, en particulier chez les salmonidés.

L'azote ammoniacal se trouve dans les eaux sous forme ionisée ( $\text{NH}_4^+$ ), peu néfaste vis-à-vis de la faune aquatique, ou sous forme hydratée ( $\text{NH}_3^+$ ) qui, en revanche, peut entraîner de graves conséquences sur le milieu récepteur du fait de sa toxicité. L'ammoniac provoque, même à

faibles concentrations, des lésions branchiales qui limitent les échanges entre le sang et le milieu extérieur. Souvent, on admet comme teneur maximale en azote ammoniacal non dissocié la valeur de 0,025 mg/l pour les salmonidés, voire 0,005 mg/l afin d'écarter tout risque d'effet toxique à long terme.

### III. RESSOURCES DE LA POLLUTION DES EAUX PAR L'AMMONIUM :

L'excès de l'ammonium au niveau du réseau d'assainissement de la ville de Fès, est causé par plusieurs produits utilisés dans les différentes activités humaines :

#### 1. Activités industrielles (tanneries) :

**Définition :** Le travail de transformation des peaux animales en cuir se compose de nombreuses étapes, chacune ayant ses besoins en intrants (eaux, produits chimiques) et ses caractéristiques de rejets (quantité d'eau, de polluants).

#### Les différentes étapes de traitement de peaux et la pollution engendrée :

Les différentes étapes	Compositions	Pollution de l'Eau
<b>1ere trempe</b>	Bactéricide, savon	DBO, DCO, Solides en Suspension, Solides Dissous, Total de Solides, Sels, Azote Organique.
<b>2eme trempe</b>	Carbonate, savon, bactéricide	DBO, DCO, Solides en Suspension, Solides Dissous, Total de Solides, Sels, Azote Organique.
<b>Epilage</b>	Sulfure, chaux, carbonate, savon, bactéricide	L'eau étant nécessaire au fonctionnement de l'écharnoir, des eaux résiduaires à teneur chimique faible, semblable à celle des eaux résiduaires produites par le chaulage, peuvent être générées.
<b>Déchaulage</b>	Sulfate d'ammonium	DBO, DCO, Soufre, Azote ammoniacal.
<b>Tannage</b>	Sel, acide sulfurique, bicarbonate, chrome.	DBO, DCO, TSS, Chrome, Sels, Acidité.

Figure 15 : tableau représentant la composition chimique de l'eau des différentes étapes de tannage

Opération	Pourcentage d'eaux usées (%)
Reverdissage, Pelanage, Rinçage	30 – 40
Déchaulage, Confitage, Rinçage	15 – 20
Picklage, Tannage au chrome	5 – 10
Tannage végétal et synthétique	20 – 25
Neutralisation, Teinture, Nourriture	15 – 20
Essorage, Nettoyage	2 – 7
Eau de nettoyage général	2 – 5

Figure 16 : tableau de proportions d'eaux usées produits.

**Caractéristiques générales des eaux résiduaires des tanneries :** D'une façon générale, les eaux résiduaires de tannerie peuvent être caractérisées par un taux de matières solides élevé, par une couleur variable, par des odeurs désagréables et par des matières concentrées solubles et



insolubles, organiques et inorganiques. Des études qualitatives ont montré que les eaux résiduaires de tannerie sont chargées principalement en : chaux, protéines, sulfures, sels de chrome, carbonate de sodium, huiles, pétrole, détergents, sable et poils.

**Donc d'après les origines de contaminations qu'on a déjà cité on trouve que les effluents liquides des tanneries représentent une source riche en réactifs nécessaires à la production de l'ammonium.**

## 2. Lixiviat :

**Définition :** les lixivats sont des liquides hautement polluants qui se sont infiltrés à travers des déchets solides, par effet de la percolation de l'eau avec de diverses réactions chimiques de la matière organique en décomposition et d'autres composés. Ces liquides contiennent tant matière en suspension comme dissoute, et s'ils ne sont pas convenablement ramassés et traités, peuvent s'infiltrer aux eaux souterraines en mettant à un grave danger l'environnement et la santé publique.



**Figure 18 : photos des Bassins de stockage des lixivats de la décharge contrôlée publique de Fès**

### Caractéristiques polluantes d'un lixiviat :

- ✓ Haut DQO et DBO5, et décompensation dans la relation DQO/DBO5 (signal de l'existence d'une fraction importante non biodégradable).
- ✓ Haut concentration d'azote, fondamentalement en forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).
- ✓ Haut salinité et conductivité (90%) dérivées de la présence de  $\text{Cl}^-$ .
- ✓ Hautes concentrations de composés organiques halogénés (AOX).
- ✓ Présence d'inhibiteurs: Principalement des traces d'un grand nombre des métaux lourdes.
- ✓ Quantités élevées de détergents, sels dissous, et agents incrustantes (fer, calcium, et magnésium).
- ✓ Ph très bas et phosphore déficient.

Parmi les différents caractéristiques polluantes qui peuvent être une principale cause de l'augmentation de la concentration de l'ammonium on trouve :

- ✓ **Haut concentration d'azote, fondamentalement en forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).**



- ✓ **Haut salinité et conductivité (90%) dérivées de la présence de Cl<sup>-</sup>.** Ainsi que le dichlore brûle dans un milieu aqueux et en présence des ions ammoniac peut donner du diazote et du chlorure d'ammonium d'après la réaction suivante :



### 3. Cas pratique :

Pour savoir l'origine de cet excès ils m'ont proposé d'effectuer des analyses sur des échantillons des eaux usées prélevés au niveau des industries mais il n'était pas possible vu que il n'y'avait pas un laboratoire disponible pour la réalisation de ces analyses.

#### Analyse physico-chimique :

En milieu alcalin et en présence du nitroprussiate de sodium qui agit comme catalyseur, les ions ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) traités par une solution hypochlorite de sodium et de phénol, donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par colorimétrie. La lecture est faite au spectrophotomètre à UV/visible et à la longueur d'onde de 630 nm.

#### Résultats de ces analyses sur des échantillons du lixiviat :

La concentration de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Les lixiviats de la décharge de Fès	36,670	55,368	39,308

Figure 17 : Tableau des résultats de ces analyses

## IV. TECHNIQUES D'ELIMINATION :

### 1. L'oxydation chimique : un procédé efficace à utiliser dans des conditions très précises.

L'oxydant utilisé est le chlore que l'on injecte à une concentration au-delà du point critique (break-point) afin qu'il ait réagi avec tous les composés azotés présents dans l'eau (figure 18). En théorie, cela revient à ajouter 9,8 mg Cl<sub>2</sub>/mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (dose stoechiométrique). Cependant, les taux couramment pratiqués sont en général proches de 13 mg Cl<sub>2</sub>/mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, afin de tenir compte des autres demandes en chlore, et en particulier de celles des matières organiques. Du fait des doses importantes nécessaires, ce procédé est réservé aux faibles teneurs en ammonium (< 0,5 mg/l). Tout le chlore ajouté au-delà du break-point est alors présent sous forme de chlore libre, l'ammonium étant donc totalement oxydé.

En revanche, il n'est pas mis en œuvre pour des eaux présentant de fortes demandes en chlore, car il peut alors être à l'origine de la formation d'organochlorés et de trihalométhanes (THM) dont la concentration maximale admissible est de 100 µg/l. La chloration doit dans ce cas être effectuée en fin de filière. Il est à remarquer que l'ozone et le dioxyde de chlore sont inefficaces pour éliminer l'ammonium.

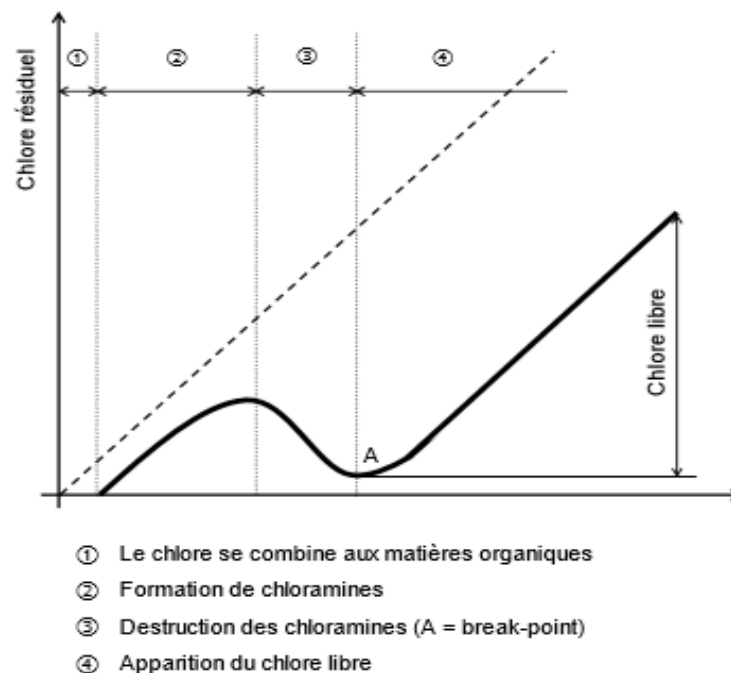


Figure 19 : étapes de chloration

## 2. L'échange ionique : un procédé simple qui pose le problème de ses propres rejets.

Il est possible d'utiliser des résines naturelles, les zéolithes (chabazite, modernite, clinoptilolite), ou des résines synthétiques, ces dernières étant à privilégier pour des raisons de longévité et de facilité de mise en oeuvre. Celles-ci, de type cationique, fixent en priorité les ions calcium et magnésium, et, dans une moindre mesure, les ions ammonium. Leur utilisation ne se justifie donc que dans le cadre d'un traitement d'adoucissement. Elles permettent alors l'élimination de l'ammoniacque et même éventuellement de certains micropolluants cationiques (arsenic, gallium...). Ce procédé repose sur l'échange des ions ammonium contenus dans l'eau avec des ions sodium contenus dans la résine, selon la réaction suivante :



Après saturation, les résines doivent être régénérées. Au niveau de l'exploitation, ce procédé est relativement simple et ne comporte que peu de contraintes, si ce n'est le problème du devenir des éluats concentrés en ammonium. Il est possible d'envisager pour eux :

- ✓ Un rejet vers une station d'épuration ;
- ✓ Leur traitement par évaporation en lagune, avant d'envoyer le concentrât en CET ;
- ✓ Leur dispersion en rivière, en tenant compte de la réglementation, et en particulier de l'arrêté du 23 février 2001 qui fixe les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration.

## 3. Le stripping : un procédé peu adapté à la potabilisation.

L'ammoniac est une base faible qui s'hydrolyse dans l'eau pour former des ions ammonium et hydroxyde, suivant la réaction suivante :  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

La valeur de la constante d'équilibre de cette équation est telle ( $pK_a = 9,3$  à  $20^\circ\text{C}$ ) que le pH doit être supérieur à environ 8 pour pouvoir détecter la présence d'ammoniac ( $\text{NH}_3^+$ ) et éliminer l'azote ammoniacal par stripping (dégazage par aération). Le procédé nécessite donc en général, un ajustement du pH. Il est de plus dépendant de la température (figure 19). Dans le cas de faibles concentrations à traiter, comme c'est le cas en potabilisation ( $< 4 \text{ mg/l NH}_4^+$ ), les inconvénients sont trop importants (ouvrages à forte emprise au sol pour atteindre la référence de qualité, et désagréments liés aux odeurs et au bruit) pour pouvoir retenir cette solution.

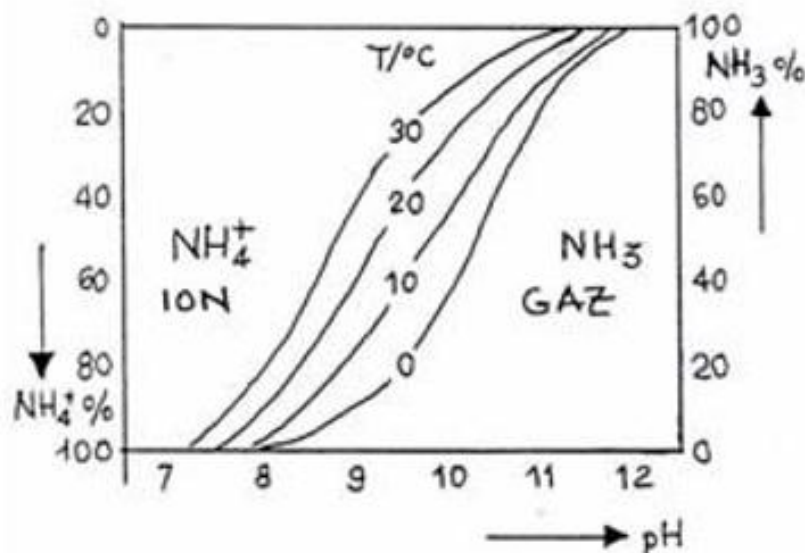
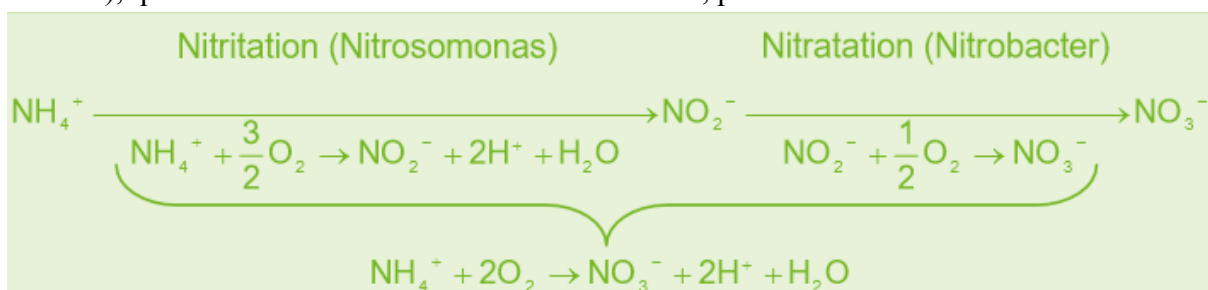


Figure 20 : ammonium  $\text{NH}_4$  et ammoniac  $\text{NH}_3$  dans l'eau

#### 4. La filtration biologique : un procédé performant mais nécessitant certaines contraintes d'exploitation.

L'élimination biologique de l'ammonium (nitrification) s'effectue en deux étapes, mettant en œuvre deux types de bactéries aérobies et autotrophes (c'est-à-dire consommatrices de carbone minéral), qui transforment l'ion ammonium en nitrites, puis en nitrates.

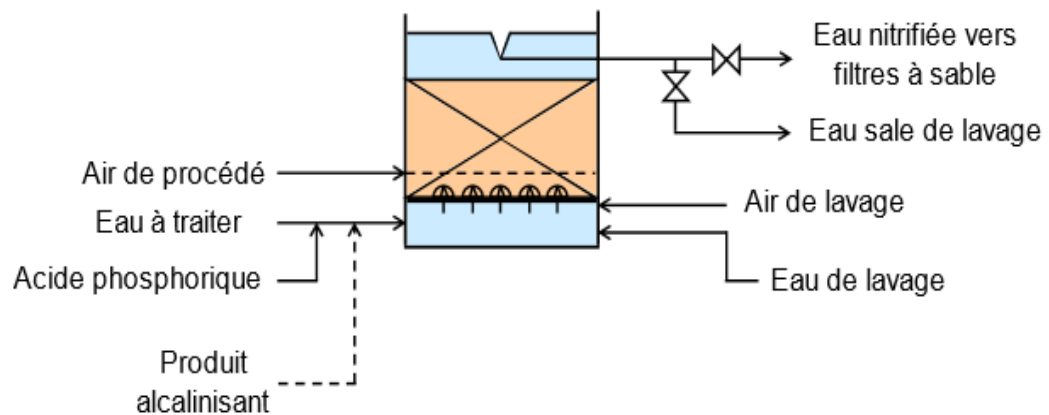


De la relation globale ci-dessus on peut en déduire qu'il faut 3,6 g d'oxygène pour oxyder 1 g d'ion  $\text{NH}_4^+$ , et que ce procédé est acidifiant (libération d'ions  $\text{H}^+$ ). Pour tous les procédés d'élimination biologique de l'ammonium, il faut :

- ✓ Un milieu bien aéré ;
- ✓ Une eau présentant une alcalinité suffisante ;
- ✓ Une absence d'oxydants dans l'eau à traiter et dans l'eau de lavage.

En fonction de la teneur en ammonium dans l'eau à traiter, plusieurs procédés peuvent être mis en œuvre. Les deux premiers nécessitent d'avoir une eau bien oxygénée, proche de la saturation pour le second.

- ✓  $\text{NH}_4^+ \leq 1 \text{ mg/l}$  → Filtration sur sable.
- ✓  $1 \leq \text{NH}_4^+ \leq 2 \text{ mg/l}$  → Filtration sur argile expansé, matériau poreux présentant une surface développée importante favorisant le développement de la biomasse.
- ✓  $\text{NH}_4^+ > 2 \text{ mg/l}$  → Biofiltration aérée sur argile expansé, avec apport d'air dans la masse de contact (= au débit d'eau) et d'acide phosphorique (0,1 à 0,2 mg/l) pour assurer la croissance des bactéries (figure21).



**Figure 21 : schéma de la Biofiltration aérée sur argile expansé**

La biofiltration requiert des conditions d'exploitation très précises, à savoir :

- ✓ Une température de l'eau supérieure à 8 à 10°C. En dessous de 4 à 5°C l'activité bactérienne est complètement inhibée. Une chloration en aval permet de suppléer aux baisses de rendement du fait de la chute de la température ;
- ✓ Un pH optimum à maintenir entre 7,2 et 8,5 ;
- ✓ Un apport d'alcalinité si l'eau présente un déficit, en sachant que les bactéries consomment 0,9°F de TAC par mg de  $\text{NH}_4^+$  éliminé.



## Conclusion et discussion

En terme de conclusion, la période de stage que j'avais passé au sein de la RADEEF, département eau assainissement et plus particulièrement dans la division de dépollution industrielle a été très bénéfique et d'une grande utilité pour moi, c'est une occasion pour améliorer ma formation, découvrir le milieu du travail et la vie professionnelle.

En fait, Ce travail a eu comme objectif de chercher la source responsable de l'augmentation de la concentration de l'ammonium au niveau des eaux usées de Fès et qui présente un danger grave au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Fès. Donc d'après les recherches effectuées on a conclu que cet excès est nécessairement causé par les effluents liquides des tanneries, des industries de textiles et aussi des déchets domestiques (lixivits). L'augmentation de ce paramètre provoque un impact effectivement sur la santé et sur l'environnement, pour cela il faut commencer à imposer des obligations aux industriels pour réaliser un prétraitement de leurs charge des effluents liquides avant de les rejeter dans les réseaux d'assainissement.





## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

<http://www.radeef.ma/>

<file:///C:/Users/Touka-chan/Desktop/pfeimage/4.3.1.Sources-de-pollution.pdf>

<file:///C:/Users/Touka-chan/Desktop/pfeimage/Fez.pdf>

[http://eauevolution.fr/doc/articles.php?lien=eau\\_carte\\_qualite\\_france\\_riviere\\_nh4\\_no2\\_ammoni\\_nitrite\\_organique](http://eauevolution.fr/doc/articles.php?lien=eau_carte_qualite_france_riviere_nh4_no2_ammoni_nitrite_organique)

Rapport : ETUDE DE POLLUTION INDUSTRIELLE A FES – RADEEF

[https://www.researchgate.net/publication/288981847\\_Evaluation\\_de\\_la\\_charge polluante des lixiviats de la decharge controllee de la ville d'Essaouira MAROCCO](https://www.researchgate.net/publication/288981847_Evaluation_de_la_charge_polluante_des_lixivats_de_la_decharge_controllee_de_la_ville_d'Essaouira_MAROCCO)  
[Evaluation of the pollution load of leachates from the landfill in the city of Essaouira MOROCCO](https://www.researchgate.net/publication/288981847_Evaluation_of_the_pollution_load_of_leachates_from_the_landfill_in_the_city_of_Essaouira_MOROCCO)

<http://www.psvt.free.fr/svt/bio/colorants/colorants.htm>

<file:///C:/Users/Touka-chan/Downloads/Traitement%20des%20lixiviats%20de%20la%20ville%20de%20Essaouira%20MOROCCO.pdf>

Cahier des charges de la régie autonome intercommunale de distribution d'eau et d'électricité de Fès « RADEEF »

Traitement des pollutions industrielles « Emilian Koller »

<file:///C:/Users/Touka-chan/Desktop/DOC/EliminationAmmonium.pdf>