



Licence Sciences et techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Evaluation des caractères physico-chimique des rejets industriels et domestiques de la ville de Fès

Présenté par:

- Mr. Fadil Omar

Encadré par:

- Mr. Abdelaaziz El Oualti (LRDEHM-Fès)
- Mme Adiba Kandri Rodi (FST-Fès)

Soutenu Le 17 Juin 2010 devant le jury composé de:

- | | |
|----------------------------|----------------|
| - Mr. Abdelaaziz El Oualti | : Encadrant |
| - Pr. Adiba Kandri Rodi | : Encadrante |
| - Pr. Y. Kandri Rodi | : Examineur |
| - Pr. S.Sabir | : Examinatrice |
| - Dr. A. EL Ouali ALAlami | : Examineur |

Stage effectué au laboratoire d'épidémiologie et hygiène du milieu de Fès

Année Universitaire : 2009-2010



Sommaire

-INTRODUCTION	1	
-Présentation de lieu de stage.....	2	
Première partie : revue bibliographique		
<u>A. Approche théorique de la qualité des eaux :</u>		
A.1.Définition de l'eau.....	2	
A.2.Les caractères de la molécule de l'eau.....	2	
A.3.la qualité de l'eau	3	
A.4. Normes des eaux.....	3	
a- Les normes marocaines des eaux polluées.....	3	
c- Estimation d'une pollution.....	3	
<u>B. la pollution des eaux :</u>		
B-1- Eaux usées domestiques normales.....	4	
B-2- Eaux industrielles	4	
<u>C.Les principaux polluants.....</u>		4
<u>D. Différents types de pollution.....</u>		6
<u>E. Les indicateurs de pollution.....</u>		9
<u>F. Toxicité des eaux usées</u>		9
F.1- Impacts sanitaires et environnementaux	10	
F.2- Traitement et surveillance.....	11	
DEUXIEME PARTIE : matériel et méthodes		
la zone d'étude.....	12	
<u>I-ECHANTILLONAGE :</u>		
I.1 Mode de prélèvement	12	
I.2 Représentabilité des échantillons	12	
<u>II- Les analyses physico-chimiques :</u>		
II- 1- Paramètres physiques :		
II-1-1- Température.....	12	
II-1.2 Conductivité.....	13	
II-1.3 Matières en suspensions	13	
II-2- Paramètres chimiques :		
II.2.1 pH.....	14	
II.2.2Oxygène dissous	14	
II.2.3 Dosage des composés phosphorés	15	
II.2.4 Dosage des sulfates.....	15	
II.2.5 Oxydabilité au permanganate de potassium (indice de permanganate)	16	
II.2.6 Dosage des chlorures	17	
II. 2.7 Dosage de l'Azote.....	17	



a- Dosage des nitrates	17
b- Dosage des nitrites	18
II.2.8 Détermination de la demande biochimique on oxygène.....	18
II.2.9 Détermination de la demande chimique on oxygène.....	20

Troisième partie : résultats et discussion

I. Résultats des analyses effectués	22
II. discussion.....	29
CONCLUSION.....	31
ANNEXE.....	32
Références bibliographiques	



Introduction

La croissance démographique en milieu urbain et le développement industriel conduisent à une importante augmentation des volumes des rejets et des flux des matières polluantes qu'ils engendrent, d'où le dépassement du pouvoir auto épurateur du milieu récepteur. (El Guami. Journal Africain des sciences de l'environnement 2006).

Le déversement de ces rejets constitue une source de pollution pour les terrains agricoles et les puits riverains car ces effluents servent dans quelques cas à irriguer les cultures de périmètres.

Les déchets englobent en proportion non négligeable les métaux lourds qui représentent un facteur toxicologique important dont les conséquences sur les organismes marins peuvent être irréversible (thèse D.E.S 1990).

Les eaux de surface et souterrains sont exposées de plus en plus à la pollution sous la forme des rejets d'effluents industriels ou domestiques et deviennent progressivement impropre à tout usage sans traitement préalable de plus en plus compliqué et souvent onéreux. (A.Iraki thèse master 2008).

Les usines évacuent leurs eaux usées parfois sans aucun traitement préalable vers les égouts. Or, ces eaux industrielles rejetées vers le milieu récepteur entraînent sa pollution, voir son eutrophisation ce qui représentent des risques de pollution pour l'environnement pouvant influencer l'équilibre écologique et parfois entraîner la destruction de l'écosystème. (Vander Borgh, Eutrophisation et qualité des eaux de la soumis 1989).

Face à cette situation précaire, nous essayons au cours de ce travail d'apprécier le degré de pollution des eaux usées des principaux points de déversement de la ville



de Fès par l'analyse de différents paramètres physico-chimiques des rejets industriels et domestiques.

A. Approche théorique de la pollution des eaux :

A.1. Définition de l'eau :

Liquide incolore, sans lequel aucune forme de vie ne serait possible sur la terre. Elle est l'élément idéal de dissolution et de transport des matières nutritives.

L'eau c'est la vie. C'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée. Ses sources sont précieuses et rares, sa qualité délicate et son cycle naturel très long.

La qualité de l'eau est prioritairement une exigence de santé, qui nous concerne.

A.2 Les caractéristiques de la molécule d'eau :

<i>Caractères généraux</i>	
α Formule chimique :	H ₂ O
α Apparence	Liquide incolore
<i>Propriétés physique et thermochimique</i>	
α Masse Moléculaire	18.016
α Masse volumique :	
0°C	0.99987 Kg/l
4°C	1Kg/l
100°C	0.95838Kg/l
α Point de fusion	0.00°C
α Point d'ébullition	100°C
α Chaleur massique	4.18Kj/Kg°C
α Densité maximale à 0°C	1,00g / cm ³
α Densité à l'état solide à 0° C.	0,92g / cm ³
α Chaleur latente pour	
- La fusion	330Kj/Kg
- la vaporisation	2250Kj/Kg
α Pression de vapeur à 25°C	2.38 mg/l
α Viscosité dynamique :	
0°C	1.797 m Pa s
35°C	0.723 m Pa s
α Constants diélectriques à 20°C	80
α Indice de réfraction	1.333



α Capacité calorifique	4,186 kJ/ (kg. K)
α $\Delta_f H^0_{\text{gaz}}$	-241,5 kJ/mol
α $\Delta_f H^0_{\text{liquide}}$	-285,8 kJ/mol

A.3.la qualité de l'eau :

La qualité de l'eau est prise souvent en terme de goût, de pureté d'odeur, et en fonction d'autres propriétés qui déterminent la potabilité de l'eau. La plupart de ces propriétés dépendent des sortes de substances qui sont dissoutes ou en suspension dans l'eau. Pour la plupart des utilisations industrielles, par exemple, l'eau ne doit pas être ni corrosive ni contenir des matières dissoutes qui pourraient former un précipité sur la surface de la machinerie et du matériel. (Nadama, 2007).

A.4. Normes des eaux :

Tableau n°1 : Les normes marocaines des eaux polluées

Paramètres	Unités	Rejets eaux usées
Température	°C	30
pH	-	5,5 <pH< 8,5
Nitrite	mg/l	1
DBO ₅	mg d'O ₂ /l	200
DCO	mg d'O ₂ /l	400
MES	mg/l	30
conductivité	μS/cm	2700
Oxygène dissous	mg/l	5 < O ₂ < 8
Chlorure	mg/l	1500
Sulfate	mg/l	400

c- Estimation d'une pollution :

☞ Rapport (DBO/DCO) :

Si DBO/DCO > 1.5

donc il s'agit d'un effluent domestiques.

Si DBO/DCO < 0.5

donc il s'agit d'un effluent industrielles.

Si DBO/DCO > 0.5

donc il s'agit d'un effluent d'industrie AA.

☞ Rapport (DCO/DBO) :

Si 1 < DCO/DBO < 2.5

c'est un effluent biodégradables.

Si DCO/DBO > 5

c'est un effluent difficilement Biodégradable.

☞ La valeur de la DBO :

Si DBO d'une eau usée est faible, c'est un effluent inhibiteur (Présence des toxines)

Le tableau n°2 : la valeur de la DBO de quelques eaux :

Situation	DBO ₅ (mg/l d'O ₂)
Eau naturelle pure et vive	< 1
Rivière légèrement polluée	1 < c < 3
Egout	100 < c < 400



B. la pollution des eaux :

Les eaux usées sont les eaux rejetées à l'issue d'un processus industriel ou d'une utilisation d'eau domestique, ce sont les eaux souillées par une quelconque utilisation et toute eau circulant dans le réseau d'évacuation.

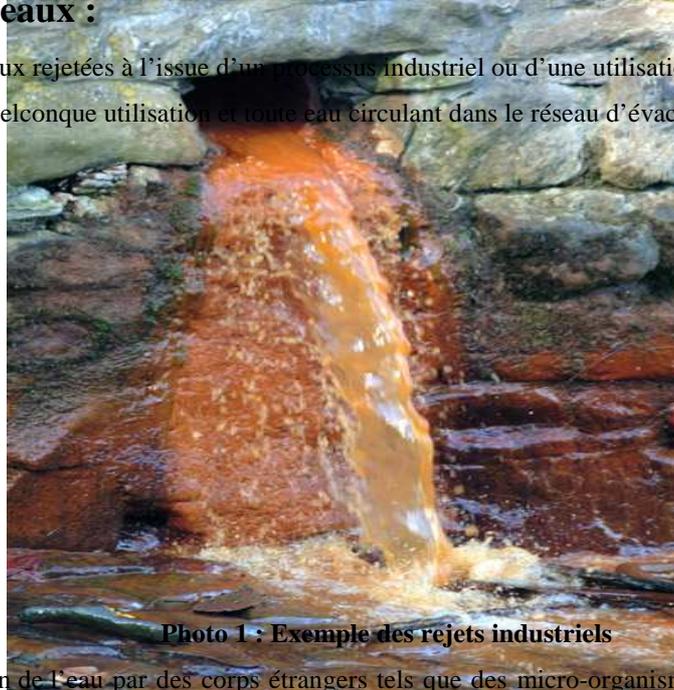


Photo 1 : Exemple des rejets industriels

Il s'agit de la contamination de l'eau par des corps étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres.

Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et les rendent impropres aux usages souhaités.

B-1-Eaux usées domestiques

Ce sont les eaux qui proviennent des sanitaires et des cuisines, des lessives à domicile, du nettoyage des bâtiments tels qu'habitations, bureaux, locaux où est exercé un commerce de gros ou de détail, salles de spectacles, casernes, prisons, établissement d'enseignements, hôpitaux, bassins de natations, hôtels, restaurants, débit de boissons, salons de coiffure, et elles proviennent aussi du lavage des véhicules et de leurs remorques ainsi les eaux qui proviennent des établissements de lavage de linge dont les machines sont utilisées par la clientèle et les eaux de pluie.

B-2-Eaux industrielles

Il s'agit des eaux résiduaires émanant des différentes étapes de procédés de fabrication. La nature et la qualité de cette eau sont diversifiées, elles varient en fonction de la branche industrielle, des techniques de fabrication mises en jeu et du degré de prise en charge de ces rejets par les industriels. (Nyangaly, 1987).

C. Principaux polluants

Les principaux polluants de l'eau sont les eaux usées et autres déchets consommateurs d'oxygène, essentiellement les substances organiques dont leur décomposition entraîne un épuisement de l'oxygène, les agents contaminants, les engrais, les produits chimiques organiques notamment les pesticides, les tensio-actifs et divers produits ou déchets industriels, les produits pétrolières, les minéraux oxydés, les sédiments composés de particules minérales extraits du sol et les substances radioactives provenant des activités nucléaire, industrielle, médicale et scientifique.



De même, les systèmes de refroidissement de l'eau des industries et des centrales, notamment les centrales nucléaires, représentent une source de pollution par réchauffement de la température de l'eau.

Le tableau suivant présente les principaux polluants de l'eau :

Tableau n°3 : Principaux polluants de l'eau.

Catégories	Exemple	Effet sur l'environnement
Déchet organique	Déchet provenant des activités domestiques et industrielles.	<ul style="list-style-type: none">- Surcharge des cours d'eau en matière organique.- Moindre disponibilité pour l'O₂ pour les organismes aquatiques par suite de la consommation, voire de l'épuisement de l'O₂ de l'eau nécessaire à la destruction de ces matières.- Elévation de la température par suite de la dégradation des matières organiques.
Micro-organismes	Bactéries, Virus et Protozoaires rejetés par les égouts. Bactéries et mycètes proliférant dans les eaux contenant de grandes quantités de matière organique.	<ul style="list-style-type: none">- Sources d'épidémie dans les régions ou les pays dépourvu de système de traitement de l'eau.- Déséquilibre des écosystèmes aquatiques à cause de la prolifération incontrôlée des micro-organismes et de la consommation de l'épuisement de l'O₂ de l'eau utilisée par ces micro-organismes pour dégrader la matière organique.
Engrais	Nitrates et Phosphates apportés aux cultures	<ul style="list-style-type: none">- Déversement des engrais non absorbé par les végétaux dans les lacs et les cours d'eau.- Déséquilibre des écosystèmes par suite de la prolifération incontrôlée des algues.
Composés organiques	Détergents, pesticides, insecticides, solvants	Perturbation de l'équilibre des écosystèmes par suite de la concentration de ces substances dans la chaîne alimentaire. même à faible concentration, ces substances sont toxique tératogène ou cancérigène pour les animaux et l'homme situés en bout de la chaîne.
Minéraux	Arsenic, plomb, mercure, cadmium, sélénium.	Perturbation de l'équilibre des écosystèmes par suite de la concentration de ces substances dans la chaîne alimentaire. même à faible concentration, ces substances sont toxique tératogène ou cancérigène pour les animaux et l'homme situés en bout de la chaîne.
Chaleur	Eaux de refroidissement de	Perturbation de l'équilibre des écosystèmes par suite de la modification d'un facteur abiotique important



	différentes industries dont les centrales nucléaires.	agissant directement ou indirectement sur le développement et la croissance des organisme aquatiques.
Matières radioactives.	Rejeté par les centrales nucléaires, les usines de traitements des déchets.	

D. Différent type de pollution

D.1. Pollution chimique

Elle est due au déversement de substances chimiques organiques et inorganiques telles que les hydrocarbures, les détergents, les bioacides (pesticides) et les métaux lourds.

Les matières organiques dégradables, qui réclament pour leur transformation, la présence d'une quantité suffisante d'oxygène, essentiellement des eaux d'égouts urbains, des effluents des industries agricoles (laiteries, porcheries industrielles) et alimentaires, et d'une partie des eaux de papeteries et d'industries textiles.

Les matières organiques non dégradables par les fermentations, c'est-à-dire par l'action de micro-organismes vivants. Ces substances non biodégradables (plastiques, etc.) s'accumulent et imputrescibles.

Les matières minérales en suspension, qui se déposeront par décantation et occuperont le lit de la rivière. Elles proviennent de l'extraction des combustibles minéraux, des minerais, des matériaux de construction, des ateliers de lavage, de la transformation et du conditionnement de ces minerais ou matériaux.

Enfin, les substances minérales dissoutes, toxiques ou désagréables.

En ce qui concerne l'origine de tous ces déchets, nous retrouvons les trois rubriques classiques :

- a- Effluents industriels : Acides, phénols, cyanures, détergents, hydrocarbures...
- b- Effluents agricoles : Epannage excessif d'engrais, de pesticides...
- c- Effluents urbains : Détergents, etc.

Les effets de ces charges polluantes sont multiples :



1-Formation de films et de mousses qui empêchent la réoxygénation de la rivière (il s'y ajoute le développement superficiel des plantes aquatiques (eutrophisation) lié à l'apport de matières organiques).

2-Infiltrations dans les terrains : ex. essence

3-Empoisonnement de la flore et de la faune par les toxiques

4-Difficultés d'épuration dans les stations d'épuration biologiques en raison de l'inhibition des bactéries chargées de la réoxygénation

5-Radioactivité des eaux du fait du développement du déversement des résidus radioactifs dangereux.

D.2.Pollution biologique

Il peut s'agir de pollution par micro-organisme : les germes (bactéries, virus, champignons,...) provenant des égouts peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu aquatique.

La présence de micro-organismes (bactéries, virus) est associée à l'existence d'une pollution fécale. Certains d'entre eux peuvent être dangereux pour l'homme.

Toutefois, on ne sait pas facilement mesurer leur présence dans l'eau des rivières, c'est pourquoi on recherche la présence de bactéries plus courantes (coliformes, streptocoques, entérocoques) qui sont des indicateurs d'un risque de contamination.

D.3.Pollution physique

On parle de la pollution physique lorsque le milieu aquatique est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir :

- D'un rejet d'eau réchauffé ou refroidie par une centrale électrique ou une usine de regazéification de gaz liquide.

- D'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, ...), d'une source de radioactivités ...

Cependant, un rejet n'est jamais une source unique et les différents types de pollution sont mélangés et agissent les uns sur les autres. Ainsi, un égout rejette des déchets organiques, des détergents dont certains s'accompagnent de métaux lourds (pollution chimique), des micro-organismes (pollution biologique), le tout dans de l'eau douce (pollution physique).

D.4.Pollution domestique

Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses (eau de cuisine), matières minérales (eau de salle de bain) et hydrocarbonées, azote, phosphore et potassium (eaux usées des WC), qui polluent l'eau.

Par ailleurs, une personne jette environ d'un kilogramme (1kg) de déchets ménagers par jour : Plastiques, métaux, piles, ampoules...

Parfois négligemment jetés dans la nature, ils polluent les rivières et les nappes d'eau souterraines par ruissellement ou infiltration d'eau.

Une simple pile-bouton, contenant du mercure, peut contaminer 400 litres d'eau. Une bouteille plastique peut durer jusqu'à 1000 ans pour se décomposer dans le milieu naturel.

D.5.Pollution agricole



Les engrais et pesticides mal utilisés polluent les eaux souterraines (en s'infiltrant dans le sol avec l'eau de pluie et d'arrosage) et de surface (en ruisselant). L'emploi excessif d'engrais a fait sensiblement augmenter la quantité de nitrate dans les rivières et nappes phréatiques peu profondes.

Le nitrate est pourtant un élément naturel bénéfique intégré au cycle de l'azote et indispensable à la croissance des végétaux. Il est épandu sous forme organique (déjection animale : fumier, lisier) ou minérale (chimique).

Un emploi excessif de nitrates déséquilibre ce processus : après l'épandage d'engrais azotés, l'eau de pluie, en s'infiltrant, entraîne dans sa course l'engrais que les plantes et les sols n'ont pu absorber. Cette charge azotée s'infiltrer alors jusqu'aux réserves d'eau douce qu'elle pollue.

Il faut toutefois savoir qu'une concentration inférieure ou égale à 50 milligrammes de nitrate par litre d'eau est sans danger. Les sociétés de distribution d'eau veillent scrupuleusement à ne pas dépasser cette norme.

D.6. Pollution industrielle

Les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du procédé industriel.

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...)
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports)
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie)
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...)
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques)
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Progressivement, des solutions sont mises en oeuvre afin de maîtriser le risque de pollution en zone de captation d'eau.

E- Les indicateurs de pollution :

E.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Mesure le caractère acide ($1 \leq \text{pH} \leq 7$) ou basique ($7 \leq \text{pH} \leq 14$) d'une solution par exemple des eaux usées ; l'idéal est d'avoir un pH situé dans les normes.

E.2. Teneur en oxygène dissous

La teneur en oxygène (O_2) dans l'eau est d'autant plus faible que la température et la teneur en sels sont élevées. Pour permettre la vie aquatique dans de bonnes conditions, il faut que les eaux de refroidissement aient conservé une teneur en oxygène (O_2) supérieure à 5 mg/l.

E.3. Matières en suspensions

Les matières susceptibles de se déposer si le temps de sédimentation est suffisamment long. Le test consiste à séparer par centrifugation ou filtration ces matières de l'eau et à en exprimer la quantité en mg/l.

E.3. Azotes



Il existe sous différentes formes ; oxydantes et réductrices :

- Les Nitrates : constituent le stade final de l'oxydation de l'azote.
- Les Nitrites : constituent une étape importante dans le cycle de l'azote, ils s'insèrent entre l'ammoniaque et les nitrates.

E.4. Phosphores

Pour mesurer la pollution de l'eau, on utilise aussi le phosphore total, les phosphates des paramètres microbiologiques, tels que le nombre de coliformes fécaux, et des paramètres chimiques variés, envisagés en fonction de l'environnement local, tels que teneur en métaux lourds, pesticides, etc.

E.5. Métaux lourds

Les métaux utilisés dans des divers processus industriels, éléments dangereux pour la santé, ils s'accumulent dans l'organisme vivant et peuvent provoquer de grave intoxication. Se sont des micropolluants de nature à entraîner les nuisances même quand ils sont rejetés en quantité en proportion (mesurées en microgrammes par litre) sont souvent compensées par un effet volume compte tenu de l'importance des débits d'eau.

F. Toxicité des eaux usées

Le problème des eaux usées est presque toujours en relation avec la santé, que ces eaux soient ou non nocive pour l'homme.

En effet, les cours d'eau dans lesquels ces eaux usées sont déversées perdent de leur valeur et leur attrait pour la population, car la possibilité de les utiliser se trouve réduite. Deux catégories industrielles sont particulièrement nocives : celles dont la toxicité est dangereuse pour l'homme et celles qui sont infectieuses.

Dans les pays développés, la quasi totalité des excréta humains est évacuée de façon hygiénique à l'aide de systèmes d'égouts, de fosses septiques ou par d'autres moyens. Dans ces pays cependant, des quantités considérables d'eaux usées sont déversées dans l'environnement sans traitement adéquat. Dans les pays en développement, la situation de l'assainissement est toute autre. Une petite fraction de la population, en gros 10% essentiellement dans les villes, a accès à des systèmes d'égouts, et une proportion légèrement supérieure, en gros 20%, dispose de formes quelconques d'installations d'assainissement à domicile. Mais l'immense majorité - environ 65% - n'a aucun système d'évacuation hygiénique des excréta.

Sur la population non desservie des pays en développement (2,9 milliards), 80% vit dans des zones rurales. Dans la plupart des cas, les excréta sont recyclés pour être utilisés dans l'agriculture ou déposés sur le sol sans destruction préalable des germes pathogènes qui, pour la plupart, finissent par contaminer les eaux de surface et les nappes phréatiques, où ils survivent parfois pendant de très longues périodes. Il n'est donc pas surprenant que des maladies infectieuses comme les maladies diarrhéiques, la schistosomiase, Paludisme, Ascariadiase et l'hépatite soient endémiques dans ces régions. La plus grande partie de ces matières organiques biodégradables sont évacuées sans pratiquement aucun traitement, de sorte que l'environnement est pollué par des organismes extrêmement dangereux pour la santé de l'homme.

F-1- Impacts sanitaires et environnementaux

Les circuits de collecte et d'élimination n'existent pas dans tous les cas, ou s'ils existent, sont onéreux ou peu connus des détenteurs. La conséquence est souvent que ces produits, dont la toxicité peut être importante, se retrouvent



rapidement dans le réseau des eaux usées, dans les déchets municipaux ou directement dans le milieu naturel.

Les risques liés aux rejets des déchets toxiques produits de façon diffuse sont nombreux :

Déversés dans les réseaux d'assainissement, ils perturbent le fonctionnement de l'outil d'épuration et altèrent la qualité des boues de station d'épuration, valorisables en agriculture.

Mélangés aux ordures ménagères ou aux déchets banals, ils font courir un risque au personnel de collecte et aux installations de traitement. Ils peuvent gêner le fonctionnement des unités de traitement ou de valorisation (compost non conforme à la norme NFU 44 041, mâchefers chargés en métaux lourds et non valorisable en technique routière).

Directement rejetés dans le milieu naturel, les micro-polluants organiques et métalliques qui les composent s'accumulent dans les maillons de la chaîne alimentaire, polluent les sols et les eaux et peuvent dégager des vapeurs toxiques.

Ces déchets sont trop souvent mal gérés :

- Mal identifiés et stockés, ils présentent un risque pour les travailleurs et même pour le personnel de l'entreprise ou du laboratoire.

- Mal éliminés, ils constituent un danger pour l'environnement et les personnes.

F-2- Traitement et surveillance

Au sens large, l'assainissement a pour but de contrôler ou de modifier l'environnement physique afin de prévenir la transmission de maladies aux populations humaines. Concrètement, il s'agit de garantir l'accès à des quantités suffisantes d'eau saine, l'évacuation hygiénique des excréta humains et des déchets domestiques, ainsi que de modifier les comportements par une éducation à l'hygiène.

Le Conseil exécutif de l'OMS a lancé un appel à l'action pour aider ceux qui ont le plus besoin de services d'assainissement. Préoccupé par "le nombre important et croissant de personnes dans le monde qui ne sont pas équipées d'un système d'assainissement et vivent dans des communautés qui devraient bénéficier de mesures d'assainissement à titre hautement prioritaire en raison du risque particulièrement élevé que représentent les maladies liées au manque d'hygiène," le Conseil exécutif a adopté à sa présente session une résolution demandant instamment aux Etats Membres "de réorienter et renforcer leurs programmes d'assainissement afin de veiller à ce que la priorité soit accordée aux communautés particulièrement exposées en raison du manque d'hygiène".

L'assainissement peut contribuer à réduire l'incidence des maladies infectieuses de 20 à 80% en empêchant l'apparition ou en interrompant la transmission des maladies. Jouir durablement d'une bonne santé est impossible, en particulier pour les enfants, en l'absence de conditions d'hygiène satisfaisantes. Les pays dans lesquels les taux de mortalité infanto-juvénile sont les plus élevés et les revenus et l'espérance de vie les plus faibles sont aussi ceux où les installations d'assainissement sont les plus précaires.



La zone d'étude :

La zone d'étude ciblée constitue des stations collectrices des eaux usées à la ville de Fès (voir fiche technique des points de prélèvement dans l'annexe).

Les études de la qualité des eaux comportent trois étapes :

- L'échantillonnage
- L'analyse
- L'interprétation des résultats

I- Prélèvement des échantillons

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser.

La reconnaissance du réseau de déversement des eaux usées a permis d'opter pour douze points de rejets trois (3) prélèvements chacun.

Les échantillons sont prélevés dans des conditions d'asepsie rigoureuse pour éviter toute contamination accidentelle durant la manipulation.

I-1. Modalité de prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé comme suit :

- 1- Les flacons en verre conçus pour les prélèvements d'eau sont préalablement lavés, rincés soigneusement avec de l'eau distillée pour éliminer toute trace d'un éventuel détergent.
- 2- Au moment du prélèvement, le flacon est rincé avec de l'eau à analyser.
- 3- Le prélèvement manuel est effectué au niveau d'une zone assez agitée par le courant de l'effluent où le risque de sédimentation est très faible.
- 4- Les flacons remplis complètement sont fermés hermétiquement puis recouverts avec du coton.

I-2. Représentabilité des échantillons

Les flacons remplis sont soigneusement étiquetés, conservés dans une glacière et transportés au laboratoire dans la même journée pour les analyses.

II- Les analyses physico-chimiques

La connaissance de certains paramètres physico-chimiques donne une appréciation préliminaire de la qualité et le degré de la pollution d'une eau.

II-1. Paramètres physiques

II-1-1 Température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.



La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes.

La mesure est effectuée sur place au moment du prélèvement de l'échantillon par un thermomètre.

II-1-2-Conductivité électrique (EC)

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm.

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées.

L'appareil de mesure de la conductivité est le conductimètre. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre(S/m), mais dans le cas de l'eau on utilise généralement le microsiemens par centimètre (µS/cm).

II-1-3-Matières en suspension

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'oeil nu. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

La détermination des matières en suspension dans les eaux usées se fait soit par filtration sur membrane, soit par centrifugation.

Méthode par filtration sur membrane:

- Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

- Matériel

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression.
- Disques filtrants en fibre de verre.

- Mode opératoire

Laver le disque de filtration à l'eau, le sécher à 105°C jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg après passage au dessiccateur.

Le mettre en place sur l'équipement de filtration verser un volume V d'échantillon sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10ml distillée. faire passer sur le filtre cette eau de lavage.

Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C, laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1mg près, jusqu'à poids constant.

- Expression des résultats

La teneur de l'eau en matière en suspension est donnée par l'expression :

$$\frac{(M1 - M0) \times 1000}{V}$$

Avec :

M0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg)

M1 = masse du disque filtrant après utilisation

V = volume d'eau utilisé

II-2- Paramètres chimiques



II-2-1- pH

Le pH mesure l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, qui est toxique.

La mesure est effectuée sur place au moment du prélèvement de l'échantillon par un PH-mètre.

II-2-2-Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

Globalement, plus la concentration en oxygène dissous (OD) est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution est grande.

L'oxygène dissout est déterminé à l'aide d'un appareil multi-paramètre analyser.

II-2-3- Dosage des orthophosphates

- **Principe :**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

- **Réactifs :**

- Solution d'acide sulfurique (5N).
- Solution de NaOH à 120g/l.
- Tartrate double d'antimoine et de potassium.
- molybdate d'ammonium.
- Solution d'acide ascorbique à 20 g/l.
- Réactif combiné.
- Solution mère de phosphate à 50 mg
- Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore.

- **Courbe d'étalonnage**

Tableau n°4 : Gamme d'étalonnage d'orthophosphates

	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 1mg/l	0	1	5	10	15	20
d'acide ascorbique	1	1	1	1	1	1
Réactif combiné	4	4	4	4	4	4
Eau distillée	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg/l de P	0	0.05	0.25	0.5	0.75	1

- **Mode opératoire :**



- Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire (avec NaOH à 120g/l ou d'acide sulfurique 15 %)
- Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.

- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 20 ml, la courbe donne directement la teneur en orthophosphates en mg/l de phosphore.

II-2-4-Dosage des sulfates

- **Principe :**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum.
Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de tween 20.

- **Réactifs :**

- Solution de HCl en 1/10.
- Solution de Tween 20 à 25%.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée.
- Solution étalon de sulfate de sodium à 120 mg/l de SO_4^{2-} .

- **Courbe d'étalonnage**

Tableau n°5 : Gamme d'étalonnage des sulfates

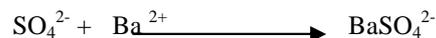
N° des tubes	T	1	2	3	4	5	6
Solution étalon de SO_4^{2-}	0	1	3	5	7	9	10
Eau distillée	39	38	36	34	32	30	29
HCl au 1/10	1	1	1	1	1	1	1
Solution chlorure de baryum	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/l	0	3	9	15	21	27	30

Agiter 2 ou 3 fois énergétiquement, après 15 min de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650 nm.

- **Mode opératoire :**

Dans un tube, introduire successivement :

- 39 ml d'eau à analyser.
- 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 ;
- 5 ml de la solution de baryum + Tween20.
- La réaction mise en jeu



- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 39 ml. La courbe donne directement la teneur en sulfate exprimée en mg/l de SO_4^{2-} .

II-2-5-Oxydabilité au permanganate de potassium (indice de permanganate)

Méthode à chaud :

- **Principe :**

L'eau est portée à ébullition en présence d'une solution diluée de KMnO_4 dont l'excès est dosé après 10 min exactement d'ébullition

- **Réactifs :**

Solution de KMnO_4 (n/80) : (1 ml KMnO_4 correspond à 0.1 mg d' O_2)

Solution de sulfate de fer et d'ammonium à 25g/l

- **Mode opératoire :**

- Porter à l'ébullition 100 ml d'eau additionnée de 10ml de solution d'acide sulfurique



- Ajouter 50 ml de KMnO_4 et maintenir l'ébullition pendant 10 min
 - Refroidir rapidement et décolorer franchement par la solution de sulfate de fer d'ammonium.
 - Titrer ensuite l'excès de réactif par KMnO_4 (N80).

- **Expression des résultats :**

$$I = 16x (V_1 - V_0) / V_e$$

Avec :

- 16 : équivalent en O_2 exprime en mg / mmol .
- V_0 : volume en ml de solution de KMnO_4 consommé par l'essai à blanc.
- V_1 : volume en ml de solution de KMnO_4 consommé par l'essai (titrage).
- V_e : en ml de solution de KMnO_4 par le titre de permanganate ($V_e = 50 \text{ml}$).

II-2-6- Dosage des chlorures

- **Principe :**

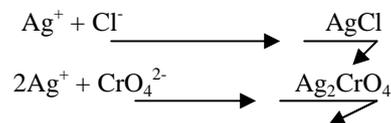
Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4). La fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge caractéristique du chromate d'argent (Ag_2CrO_4).

- **Réactifs :**

- solution de chromate de potassium à 10%.
- solution de nitrate d'argent 0.1N.

- **Mode opératoire :**

- Introduire 100 ml d'eau à analyser préalablement filtrée, dans une fiole conique de 250 ml.
 - ajouter 3 gouttes de solution de chromate de potassium 10%.
 - Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre.
- Réactions mise en jeu :



- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 100ml :

- Tombée de burette x 35.5 donne la teneur en chlorures, exprimée en mg de Cl^- par litre d'eau.
- Tombée de burette x 58.5 donne la teneur en chlorures, exprimée en mg de NaCl par litre d'eau.

II-2.7- Dosage de l'Azote

a- Dosage des nitrites : Méthode au salicylate de sodium :

- **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent le paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Réactifs :**

- solution étalon d'azote nitrique à 0.1 g/l
- solution fille étalon d'azote nitrique à 0.005g/l
- solution de salicylate de sodium à 5%
- acide sulfurique concentré
- solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.

- **Courbe d'étalonnage :**



Tableau n°6 : Gamme d'étalonnage des nitrites

N° des tubes	T	1	2	3	4
Solution fille d'azote nitrique (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1
Correspondance (mg/l) en azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5

- **Mode opératoire :**

Évaporer à sec à 80°C les solutions préparées y compris l'échantillon jusqu'à l'apparition d'un résidu sec. Laisser refroidir, récupérer le résidu en ajoutant 2 ml de H₂SO₄ concentré en ayant soin de l'humecter complètement.

Attendre 10 min, puis ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double et NaOH : apparition de la coloration jaune.

Lire à $\lambda = 415\text{nm}$.

- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes pas litres d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO₃⁻) en doit multiplier par 4.43.

b-dosage des nitrites : Méthodes au réactif de ZAMBELLI

- **Principe**

Le réactifs de ZAMBELLI est constitué par : l'acide sulfanilique, l'acide chlorhydrique, chlorure d'ammonium et de phénol.

Ce réactif forme avec les ions NO₂⁻ un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

- **Réactifs :**

- ammoniac pur (d=0.925)
- réactif de Zambelli
- solution mère étalon de NO₂⁻ à 0.23 g/l
- solution fille étalon d'ion NO₂⁻ à 0.0023 g/l

- **courbe d'étalonnage**

Tableau n°7 : Gamme d'étalonnage des nitrates

	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0.0023 g/l	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de ZAMBELLI	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 min et ajouter :						
Ammoniac pur	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO ₂ ⁻	0	0.046	0.23	0.46	0.69	0.92

- **Mode opératoire**

Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de réactif de ZAMBELLI.

Agiter et laisser au repos 10 min. ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pure, effectuer la lecture au spectromètre à $\lambda = 435\text{nm}$.

- **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO₂⁻, exprimée en mg/l d'eau.

Cette valeur multipliée par 0.305 donne la teneur en azote nitreux exprimée par mg/l.

II-2-8-Détermination de la demande biochimique en oxygène



La demande biochimique en oxygène (DBO₅) évalue la quantité d'oxygène nécessaire à la biodégradation des matières oxydables, d'origine organique d'un effluent.

La DBO₅ correspond à la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes présents dans l'échantillon, après incubation durant 5 jours à 20°C et à l'obscurité. Elle permet d'apprécier la charge du milieu considérée en substances putrescibles, son pouvoir auto épurateur, et d'en déduire la charge maximale acceptable. Elle informe sur le degré et la nature des pollutions et les risques d'asphyxie du milieu.

Méthode instrumentale : OXITOP

- **Description de l'appareil :**

L'OXITOP est un appareil qui permet de mesurer la DBO₅ à une température constante de 20°C, c'est une enceinte thermostatique avec un système d'agitation.

Cette appareil est sous forme des flacons bruns de Winkler qui se ferment avec des têtes qui contiennent des microprocesseurs qui ont pour rôle convertir la valeur digit en DBO.



Photo 2 : flacons bruns de Winkler



- **Mode opératoire :**

- Rincer le flacon avec l'échantillon.
- Mesurer exactement la quantité de l'échantillon (bien homogénéiser) pour remplir le flacon.
- Mettre le barreau magnétique dans le flacon
- Insérer le godet à soude dans le goulot de la bouteille
- Mettre 2 comprimés de soude dans le godet à soude avec une pince.
- (Attention : les comprimés ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon !)
- Fermer hermétiquement le flacon avec l'OXITOP.
- Commencer la mesure : presser simultanément les touches M et S pendant 2 seconds. L'afficheur indique 00.
- Garder le flacon avec l'OXITOP 5 jours à 20°C (dans un incubateur) en assurant une bonne agitation. L'OXITOP démarre automatiquement la mesure de consommation en oxygène.
- Pendant 5 jours, l'échantillon est agité en continu. L'OXITOP enregistre automatiquement une valeur toute les 24h. Pour connaître la valeur actuelle presser la touche M.
- Après 5 jours, lire les valeurs mémorisées : presser sur la touche S.
- Convertir les valeurs affichées (digit) en valeur DBO suivant la relation et selon la table de dilution:

$$\text{digits} \times \text{facteur} = \text{DBO}_5 \text{ en mg/l}$$



Tableau n°8 : la table de dilution

DBO ₅ en mg/l	Volume de l'échantillon en ml	Facteur
0 – 40	432	1
0 – 80	365	2
0 – 200	250	5
0 – 400	164	10
0 – 800	97	20
0 – 2000	43.5	50
0 – 4000	22.7	100

II.2.9. Détermination de la demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène quantifie l'oxygène nécessaire à l'oxydation de la majeure partie des composés et sels minéraux oxydables. Informent sur le degré et la nature des pollutions et les risques d'asphyxie du milieu.

Méthode instrumentale (DCO mètre)

- **Gamme d'étalonnage :**

Tableau n°9 : Gamme d'étalonnage de la DCO

	DCO (mg d'O ₂ /l)	Solution de glucose (mg/l)
Solution 1	500	458.72
Solution 2	1000	917.45
Solution 3	2000	1834.9
Solution 4	4000	3669.81

- **Mode opératoire :**
 - Introduire 2 ml d'échantillon dans un tube de DCO.
 - Ajouter 0.04 g de HgSO₄
 - 3 ml de Ag₂SO₄
 - Et 1 ml de K₂Cr₂O₇ ; agiter
 - Placer les tubes dans le DCO mètre à 148 °C pendant 120min
 - Laisser refroidir
 - Passer à la lecture au spectrophotomètre à 585 nm.

Le tableau suivant résume les méthodes utilisées pour l'analyse des différents paramètres :

Table n°10: Méthodes d'analyse des différents paramètres.

Paramètres	Méthodes d'analyse
T (°C)	Thermomètre à mercure
pH	pH-mètre
Conductivité électrique	Conductimètre
MES	Méthode par filtration sur fibre de verre



Nitrites	Diazonation en milieu chlorhydrique de H_2SO_4 . Copulation en milieu ammoniacal avec du phénol et dosage colorimétrique du complexe formé avec les nitrites.
Nitrates	Transformation des nitrates en dérivé nitro-phénol sulfurique coloré, puis dosage par spectrophotométrie de ce dérivé.
Sulfates	Méthode néphélométrique : les ions SO_4^{4-} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et mesurés au spectrophotomètre à la λ de 650nm.
O-phosphates	Colorimétrie à la longueur d'onde de 700nm.
Chlorures	Méthode de Mohr : dosage des chlorures par une solution de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium
Oxydabilité au $KMnO_4$	Méthode à chaud
DBO_5	Méthode instrumentale : OXITOP
DCO	Méthode instrumentale (DCO mètre)

Résultats et discussion



CONCLUSION

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux usées des points étudiés ont montrés que ces rejets liquides ne répondent pas aux normes marocaines des eaux usées, notamment les rejets industriels qui renferment des teneurs élevées en charge polluante et qui dépasse largement la norme fixée pour quelques paramètres tels que les sulfates, nitrites et la conductivité. Ce qui provoque des problèmes pour la santé et des effets néfastes pour l'environnement. Donc la mise en place des stations d'épuration s'avère primordial au niveau des collecteurs et même au niveau des usines industriels. En effet, la station d'épuration est une véritable « machine à laver de l'eau » qui permet de respecter l'environnement en rejetant dans le milieu naturel des eaux propres réduite des charges polluantes.

Le besoin de cet élément devient de plus en plus très important d'où l'importance d'économiser, lutter contre la pollution de l'eau.