



كلية العلوم  
والتقنيات - مراكش  
FACULTÉ DES SCIENCES  
ET TECHNIQUES - MARRAKECH

UNIVERSITÉ CADI AYAD

Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech

Département des Sciences de la Terre

Laboratoire de Géo ressources (URAC 42)



**Licence Es Sciences et Techniques**

**Eau & Environnement**

**Caractérisation des rejets domestiques et industriels  
et leurs impacts sur les eaux souterraines, Dans le  
Bassin du Tensift, (Maroc)**

**Réalisé par :**

ARAGROUG MOHAMED AMINE  
ENNABO YASSINE

**Soutenu :**

Le 23 juin 2018

**Devant le jury composé de :**

Pr. Ali RHOUJJATI : ( FST –Marrakech), Encadrant

MR. Rabiae BENADDI: (ABHT), Encadrant

Pr. Nadia KHAMLI : (FST–Marrakech), Examineur

Année universitaire : 2017/ 2018

## DÉDICACES

---

*A nos chers parents,*

Mais aucune dédicace ne serait témoins de notre profond amour, notre immense gratitude et notre plus grand respect, car nous nous ne pourrions jamais oublier la tendresse et l'amour dévoué par lesquels ils nous ont toujours entourés depuis notre enfance. Ils ont toujours été présents pour les bons conseils. Leur affection et leur soutien ont été un grand secours au long de notre vie professionnelle et personnelle. Qu'ils trouvent dans ce modeste travail notre reconnaissance pour tous leurs efforts.

Nous dédions aussi ce travail à toute la famille, à tous nos amis, et à tous ceux que nous aimons et à toutes les personnes qui nous ont prodigué des encouragements et se sont données la peine de nous soutenir durant ces trois ans de formation.

A nos chers Professeurs de la filière Eau et Environnement, sans aucune exception.

A tous les membres de l'administration de la Faculté des Sciences Et Techniques Marrakech.

A tous les membres de l'administration de l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift.

## REMERCIEMENT

---

*Nous adressons nos profonds remerciements à Monsieur R. BENADDI, notre encadrant à L'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift, pour son temps, son encadrement, et ses conseils.*

*Ensuite nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Monsieur A. RHOUJJATI pour sa disponibilité, ses conseils, ses critiques constructives ainsi que son grand soutien pour pouvoir mener à terme ce travail.*

*Nous remercions aussi tous les professeurs du département de science de la terre de la faculté des Sciences et Techniques, pour leurs soutiens et leurs conseils.*

*Par ailleurs, la réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans le soutien moral et effectif de nos familles. Nous remercions donc nos parents pour leur appui et leur soutien durant toutes nos années d'études.*

*Nos remerciements vont également à toute personne qui a aidé de manière directe ou indirecte à la réalisation de ce mémoire. Nos amis et nos frères pour leur encouragement et leur soutien moral. Nous leur exprimons nos vifs remerciements.*

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

---

**ABHT** : Agence du Bassin Hydraulique du Tensift

**AFNOR** : Association française de normalisation

**B.A** : Boues activées

**DBO5** : demande biochimique en Oxygène en au bout de cinq jours

**DCO** : demande chimique en Oxygène

**F.I.F.P** : filtre imbriqué combiné avec filtre planté (traitement tertiaire)

**F.P.R** : filtre planté a roseaux

**IP** : infiltration-percolation

**L** : lagunage naturel

**MES** : matière en suspension

**NTU** : *Nephelometric Turbidity Unit*

**STEP** : Station d'Épuration des eaux usées

**UFC** : Unité Faisant Colonie

**1** : AL HAOUZ

**2** : MARRAKECH

**3** : CHICHAOUA

**4** : ESSAOUIRA

**5** : RHAMNA

**6** : EL KELAA DES SRAGHNAS

**7** : SAFI

**8** : YOUSOUFIA

## TABLE DES MATIERES

<b>DÉDICACES</b> .....	<b>1</b>
<b>REMERCIEMENT</b> .....	<b>2</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>8</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
<b>II. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....	<b>11</b>
II.1 Caractéristiques physiques de la zone d'étude .....	11
II.2 Cadre administratif et population .....	11
II.3 Climat .....	11
II.4 Précipitation.....	11
II.5 Température.....	12
II.6 Evaporation .....	12
II.7 Erosion.....	13
II.8 Evaluation des ressources en eau .....	13
II.8.1 Ressources en eau de surface .....	13
II.8.2 Ressources en eau souterraine.....	15
<b>III. Cadre réglementaire</b> .....	<b>18</b>
III.1 Introduction .....	18
III.2 Déversement des eaux usées .....	18
III.3 La redevance.....	18
III.4 Les valeurs limites de rejets .....	19
III.5 La Réutilisation des eaux usées.....	19
<b>IV. Définitions et techniques d'analyses des paramètres physico-chimiques et biologiques</b> .....	<b>21</b>
IV.1 Définition des paramètres.....	21
IV.2 Les prestations de chantier .....	25
IV.3 Analyses au laboratoire .....	27
<b>V. Résultats et discussion</b> .....	<b>28</b>
<b>V.1 Les rejets domestiques</b> .....	<b>28</b>
V.1.1 Introduction .....	28
V.1.2 Représentation graphique et interprétation des données .....	28
<b>V.2 STEP</b> .....	<b>34</b>
V.2.1 Introduction .....	34
V.2.2 Représentation graphique et interprétation des données .....	35

<b>V.3 Les rejets industriels</b> .....	46
V.3.1 Introduction .....	46
V.3.2 Représentation graphique et interprétation des données .....	46
<b>V.4 Décharge</b> .....	58
V.4.1 Introduction .....	58
V.4.2 Représentation graphique et interprétation des données .....	58
<b>VI. Impact des rejets domestiques et industriels sur les eaux souterraines</b> .....	68
VI.1 Introduction .....	68
VI.2 Impact des rejets domestiques .....	68
VI.3 Impact des rejets de STEP .....	69
VI.4 Impact des rejets industriels .....	70
VI.5 Impact des lixiviats de décharges .....	72
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	73
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	74
<b>ANNEXES</b> .....	79

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : Carte des précipitations moyennes annuelles (mm) : 1945-2010 (ABHT 2010).....	12
Figure 2: Situation des stations hydrologiques (ABHT 2010) .....	14
Figure 3 : Carte des points de rejets sur le bassin Tensift (Arc Gis) .....	25
Figure 4 : Représentation des mesures de MES, DCO et DBO5 (mg/l) dans les rejets domestiques.....	28
Figure 5 : Représentation des mesures de la conductivité électrique et de la turbidité dans les rejets domestiques .....	30
Figure 6 : Représentation des mesures de l’ammonium, l’azote kjeldahl, phosphate et le phosphore total dans les rejets domestiques.....	32
Figure 7 : Représentation des mesures des coliformes fécaux et totaux dans les rejets domestiques.....	33
Figure 8: Représentation des mesures du chlore et du sulfate dans les rejets domestiques .....	34
Figure 9 : Histogrammes des mesures de DCO, DBO5 et MES en entrée et en sortie des STEP.....	37
Figure 10 : Histogramme de mesure de CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) à l’entrée et à la sortie des STEP .....	39
Figure 11 : Histogrammes des mesures de NTK et PT (mg/l) à l’entrée et à la sortie des STEP .....	40
Figure 12 : Histogramme des mesures des CF et CT (UFC /100ml). $10^{*}-6$ en entrée et en sortie des STEP .....	42
Figure 13 : Histogrammes des mesures de $\text{SO}_4$ et Cl (mg/l) en entrée et en sortie des STEP .....	43
Figure 14 : Histogramme des mesures des huiles et graisses (mg /l) en entrée et en sortie des STEP.....	45
Figure 15 : Histogramme des mesures des Hydrocarbures (mg/l) en entrée et en sortie de quelques STEP. ....	46
Figure 16 : Représentation des mesures de la conductivitéélectrique(CE) dans les rejets industriels .....	47
Figure 17 : Représentation des mesures de MES dans les rejets industriels .....	48
Figure 18 : Représentation des mesures de DBO5 dans les rejets industriels .....	48
Figure 19 : Représentation des mesures de DCO dans les rejets industriels .....	49
Figure 20 : Représentation des mesures de la turbidité dans les rejets industriels .....	50
Figure 21 : Représentation des mesures d’O <sub>2</sub> dissous dans les rejets industriels .....	50
Figure 22 : Représentation des mesures d’Azote Kjeldahl dans les rejets industriels .....	51
Figure 23 : Représentation des mesures du phosphore total dans les rejets industriels .....	52

Figure 24 : Représentation des mesurés de Chlore dans les rejets industriels.....	53
Figure 25 : Représentation graphique des teneurs en sulfate dans les rejets industriels .....	53
Figure 26 : Représentation des teneurs de CF dans les rejets industriels.....	54
Figure 27 : Représentation des teneurs de CF dans les rejets industriels.....	54
Figure 28 : Représentation des teneurs de phénol dans les rejets industriels.....	55
Figure 29 : Représentation des mesures de conductivité électrique dans les lixiviats de décharges.....	58
Figure 30 : Représentation des mesures de DBO5 dans lixiviats de décharges .....	59
Figure 31 : Représentation des mesures de DCO dans lixiviats de décharges .....	60
Figure 32 : Représentation des mesures de MES dans lixiviats de décharges .....	60
Figure 33 : Représentation des mesures de la turbidité dans lixiviats de décharges .....	61
Figure 34 : Représentation des mesures de O2 dissous dans le lixiviat de décharges .....	62
Figure 35 : Représentation des mesures d'azote dans lixiviats de décharges.....	62
Figure 36 : Représentation des mesures de phosphore total dans lixiviats de décharges .....	63
Figure 37 : Représentation des mesures de chlore dans lixiviats de décharges .....	64
Figure 38 : Représentation des mesures de coliformes totaux dans lixiviats de décharges .....	64
Figure 39 : Représentation des mesures de coliformes fécaux dans lixiviats de décharges.....	65
Figure 40 : Histogrammes des mesures d'Al, Fe, Cu, Ni, Cd, Co, As, Pb, Cr, Hg, Mn et Zn (ppm) en entrée et en sortie des STEP ( <b>ANNEXE</b> ).....	80
Figure 41 : Histogrammes des mesures de Mn, Zn, Al, Pb, Fe, Hg, Ni, Cu, As, Co, Cd et Cr (ppm) dans les rejets industriels ( <b>ANNEXE</b> ).....	81
Figure 42 : Histogrammes des mesures de Pb, Co, Cd, Cu, As, Ni, Cr, Hg (ppm) dans les lixiviats de décharges ( <b>ANNEXE</b> ) .....	83

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Récapitulatif des ressources en eau souterraine exploitables (en Mm <sup>3</sup> /an) -----	16
Tableau 2 : Conservation des échantillons -----	26
Tableau 3 : Méthodes d'analyse pour les différents éléments chimiques -----	27
Tableau 4 : Les méthodes d'analyse pour les différents éléments bactériologiques -----	27
Tableau 5 : Calcul du rendement d'élimination de la DCO et la MES par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT -----	37
Tableau 6 : Calcul du rendement d'élimination de la DBO <sub>5</sub> par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT -----	38
Tableau 7 : Calcul du rendement d'atténuation de la CE par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT -	39
Tableau 8 : Calcul du rendement d'élimination de NTK et PT par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT -----	41
Tableau 9 : Calcul du rendement d'élimination des coliformes fécaux et totaux par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT -----	42
Tableau 10 : Qualité des eaux des puits en aval des rejets domestiques étudiés -----	69
Tableau 11 : Qualité des eaux des puits en aval des STEP étudiées-----	70
Tableau 12 : Qualité des eaux des puits en aval des rejets industriels étudiés -----	71
Tableau 13 : Qualité des eaux des puits en aval des décharges étudiées -----	72
Tableau 14 : Valeurs Limites Générales de Rejet applicable aux déversements des eaux usées ne disposant pas des Valeurs Limites Spécifiques de rejet -----	77
Tableau 15 : Valeurs Limites Générales de Rejet applicable aux déversements des eaux usées ne disposant pas des Valeurs Limites Spécifiques de rejet(Suite)-----	77
Tableau 16 : valeurs limites spécifiques des rejets domestiques -----	78
Tableau 17 : les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation-----	78

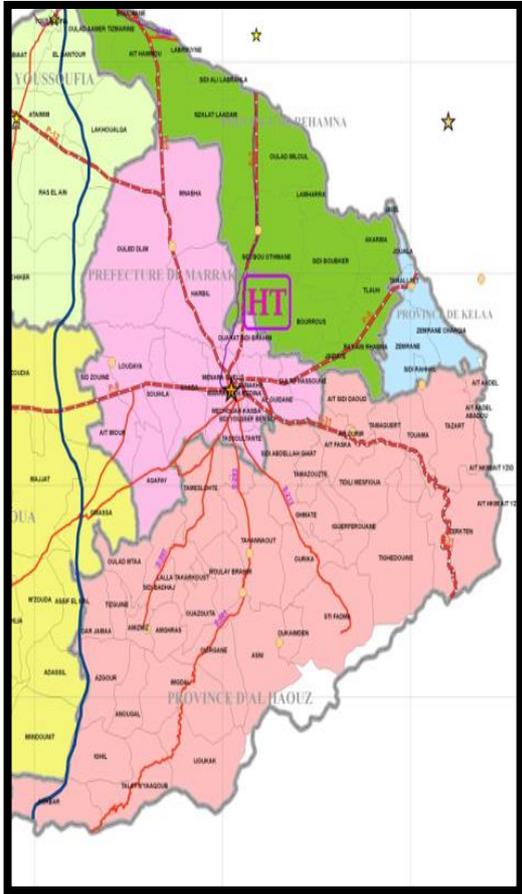
## **I. INTRODUCTION**

---

L'accroissance démographique, économique et urbaine est à l'origine de différentes sources de pollution environnementale, surtout dans les pays en voie développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires. Parmi ces sources de pollution, la production des eaux usées qui sont souvent rejetées dans le milieu naturel sans traitement préalable. Cette pollution génère de nombreuses maladies qui peuvent être à l'origine de certaines épidémies. Ces rejets peuvent contenir des éléments toxiques et nocifs pour la santé entraînant ainsi la détérioration de la qualité des ressources en eau. Et pour la préservation de cette dernière, le déversement des eaux usées doit être autorisé par l'ABHT comme le stipule la loi n°36-15 fixant des valeurs limites de rejet à respecter. Une redevance à payer s'impose dans le cas d'une infraction de ces limites.

La présente étude porte sur l'analyse des paramètres physico-chimique et biologique mesuré aux niveaux des rejets domestiques et industriels situés dans la zone d'action de l'ABHT, et constitue l'objectif principal de ce mémoire. Elle porte également sur la qualité des eaux tout en identifiant le potentiel impact des rejets sur les ressources en eaux souterraines localisées en aval des rejets étudiés.

Le sujet entre dans le cadre d'un projet de fin d'études de la licence « Eau et Environnement », à la faculté des sciences et techniques de Marrakech, en collaboration avec l'agence du bassin hydraulique Tensift.



## DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

## **II. . DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE**

---

### **II.1 Caractéristiques physiques de la zone d'étude**

Sur le plan géographique, la zone du Plan intègre des paysages très contrastés : des reliefs du Haut Atlas aux plaines alluviales du Haouz de Marrakech, aux dépressions endoréiques de la Bahira et à la bande côtière d'Essaouira. Elle représente une aire d'investigation globale d'environ 24800 km<sup>2</sup>, comprenant les bassins du Tensift (19.800 km<sup>2</sup>) et les bassins du Ksob-Igouzoulen (5.000 km<sup>2</sup>).

### **II.2 Cadre administratif et population**

La zone du plan compte administrativement :

- La totalité de la préfecture de Marrakech et des provinces de Chichaoua, d'Al Haouz et d'Essaouira ;
- Une partie des provinces d'El Kelaa des Sraghnas, de Rhamna, de Safi, de youssoufia, de Taroudant et d'Agadir Ida Ou Tanane.

La population de la zone du plan est de 2 734 235 habitants selon le recensement général de la population de 2004. Elle représente plus de 9% de la population nationale. Elle passerait à 3.2 millions en 2030, soit une progression globale de l'ordre de 20%.

### **II.3 Climat**

En raison de son étendue et de son relief, la zone du plan se caractérise par un climat très différencié d'une zone à l'autre. Ainsi, le climat est semi-aride influencé par le courant froid des Canaries dans la zone côtière, semi-aride chaud dans les Jbilet et continental de type aride dans le Haouz et le Mejjate.

### **II.4 Précipitation**

Les précipitations sont faibles et caractérisées par une grande variabilité spatio-temporelle. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 250 mm à Marrakech et peut atteindre 800 mm sur les sommets de l'Atlas. L'examen de la répartition moyenne des pluies mensuelles montre également l'existence de deux saisons nettement différenciées :

- D'octobre à avril, une saison humide où interviennent la quasi-totalité des épisodes pluvieux, soit près de 80 à 93 % de la pluviométrie annuelle ;



L'évaporation moyenne annuelle varie de 1800 mm sur le versant atlasique à 2600 mm dans la plaine du Haouz. Elle est minimale pendant le mois de janvier alors que la maximale intervient pendant les mois d'été. Près de 50% de l'évaporation totale est enregistrée durant les quatre mois de juin à septembre.

## **II.7 Erosion**

La zone d'action de l'ABHT est une zone où le couvert végétal est très réduit voire absent à cause des conditions climatiques arides. Par conséquent, les terrains sont exposés à une forte érosion des sols. La dégradation spécifique dans le bassin varie de 200 à plus de 3000 tonnes/Km<sup>2</sup>/an environ. Le bassin du Rdat se situe parmi les bassins du royaume qui présentent la plus forte dégradation spécifique.

## **II.8 Evaluation des ressources en eau**

### **II.8.1 Ressources en eau de surface**

Les ressources en eau de surface, à l'échelle de la zone du plan, sont très irrégulières et inégalement réparties. Le Haut Atlas constitue le château d'eau des écoulements de surface, puisque les oueds les plus importants y prennent naissance, alors que la plaine est une zone de transition et d'utilisation de l'eau.

La région peut être décomposée en trois unités de planification, dotées de ressources en eau de surface inégalement réparties :

- **L'unité du Haut Tensift** (11.900 km<sup>2</sup>) avant la confluence avec Oued Assif Al Mal et qui inclue les deux nappes du Haouz-Mejjat et la Bahira occidentale ; constitue la partie hydrologique active du bassin ; elle est composée de l'oued Tensift avec ses affluents (l'oued NFIS, l'oued Rheraya, l'oued Ghmat et l'oued R'Dat et la partie amont de la rivière qui prend le nom de l'oued Lahr).
- **L'unité du Bas Tensift** (7.900 km<sup>2</sup>) s'étend de la confluence Tensift /Assif Al Mal jusqu'à l'embouchure. Elle comprend l'oued Tensift avec ses affluents (l'oued Assif Al Mal et l'oued Chichaoua) ; elle inclut la nappe de Bousbaâ, et la nappe alluviale du Tensift ; son activité hydrologique est très variable
- **L'unité de Ksob-Iguezoullen** (5.000 km<sup>2</sup>) incluant la nappe d'Akermoud, la nappe Meskala-Kourimat et la nappe côtière d'Essaouira.

Comme pour la pluviométrie, et pour les mêmes raisons, l'actualisation des apports en eau de surface a été faite en se basant sur les données hydro pluviométriques observées depuis l'année 1945.

Ainsi, sur la période 1945-2010 les apports moyens annuels, drainés par les différents oueds des bassins du Tensift et du Ksob - Igouzoulen sont évalués à près de 1142 Mm<sup>3</sup>, répartis entre 296 Mm<sup>3</sup> en amont des stations hydrologiques et 846 Mm<sup>3</sup> à l'aval des stations.

Les apports actualisés par unité de planification se présentent comme suit (Figure 2) :

- ✓ Le Haut Tensift : 860 Mm<sup>3</sup> (222 Mm<sup>3</sup> en amont des stations et 638 Mm<sup>3</sup> à l'aval des stations)
- ✓ Le Bas Tensift : 220 mm<sup>3</sup> (58 Mm<sup>3</sup> en amont des stations et 162 Mm<sup>3</sup> à l'aval des stations)
- ✓ Ksob – Igouzoulen : 62 Mm<sup>3</sup> (16 Mm<sup>3</sup> en amont des stations et 46 Mm<sup>3</sup> à l'aval des stations)

En outre, la région bénéficie d'un transfert d'eau à partir du bassin de l'Oum Er Rbia, via le canal

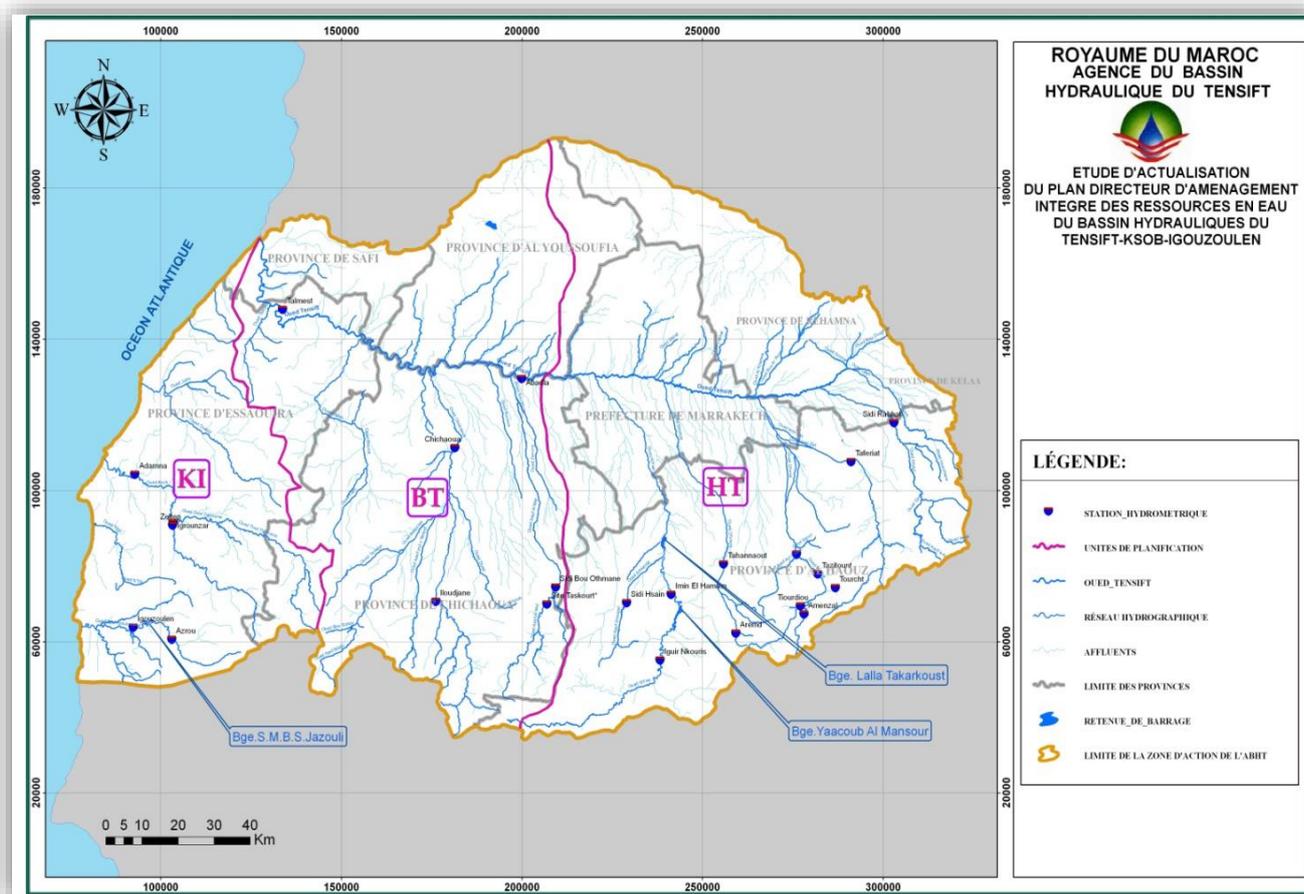


Figure 2: Situation des stations hydrologiques (ABHT 2010)

de rocade de 200 Mm<sup>3</sup> en année moyenne, destinés à l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech et à l'irrigation dans le Haouz Central. Ces apports ont également fait l'objet d'actualisation.

### **II.8.2 Ressources en eau souterraine :**

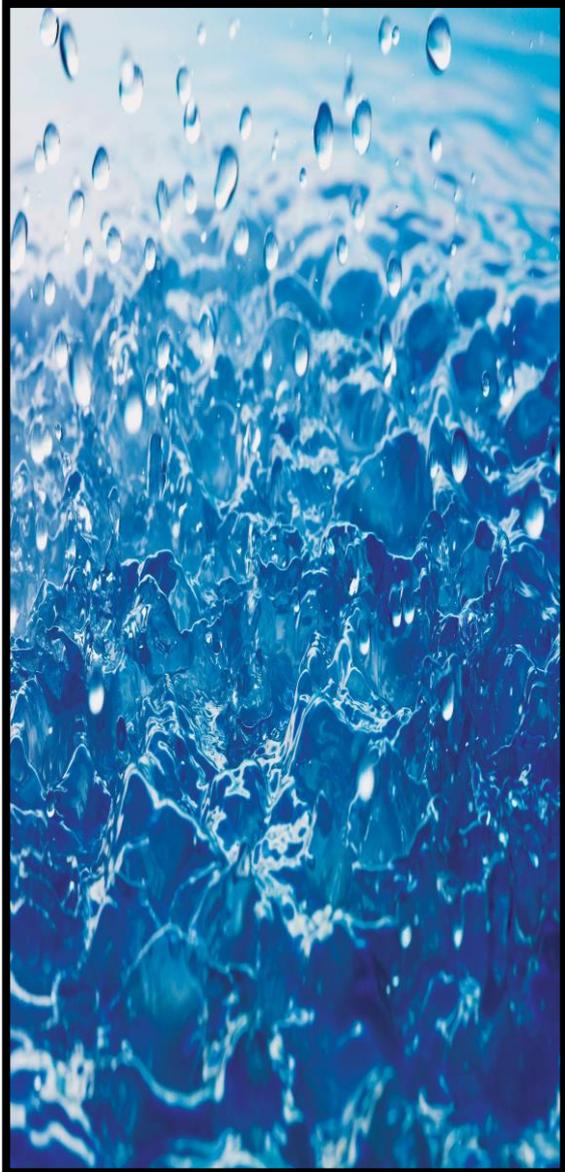
La région est caractérisée par la présence de structures géologiques très diversifiées qui sont à l'origine de l'inégale répartition géographique des eaux souterraines. Les unités hydrogéologiques d'extension notable sont comprises dans la couverture sédimentaire qui forme le sous-sol de plaines et de plateaux. Les principales nappes sont :

- **La nappe du Haouz** : au pied de l'Atlas, la plaine du Haouz, d'une superficie de 7500 km<sup>2</sup>, est une vaste dépression comblée par les produits de démantèlement de la chaîne atlasique. Celle-ci renferme la nappe du Haouz et sa bordure occidentale dite nappe phréatique du Mejjate. C'est la nappe la plus productive de la région, mais également la plus exploitée ;
- **Les nappes du bassin d'Essaouira-Chichaoua** qui comporte plusieurs niveaux aquifères dont l'importance varie en fonction de la nature des formations géologiques et de l'extension de leur impluvium. Les principaux aquifères de la région sont :
  - Le bassin côtier,
  - Le bassin de Messala – Kourimate,
  - La plaine de Bou Sbâa.
- **La nappe de la Bahira** plus au Nord au-delà des Jbilet et qui renferme une nappe d'eau dont l'exploitation de plus en plus intense a favorisé le développement de la zone particulièrement aride de Ben Guérir ;

La part d'infiltration de la pluie dans les eaux souterraines qui représentent un réservoir considérable, ne représente qu'une ressource additive relativement faible par rapport à l'infiltration des eaux superficielles. En effet, le total des apports pluviométriques des nappes est évalué 225 Mm<sup>3</sup>/an alors que les apports en eaux superficielles (infiltration des oueds et retour d'irrigation) sont de l'ordre de 350 Mm<sup>3</sup>/an. Les apports spécifiques des nappes sont évalués à 313 Mm<sup>3</sup>/an dont 196 Mm<sup>3</sup>/an pour la nappe du Haouz et 49 Mm<sup>3</sup>/an pour la Bahira, alors que les ressources exploitables en eau souterraine sont actuellement évaluées à 506 Mm<sup>3</sup>/an.

**Tableau 1 : Récapitulatif des ressources en eau souterraine exploitables (en Mm3/an)**

Nappes		NAP- HAOUZ (Mm3)	NAP- BAHIRA (Mm3)	NAP- BOUSBAA (Mm3)	NAP- MESKALA (Mm3)	NAP- COTIERE_ESS (Mm3)	TOTAL (Mm3)
E1	Apport pluviométrique	98	45	19	37	26	225
E2	Infiltration des oueds	84	0	8	0	0	92
E3	Apports profonds et latéraux	98	7	28	0	19	152
E4	Retour des eaux (Irrigation + réseau divers)	242	11	3	2	1	259
<b>Total Entrée</b>		<b>522</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>728</b>
S1	Sources captées	0	0	0	0	0	0
S2	Sources non captées et drainage par les oueds	0	2	27	9	0	38
S3	Pompages	627	88	22	11	15	763
S4	Sortie vers autre nappe ou vers la mer	0	3	11	19	31*	64
S5	Évaporation	0	10	0	0	0	10
<b>Total sortie</b>		<b>627</b>	<b>103</b>	<b>60</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>875</b>
Apports spécifiques : E1+E3-S4 en Mm3/an		196	49	36	18	14	313
<b>Bilan nappe</b>		<b>-105</b>	<b>-40</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-147**</b>



# CADRE REGLEMENTAIRE

### **III. Cadre réglementaire**

---

#### **III.1 Introduction**

La loi sur l'eau **36-15** fixe les règles d'une gestion intégrée, décentralisée et participative des ressources en eau pour garantir le droit des citoyennes et des citoyens à l'accès à l'eau et en vue d'une utilisation rationnelle et durable. Elle vise aussi à une meilleure valorisation quantitative et qualitative de l'eau, des milieux aquatiques et du domaine public hydraulique en général, ainsi que les règles de prévention des risques liés à l'eau pour assurer la protection et la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Elle vise, également, la mise en place des règles et outils de planification de l'eau y compris les eaux usées, les eaux de mer dessalées et autres pour accroître le potentiel hydrique national en tenant compte des changements climatiques afin de s'y adapter.

Et pour compléter cette loi, des décrets, des arrêtés et des circulaires ont été mis en place :

- **Le décret-loi et le décret** : actes émanant du Premier ministre,
- **L'arrêté et la circulaire** : actes émanant des ministres.

Notre propre projet s'intéresse le plus à la valorisation et l'utilisation des eaux non conventionnelles.

#### **III.2 Déversement des eaux usées**

Les articles 98 à 102 traitent les modalités pour l'obtention des autorisations de déversement des eaux usées délivrées par l'agence du bassin hydraulique, ainsi que la suspension des autorisations dans le cas d'une infraction des prescriptions prévues par ces autorisations.

#### **III.3 La redevance**

Les articles 103 à 105 expliquent les modalités de recouvrement des redevances. Les taux des redevances de déversements des eaux usées domestiques et aux déversements des eaux usées industrielles sont fixés par arrêté conjoint des autorités gouvernementales chargées de l'intérieur, des finances, de l'eau, de l'industrie, de l'artisanat et des mines.

Selon une périodicité qui ne peut dépasser cinq ans, et si les circonstances l'exigent, l'agence de bassin hydraulique est tenue de procéder à l'inventaire des sources et du degré de pollution des ressources en eau.

### **III.4 Les valeurs limites de rejets**

Conformément à l'article 11 de la loi sur l'eau, la valeur limite de rejet d'un paramètre indicateur de la pollution, ne doit pas être dépassée dans le sens de la détérioration de la qualité de l'eau, pour un déversement.

Les caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques de tout déversement doivent être conformes aux valeurs limites de rejet fixées par arrêtés conjoints des autorités gouvernementales chargées de l'intérieur, de l'eau, de l'environnement, de l'industrie et de toute autre autorité gouvernementale concernée.

Les valeurs limites de rejet sont révisées dans les formes et conditions de leur fixation, tous les dix ans ou chaque fois que la protection de la qualité de l'eau ou l'évolution des technologies l'exigent.

### **III.5 La Réutilisation des eaux usées**

Les articles 64 à 71 traitent les modalités de la réutilisation et l'exploitation des eaux usées. L'exploitation et la réutilisation des eaux usées pour quelques usages doivent être conformes aux normes de qualité. Si les eaux usées épurées ne sont pas conformes aux normes, on fait recours à une épuration complémentaire opérée par les soins de l'utilisateur ou l'exploitant ou le propriétaire des installations de collecte et traitement des eaux usées.

Par contre les eaux usées issues des dispositifs d'assainissement ne pourront être utilisées que pour l'irrigation des cultures et plantations (toute eau destinée à l'irrigation doit satisfaire aux normes de qualité).

Toute réutilisation des eaux usées doit être autorisée par l'agence du bassin hydraulique à l'exception, du recyclage interne des eaux usées par l'attributaire de l'autorisation ou de concession du prélèvement et de la réutilisation des eaux usées issues des dispositifs d'assainissement.



DEFINITION ET  
TECHNIQUES DE  
MESURES DES  
PARAMETRES  
PHYSICO-CHIMIQUE  
ET BIOLOGIQUE

## **IV. Définitions et techniques d'analyses des paramètres physico-chimique et biologique**

---

### **IV.1 Définition des paramètres :**

Nous avons procédé à la réalisation des prélèvements au niveau de l'entrée et la sortie des STEP, en aval des rejets domestiques et industrielles ainsi que dans le lixiviat retenu dans les décharges.

#### ➤ **Conductivité électrique(CE)**

La conductivité électrique est liée étroitement à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre. Les résultats sont donnés à 20°C en mS/cm.

#### ➤ **Matière en suspension(MES)**

La MES est la masse de matières particulaires et organiques mesurée après filtration ou centrifugation et séchage en étuve à 105 °C jusqu'à obtention d'une masse constante exprimée en mg/L.

#### ➤ **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO est la quantité de dioxygène consommée par les matières oxydables dissoutes et en suspension contenues dans l'échantillon considéré exprimée en mgO<sub>2</sub>/L.

#### ➤ **Demande biochimique en oxygène en 5 jours(DBO5)**

La DBO5 est la quantité de dioxygène nécessaire aux microorganismes aérobies pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau exprimée en mgO<sub>2</sub>/L.

#### ➤ **Azote Kjeldahl (NTK)**

Le NTK est la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal (en mgN/L). L'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal sous l'action de l'acide sulfurique concentré qui, porté à ébullition, se comporte comme oxydant et fixe l'ammoniaque donnant le sulfate d'ammonium (Méthode Kjeldahl). Lorsque la matière organique est totalement oxydée, on procède au dosage de l'azote ammoniacal par distillation après neutralisation de l'acide sulfurique (AFNOR, 1983).

#### ➤ **Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Le NH<sub>4</sub><sup>+</sup> est la molécule d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) ionisé, elle est exprimée en mg/L. Il se retrouve initialement dans le compost (pH faible).

L'origine est essentiellement urinaire dans les eaux usées. En effet l'urée s'hydrolyse rapidement en carbonate d'ammonium dans les réseaux d'assainissement (RAE, 2017)

➤ **Coliformes fécaux et totaux (CF, CT)**

Le nombre de micro-organismes pathogènes est assez faible et par souci de simplicité, on recherche des germes très courants dont la présence est synonyme de possibilité d'existence de germes pathogènes. Il s'agit principalement des coliformes fécaux et totaux.

➤ **Les métaux lourds**

Les eaux usées comme les eaux pluviales contiennent aussi de métaux lourds, en particulier plomb, cadmium, zinc, chrome, mercure, cuivre, etc. Certains métaux, notamment le plomb sont entièrement associés aux particules des effluents pluviaux. Ces métaux sont toxiques d'une part pour le milieu naturel ou ils peuvent être bio accumulés au long de la chaîne alimentaire et d'autre part pour les boues activées des stations d'épurations biologiques.

On doit donc interdire tout rejet industriel chargé en métaux lourds sans traitement préalable (détoxication) dans un réseau d'assainissement.

➤ **La matière oxydable (MO)**

La MO est utilisée pour fixer le taux de redevances de pollution industrielle.

➤ **Phosphore total (PT)**

Le PT peut également se trouver sous forme minérale en provenance des détergents ou des rejets industriels ou organique. Élément indispensable à la vie des algues, la présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation des cours d'eau ou des lacs (BOURRIER, 2008)

➤ **La Turbidité**

La Turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules organiques colloïdales, plancton, organismes microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau.

### ➤ **Les chlorures**

Les chlorures, très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>), les ions chlorures (Cl<sup>-</sup>) dont la plus grande partie se trouve dans les océans, constituent environ 0,05 % de la lithosphère. De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux, à des concentrations variables. Dans les eaux de surface, il est présent en faible concentration. Dans les eaux souterraines, la teneur en ion chlorure peut atteindre quelques grammes par litre au contact de certaines formations géologiques.

### ➤ **Les sulfates**

Les sulfates, composés naturels des eaux, les ions sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. A part ceux du plomb, du baryum et du strontium, la plupart des sulfates sont solubles dans l'eau. Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfure, volatilisé dans l'air en hydrogène sulfure (H<sub>2</sub>S), précipités en sel insoluble ou assimilés par des organismes vivants. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable, mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre.

### ➤ **Le phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)**

Le phosphate est un élément essentiel à la vie aquatique. Les fortes concentrations en phosphate rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant du bassin versant, ainsi que l'existence d'apports directs venant des activités industrielles.

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale. Leur présence dans les eaux de certains puits, à la campagne, indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riches en engrais.

### ➤ **O<sub>2</sub> dissous**

C'est la quantité d'oxygène qui est en solution dans l'eau, elle est disponible pour la respiration végétale et animale. Sa mesure est réalisée à l'aide d'un oxymètre. Plus la température est élevée, plus la solubilité de l'oxygène dans l'eau est faible.

### ➤ **Les hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont des polluants aux propriétés physiques, chimiques et toxicités variées. Les principales sources d'émission dans l'environnement sont produites par l'industrie pétrolière et par les effluents d'industries utilisant des produits pétroliers à l'intérieur de leur processus industriel. De plus, un entreposage inadéquat de ces produits, un déversement accidentel ou un lessivage par les eaux de précipitation sont autant de causes susceptibles d'entraîner une contamination ponctuelle par les hydrocarbures.

### ➤ **Les huiles et graisses**

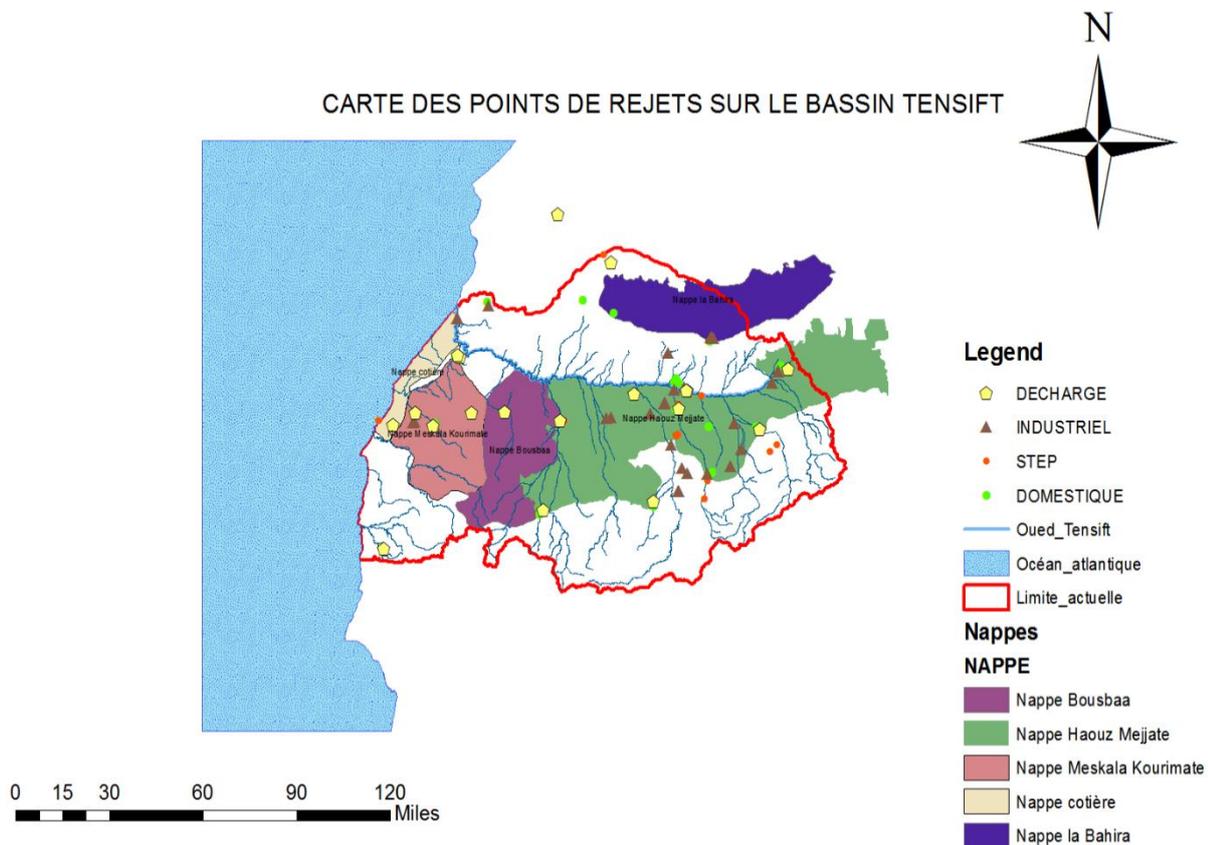
Les huiles et les graisses d'origine végétale proviennent de la décomposition de la végétation (terrestre ou aquatique), qui libère des produits secondaires gras et huileux. Les huiles et les graisses d'origine animale proviennent de l'industrie alimentaire (domestique et industrielle), de l'industrie laitière (laiteries et fromageries) et des abattoirs.

### ➤ **Phénols**

Fortement toxique, le phénol est connu pour sa persistance et son aptitude à la bioaccumulation. Les industries polluantes : matières plastiques, fibres synthétiques, pharmacie, raffinage du pétrole (la toxicité des hydrocarbures est due à leur concentration en phénols). L'élimination se fait par voie biologique aérobie ou par charbon actif.

## IV.2 Les prestations de chantier

Un réseau d'échantillonnage a été choisi pour permettre d'acquérir des données représentatives sur la variabilité spatiale de la pollution des eaux souterraines par les rejets domestiques et industriels. Ce réseau se compose total de de plusieurs points répartis sur l'ensemble du terrain d'étude comme suit (Figure 3) :



**Figure 3 : Carte des points de rejets sur le bassin Tensift (Arc Gis)**

Toutes les analyses et les mesures nécessaires pour quantifier les polluants organiques sont normalisées suivant les normes marocaines, similaires aux normes françaises AFNOR. Les paramètres mesurés *in-situ* sont le pH, la température et la conductivité électrique des eaux, les paramètres analysés au laboratoire sont la Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours (DBO5), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et les matières en suspension (BOUTAYEB, 2012).

Les échantillons prélevés sont conservés dans une température de 4°C, et envoyés le même jour, aux laboratoires (Tableau 2).

**Tableau 2 : Conservation des échantillons**

CONSERVATION DES ECHANTILLONS						
Paramètres	Réceptier	Technique de conservation	Volume minimum du prélèvement (en mL)	Lieu d'analyse	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant...
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	Sur place	4	6 h (obsc.)
Conductivité	P ou Vb	Mesure in situ de préférence	100	Sur place	4	24 h (obsc.)
Turbidité	P ou V	-	100	Sur place	4	24 h (obsc.)
Oxygène dissous	Vb	Mesure in situ de préférence	300	Sur place	4	24 h (obsc.)
DBO5	P ou V	Remplir complètement	1000	CNEREE	4	24 h (obsc.)
DCO	P ou V	H2SO4 q.s.p. pH < 2	100	CNEREE	4	1 mois
MES	P ou V	-	500	CNEREE	4	48 h (obsc.)
NH4+	P ou V	-	200	CNEREE	4	48 h (obsc.)
Azote total Kjeldhal (NTK)	P ou V	Congeler H2SO4 q.s.p. pH < 2	250	CNEREE	- 20	1 mois
PO43-	P ou V	-	250	CNEREE	4	24 h (obsc.)
Phosphore totale	P ou V	-	250	CNEREE	4	24 h (obsc.)
CF et CT	P ou V	Flacons stériles	250	CNEREE	4	24 h (obsc.)
Chlorures	P ou V	-	100	CNEREE	-	1 mois
Sulfates	P ou V	-	200	CNEREE	4	1 mois
Aluminium, Zinc, Manganèse et fer total Métaux lourds (Cr, Cd, Co, As, Cu, Pb, Ni)	P	Acide nitrique q.s.p. pH < 2 (utiliser HCl si la technique par hydrures est mise en œuvre pour l'analyse)	100 à 500	AFRILAB	-	1 mois
Hg	Vb	Acide nitrique q.s.p. pH < 2 et ajout K2Cr2O7 (225 mg/500 mL)	500	AFRILAB	-	1 mois
Huiles et graisses Hydrocarbures.	V	Acide chlorhydrique ou sulfurique q.s.p. pH < 2	1 000	AFRILAB	4	1 mois
Phénols	Vb	H2SO4 q.s.p. pH < 4	1 000	AFRILAB	4	3 semaines

P : Polyéthylène ; V : Verre ; Vb : verre borosilicaté ; obsc. : obscurité

### **IV.3 Analyses au laboratoire**

Les analyses sont effectuées conformément aux normes internationales, le tableau suivant dresse les méthodes d'analyses utilisées :

**Tableau 3: Méthodes d'analyse pour les différents éléments chimiques**

<b>Elément</b>	<b>Méthode d'analyse</b>
Cl <sup>-</sup>	Norme AFNOR NFT 90-014
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Norme NFT 90-040
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Norme AFNOR NFT 90-015
PT	Norme NFT T90-023
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Norme NFT T90-022
Ca, Al, Na, K, Cr, Si, Ni, Mo, Fe, Ba, Pb, Co, Cu, Cd, Zn, Mn, Mg, As, Ag, B.	ICP-AES
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	Norme AFNOR NFT 90-101
Demande Biologique en Oxygène (DBO5)	Système respirométrique
Azote Total Kjeldhal (NTK)	Norme NF T90-110
MES	Norme NF EN 872

Les paramètres bactériologiques à déterminer par point de prélèvement sont :

**Tableau 4: Les méthodes d'analyse pour les différents éléments bactériologiques**

<b>Elément</b>	<b>Méthode d'analyse</b>
Coliformes fécaux	norme marocaine 2006
Coliformes totaux	norme marocaine 2006

## V. Résultats et discussion

### V.1 Les rejets domestiques

#### V.1.1 Introduction

Ces eaux proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères (eaux grises), qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. ; et en eaux vannes (eaux noires) qui sont des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

Les travaux présentés dans cette partie ont pour objectif de représenter et analyser les résultats des analyses physico-chimiques et biologiques afin de caractériser le rejet des eaux domestiques dans la zone d'action de l'ABHT.

Le résultat des analyses des paramètres physico-chimiques et biologiques ainsi que leurs points de prélèvement, concernent les zones dépourvues des stations de traitement et d'épuration des eaux usées.

#### V.1.2 Représentation graphique et interprétation des données

##### MES, DCO et DBO5

Les valeurs de la MES, DCO et DBO5 (mg/l) ont été mesurées afin d'évaluer les rejets domestiques en les comparant avec leurs valeurs limites (Figure 4).

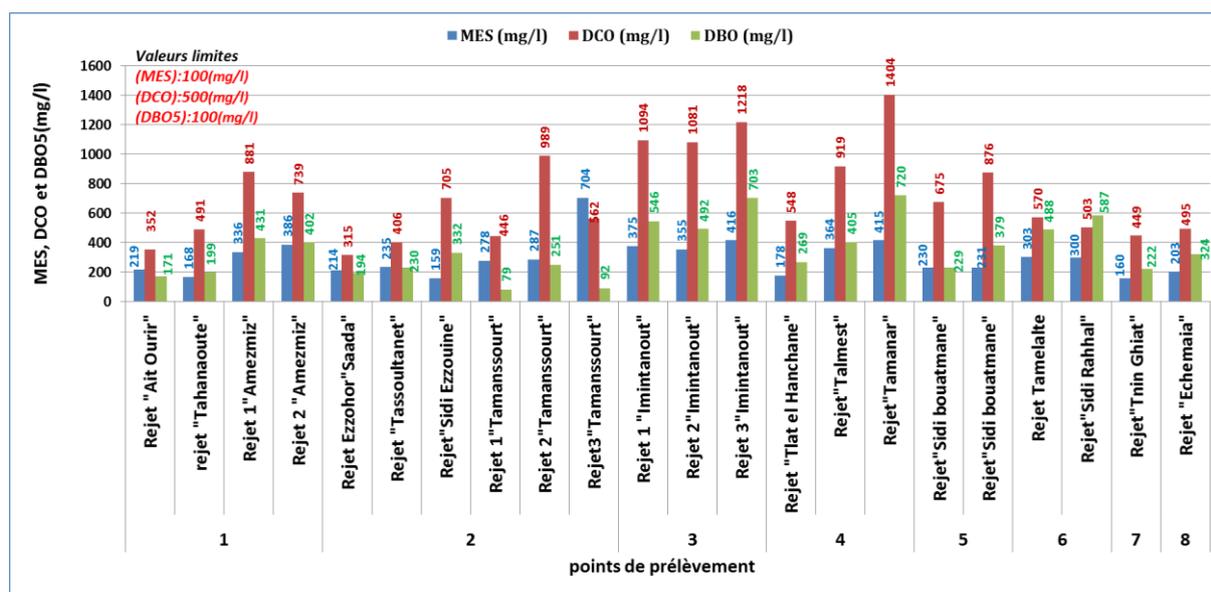


Figure 4: Représentation des mesures de MES, DCO et DBO5 (mg/l) dans les rejets domestiques

La DBO5, la DCO et les MES indiquent la charge polluante contenue dans les eaux, la concentration en matières organiques des eaux, les éléments inorganiques dissous et en suspension (RAZAFINTSALAMA, 2014)

La DCO est un paramètre qui nous permet d'évaluer d'une manière plus exacte la quantité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. Les valeurs enregistrées présentent des teneurs en DCO variant entre 315 et 1400 mg/L. Ces dernières dépassent largement la valeur limite de rejet fixée (40 mg/L). En fait, les concentrations les plus faibles en DCO ont été enregistrées au niveau de Safi et Youssoufia où on a obtenu des valeurs ne dépassant pas 500 mg/L. Les valeurs élevées de la DCO pourraient être imputées à la charge élevée en matières organiques des eaux usées domestiques et aux effluents des unités industrielles déversées en amont de ces points de prélèvement.

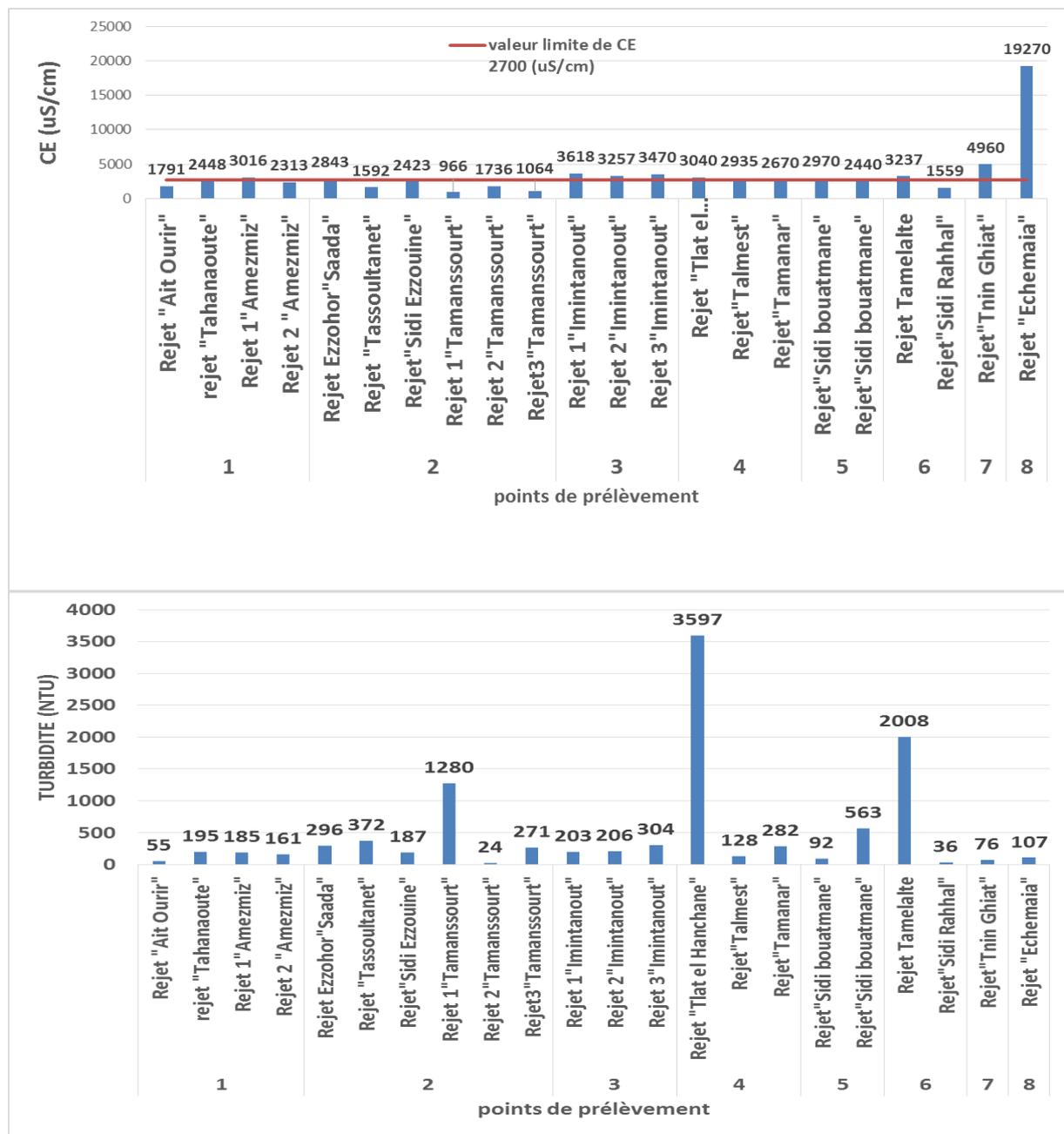
En ce qui concerne la DBO5 les valeurs sont comprises entre 79 et 720 mg/L. Toutes les valeurs dépassent largement la norme (100 mg/L) à l'exception de celles trouvées au rejet 1 et 3 de 'Tamansourt' où les valeurs sont inférieures à la norme. En fait, ces valeurs élevées sont dues au volume important d'eaux usées domestiques déversées par chaque commune ainsi qu'aux effluents des établissements industriels. Les valeurs les plus élevées en DBO5 ont été enregistrées à Chichaoua, Essaouira et Kelaa, cela pourrait être lié essentiellement au volume élevé des eaux usées domestiques.

Les teneurs en MES sont comprises entre 159 et 704 mg/L. toutes les valeurs ne répondent pas à la norme requise (100 mg/L). En effet, la teneur des matières en suspension est liée à la nature du terrain traversé et à la composition des rejets déversés. Par ailleurs, les concentrations les plus élevées ont été enregistrées au niveau de 'Marrakech' (MOUNI, 2009).

Pour les rejets dépassant leurs valeurs limites doivent être dirigés vers des stations de traitement afin d'atténuer leurs risques. Par contre les rejets qui ne dépassent pas leurs valeurs limites peuvent être déversés dans la nature.

### **La conductivité électrique et turbidité**

Les analyses de la conductivité électrique (Figure 5a) et la turbidité (Figure 5b) dans les rejets domestiques ont été réalisées en vue de caractériser les différents rejets de point de vue charge minérale.



**Figure 5: Représentation des mesures de la conductivité électrique et de la turbidité dans les rejets domestiques**

Figure 5a : On remarque que les valeurs de la conductivité électrique dans tous les rejets domestiques provenant de la province de Chichaoua dépassent la valeur limite fixée (2700uS/cm). Idem pour Essaouira et Safi. Enfin Youssoufia avec une valeur extrêmement élevée. Par contre pour Al Haouz et Marrakech les analyses ne dépassent pas la valeur limite.

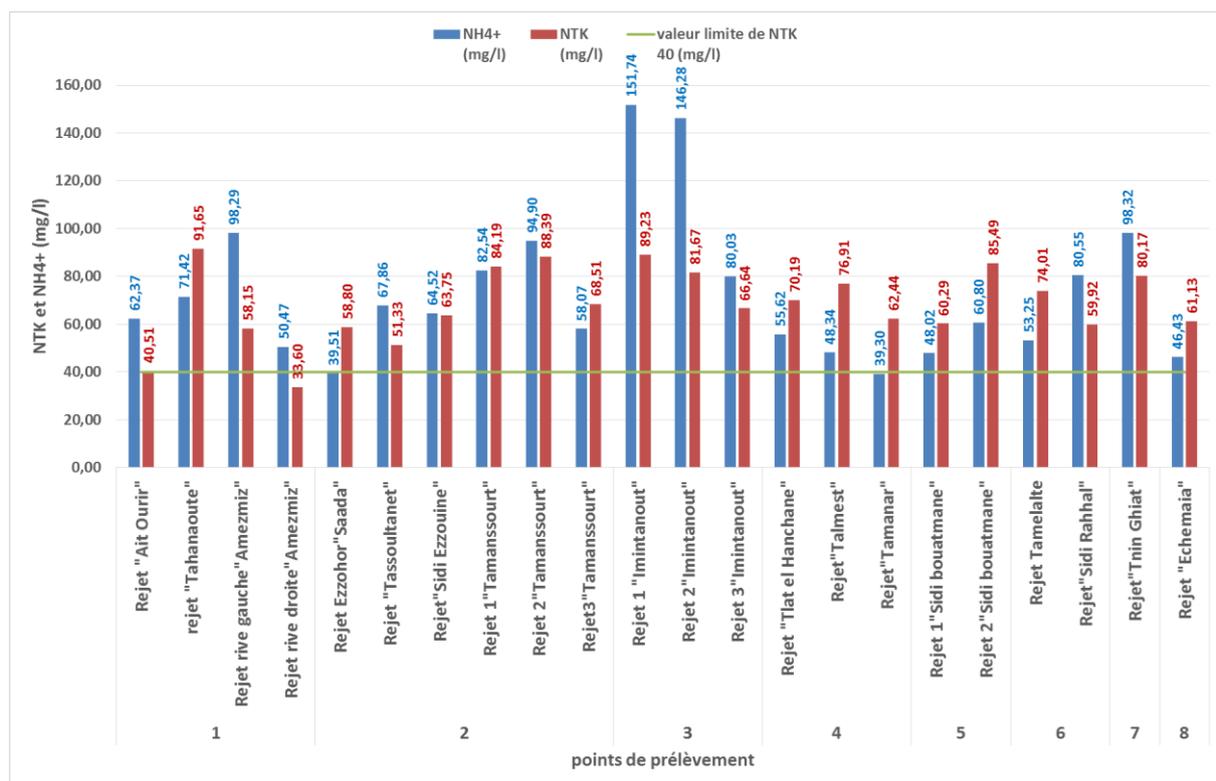
La conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation. Plus la conductivité est élevée plus l'eau est plus saline. Donc on constate que les rejets d'Echemaia sont les plus salines parmi les rejets étudiés.

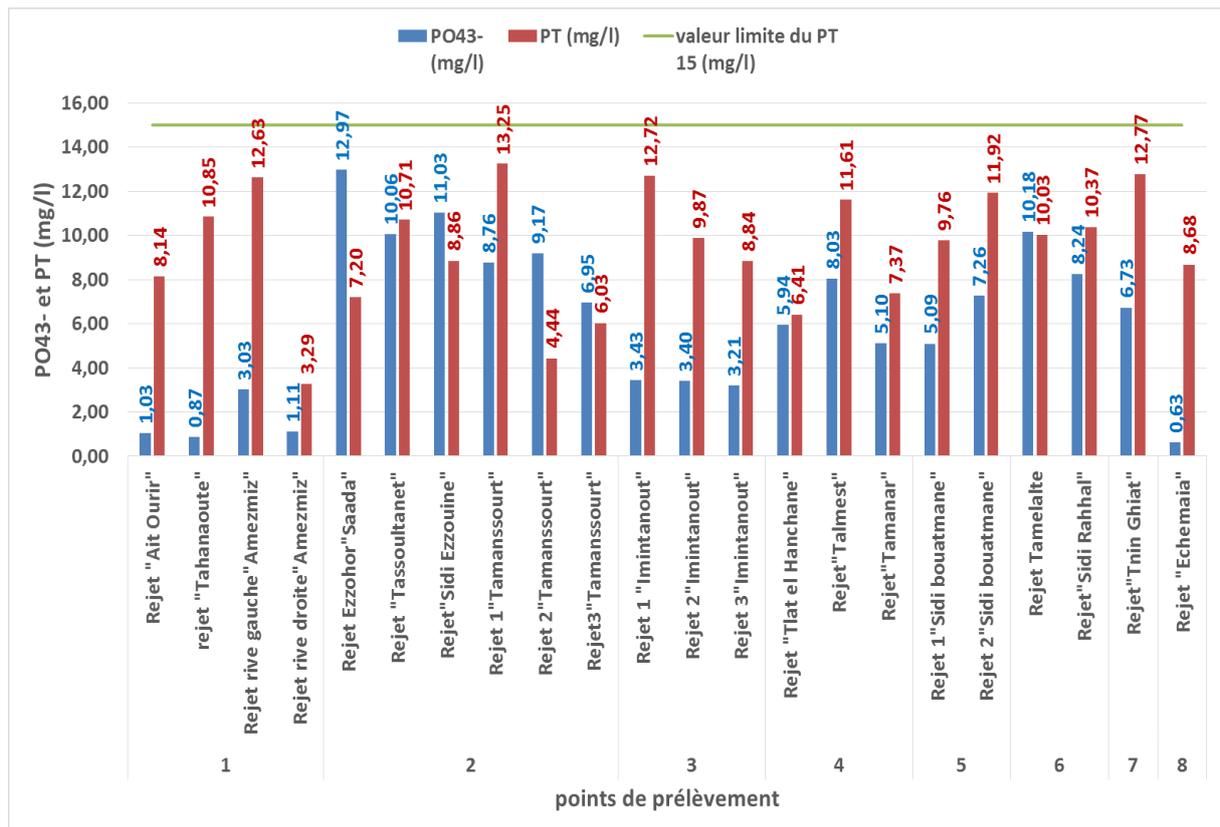
Figure 5b : La turbidité est importante en tant qu'indicateur des matières en suspension et de leurs effets sur le cours d'eau. Donc plus la turbidité est élevée, plus la matière en suspension est élevée aussi.

On remarque que les valeurs de la turbidité sont extrêmement élevées dans les rejets domestiques de Tamanssourt, Tlat el Hanchane et Tamelalt. La présence élevée de la matière en suspension pourrait être à l'origine de ce résultat.

### **Ammonium, azote kjeldhal et phosphate et phosphore total :**

En vue d'étudier le niveau de conformité de l'ammonium, l'azote total, phosphate et le phosphore total avec les valeurs limites, des analyses de ces paramètres ont été mesurées dans les rejets domestiques déversées dans la zone d'action de l'ABHT. (Figure 6)





**Figure 6 : Représentation des mesures de l’ammonium, l’azote kjeldahl, phosphate et le phosphore total dans les rejets domestiques**

L’ammonium  $\text{NH}_4^+$ , Les phosphates  $\text{H}_2\text{PO}_4$  sont essentiels pour la croissance des plantes ; ils provoquent cependant une prolifération excessive d’algues. La présence de ces éléments dans les eaux usées augmente sa valeur nutritive pour l’irrigation et stimule l’activité microbiologique du sol,

Dans la pratique l’Azote Kjeldhal est un indicateur de pollution du milieu et son contrôle permet de suivre l’évolution des contaminations. Dans notre cas la variation de la NTK, durant l’étude, est élevée. Les valeurs sont comprises entre **33,60** et **91,95 mg N/l**, elles dépassent la norme autorisée (**40 mg/l**).

Pour l’ammonium, les valeurs se manifestent par une valeur maximale de **151,74 mg/l** dans les rejets domestiques d’Imintanout “Chichaoua“, et par une valeur minimale de **39,30 mg/l** dans les rejets de Tamanar “Essaouira“.

Du fait que les valeurs de NTK dépassent la valeur limite, ces rejets doivent être dirigés vers une usine de traitement pour diminuer leur effet.

Pour le phosphate on trouve une valeur maximale de **12,97mg/l** dans les rejets Ezzohor "Saada", et une valeur minimale de **0,63 mg/l** dans les rejets d'Echemaia.

Les valeurs du phosphore total sont comprises entre **3,29** et **13,25 mg/l**, elles sont conformes à la norme autorisée (**15 mg/l**).

On remarque que toutes les valeurs de PT ne dépassent pas la valeur limite, donc le rejet de cet élément dans la nature est toléré.

### **✚ Les coliformes fécaux et totaux**

La présence de coliformes fécaux dans une eau révèle une contamination par des matières fécales ou par des eaux usées domestiques. Les coliformes fécaux sont donc des indicateurs de la présence possible de micro-organismes pathogènes. En testant l'eau, nous pouvons détecter des bactéries associées aux matières fécales et ainsi, évaluer les risques de maladie. On remarque que les valeurs des coliformes sont élevées dans les rejets 1 et 2 de Tamanssourt, d'Amez Miz et de Tahanaout. On constate alors que ces rejets seraient riches en micro-organismes pathogènes (Figure 7).

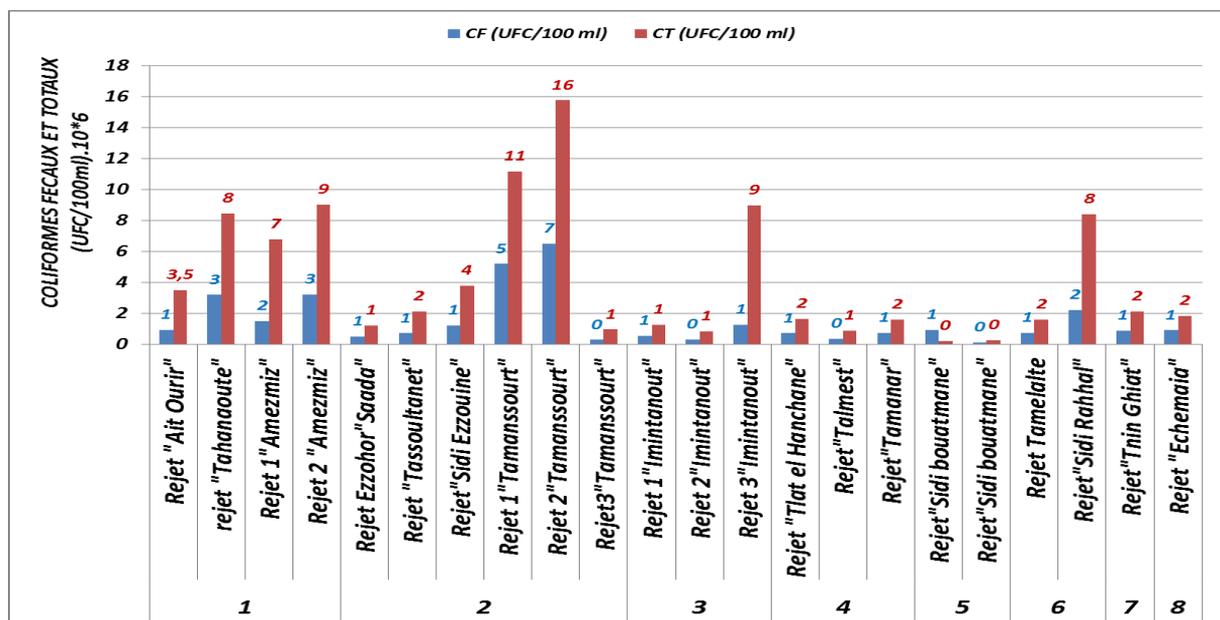
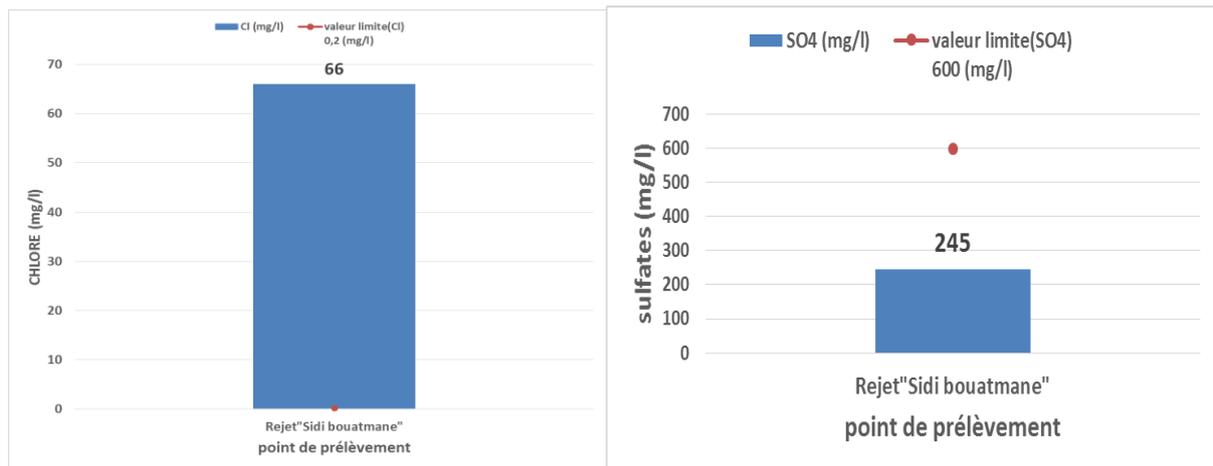


Figure 7: Représentation des mesures des coliformes fécaux et totaux dans les rejets domestiques

### **✚ Chlore et sulfate**

Les analyses du chlore (figure 8a) et le sulfate (figure 8b) dans les rejets domestiques dans la zone d'action de l'ABHT ont été réalisées en vue de caractériser les rejets en question.



**Figure 8: Représentation des mesures du chlore et du sulfate dans les rejets domestiques**

Les chlorures (Cl<sup>-</sup>) sont des ions très abondants dans l'environnement. Ils sont présents dans l'eau, le sol, les roches, ainsi que dans de nombreux aliments. La teneur en chlorures enregistrée dans notre étude est de 66mg/l. Cette concentration dépasse largement la valeur limite de rejet d'eaux usées fixée en 0,2mg/l.

Les sulfates ont une toxicité très faible. Par ailleurs, les teneurs élevées dans l'eau naturelle entraînent des nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires. En effet, ils provoquent des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants) et peuvent donner un goût désagréable (Moumouni,2005).

Les résultats montrent une concentration de 245mg/l. Cette valeur est nettement inférieure à la valeur limite de rejets d'eaux usées fixée en 600mg/l.

Les chlorures doivent être dirigés vers une station de traitement afin d'atténuer leur concentration avant le rejet dans la nature par contre pour les sulfates, leur rejet dans la nature est toléré.

## V.2 STEP

### V.2.1 Introduction

Avec la croissance démographique et le développement des activités industrielles, de nombreuses substances nocives et toxiques sont issus de différentes activités ménagères (domestiques), industriels, etc. sont déversées dans le réseau d'assainissement collectant les eaux usées. Les eaux usées domestiques sont essentiellement de deux types :

- Les eaux usées domestiques comprenant les eaux usées ménagères (évier, douches, machines à laver...),

- Les eaux vannes (urines et matières fécales).

Ces eaux usées doivent être traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel : rivières, mer, sol afin de réduire la pollution de manière à ce que l'eau rejetée ne représente pas une menace pour l'environnement. Il existe 3 principaux types de stations d'épuration :

- Les boues activées,
- Les filtres plantés de roseaux (traitement secondaire),
- Le lagunage naturel.

En parallèle à ces principaux types il existe d'autres procédés d'épuration des eaux usées:

- Infiltration-percolation,
- Filtre imbriqué combiné avec un filtre planté (traitement tertiaire).

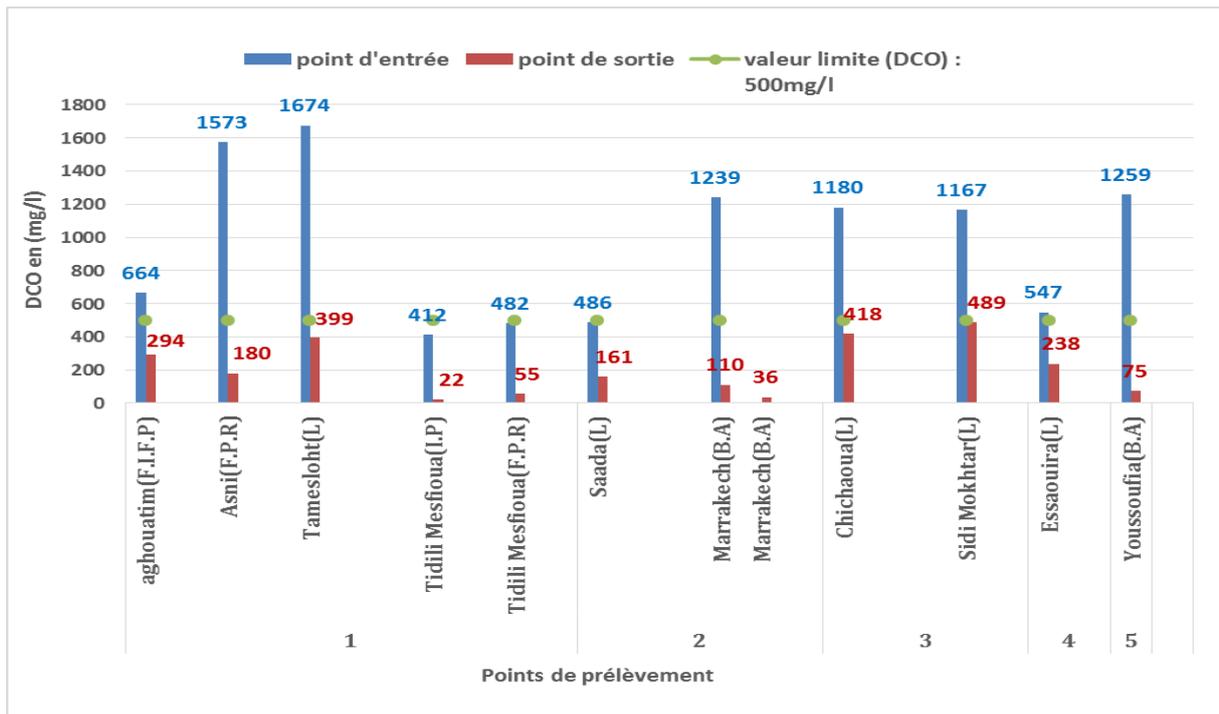
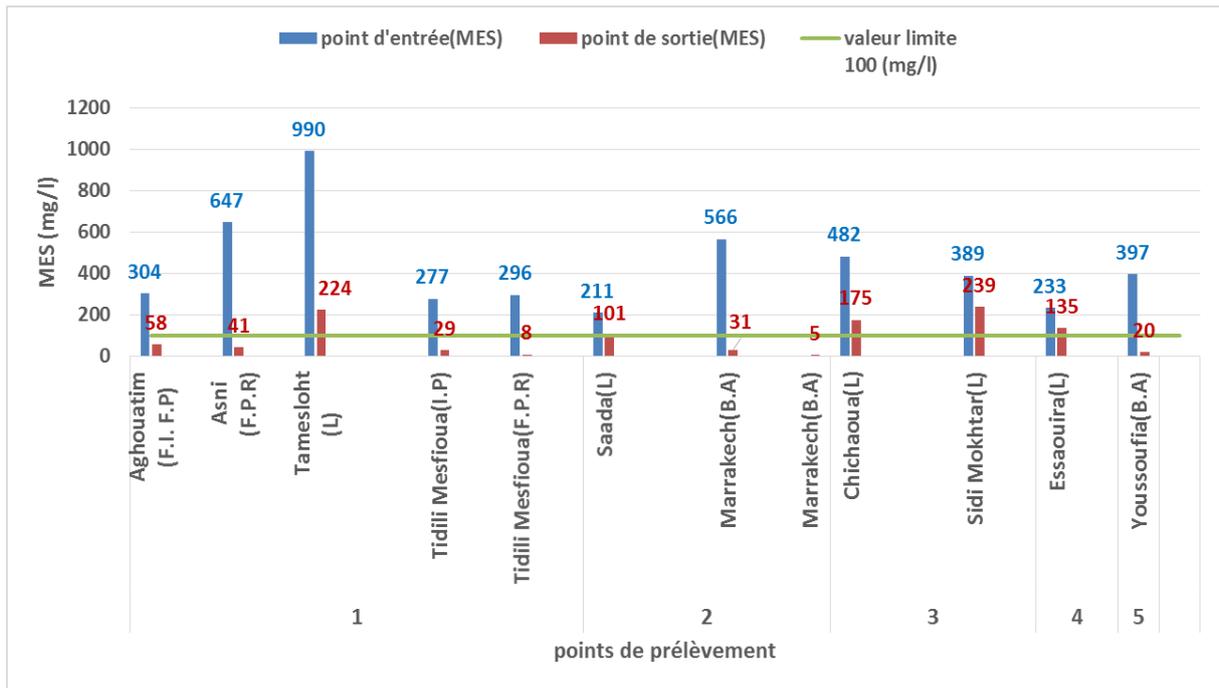
Les analyses présentées dans cette partie ont pour but l'évaluation des paramètres physico-chimiques des rejets à l'entrée et à la sortie des STEP. Cette attitude permet d'étudier le niveau de conformité des rejets au niveau de la sortie avec leurs valeurs limites.

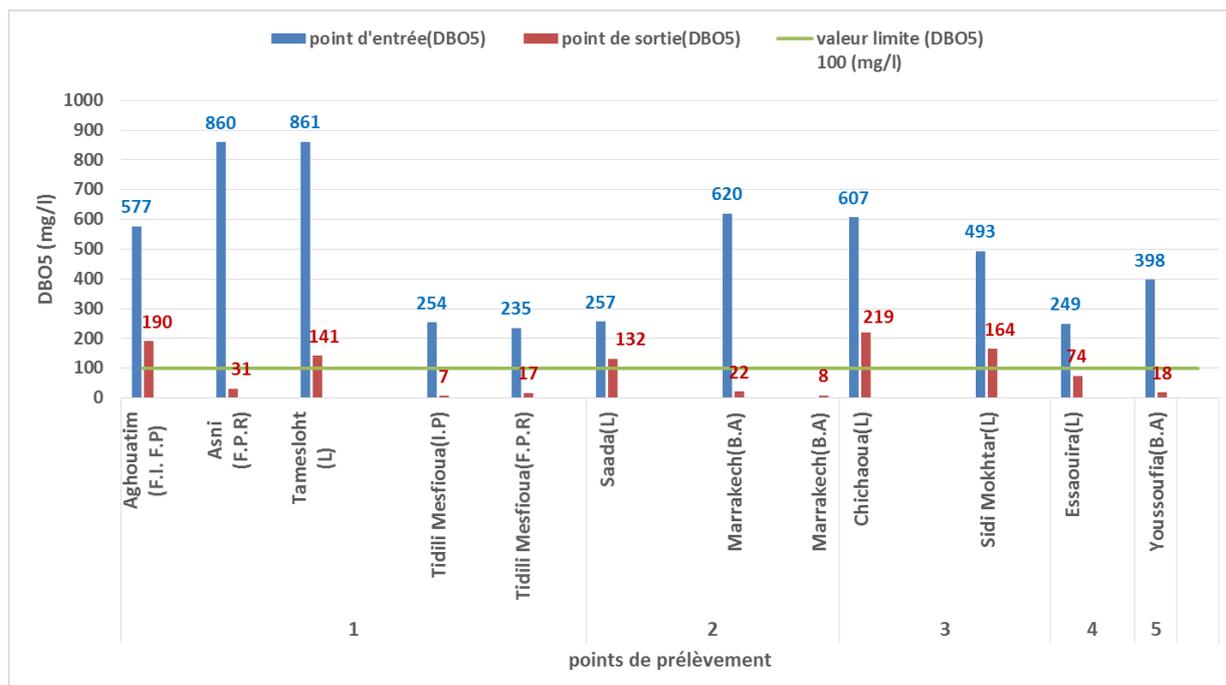
## V.2.2 Représentation graphique et interprétation des données

### MES, DCO et DBO5

On remarque que les valeurs d'entrée de DCO, DBO5 et MES dépassent leurs valeurs limites, par contre pour les mesures en sortie, on remarque que quelques valeurs qui dépassent les valeurs limites (Figure 9a, b et c).

Le calcul des rendements d'épuration de la DCO, MES (tableau 5) et DBO5 (tableau 6) a pour but de mettre en comparaison l'efficacité des STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT:





**Figure 9: Histogrammes des mesures de DCO, DBO5 et MES en entrée et en sortie des STEP.**

On Remarque que les valeurs de sortie sont nettement inférieures aux valeurs d'entrée dans les STEP étudiées, ce qui montre l'efficacité de ces stations de traitement.

Le calcul des rendements d'épuration de la DCO, MES (tableau 5) et DBO5 (tableau 6) a pour but de mettre en comparaison l'efficacité des STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT:

**Tableau 5: Calcul du rendement d'élimination de la DCO et la MES par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT**

province	STEP	point d'entrée (DCO)	point de sortie (DCO)	rendement %	point d'entrée (MES)	point de sortie (MES)	rendement %
1	Aghouatim(F.I. F.P)	664	294	55,72	304	58	80,92
	Asni(F.P.R)	1573	180	88,56	647	41	93,66
	Tamesloht(L)	1674	399	76,16	990	224	77,37
	Tidili Mesfioua(I.P)	412	22	94,66	277	29	89,53
	Tidili Mesfioua(F.P.R)	482	55	88,59	296	8	97,3
2	Saada(L)	486	161	66,87	211	101	52,13
	Marrakech(B.A)	1239	110	91,12	566	31	94,52
	Marrakech(B.A)	110	36	67,27	31	5	83,87
3	Chichaoua(L)	1180	418	64,58	482	175	63,70
	Sidi Mokhtar(L)	1167	489	58,10	389	239	38,60
4	Essaouira(L)	547	238	56,49	233	135	42,06
5	Youssoufia(B.A)	1259	75	94,04	397	20	94,96

**Tableau 6: Calcul du rendement d'élimination de la DBO5 par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT**

province	STEP	point d'entrée(DBO5)	point de sortie (DBO5)	rendement %
1	Aghouatim(F.I. F.P)	577	190	67,07
	Asni(F.P.R)	860	31	96,4
	Tamesloht(L)	861	141	83,62
	Tidili Mesfioua(I.P)	254	7	97,24
	Tidili Mesfioua(F.P.R)	235	17	92,77
2	Saada(L)	257	132	48,64
	Marrakech(B.A)	620	22	96,45
	Marrakech(B.A)	22	8	63,64
3	Chichaoua(L)	607	219	63,92
	Sidi Mokhtar(L)	493	164	66,73
4	Essaouira(L)	249	74	70,28
5	Yousseoufia(B.A)	398	18	95,47

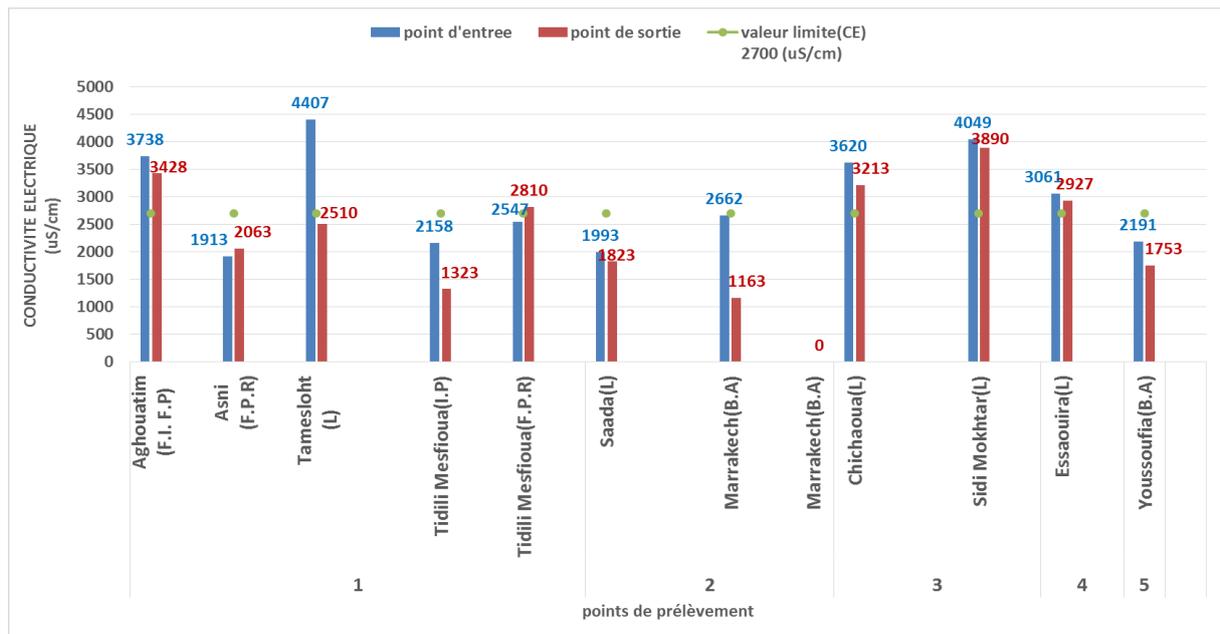
Pour la DCO, le tableau montre que la STEP d'Aghouatim (F.I.F.P) fournit le rendement le plus faible **55,72%** parmi les STEP, par contre la STEP de Tidili Mesfioua (I.P) fournit le rendement le plus satisfaisant **94,66%**.

Ce qui concerne la MES, le tableau montre que la STEP de Tidili Mesfioua (F.P.R) fournit le rendement le plus parfait **97,30%** parmi les STEP étudiées, par contre la STEP de Sidi Mokhtar fournit le rendement le plus faible **38,60%**.

A propos de DBO5, le tableau montre que la STEP de Tidili Mesfioua (I.P) fournit le rendement le plus parfait **97,24%**, par contre la STEP de Saada(L) fournit le rendement le plus faible de toutes les STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT de **48,64%**.

#### La conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique en entrée et en sortie des STEP, situées dans la zone d'action de l'ABHT, a pour but de mettre en comparaison son niveau de conformité avec la valeur limite de rejet (Figure 10) :



**Figure 10: Histogramme de mesure de CE (µS/cm) à l'entrée et à la sortie des STEP**

Les valeurs de sortie de la CE sont inférieures aux valeurs de leurs entrées, à l'exception de la STEP d'Asni qui présente une valeur de sortie supérieure à sa valeur d'entrée. On constate donc que le degré de minéralisation augmente en sortie de cette STEP. Alors l'eau devient plus saline.

Le calcul des rendements d'atténuation de la conductivité électrique a pour but mettre en comparaison l'efficacité des STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT (tableau 7) :

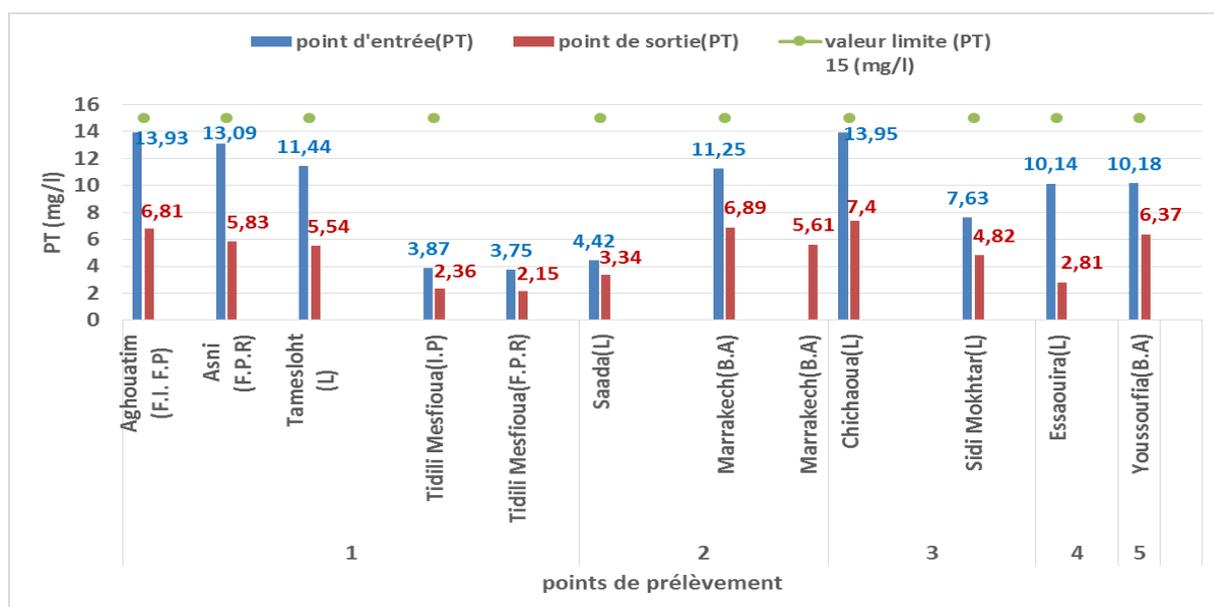
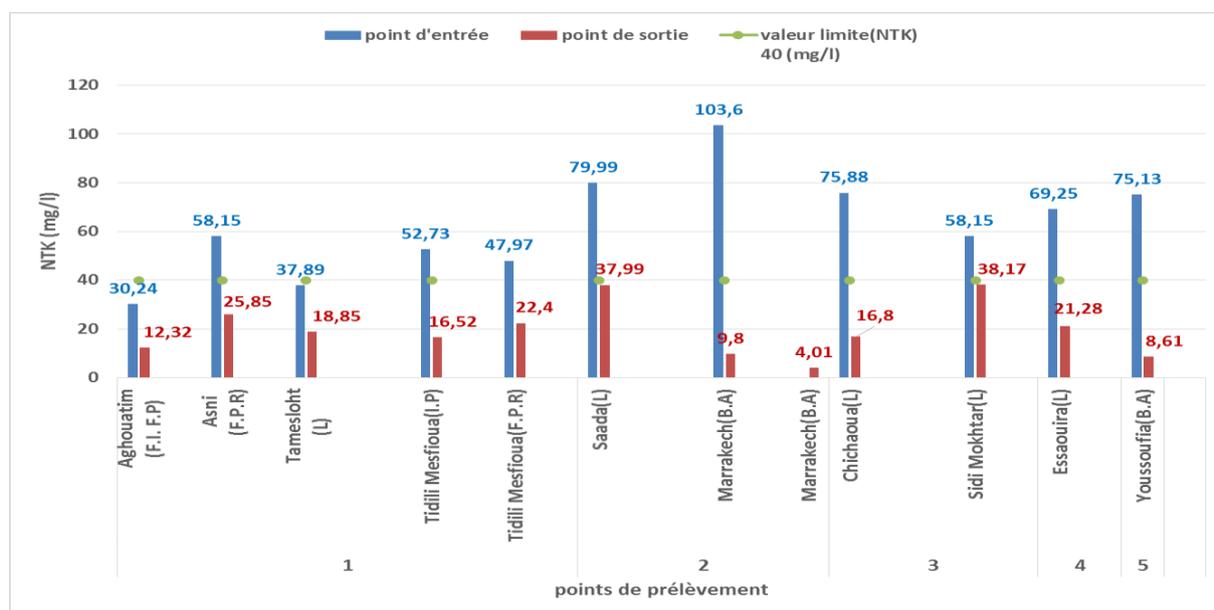
**Tableau 7: Calcul du rendement d'atténuation de la CE par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT**

province	STEP	point d'entrée (CE)	point de sortie(CE)	rendement %
1	Aghouatim(F.I. F.P)	3738	3428	8,3
	Asni(F.P.R)	1913	2063	-7,84
	Tamesloht(L)	4407	2510	43,04
	Tidili Mesfioua(I.P)	2158	1323	38,7
	Tidili Mesfioua(F.P.R)	2547	2810	-10,32
2	Saada(L)	1993	1823	8,53
	Marrakech(B.A)	2662	1163	56,31
	Marrakech(B.A)	1163	1206	-3,70
3	Chichaoua(L)	3620	3213	11,24
	Sidi Mokhtar(L)	4049	3890	3,93
4	Essaouira(L)	3061	2927	4,38
5	Youssoufia(B.A)	2191	1753	19,99

On remarque que la STEP de Marrakech (B.A) fournit un rendement maximal de **56,31%**, par contre un on remarque déficit de **-10,32%** pour la STEP de Tidili Mesfioua (F.P.R).

### **Azote Kjeldhal et phosphore total**

L'analyse de l'azote total (Figure 11a) et le phosphore total (Figure 11b), dans les rejets domestiques à l'entrée et à la sortie des STEP dans la zone d'action de l'ABHT, a révélé des valeurs à l'entrée et à la sortie de NTK dépassant la valeur limite fixée en 15mg/l. Par contre on remarque que les valeurs à la sortie de certaines STEP ne dépassent pas la valeur limite ce qui signifie que les STEP (Marrakech, Youssoufia et Chichaoua) fonctionnent parfaitement.



**Figure 11: Histogrammes des mesures de NTK et PT (mg/l) à l'entrée et à la sortie des STEP**

Les valeurs d'entrée et de sortie de NTK dépassent la valeur limite fixée en 15mg/l, par contre on remarque que les valeurs de sortie de quelques STEP ne dépassent pas la valeur limite ce qui signifie que les STEP (Marrakech, Youssoufia et Chichaoua) fonctionnent parfaitement.

On remarque que les valeurs d'entrée et de sortie de PT ne dépassent pas leurs valeurs limites.

Le calcul des rendements fournis par les STEP, situées dans la zone d'action de l'ABHT, a pour objectif d'évaluer le taux d'épuration de l'azote total et le phosphore total (tableau 8) :

**Tableau 8: Calcul du rendement d'élimination de NTK et PT par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT**

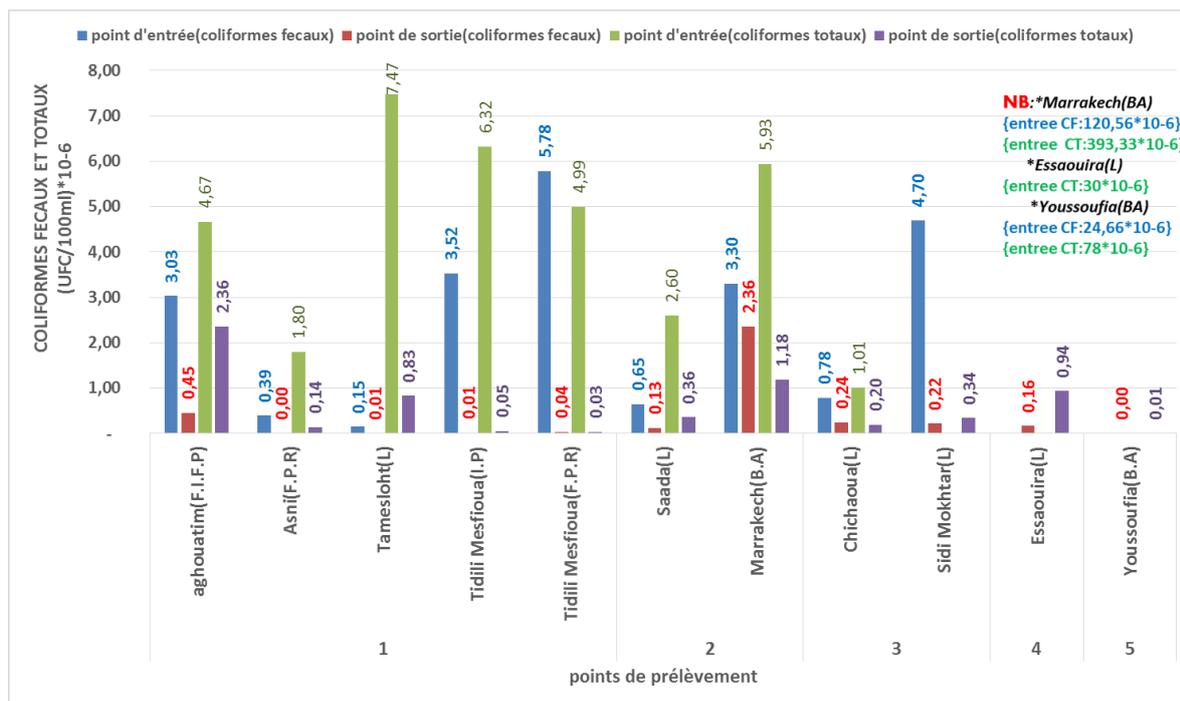
province	STEP	point d'entrée(NTK)	point de sortie(NTK)	rendement %	point d'entrée(PT)	point de sortie(PT)	rendement %
1	Aghouatim(F.I. F.P)	30,24	12,32	59,26	13,93	6,81	51,11
	Asni(F.P.R)	58,15	25,85	55,55	13,09	5,83	55,46
	Tamesloht(L)	37,89	18,85	50,25	11,44	5,54	51,57
	Tidili Mesfioua(I.P)	52,73	16,52	68,67	3,87	2,36	39,02
	Tidili Mesfioua(F.P.R)	47,97	22,4	53,30	3,75	2,15	42,67
2	Saada(L)	79,99	37,99	52,51	4,42	3,34	24,43
	Marrakech(B.A)	103,6	9,8	90,54	11,25	6,89	38,76
	Marrakech(B.A)	9,8	4,01	59,08	6,89	5,61	18,58
3	Chichaoua(L)	75,88	16,8	77,86	13,95	7,4	46,95
	Sidi Mokhtar(L)	58,15	38,17	34,36	7,63	4,82	36,83
4	Essaouira(L)	69,25	21,28	69,27	10,14	2,81	72,29
5	Youssoufia(B.A)	75,13	8,61	88,54	10,18	6,37	37,43

Pour l'azote total , la STEP de Marrakech(B.A)(traitement secondaire) fournit le rendement le plus élevé de **90,54%**, par contre la STEP de Sidi Mokhtar(L) fournit un rendement assez faible de **34,36%**.

Pour le phosphore total, la STEP d'essaouira(L) se manifeste par le rendement le plus étonnant de **72,29%**, par contre la STEP de Marrakech(B.A)(traitement tertiaire) fournit un rendement assez faible de **18,58%**.

### Les coliformes fécaux et totaux

L'analyse des paramètres biologiques à savoir les coliformes fécaux et totaux, en entrée et en sortie des STEP dans la zone d'action de l'ABHT, a pour objectif d'évaluer leurs taux d'épuration (figure 12).



**Figure 12 : Histogramme des mesures des CF et CT (UFC /100ml).10\*-6 en entrée et en sortie des STEP**

Les valeurs d'entrée de CT et CF dépassent les valeurs de sortie, par contre pour la STEP d'Aghouatim type F.I.F. P, on remarque que la valeur d'entrée est supérieure à la valeur d'entrée. On note que pour la valeur d'entrée et celle de la sortie de la STEP de Marrakech de type B.A sont extrêmement élevées et même pour la STEP d'Essaouira et Youssoufia.

Le calcul des taux d'élimination des coliformes fécaux et totaux a pour but l'évaluation de l'efficacité des différentes STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT (tableau 9) :

**Tableau 9 : Calcul du rendement d'élimination des coliformes fécaux et totaux par les STEP dans la zone d'action de l'ABHT**

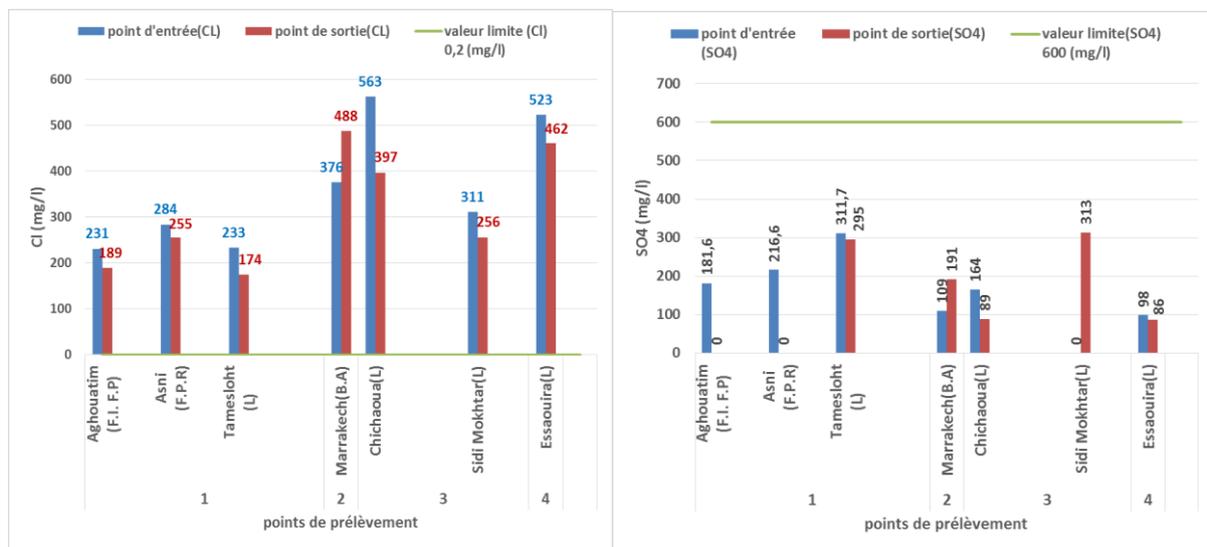
province	STEP	point d'entrée (CF)	point de sortie(CF)	rendement %	point d'entrée (CT)	point de sortie(CT)	rendement %
1	Aghouatim(F.I. F.P)	3,033	0,4536	85,04	4,6666	2,3566	49,50
	Asni(F.P.R)	0,3933	0,000078	99,98	1,8	0,14233	92,09
	Tamesloht(L)	0,1496	0,0101	93,25	7,4666	0,83	88,88
	Tidili Mesfioua(I.P)	3,5233	0,0125	99,65	6,32	0,0492	99,22
	Tidili Mesfioua(F.P.R)	5,78	0,0395	99,32	4,9933	0,0314	99,37
2	Saada(L)	0,65	0,127	80,46	2,6	0,3566	86,28
	Marrakech(B.A)	3,3	2,36	28,48	5,9333	1,1766	80,17
3	Chichaoua(L)	0,78	0,2433	68,81	1,01	0,1956	80,63
	Sidi Mokhtar(L)	4,7	0,2166	95,39	393,3	0,34	99,91
4	Essaouira(L)	120,566	0,1633	99,86	30	0,936	96,88
5	Youssoufia(B.A)	24,66	0,0036	99,99	78	0,0097	99,99

Les valeurs de sortie de CT et CF sont inférieures aux valeurs d'entrée, ce qui montre que la plupart des STEP étudiées fournissent des rendements satisfaisants.

Le rendement d'épuration le plus élevé a été constaté au niveau des STEP de types (B, A), (L) et (F, P, R) situées respectivement à Youssoufia, Essaouira et Tidili mesfioua.

### Chlore et sulfate

Les valeurs du sulfate et du chlore à l'entrée et à la sortie des STEP (Figure 13) situées dans la zone d'action de l'ABHT ont été mesurées en vue d'étudier leur niveau de conformité en comparaison avec les valeurs limites de rejet.



**Figure 13: Histogrammes des mesures de SO<sub>4</sub> et Cl (mg/l) en entrée et en sortie des STEP**

Les valeurs d'entrée de SO<sub>4</sub> et Cl dépassent leurs valeurs de sortie, par contre la valeur de sortie secondaire de la STEP de Marrakech de type B.A est très élevée avec une valeur d'entrée non renseignée.

### Les métaux lourds

Connaissant la dangerosité des métaux lourds et leur impact très néfaste sur l'environnement, il est tout à fait normal de procéder à leur élimination au niveau des STEP. Dans cette perspective l'analyse des métaux lourds, mesurés en entrée et en sortie des différentes STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT, a pour objectif de vérifier la qualité et l'efficacité de ces stations du point de vue élimination des métaux lourds tout en comparant les valeurs obtenues en entrée avec celles obtenues en sortie.

- **Aluminium et Fer (Al et Fe)**

On remarque que les valeurs d'entrée d'Al et du Fer sont réduites en sortie des STEP tout en avec des teneurs ne dépassant pas leurs valeurs limites.

On note que la valeur d'entrée du Fer a la STEP d'Essaouira est 59mg/l et en sortie est de 0,05mg/l, ceci explique le bon fonctionnement de cette STEP à savoir un rendement assez élevé de 99,91%.

- **Manganèse et Zinc (Mn et Zn)**

On remarque que dans toutes les STEP étudiées, les valeurs de sortie de Mn et Zn ne dépassent pas leurs valeurs limites, à l'exception des autres STEP les valeurs d'entrée et de sortie sont extrêmement faibles.

On constate que les STEP fonctionnent parfaitement du point de vue régulation de Mn et Zn des rejets de ces STEP.

- **Cuivre, Nickel, Cadmium et Cobalt (Cu, Ni, Cd et Co)**

On remarque que les mesures de Cu, Ni, Cd et Co sont représentées par des très faibles concentrations en sortie et entrée des STEP, à l'exception de la STEP de Marrakech (B.A) qui présente une réduction de la concentration du Cu de 0,04mg/l, et celle de Chichaoua(L) et Youssoufia (B.A) qui présentent aussi une diminution du Cd.

On note que toutes les mesures soit en sortie soit en entrée ne dépassent pas les valeurs limites.

- **Arsenic, Plomb et Chrome (As, Pb et Cr)**

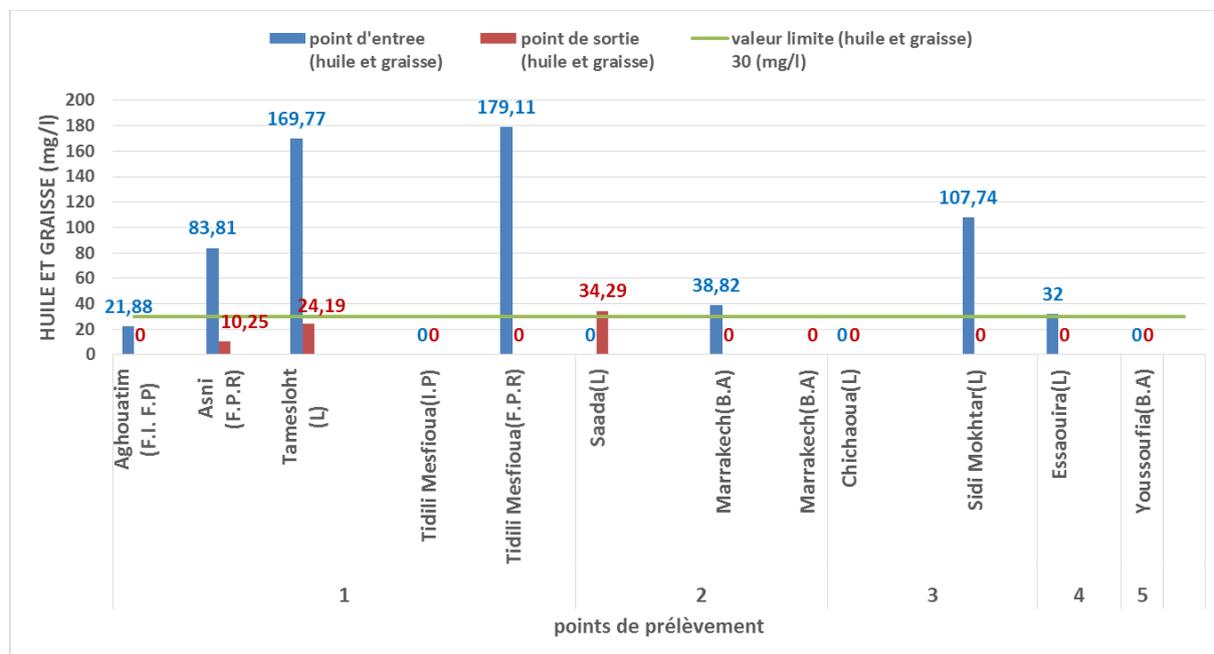
Les valeurs d'entrée d'As et le chrome sont élevées mais ne dépassant pas leurs valeurs limites, par contre pour les valeurs de sortie d'As, Pb et le chrome sont extrêmement faible.

- **Mercure (Hg)**

Toutes les valeurs d'Hg d'entrée et sortie sont extrêmement faibles, à l'exception de la valeur de sortie de la STEP de Tidili Mesfioua de type F.P.R révélant des valeurs supérieures à la valeur limite.

- **Huiles et graisses**

L'analyse des huiles et graisses, à l'entrée et sortie des STEP situées dans la zone d'action d'ABHT, a pour objectif d'évaluer la qualité d'élimination des huiles et graisses par les différentes stations (figure 14).

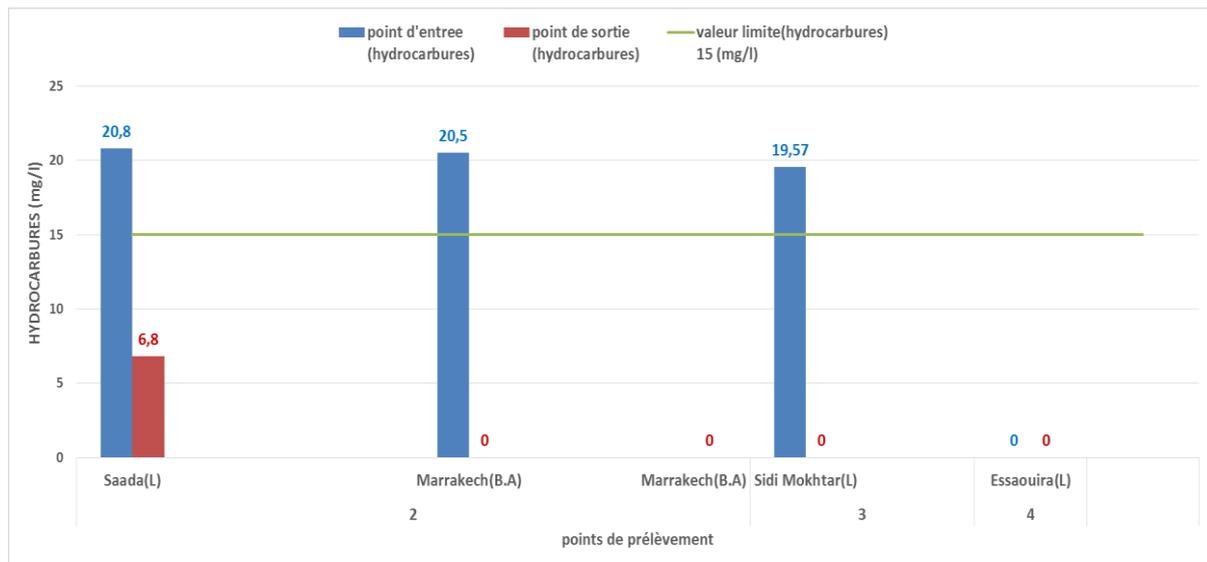


**Figure 14: Histogramme des mesures des huiles et graisses (mg/l) en entrée et en sortie des STEP.**

On remarque que les valeurs en entrée des STEP dépassent la valeur limite fixée à 30mg/l, ce qui n'est pas le cas des valeurs à la sortie. Ceci montre que les STEP fonctionnent parfaitement à l'exception de la STEP de Saada de type (L) qui présente en sortie une concentration supérieure à celle en entrée mais qui reste encore supérieure à la valeur limite.

### Hydrocarbures

L'analyse des hydrocarbures, mesurés en entrée et en sortie de certaines STEP situées dans la zone d'action de l'ABHT, a pour objectif de vérifier la qualité et l'efficacité de ces stations du point de vue élimination des hydrocarbures tout en comparant les valeurs obtenues en entrée avec celles obtenues en sortie (figure 15) :



**Figure 15: Histogramme des mesures des Hydrocarbures (mg/l) en entrée et en sortie de quelques STEP.**

On remarque que les mesures en entrée dépassent la valeur limite fixée en 15mg/l, par contre celles en sortie sont inférieures à 15mg/l. A l'exception de la STEP d'Essaouira du type (L) qui présente des concentrations assez nulles.

On constate que les STEP étudiées fonctionnent parfaitement du point de vue atténuation des concentrations des Hydrocarbures dans les rejets des STEP.

### **V.3 Les rejets industriels**

#### **V.3.1 Introduction**

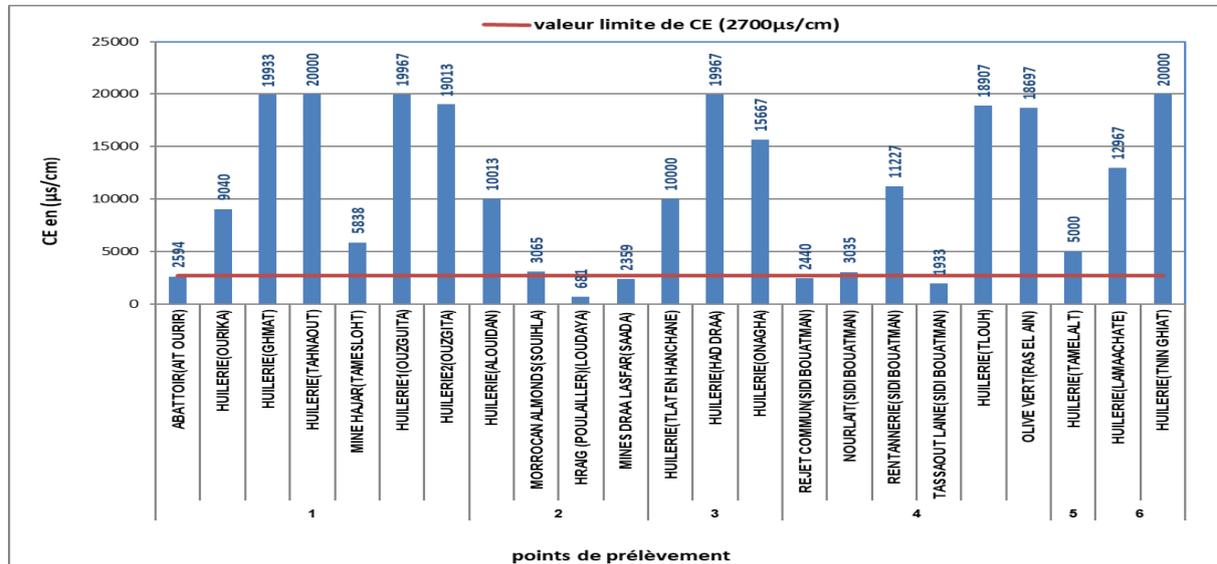
Les effluents provenant de l'industrie, constituent une source importante de pollution surtout dans la zone d'action de l'ABHT. L'impact de cette pollution sur l'environnement est d'autant plus accentué par les changements climatiques que connaît la région. Le traitement de ces effluents est indispensable pour préserver le milieu naturel et pour limiter leurs effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique.

C'est dans ce cadre que s'inscrivent les travaux présentés dans cette partie et dont l'objectif principal est de représenter et analyser les résultats des analyses physico-chimiques et biologiques des effluents industriels.

#### **V.3.2 Représentation graphique et interprétation des données**

## La conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité enregistrées au niveau des huileries sont différentes mais très élevées, elles dépassent totalement la valeur limite de rejet fixée à 2700 $\mu$ s/cm (Figure 16).



**Figure 16 : Représentation des mesures de la conductivité électrique (CE) dans les rejets industriels**

La valeur maximale ( $2 \times 10^4 \mu$ s/cm) est enregistrée dans le rejet d’Huilerie Tahanout (province El Haouz) et l’Huilerie tnin ghat (province Safi). Par ailleurs, la valeur minimale (681 $\mu$ s/cm) est marquée par le Poulailier Loudaya (province Marrakech).

Les rejets de différentes huileries contiennent les margines, ces effluents présentent des valeurs de conductivité très élevées due à la grande teneur en sel (due aux pratiques de salage pour la conservation des olives avant la trituration, en plus la richesse naturelle des margines en sel minéraux dissous) (ESMAIL, 2013), ceci peut être expliqué les valeurs élevées de la conductivité dans les rejets des unités de trituration des olives.

La conductivité est contrôlée aussi par le mode de trituration soit traditionnels (la conductivité peut atteindre jusqu’au 60ms/cm) ou modernes (la conductivité varie de 8 à 20 ms), ceci pourrait être une autre explication des résultats obtenus.

Concernant les rejets de mine Hajar et Draa Lasfar, les valeurs de conductivité sont élevées mais comparables à la valeur limite générale.

Les mines sont caractérisées par un volume important des eaux d’exhaure et par leurs concentrations élevées en sels (MIFTAH, 2014). L’existence de ces eaux dans les rejets des mine Hajar et Draa Lasfer explique les valeurs obtenues de la conductivité.

A propos des rejets des autres unités les valeurs marquées sont totalement inférieures par rapport la valeur de référence.

### MES, DBO5 et DCO

Les analyses des paramètres, caractérisant la pollution organique, MES (Figure 17), DBO5(Figure 18) et DCO (Figure 19) dans les rejets industriels, ont été réalisées en vue d'étudier la variation de ces paramètres afin de les mettre en comparaison avec la valeur limite.

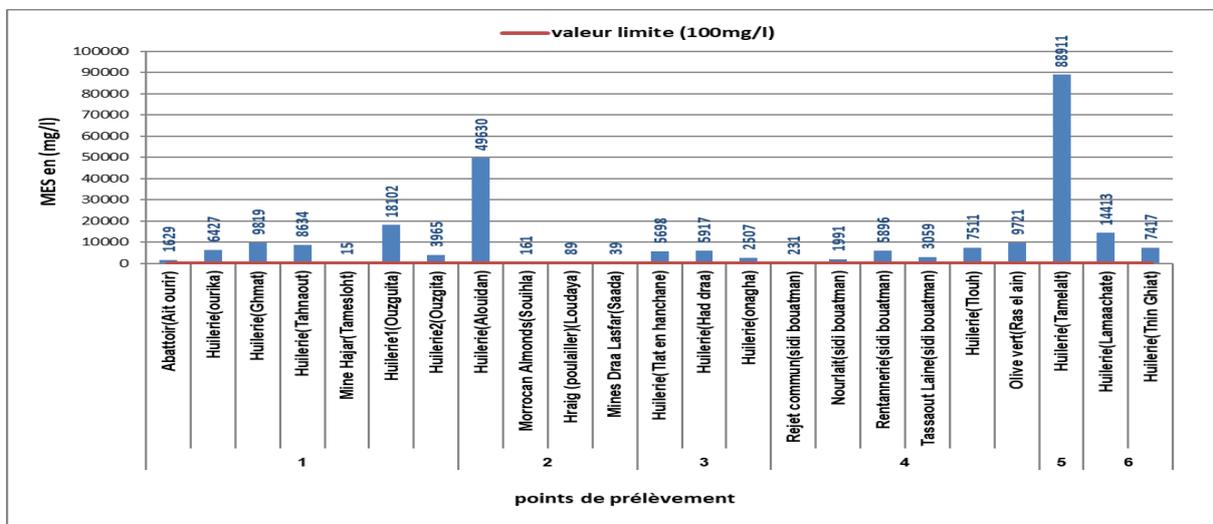


Figure 17 : Représentation des mesures de MES dans les rejets industriels

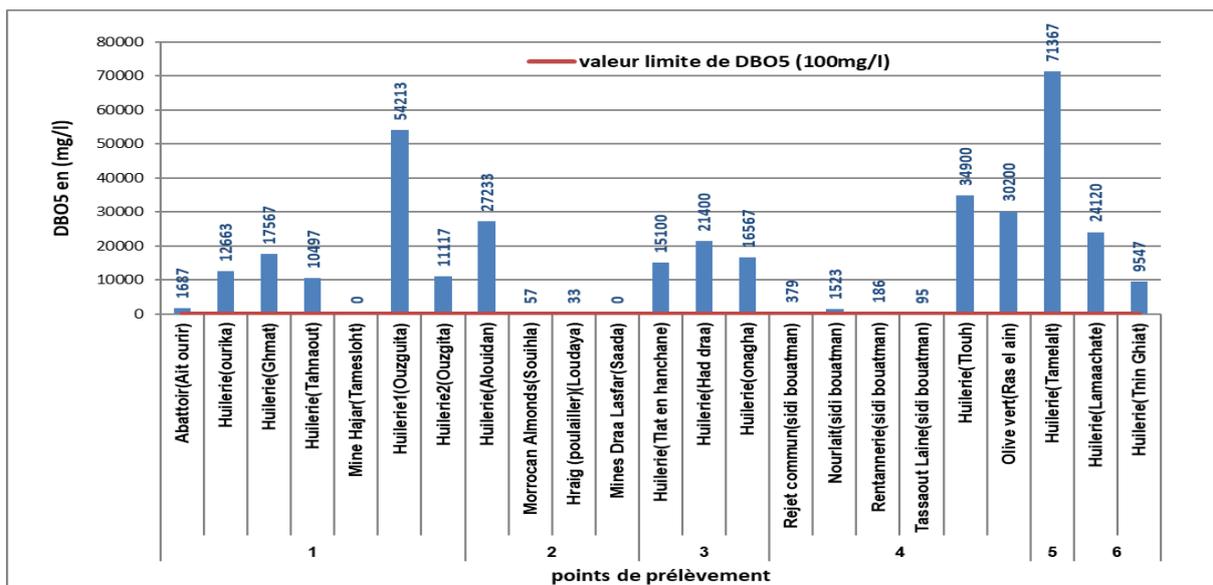
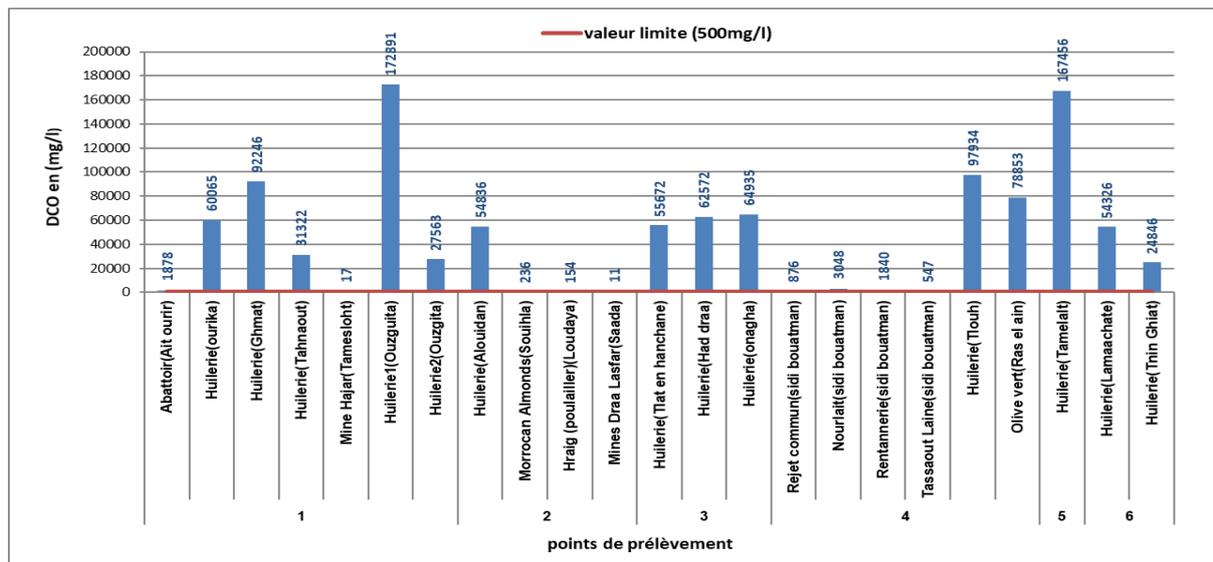


Figure 18 : Représentation des mesures de DBO5 dans les rejets industriels



**Figure 19 : Représentation des mesures de DCO dans les rejets industriels**

Les valeurs de DCO et DBO5 enregistrées au niveau des rejets de diverses huileries sont élevées, elles dépassent la valeur limite général de rejet (100mg/l).

Les valeurs maximales sont marquées par Huilerie Tamelalt (province El kalaa) et Ouzguita (province EL Haouz)

Les rejets de huileries contiennent des margines, ces effluents sont riches en matières organiques telles que les protéines et les sucres. Ceci peut être expliqué par les grandes valeurs de DCO et DBO5 obtenues. Mais, on peut également expliquer ces résultats par le mode d'extraction des olives (traditionnel ou modern).

D'autre part, les autres unités telles que les mines (Hajar et Draa Lasfar), etc. présentent des faibles valeurs de DCO et DBO5 qui ne dépassent pas la valeur limite générale de rejet.

A propos de l'Abattoir Aitourir (province AL Haouz) et Nourlait sidi bouothmane (province Rehamna), les valeurs de DCO et DBO5 dépassent la valeur limite de rejet, ceci peut être à cause de l'abondance de la matière organique dans les rejets (par exemple débris de panse et de sang, matières fécales dans l'abattoir) (BELGHYTI, 2009)

Ce qui concerne la matière en suspension, les rejets des huileries marquent des valeurs élevées, elles dépassent la valeur limite générale de rejet (100mg/l).

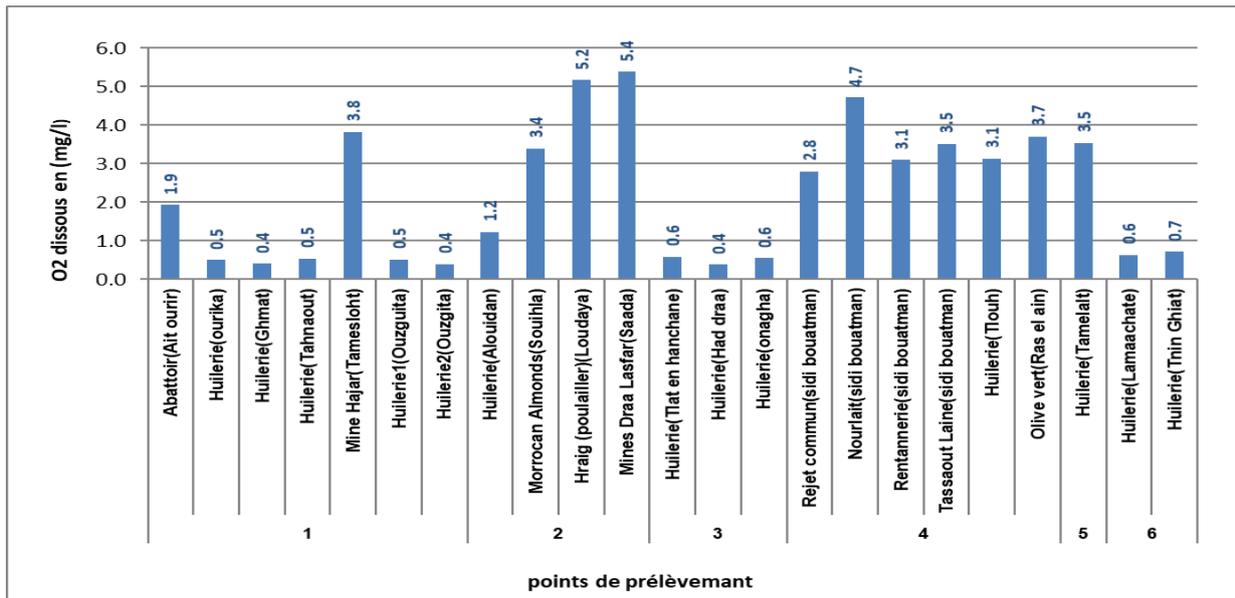
Les quantités maximales sont enregistrées par Huilerie Tamelalt (88911 mg/l) et Huilerie Alouidan (49630 mg/l).

Les fortes concentrations en matière en suspension peuvent être expliqués par la forte charge des margines (existée dans les rejets des huileries).

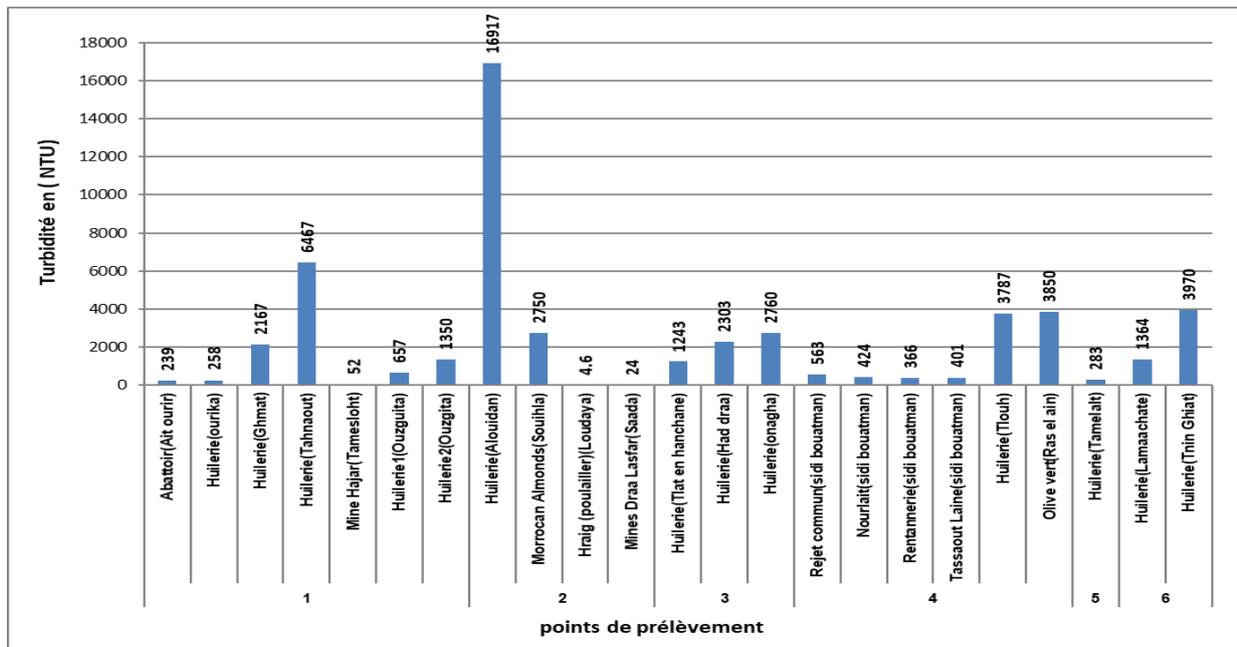
Par contre les quantités minimales sont marquées par les mines Hajar (15mg /l) et Draa Lasfar (39mg/l), en plus de poulailler de Loudaya (89mg/l), les valeurs enregistrées aux niveaux de ces unités ne dépassent pas la valeur limite générale de rejet.

### **Turbidité et O2 dissous**

La turbidité et O<sub>2</sub> dissous ont été mesurés aux niveaux des effluents industriels afin de les comparer avec la valeur limite générale de rejet (Figure 20 et 21).



**Figure 20 : Représentation des mesures de la turbidité dans les rejets industriels**



**Figure 21: Représentation des mesures d'O<sub>2</sub> dissous dans les rejets industriels**

Les valeurs élevées de turbidité sont marquées au niveau des rejets des Huileries. La valeur maximale est enregistrée dans l’huilerie Alouidan (province Marrakech). Par contre la valeur minimale est marquée dans les rejets de mines Hajar et Draa Lasfar.

Ces résultats sont expliqués par la teneur en matières en suspension dans les rejets étudiés. Les fortes valeurs de MES sont traduites par des fortes valeurs de turbidité et vice versa. (Voir figure 17)

A propos d’O<sub>2</sub> dissous, la concentration est comprise entre 0.4 et 5.4 mg/les faibles valeurs s’expliquent par la forte charge organique. En d’autre termes la présence des matières organiques d’origines diverses telles que les eaux usées industrielles réduisent la teneur en oxygène dissous et vice versa (voir figure 18 et 19).

### Azote Kjeldhal et Phosphore total

L’analyse physico-chimique montre la présence de l’azote (Figure 22) et le phosphore total (Figure 23) dans les rejets industriels situés dans la zone d’action de l’ABHT. Les analyses sont réalisées en vue d’évaluer le degré de pollution et de comparer les résultats obtenus par rapport la valeur limite générale.

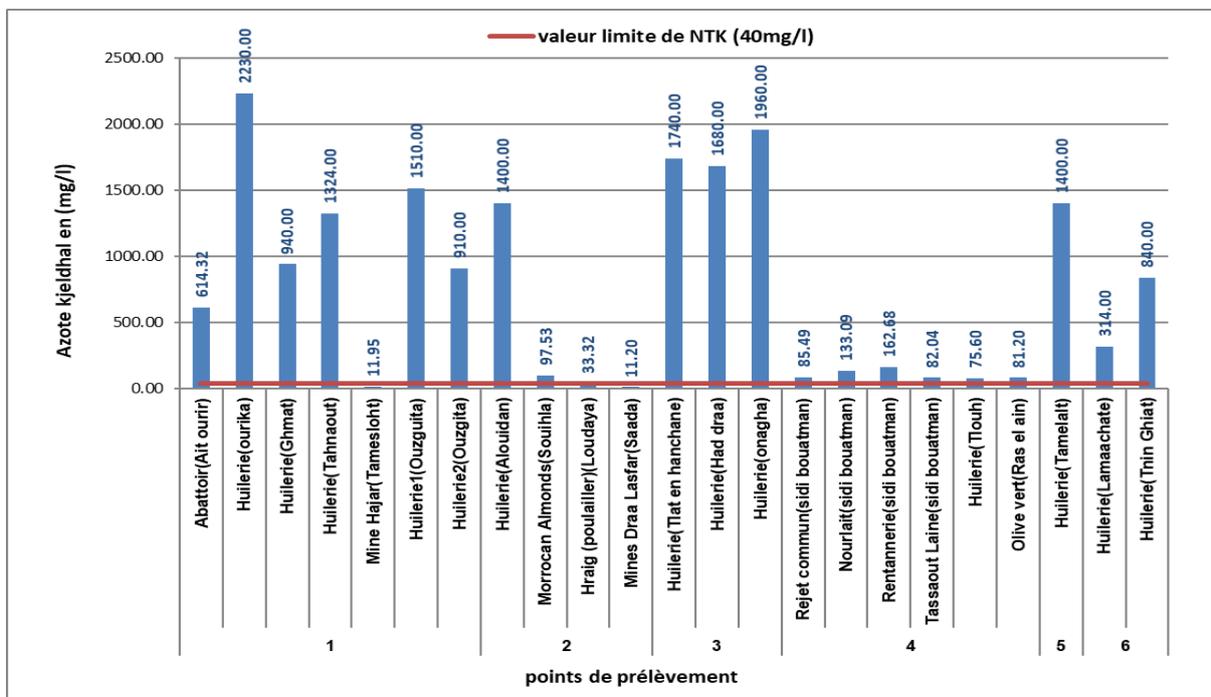
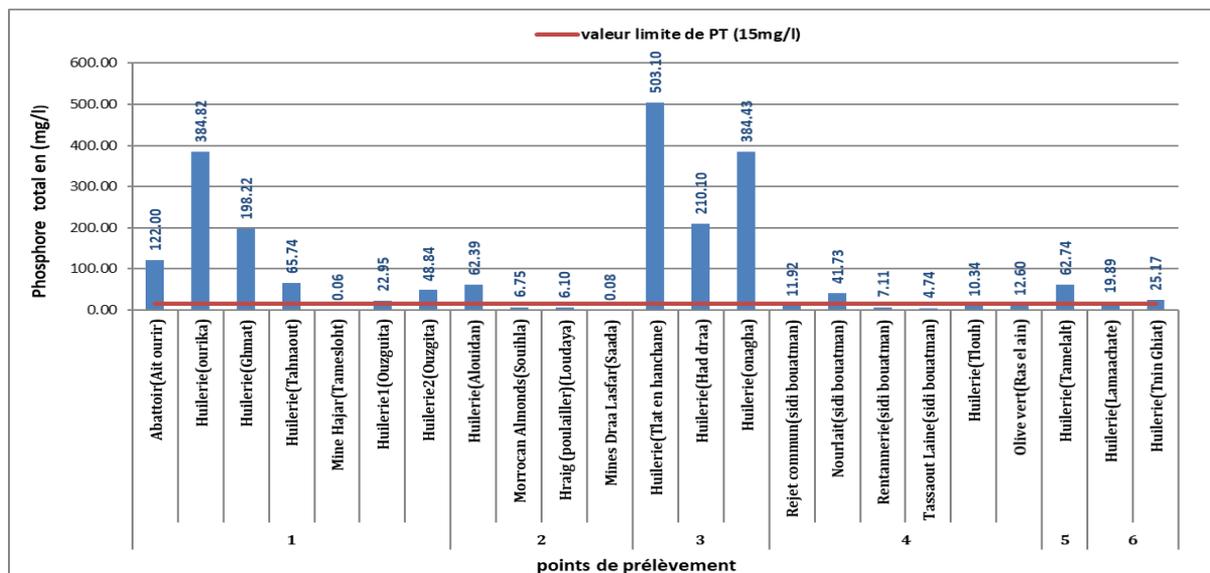


Figure 22 : Représentation des mesures d’Azote Kjeldahl dans les rejets industriels



**Figure 23 : Représentation des mesures du phosphore total dans les rejets industriels**

Tous les rejets des huileries contiennent une forte teneur en azote. Les valeurs dépassent totalement la valeur limite générale de rejet (40mg/l). La valeur maximale est enregistrée dans l’huilerie Ourika (2230mg/l) et la valeur minimale par l’huilerie Lamaachate(314mg/l). Ceci peut être justifié par la richesse naturelle des olives en azote (responsable de la production de fleurs) et également par la présence de cet élément dans les margines.

L’Abattoir Ait ourir et Nourlait sidi bouatmanne enregistrent aussi une forte teneur en Azote dépassant la valeur limite de rejet.

Pour le phosphore total, on remarque que certaines huileries révèlent des valeurs élevées dépassant la valeur limite générale de rejet (15mg/l) comme l’huilerie Tlat El hanchane, Onagha, Had Draa et Ourika. Ceci est probablement dû à la présence du phosphore dans la composition minérale des margines.

Les rejets de l’abattoir Ait ourir marquent également une valeur élevée du phosphore total dépassant la valeur limite de rejet, ceci pourrait être expliqué par la présence du phosphore dans les effluents de l’abattoir.

Par contre les autres unités présentent des valeurs faibles inférieures aux normes admises, les valeurs minimales sont marquées par les mines Hajar et Draa Lasfar.

### **Chlore et sulfate**

Les analyses de Chlore (Figure 24) et sulfate (Figure 25), dans les différents points des rejets industriels situés dans la zone d’action de l’ABHT, ont été également réalisées en vue de caractériser les rejets en question, et de pouvoir les comparer aux normes en vigueur.

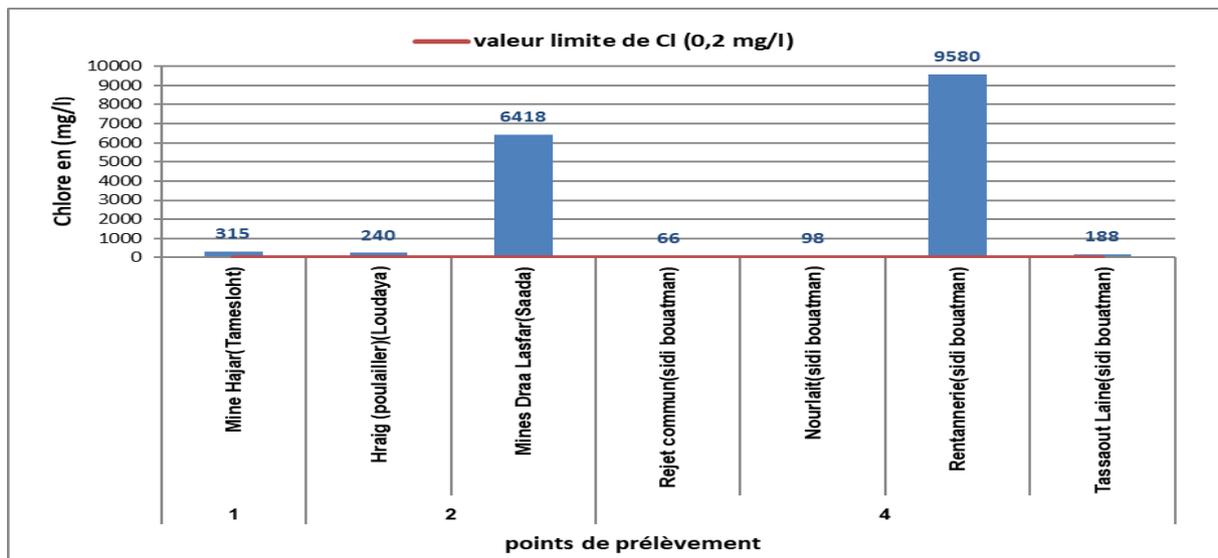


Figure 24 : Représentation des mesurés de Chlore dans les rejets industriels

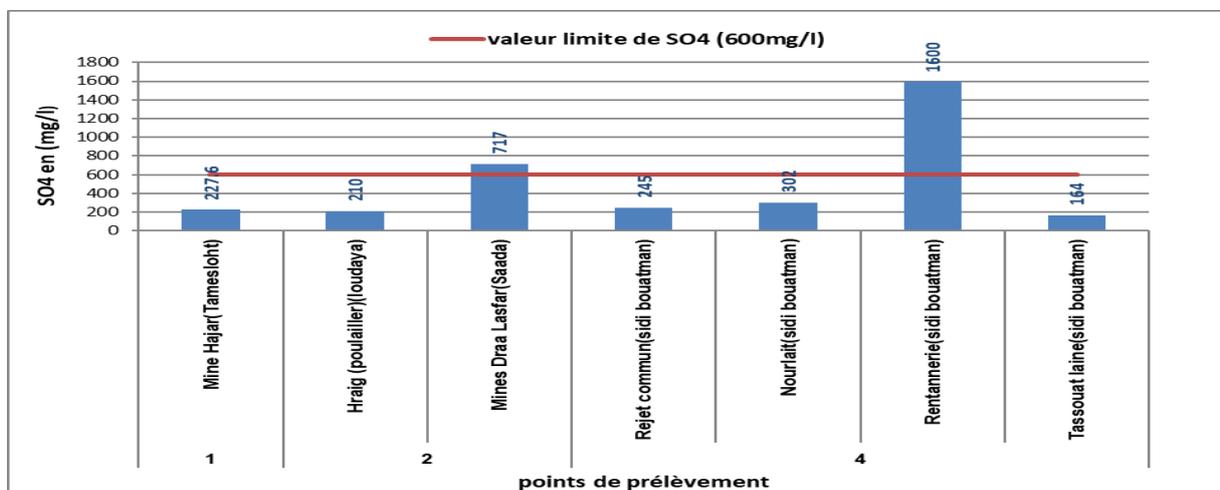


Figure 25 : Représentation graphique des teneurs en sulfate dans les rejets industriels

Les rejets de Rentannerie sidi bouatmane (province Rehamna) présentent des teneurs maximales du Cl et du SO<sub>4</sub>, respectivement 9580 mg/L et 1600 mg/l. Ces teneurs seraient liées à l'utilisation du Chlore pour la désinfection des tanneries et le sulfate pour le tannage (procédé chimique consistant à transformer les peaux en cuir).

A propos des mines Hajar et Draa Lasfar, les teneurs de SO<sub>4</sub> sont généralement comparables à la valeur limite. Par contre elles dépassent la valeur de référence du chlore.

On ce qui concerne les huileries, les analyses montrent l'absence de Cl et SO<sub>4</sub> dans les rejets.

#### Les coliformes fécaux et totaux

Les CF et CT présentent des indicateurs de qualité hygiénique (contamination fécale). Les analyses de CF (Figure 26) et CT (Figure 27), dans les effluents industriels situés dans la zone d'action d'ABHT, ont été réalisées en vue d'évaluer le degré de pollution bactériologique.

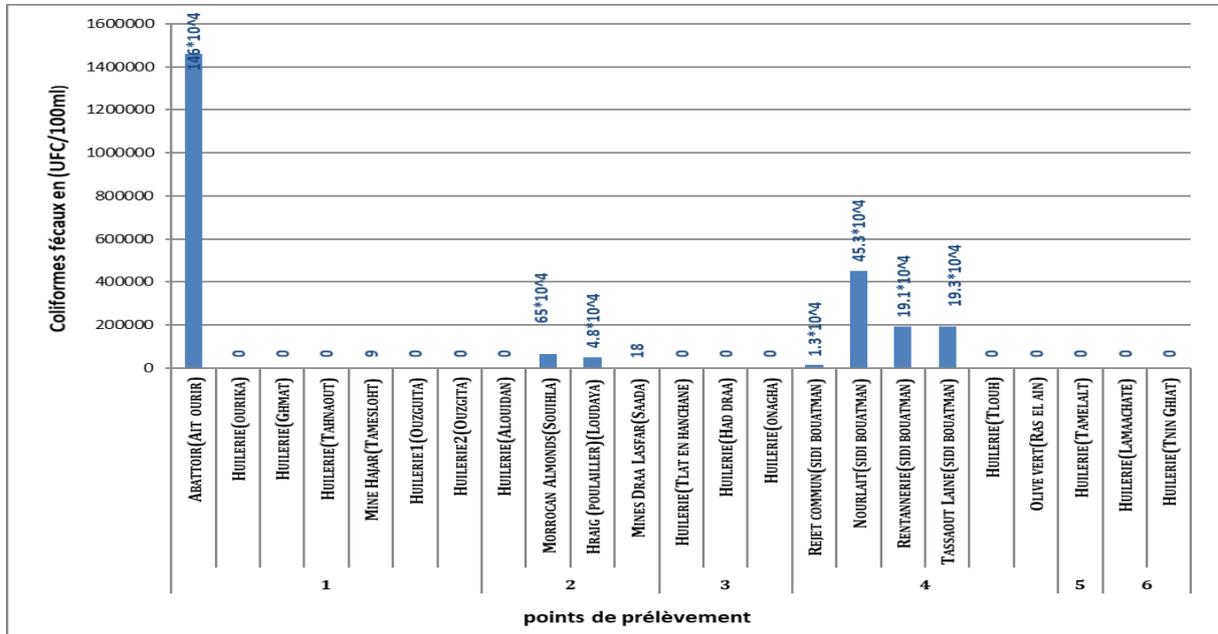


Figure 26: Représentation des teneurs de CF dans les rejets industriels

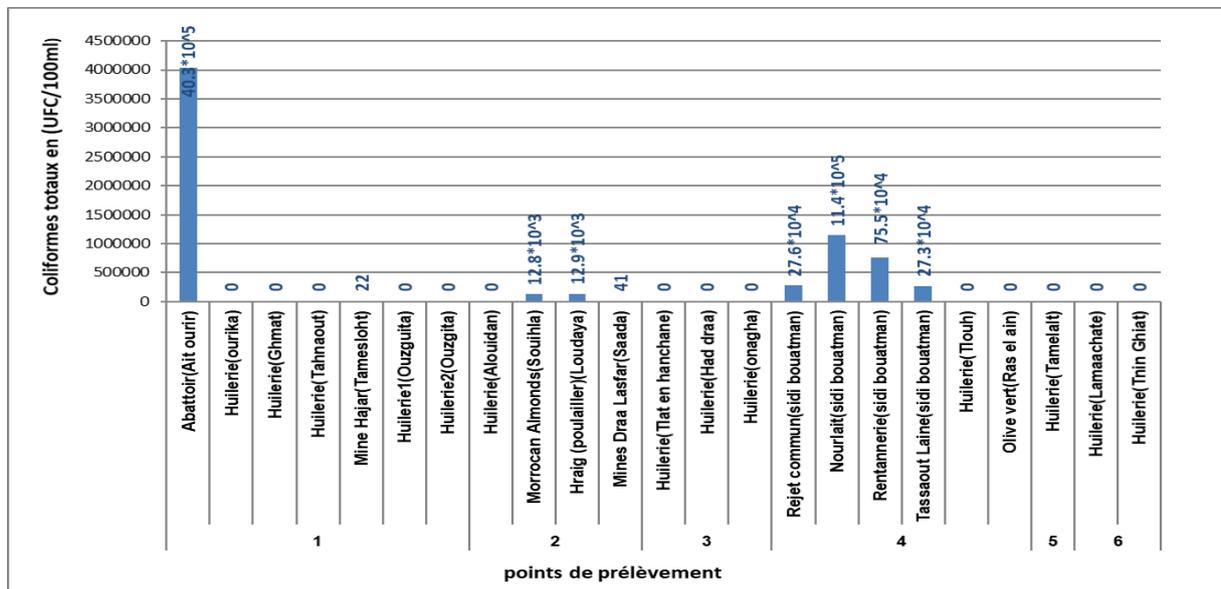


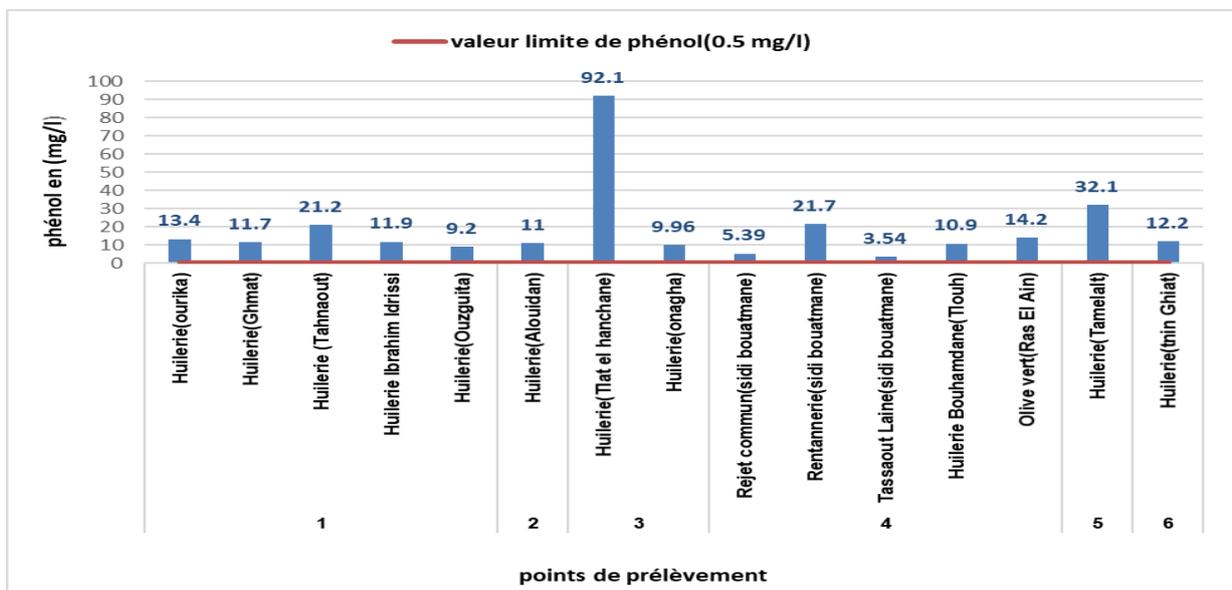
Figure 27 : Représentation des teneurs de CT dans les rejets industriels

La présence de CF et CT est limitée dans certaines unités ; les valeurs maximales sont enregistrées dans l'Abattoir Ait ourir. Les teneurs élevées au niveau de Nourlait Sidi Bouthmane pourraient être expliquées par la richesse de l'effluent agro-alimentaire en CF et CT.

Les différentes huileries montrent l'absence totale de ces germes, ceci peut être dû essentiellement à leur sensibilité aux faibles valeurs de pH, ainsi qu'à l'action antimicrobienne.

### Phénols

Les analyses physico-chimiques montrent la présence de phénol (Figure 28) dans les effluents de divers rejets industriels situés dans la zone d'étude.



**Figure 28 : Représentation des teneurs de phénol dans les rejets industriels**

Tous les rejets des Huileries révèlent la présence de phénol avec des valeurs dépassant la valeur limite générale de rejet (0.5mg/l).

La quantité maximale de phénol (92.1 mg/l) est rencontrée dans le rejet d'huilerie Tlat el hanchane (province Essaouira), par contre la teneur minimale est marquée dans les rejets de Tassout laine sidi Bouamrane (province Rehamna). Ceci peut être expliqué par la présence de phénol dans les margines, mais la variation de la quantité du phénol dans les rejets d'une huilerie à l'autre pourrait être expliquée par le mode de trituration soit moderne ou traditionnel.

### Les métaux lourds

Les métaux lourds sont généralement présents dans les rejets étudiés en faibles concentrations. Les mesures concernent juste certains points de rejets à savoir Mine Hajar et Draa Lasfar,

Rejet commun et Rentannerie. Les analyses ont été réalisées en vue de mettre en évidence la charge métallique de ces effluents.

- **Manganèse et Zinc (ppm)**

En ce qui concerne les rejets de Mine Hajar et Mine Draa Lasfar, les analyses montrent la présence des valeurs très élevées de Mn (21ppm pour Mine Hajar et 10.5ppm pour Draa Lasfar) et Zn (27ppm pour Mine Hajar et 15.5 pour Draa Lasfar). La valeur de ces teneurs dépasse la valeur limite générale de rejet de chaque élément (2 pour Mn et 5 pour Zn).

Les fortes concentrations du Zinc au niveau des mines Hajar et Draa Lasfar sont dues à principalement à son extraction en tant que minerais.

Les fortes teneurs en Manganèse dans les rejets des mines peuvent être expliquées par la présence de cet élément dans les roches sédimentaires, ou bien du son inexploitation au niveau de la mine.

Le rejet commun (sidi bouatmane) montre également la présence de Mn et Zn. Par contre les rejets des mines enregistrent des valeurs généralement faibles 0.02 ppm pour le manganèse et 0.04 pour le zinc. On remarque que toutes ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite générale de rejet.

- **Aluminium, Plomb, Fer et Mercure (ppm)**

Les rejets de la mine Hajar et Draa Lasfar ont révélé des teneurs quasiment analogues comparables (0.28ppm pour mine Hajar et 0.27ppm pour mine Draa Lasfar). Elle ne dépassant pas la valeur limite générale de rejet (1ppm), ceci pourrait être expliqué par l'extraction de cet élément.

Les valeurs d'Aluminium au niveau du rejet de la mine Hajar est élevée, par contre la valeur présentée dans Draa Lasfer est faible.

Le Rejet commun (sidi Bouamrane) marque aussi la présence d'Al et Pb, mais les valeurs enregistrées sont faibles (0.08 ppm pour aluminium et <0.05ppm pour Pb).

Par ailleurs la quantité maximale du fer est marquée dans le rejet de la mine Hajar(924ppm), cette valeur dépasse la valeur générale de rejet fixée à 5 ppm.

Par contre au niveau du rejet de la Mine Draa Lasfar, la valeur du Fer est faible, ne dépassant pas la valeur limite de rejet (5ppm). L'extraction et le traitement de ces métaux dans ces mines expliquent sa présence dans les rejets.

Le Rejet commun (sidi Bouamrane) marque aussi la présence d'Al, Pb et Fe. Les valeurs enregistrées sont faibles (0.08 ppm pour l'aluminium, <0.05ppm pour Pb et 0.54 ppm pour le Fer).

Les rejets de différentes unités marquent aussi la présence du mercure, mais les valeurs enregistrées sont généralement faibles et pas précises.

- **Nickel, Cuivre et Arsenic, Cobalt**

Les rejets de la mine Hajar marque des faibles valeurs de Ni (0.05ppm), Cu (0.02ppm), As (0.106ppm) et Co (<0.01ppm) ne dépassant pas leurs valeurs limites.

La Mine Draa Lasfar présente également des valeurs faibles de Ni (0.02ppm), Cu (<0.01ppm), As (<0.01ppm), Co (0.03ppm). Ces valeurs sont inférieures aux normes admises.

Ceci pourrait être expliqué par le traitement et l'extraction de ces métaux au niveau de ces mines.

En outre au niveau du rejet commun (sidi Bou atman), on enregistre des valeurs très faibles de différents métaux, elles ne dépassent pas leurs valeurs limites de rejet.

- **Cadmium et Chrome**

La présence du Cd et Cr dans les rejets de ces mines peut être expliquée par l'extraction de ces métaux aux niveaux de ces unités.

Le rejet commun (sidi Bou atman) enregistre aussi des valeurs faibles de Cr et Cd ne dépassant pas la valeur limite de chacune.

A propos de la Rentannerie (Sidi Bouatman), l'existence de Cr au niveau du rejet est exprimée par une valeur très faible (<0.001ppm) ne dépassant pas la valeur limite générale.

La présence de Cr est due à l'utilisation de cet élément au niveau de tannage.

- **On ce qui concerne le rejet commun Sidi bouatmane (province Rehamna), les métaux lourds enregistrés au niveau de cet rejet (Al,Pb,Fe,Hg, Mn ,Zn, Cd,Cr,Ni,Cu,As,Co) , peuvent être extraits de la zone industrielle Sidi bouatman.**

## V.4 Décharge

### V.4.1 Introduction

Au Maroc, la production des déchets solides est en augmentation constante, Suite à la croissance démographique et à l'intensification de l'activité économique, cette production est estimée à 4,5 millions de tonnes par an d'ordures ménagères et de 800000 tonnes par an de déchets industriels.

L'évolution des déchets dans la décharge et leurs interactions avec le milieu extérieur conduisent à la dispersion de flux polluants, essentiellement à travers l'émergence du lixiviat qui résulte de la mise en solution par voies physico-chimiques et biologiques des éléments polluants dans les eaux de percolation. Cette eau se charge de substances organiques et minérales et donnent naissance aux lixiviats (EL KHARMOUZ, 2013)

### V.4.2 Représentation graphique et interprétation des données

#### ✚ La conductivité électrique

Les analyses de la conductivité électrique (Figure 29) ont été réalisées en vue de caractériser les rejets et étudier leur niveau de conformité en comparaison avec les valeurs limites de rejet.

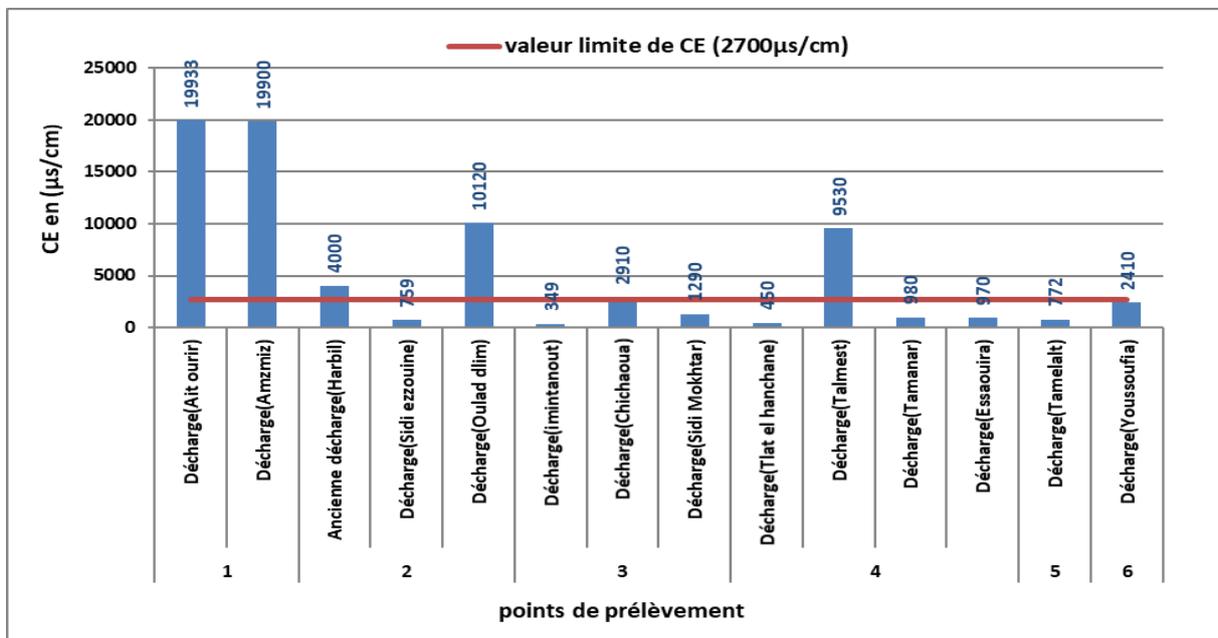


Figure 29 : Représentation des mesures de conductivité électrique dans les lixiviats de décharges

Le lixiviat rencontré dans les décharges de la zone d'étude montrent des teneurs de conductivité électrique différentes et élevées.

Les valeurs enregistrées dans les décharges de Ait ourir et Amzmiz (province el haouz), Oulad dlim et Harbil (province marrakech) ainsi que la décharge Talmest (province Essaouira) sont totalement supérieures par rapport à la valeur limite générale (2700 µs/cm).

La teneur élevée de lixiviats en matière minérale (phosphat, nitrat, ammonium...) est traduite par des fortes valeurs de conductivité, ceci est peut-être une explication pour les résultats obtenus.

Par ailleurs, les lixiviats des autres décharges marqués des valeurs faibles de CE ne dépassent pas la valeur limite de rejet. Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par le phénomène de dilution. En effet, pendant la saison des pluies, le lixiviat reçoit une quantité importante d'eau entraînant une dilution considérable des éléments chimiques en présence.

### ✚ **DBO5, DCO et MES**

Les teneurs moyennes de DBO5 (Figure 30) et DCO (Figure 31) et MES (Figure 32) dans les lixiviats ont été étudiées en vue d'évaluer le degré de pollution organique.

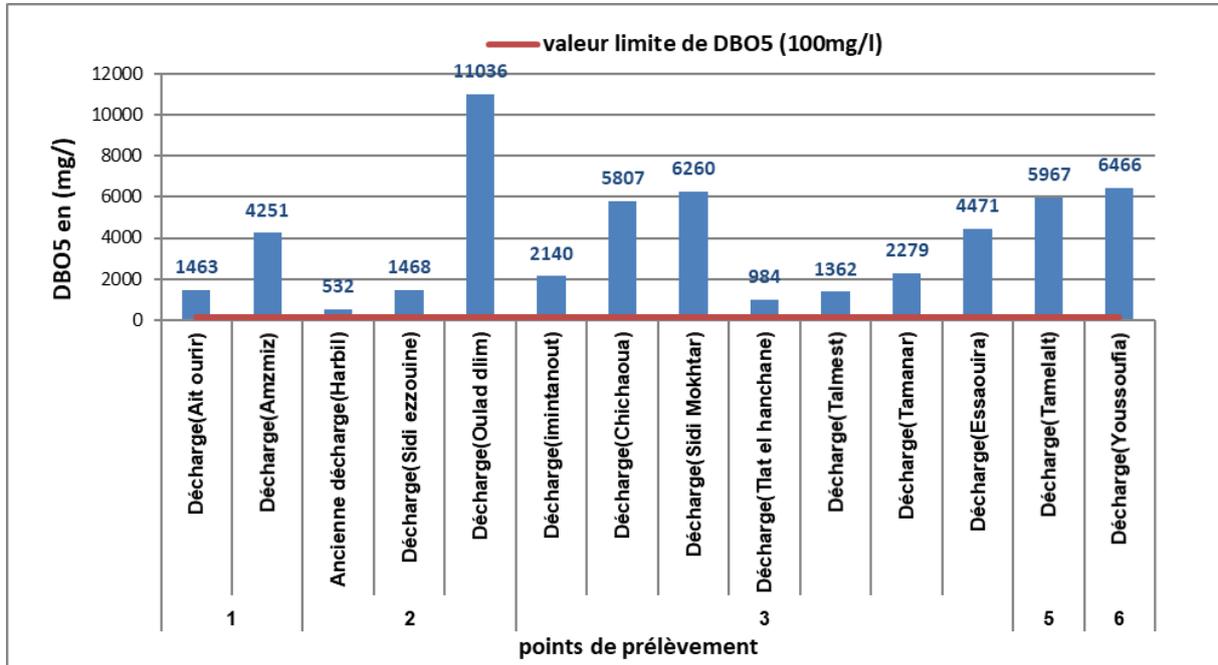


Figure 30 : Représentation des mesures de DBO5 dans lixiviats de décharges

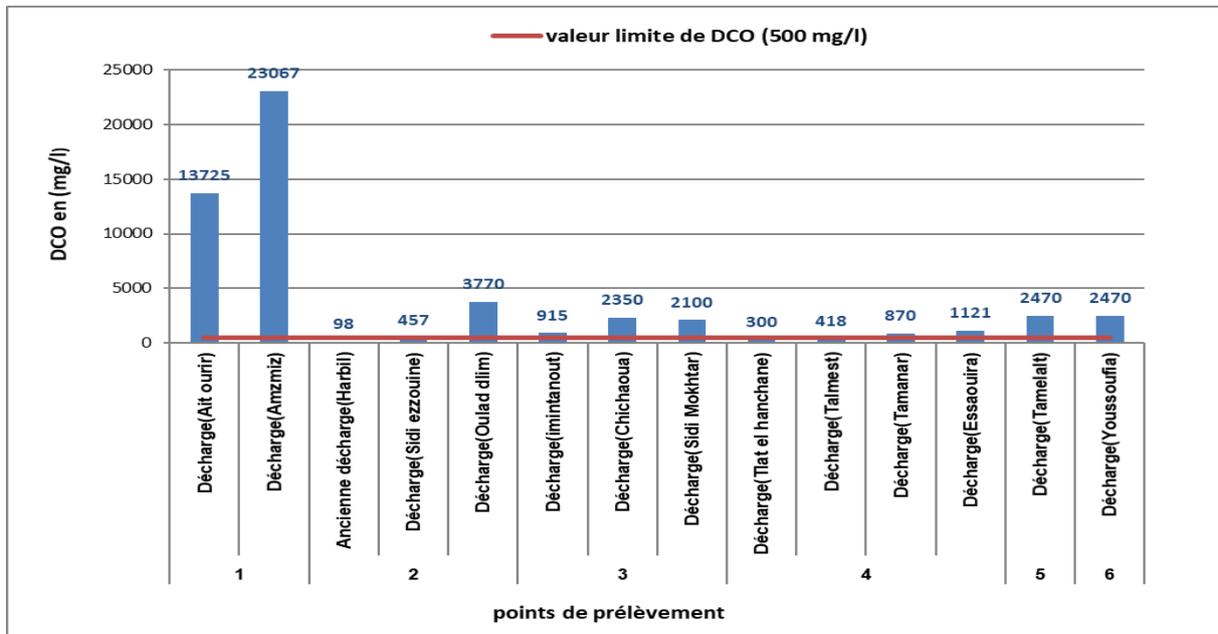


Figure 31 : Représentation des mesures de DCO dans lixiviats de décharges

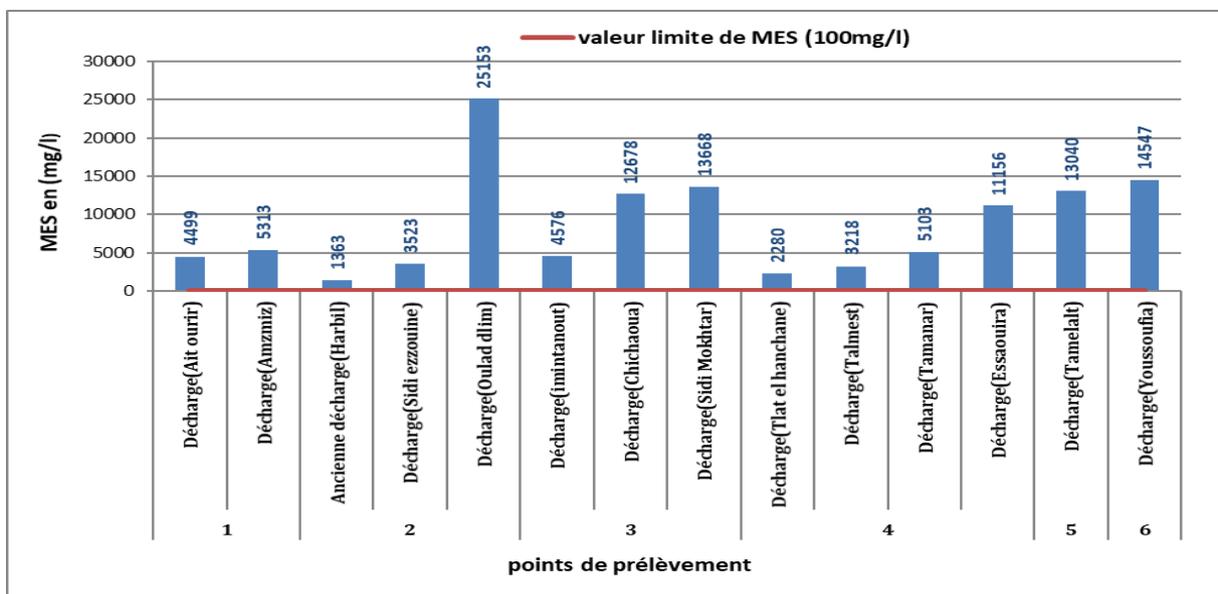


Figure 32 : Représentation des mesures de MES dans lixiviats de décharges

Les Lixiviats traités au niveau de toutes les décharges présentent des valeurs de matière en suspension (MES) très important, elle dépassent totalement la valeur limite général (100mg/l). Il s'agit d'un caractère commun à toutes les décharges d'ordures ménagères .

Les fortes teneurs en (MES) peuvent s'expliquer d'une part par une absence quasi-totale des précipitations qui peuvent induire des phénomènes de dilution du jus de décharge pendant la période estival (maximas des températures), d'ou les lixiviats deviennent de plus riche en MES.

On ce qui concerne la DCO des lixiviats au niveau de toutes les décharges, ils présentent des valeurs élevées ; la majorité des valeurs dépassent la valeur limite générale de rejet qui est estimé à 500mg/l.

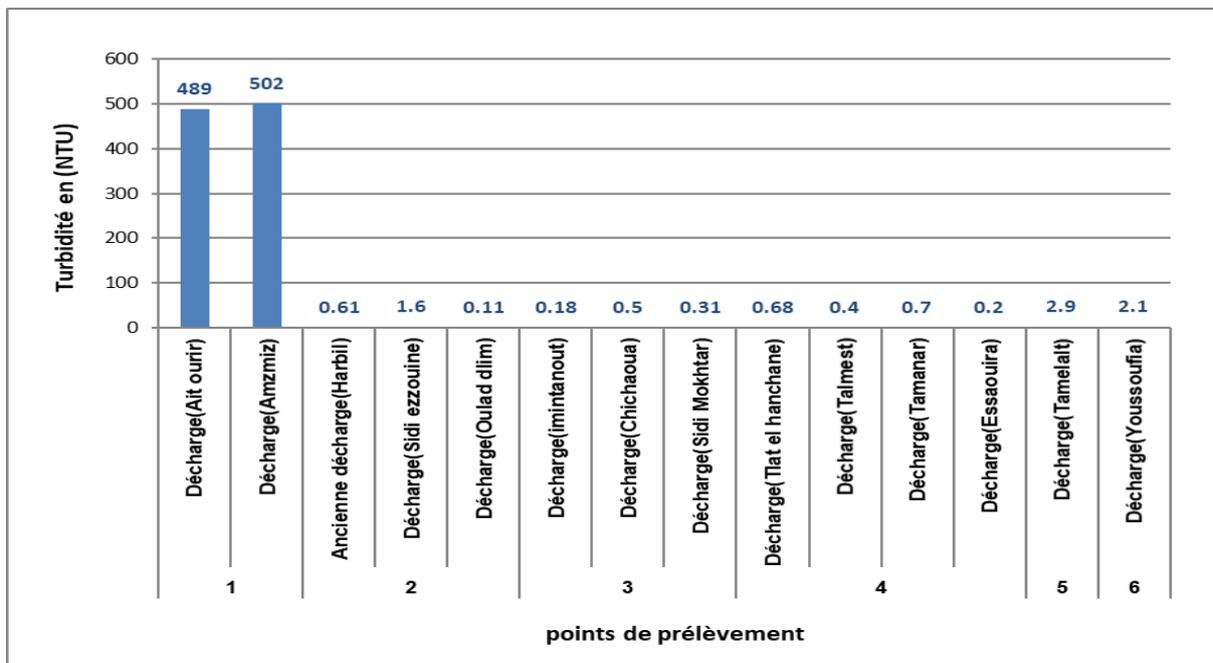
La valeur maximale (23067mg/l) est rencontrédansla décharge Amzmiz (province el haouz) par contre la valeur minimal(98mg/l) est enregistrédans la décharge harbil (province marrakech) .

Les valeurs élevées de DCO indiquent une charge organique très élevée et montrent que ces effluents liquides se trouvent dans les conditions réductrices (baisse de l'oxygène).Par contre, les faibles valeurs marquées par l'ancienne décharge harbil et la décharge tlat el hanchane, elles indiquent une charge organique faible.

A propos de DBO5 les teneurs sont également très importantes, elle dépassent totalement la valeur limite de référence (100mg/l) ceci peut s'est expliquer aussi par la forte charge organique du lixiviats analysé.

### **Turbidité et O2 dissous**

D'après les résultats obtenus les valeurs de la turbidité sont extrêmement élevées dans les effluents de décharge Ait Ourir et décharge Amzmiz ce qui montre que le lixiviat traité est fortement troublés (Figure 33 et 34).



**Figure 33 : Représentation des mesures de la turbidité dans lixiviats de décharges**

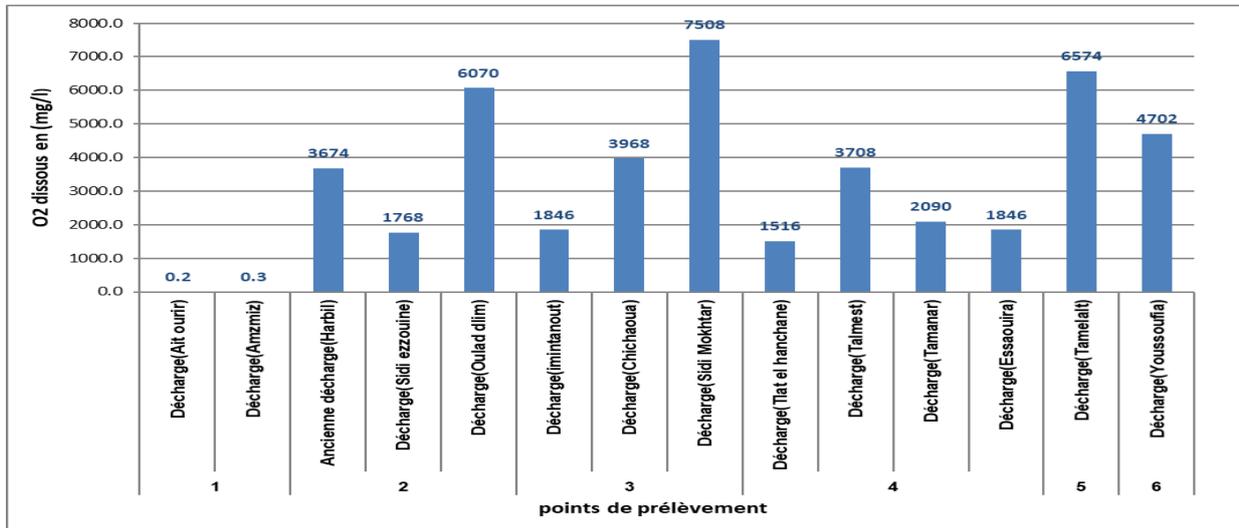


Figure 34 : Représentation des mesures de O2 dissous dans le lixiviat de décharges

A propos des autres décharges les valeurs enregistré sont totalement faible est comparable.

Ce qui concerne o2 dissous ,Les lixiviats traité dans ce travail présente des teneurs presque très élevées , la valeurs maximal est marqué par décharge sidi moukhtar (province Chivhaoua). Par contre, les teneurs minimal est enregistré aux niveaux de décharge Ait ourir et décharge Amzmiz ( province al haouz),ceci indique que le phénomène d’anaérobiose est prédominant . en effet , l’oxygène est fortement sollicité pour la dégradation de la matière organique et l’oxydation des minéraux présents dans l’effluent.

### Azote Kjeldhal et Phosphore total

Les analyses montrent la présence de l’azote (Figure 35) et le phosphore total (Figure 36) dans les effluents de décharges situées dans la zone d’action d’ABHT.

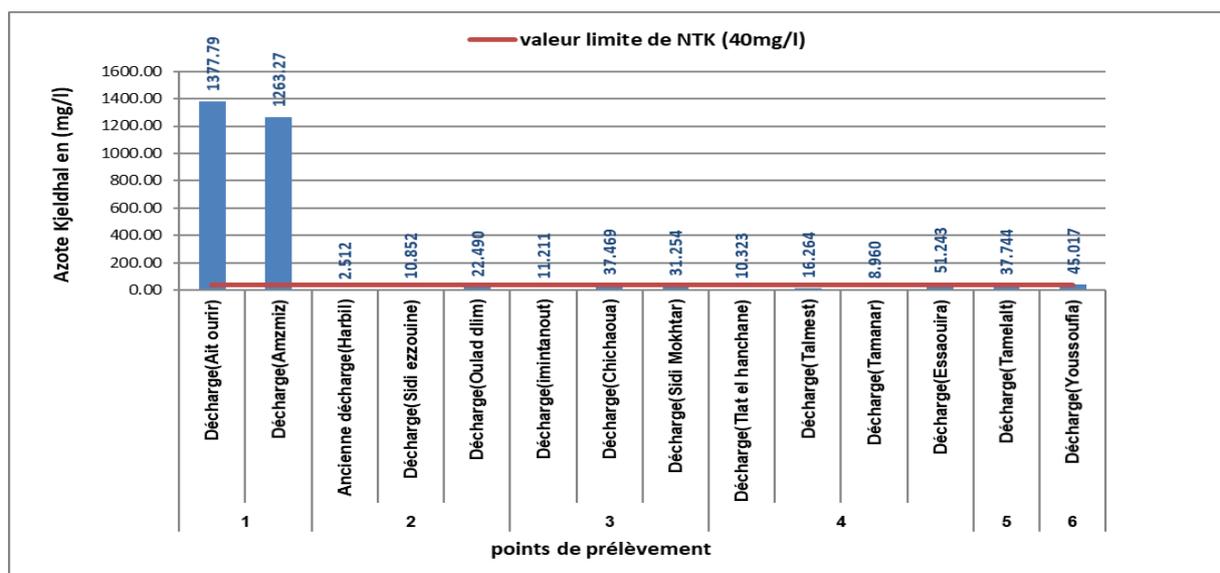
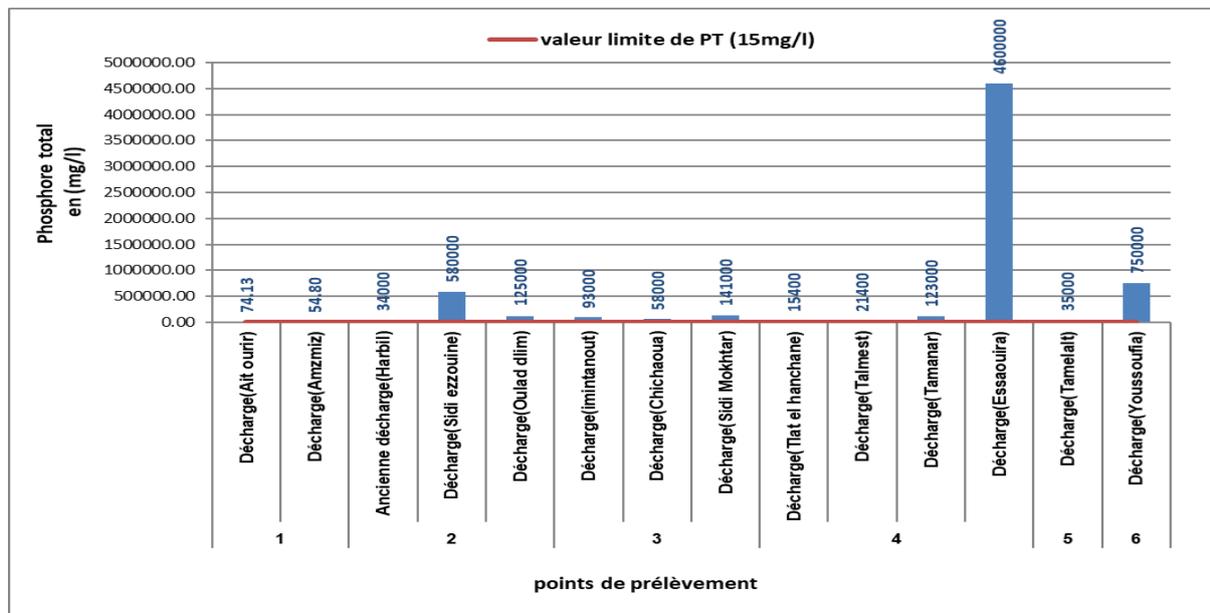


Figure 35 : Représentation des mesures d'azote dans lixiviats de décharges



**Figure 36 : Représentation des mesures de phosphore total dans lixiviats de décharges**

Les lixiviats de la décharge ait ourir et la décharge amzmiz montrent une grande teneur en Azote total (1377.79mg/l pour décharge ait ourir et 1263.27mg/l pour décharge amzmiz). Elles dépassent les normes admises. Par contre, les analyses de lixiviats des autres décharges présentent des teneurs faibles, elles sont toutes inférieures à la valeur limite générale (40mg/l).

En ce qui concerne le Phosphore total, les valeurs obtenues sont très élevées, elles dépassent totalement la valeur limite générale (15mg/l).

La valeur maximale ( $46 \times 10^5$  mg/l) est révélée par la décharge essaouira (province Essauira), par contre la valeur minimale (54.80mg/l) est enregistrée dans la décharge amzmiz (province el haouz).

### Chlore

Les analyses de Cl (Figure 37) aux niveaux des lixiviats traités dans le cadre de ce travail ont été réalisées ou but de caractériser les rejets et analyser les résultats obtenus.

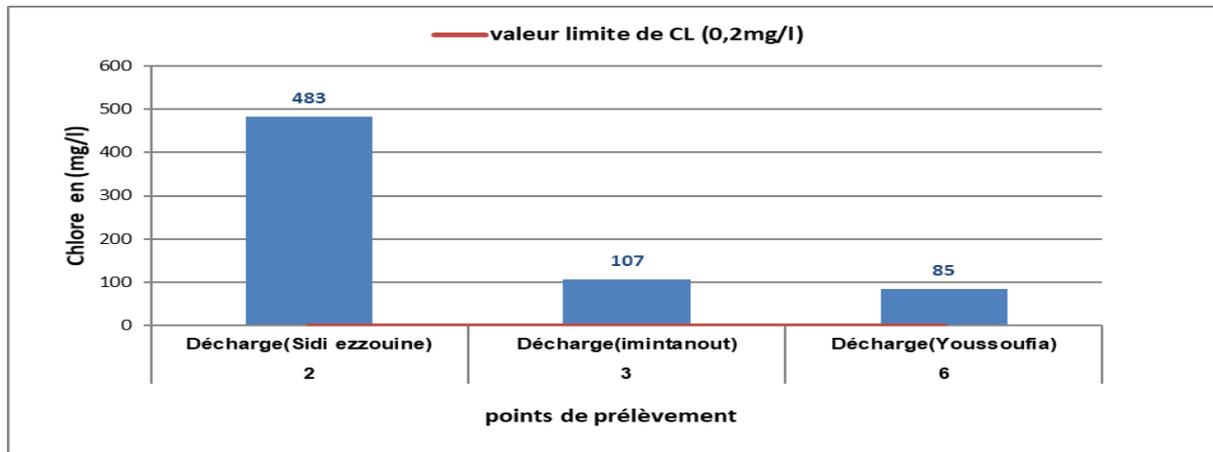


Figure 37 : Représentation des mesures de chlore dans lixiviats de décharges

Les analyses sont justement fait pour les lixiviats de décharge sidi ezzouine et décharge imintanout plus décharge youssoufia.

Toutes les valeurs obtenus sont dépassent la valeur limite général (0.2mg/l) , la quantité maximal de chlore(483 mg/l) est marqué au niveau de décharge sidi ezzouine , par contre la valeur minimal (85mg/l) est enregistré par décharge youssoufia.

#### ✚ Les coliformes fécaux et totaux

L'étude des teneurs en CT (Figure 38) et CF (Figure 39) dans les effluents de décharges situées dans la zone d'action de l'ABHT ont été réalisées en vue d'évaluer le degré de charge bactériologique.

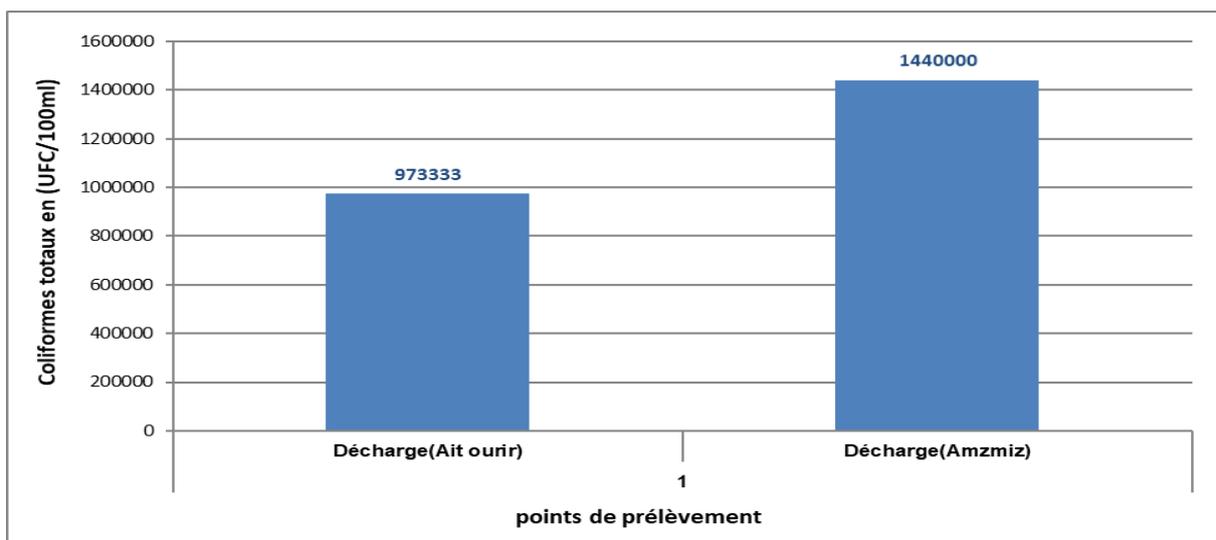
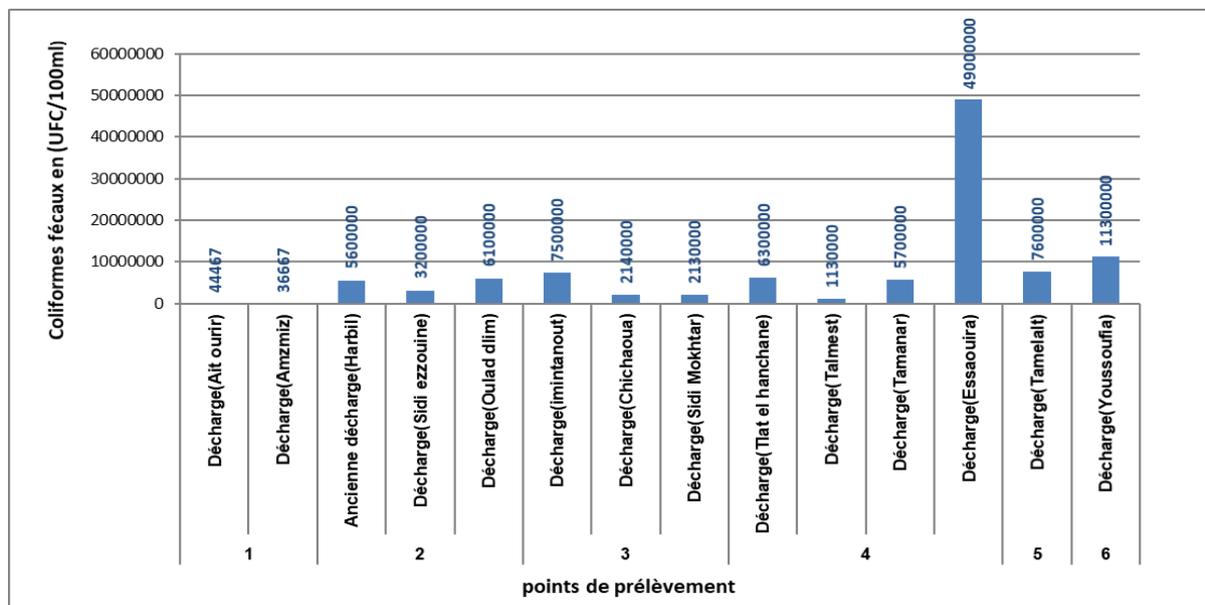


Figure 38 : Représentation des mesures de coliformes totaux dans lixiviats de décharges



**Figure 39 : Représentation des mesures de coliformes fécaux dans lixiviats de décharges**

Les CF sont présents dans toutes les décharges, les valeurs sont totalement très élevées. La valeur maximale ( $49 \times 10^6$  UFC/100ml) est enregistrée dans la décharge Essaouira. Par contre la valeur minimale (3667) est observée au niveau de la décharge Amzmiz.

A propos de CT les analyses sont faites justement sur le lixiviat de décharge Ait ourir et décharge amzmiz. Les valeurs marquées sont généralement très élevées

La présence des conditions favorable (T, pH...) pour la reproduction de CF et CT due à la présence des déchets médicaux contaminé et les cadavres des animaux ainsi que les déchets des abattoirs serait probablement l'origine des teneurs élevées de CF et CT.

### **Les métaux lourds**

Les métaux lourds sont généralement présents dans les rejets étudiés en faibles concentrations, les analyses ont été réalisées en vue d'évaluer la charge métallique des effluents traités.

- **Plomb et Cobalt (ppm)**

Les analyses de lixiviats est marqué par la présence de Pb et Co. Les teneurs en Pb sont faibles et ne dépassent pas la valeur limite générale (1 ppm). Les concentrations de Co sont aussi faibles et proches ; la totalité ne dépassent pas la valeur limite (0.5 ppm). La concentration maximale de Co est présentée dans la décharge amzmiz (0.93 ppm), cette valeur dépasse la valeur limite générale.

- **Cadmium et Cuivre(ppm)**

Les analyses de lixiviats des différents décharges montrent la présence de Cd et Cu , mais généralement faible et ne dépassent pas les valeurs limite générale de chacun (0.25ppm pour Cd et 2ppm pour Cu).

- **Arsenic et Nickel (ppm)**

Les concentrations en As dans les lixiviats sont généralement faibles et inférieure aux normes admises à l'exception de la décharge sidi ezzouine(province marrakech) ; la teneur enregistrée (0.728ppm) dépasse la valeur limite générale.

On ce qui concerne le Ni, les valeurs sont également faibles et inférieure par rapport à la valeur limite (5ppm) , à l'exception de la décharge essaouira ; la valeur enregistrée (93ppm) est très élevée par rapport la valeur limite.

La présence de Ni dans les lixiviats pourraient être liées à la mise dans les décharge des objets, tels que les accumulateurs électriques, les boites en métal, etc.

- **Chrome et Mercure (ppm)**

A propos de Cr, les quantités marquées par les analyses de lixiviats de différents décharges sont faibles. Les valeurs enregistrées sont inférieures par rapport la valeur limite générale (2ppm).Par contre les valeurs obtenues au niveau de l'Ancienne décharge (Harbil) et décharge Essaouira sont élevées.

Les déchets de tanneries (Marrakech et Essaouira) présentent des teneurs notables en chrome, ceci s'explique par les concentrations élevées de Cr dans les lixiviats traités au niveau de l'ancienne décharge harbil et la décharge Essaouira.

Le lixiviat des différentes décharges montre la présence du mercure avec des teneurs faibles. Il est important de noter que seulement 3 valeurs sont précises au niveau de la décharge Ait ourit, la décharge Tlat el hanchane et la décharge Essaouira. Les teneurs enregistrées au niveau des autres décharges sont inférieures par rapport à la limite de détection de l'appareil.



**IMPACT DES REJETS  
DOMESTIQUES ET  
INDUSTRIELS SUR LES  
EAUX SOUTERRAINES**

## VI. VI. Impact des rejets domestiques et industriels sur les eaux souterraines

---

### VI.1 Introduction

L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer l'impact des rejets d'eaux usées brutes et épurées sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines. Cette étude consiste à l'évaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux des nappes situées dans la zone d'action de l'ABHT. Plusieurs paramètres de qualité de l'eau ont été mesurés et analysés : potentiel d'Hydrogène (pH), Température (T), Conductivité (CE), Matières En Suspensions (MES), Demande Chimique en Oxygène(DCO), Demande Biochimique en Oxygène (DBO5), Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), et Ortho phosphatés ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). (MERGHEM,2016).

Le système national d'évaluation de la qualité de l'eau est considéré comme un des indices de développement durable. Il est basé sur les grilles de qualité simplifiées fixées par l'arrêté n° 1275-02 du 17 Octobre 2002.

Pour les eaux souterraines, la grille d'évaluation usuelle a été adoptée en attendant la promulgation d'une grille officielle. Cette grille d'évaluation consiste sur le fait d'évaluer quelques paramètres physico-chimiques et biologiques à savoir CE, Cl,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , MO et CF.

### VI.2 Impact des rejets domestiques

L'analyse des paramètres étudiés a pour objectif d'établir une évaluation globale de la qualité des puits situés en aval des rejets domestiques dans la zone d'action de l'ABHT. Les résultats obtenus (tableau 10) montrent que :

- 8,33 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité bonne,
- 16,66 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité moyenne,
- 58,33 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité mauvaise,
- 16,66 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité bonne.

Les analyses révèlent que les teneurs en chlore et en ammonium sont globalement satisfaisantes, et les teneurs en matière oxydable sont globalement médiocres.

Tableau 10 : Qualité des eaux des puits en aval des rejets domestiques étudiées

type de rejet	Province	Nom du point	CE (ms/cm)	Cl (mg/l)	NO3-(mg/l)	NH4+ (mg/l)	MO (mg/l)	CF (UFC/100 ml)	classification globale
<b>REJETS DOMESTIQUES</b>	<b>Al Haouz</b>	forage en aval des rejets(Tahanaout)	1470	241		0,10	7	307	MOYENNE
		Puits en aval des rejets(Amezmit)	1020	28		0,02	2	15	BONNE
	<b>Marrakech</b>	Puits en aval des rejets(Agafay)	829	199		0,02	14	91	MAUVAISE
		puits en aval des rejets(Tassoultanet )	967	156		0,09	27	114	MAUVAISE
		Puits en aval des rejets (Sidi Erzouine)	4136	1136		0,11	17	83	TRES MAUVAISE
		Puits en aval des rejets 1 et 2 (Tamanssourt)	2273	198,8		5,48	5,48	733	MAUVAISE
		Puits en aval des rejets 3 (Tamanssourt)	652	227,2		0,15	51	850	MAUVAISE
		<b>Chichaoua</b>	Puits A en aval des rejets 1,2 et 3(lmintanout)	2932	184,6		0,24	8	31
	Puits B en aval des rejets 1,2 et 3(lmintanout)		2635	199		0,32	0,32	0	MOYENNE
	<b>Essaouira</b>	Puits en aval des rejets(Tlat el Hanchane)	2877	398		0,04	31	54	MAUVAISE
		Puits(Had draa)	3625	274		0,02	34	27	TRES MAUVAISE
	<b>Youssoufia</b>	Puits en aval des rejets(Echemaia)	2740	355		0,01	11	15	MAUVAISE

### VI.3 Impact des rejets de STEP

L'analyse des paramètres étudiés sert à établir une évaluation globale de la qualité des puits situés en aval des rejets des STEP dans la zone d'action de l'ABHT. Les résultats obtenus (tableau 11) montrent que 100% des points échantillonnés présentent une eau de qualité mauvaise.

Les analyses obtenues montrent que les teneurs en chlore sont globalement satisfaisantes alors que les teneurs en ammonium et en matière oxydable sont globalement médiocres

**Tableau 11 : Qualité des eaux des puits en aval des STEP étudiées**

type de rejet	Province	Nom du point	CE (ms/cm)	Cl (mg/l)	NO3-(mg/l)	NH4+ (mg/l)	MO (mg/l)	CF (UFC/100 ml)	classification globale
<b>STEP</b>	<b>El Haouz</b>	<b>Puits en aval de la STEP de Tamesloht(L) de Tamesloht(L)</b>	1790	152		0,06	18	61	<b>MAUVAISE</b>
	<b>Marrakech</b>	<b>Puits en aval de la STEP de Saada(L) de Saada(L)</b>	1239			0,06	56	34	<b>MAUVAISE</b>
	<b>Chichaoua</b>	<b>Puits en aval de la STEP Chichaoua(L)</b>	2991	374		3,8	3,8	44	<b>MAUVAISE</b>

#### **VI.4 Impact des rejets industriels**

L'étude de l'influence des rejets d'origine industrielle porte sur la contamination des eaux souterraines, en se basant sur des analyses physico-chimiques et microbiologiques (tableau 12). Les résultats obtenus montrent que :

- 47.8 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité moyenne
- 30.4 % des points échantillonnés présentent une eau de qualité Mauvaise
- 21.7 % des points échantillonnées présentent une eau de qualité Très mauvaise

Les analyses montrent que les teneurs en chlore et en ammonium sont globalement satisfaisantes et les teneurs en matière oxydable sont globalement médiocres.

Tableau 12: Qualité des eaux des puits en aval des rejets industriels étudiés

Type de rejet	Province	Nom du point	CE (µs/cm)	Cl (mg/l)	NO3- (mg/l)	NH4+ (mg/l)	MO (mg/l)	CF/100 ml	Qualité globale
rejets industriels	El haouz	Puits en aval de huilerie ben alla ahmed (Ourika)	1040	71		0.01	22	4	Mauvaise
		Puits en aval de huilerie Groupementd'interêt(Ghmat)	1300	199		0.03	8	10	Moyenne
		Puits en aval de huilerie tahanout(Tahanout)	1960	369		0.07	2	23	Moyenne
		Puits en aval de mine hajar (Tamesloht)	1767	241		0.01	8	13	Moyenne
		Puits Inbiaat(Ouzguita)	1760	85		0.01	34	28	Moyenne
	Marrakech	Puits Chakib(Agafay)	829	199		0.02	14	91	Mauvaise
		Puits en aval de huilerie ahmed ouskar (Alouidane)	236	184		0.03	37	2	Mauvaise
		Forage en aval de Morrocan Almonds(Souihla)	914	199		0.08	9	17	Mauvaise
		Forage en aval de Hraig(Loudaya)	738	142		0.13	7	19	Moyenne
		Targa fer puits (Harbil)	4826	161		0.04	9	17	Très mauvaise
		Puits Kettara	814	85		0.1	8	17	Moyenne
		Puits en aval de mines Draa lasfar (Saada)	960	170		0.08	10	12	Mauvaise
	Chichaoua	Puits en aval de la cimenterie (Mzoudia)	1708	435		0.03	0	11	Moyenne
		Forage Ciment(Mzoudia)	3450						Très mauvaise
	Essaouira	Puits en aval de huilerie Naim(Had draa)	2938	285		0.03	30	56	Mauvaise
		Puits Val d'argane(onagha)	3200	483		0.02	10	5	Très mauvaise
	Rehamna	Forage en aval de Nourlait (Sidi bouatmane)	1805	284		0.17	8	16	Mauvaise
		Forage en aval de rentannerie (sidi bouatmane)	2050	320		0.1	7	19	Moyenne
		Forage en aval de Tassout laine (sidi bouatmane)	1730	268		14.26	246	16	Très mauvaise
		Puits en aval de huilerie bouhamdane(tlouh)	970	412		0.01	26	241	Moyenne
Puits en aval de Olive vert (Ras el ain)		880	412		0.01	83	96	Moyenne	
El kalaa	Puits en aval de huilerie Olico (tamelalt)	1650	341		0.01	13	70	Moyenne	
Safi	Puits en aval de huilerie Nhila (Lamaachate)	3420	852		0.02	8	58	Très mauvaise	

### VI.5 Impact des lixiviats de décharges

L'analyse des paramètres étudiés a pour but d'établir une évaluation globale de la qualité des puits situés en aval des décharges dans la zone d'action de l'ABHT. Les résultats obtenus (Tableau 13) montrent que :

- 50% des points échantillonnés présentent une eau de qualité Mauvaise,
- 37.5% des points échantillonnés présentent une eau de qualité Très mauvaise,
- 12.5% des points échantillonnés présentent une eau de qualité Moyenne.

Les analyses montrent que les teneurs en chlore et en ammonium sont globalement satisfaisantes alors que celles en matière oxydable sont globalement médiocres.

**Tableau 13: Qualité des eaux des puits en aval des décharges étudiés**

Province	Nom du point	CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	Cl (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	MO (mg/l)	CF (100ml)	Qualité globale
Marrakech	Puits en aval de Ancienne décharge(Harbil)	9125	654		7	74	3370	Très mauvaise
	Puits aval décharge (Saada)	766			0.004	76	167	Mauvaise
	Puits (Sidi Ezzouine)	4136	1136		0.11	17	83	Très mauvaise
	Forage en aval de décharge(Oulad dlim)	2113	105		0.1	12	80	Mauvaise
Essaouira	Captage ONEE(Taftatecht)	1642			0.01	63	1	Mauvaise
	Puits (Had Draa)	3625	274		0.02	34	27	Très mauvaise
	Puits en aval de décharge (Talmest)	2201	413		0.01	43	5	Mauvaise
El kalaa	Puits en aval de Décharge(Tamelalt)	920	213		0.01	7	2	Moyenne

## CONCLUSION GENERALE

---

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet intitulé **“L’inventaire de degré de pollution des eaux souterraines dans la zone d’action de l’agence hydraulique du bassin de Tensift”**. L'objectif majeur de ce travail consiste à évaluer l'impact des rejets industriels et domestiques sur l'environnement en se basant sur des analyses physico-chimiques et microbiologiques. A l'issue de cette étude il ressort que:

- Les rejets des établissements industriels étudiés ne répondent pas aux normes nationales. Leur composition physico-chimique et microbiologique est très variable selon le type d'établissement. Les teneurs moyennes obtenues en MES, en DB05, en DCO, en ammonium, phosphates et en sulfates montrent que les charges polluantes sont essentiellement organiques. Les huileries se distinguent nettement comme les plus gros pollueurs. Les rejets de l'abattoir restent dominés par la forte présence des agents pathogènes (bactéries). Ces rejets sont ainsi considérés comme étant des sources potentielles de contamination des eaux réceptrices.
- Les eaux usées domestiques provenant des zones pourvues de stations de traitement et d'épuration des eaux usées, indiquent une conformité avec les normes au niveau des valeurs moyennes des paramètres de la pollution organique, ainsi que pour les substances eutrophisantes. Les stations de traitement et d'épuration des eaux usées fournissent un taux d'épuration assez étonnant de la pollution organique, des substances eutrophisantes et de la pollution microbiologique.

Par ailleurs, Les métaux lourds sont généralement présents dans les eaux en faibles concentrations, les eaux traitées par les STEP situées dans la zones d'action de l'ABHT montrent une conformité avec les valeurs limites de rejet ce qui explique le bon fonctionnement de ces STEP.

- Concernant l'état de santé des eaux souterraines l'analyse des eaux des puits étudiés révèle que la qualité physico-chimique et bactériologique de la nappe phréatique est fortement contaminée. Les rejets domestiques et industriels semblent avoir une part de responsabilité dans cette pollution des eaux souterraines.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- MIFTAH et LAMDIOUANI (2014). Caractérisation des eaux industrielles de DRAA SFAR et proposition de la solution optimale de traitement avant le rejet. Mémoire de Licence, Faculté des sciences et techniques Guéliz, Marrakech.
- Esmail, Abed, Firdouas, Chahboun, Mennane, Berny et Ouhssine (2014). Etude physico-chimique et microbiologique des margines de trois régions du Maroc (Ouazzane, Fès boulman et béni Mellal). 124 p, J. Mater. Environ. Sci. 5 (1).
- BELGHYTI, GUAMRI, ZTIT, OUAHMID, JOTI, HARCHRASS, AMGHAR, BOUCHOUTA, EL KHARRIM et BOUNOUIRA (2009). Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat, cas de Kenitra au Maroc, 209p, Africain Journal.
- EL KHARMOUZ, SBAA, CHAFI et SAADI (2013). L'étude de l'impact des lixiviats de l'ancienne décharge publique de la ville d'Oujda (Maroc oriental) sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles, 106p, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, p. 105-119.
- RAZAFINTSALAMA et RAKOTONDRAIBE (2014). Influences des rejets des eaux usées domestiques dans les cressonnières d'Andravoahangy (Madagascar). Évaluation de la capacité maximale d'adsorption des ions  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$  par les sols. 82p, Afrique SCIENCE 10(1).
- MOUNI. et.al (2009) : Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie), 363-365P, Sécheresse.
- MOUMOUNI et al. (2005). Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : Caractéristiques physicochimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. 52p, thèse de doctorat, université de Bamako, faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odontostomalogie.
- BRUN, MEROTTO, CAMPAN et TORRENT (2017). Caractérisation des eaux ménagères domestiques et des filières de traitement associées. Rapport final, 1 et 2p, Rae et Peabp.
- BOURRIER (2008). Les réseaux d'assainissement calculs, applications, perspectives (5e.ed), Lavoisier.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (2014). Détermination des huiles et graisses totales. Méthode gravimétrique, MA. 400 – HGT 1.1, Rév. 2, Ministère du Développement durable, de

l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques du Québec,  
5p.

BOUTAYEB, BOUZIDI & FEKHAOUI. (2012) : Etude de la qualité physico-chimique des  
eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia– Ouardigha (Maroc).  
L'Institut Scientifique, section Sciences de la Vie, Rabat.

DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DE LA PLANIFICATION DE L'EAU. DIVISION  
QUALITE DE L'EAU. SERVICE CONTROLE DE LA POLLUTION DE  
L'EAU, (2014) : Préservation de la qualité des ressources en eau et lutte contre  
la pollution-Valeurs limites de rejet à respecter par les déversements (Normes de  
pollution).13-15p, Ministère Délégué auprès du Ministère de l'Energie, des  
Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'eau.

### Webographie

- [https://www.memoireonline.com/06/13/7215/m\\_Risques-sanitaires-et-environnementaux-lies-au-rejet-des-eaux-usees-au-quartier-Ngoa-Ekelle--Ya2.html](https://www.memoireonline.com/06/13/7215/m_Risques-sanitaires-et-environnementaux-lies-au-rejet-des-eaux-usees-au-quartier-Ngoa-Ekelle--Ya2.html)
- [https://www.memoireonline.com/04/10/3289/m\\_Determination-de-la-pollution-residuelle-dune-station-depuration-par-lagunage-naturel-cas-d2.html](https://www.memoireonline.com/04/10/3289/m_Determination-de-la-pollution-residuelle-dune-station-depuration-par-lagunage-naturel-cas-d2.html)
- [https://www.memoireonline.com/02/09/1994/m\\_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN8.html](https://www.memoireonline.com/02/09/1994/m_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN8.html)
- [http://www.etaso.fr/page1.php?id\\_chapitre=46](http://www.etaso.fr/page1.php?id_chapitre=46)
- <https://www.vetofish.com/definition/oxygene-dissous>
- [https://www.dictionnaireenvironnement.com/pollution\\_de\\_eau\\_aux\\_phenols\\_ID4360.html](https://www.dictionnaireenvironnement.com/pollution_de_eau_aux_phenols_ID4360.html)

# Annexes

**Tableau 14: Valeurs Limites Générales de Rejet applicable aux déversements des eaux usées ne disposant pas des Valeurs Limites Spécifiques de rejet**

Paramètres	Valeurs limites générales de rejet dans les eaux superficielles ou souterraines.	BO	Date d'effet
Température (°C)	30	N°6199 du 28/10/2013	janvier 2018
PH	5.5-9.5		
MES (mg/l)	100		
Azote kjeldhal (mg /l)	40		
Phosphore total (mg /l)	15		
DCO (mg O <sub>2</sub> /l)	500		
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	100		
Chlore actif (Cl <sub>2</sub> ) (mg/l)	0.2		
Dioxyde de chlore (ClO <sub>2</sub> ) (mg/l)	0.05		
Aluminium (Al) (mg/l)	10		
Détergents (anionique, cationique et ionique) (mg/l)	3		
Conductivité électrique (µS/cm)	2700		
Salmonelles/5000 ml	Absence		
Vibrions cholériques/5000 ml	Absence		
Cyanures libres (CN) (mg/l)	0.5		
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg/l	600		
Sulfures libres (S <sup>2-</sup> ) (mg/l)	1		
Fluorures (F) (mg/l)	20		
Indice de Phénols (mg/l)	0.5		
Hydrocarbures par Infra-rouge (mg/l)	15		
Huiles et graisses (mg/l)	30		
Antimoine (Sb) (mg/l)	0.3		

**Tableau 15: Valeurs Limites Générales de Rejet applicable aux déversements des eaux usées ne disposant pas des Valeurs Limites Spécifiques de rejet(Suite)**

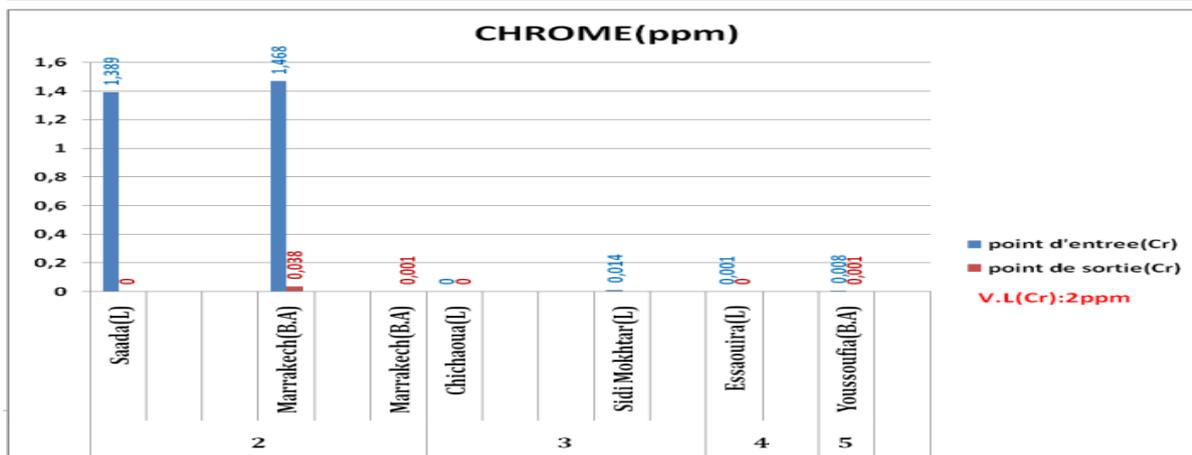
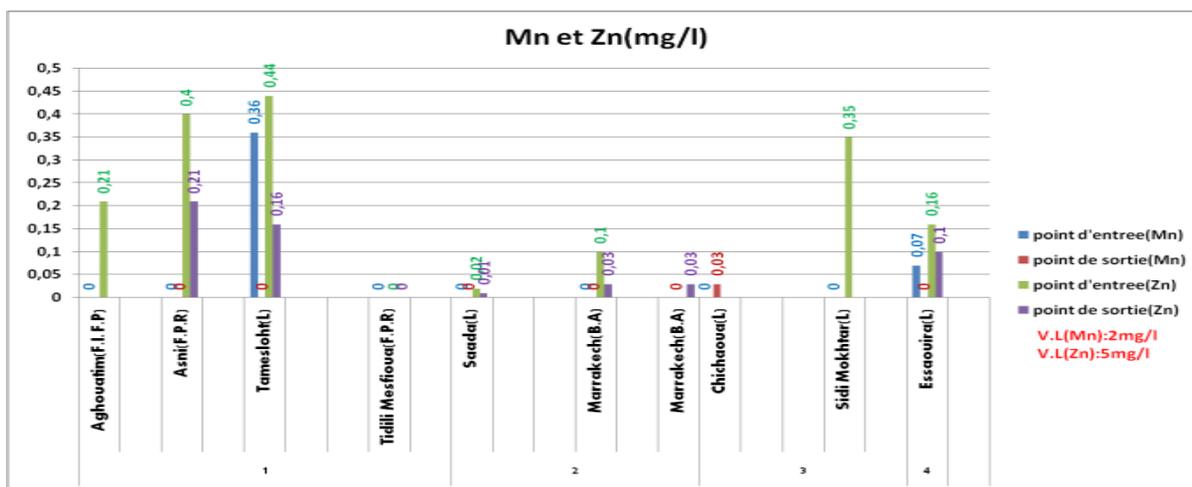
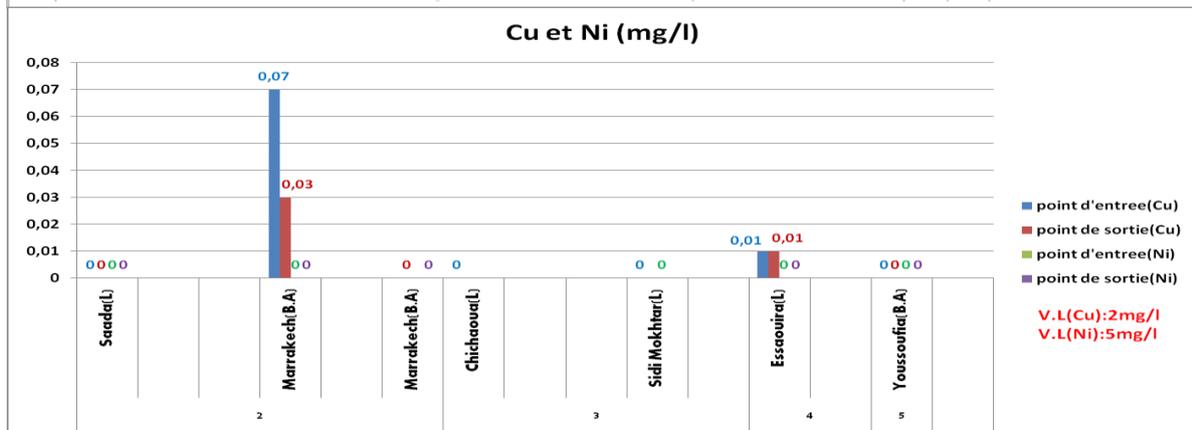
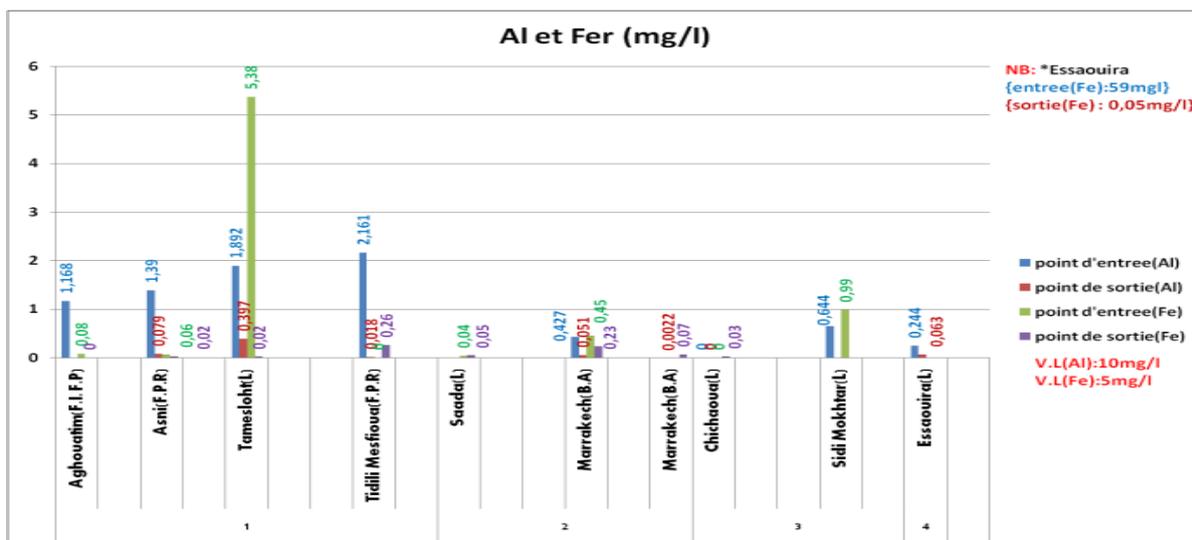
Paramètres	Valeurs limites générales de rejet dans les eaux superficielles ou souterraines.	BO	Date d'effet
Argent (Ag) (mg/l)	0.1	N°6199 du 28/10/2013	janvier 2018
Arsenic (As) (mg/l)	0.1		
Baryum (Ba) (mg/l)	1		
Cadmium (Cd) (mg/l)	0.25		
Cobalt (Co) (mg/l)	0.5		
Cuivre total (Cu) (mg/l)	2		
Mercure total (Hg) (mg/l)	0.05		
Plomb total (Pb) (mg/l)	1		
Chrome total (Cr) (mg/l)	2		
Chrome hexavalent (Cr <sup>6+</sup> ) (mg/l)	0.2		
Etain total (Sn) (mg/l)	2.5		
Manganese (Mn) (mg/l)	2		
Nickel total (Ni) (mg/l)	5		
Sélénium (Se) (mg/l)	0.1		
Zinc total (Zn) (mg/l)	5		
Fer (Fe) (mg/l)	5		
AOX(mg/l)	5		

**Tableau 16:valeurs limite spécifiques des rejets domestique**

Paramètres	Valeurs limites spécifiques de rejet domestique	Bulletin officiel	Date d'effet
DBO5 mg O <sub>2</sub> /1	120	N°5448 du 17/08/2006	Août 2016
DCO mg O <sub>2</sub> /1	250		
MES mg/1	150		

**Tableau 17:les normes de qualité des eaux destiné à l'irrigation**

	Paramètres	Valeurs limites
<b>PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES</b>		
1	Coliformes fécaux	1000/100 ml *
2	Salmonelle	Absence dans 51
3	Vibrien Cholérique	Absence dans 450 ml
<b>PARAMETRES PARASITOLOGIQUES</b>		
4	Parasites pathogènes	Absence
5	Œufs, Kystes de parasites	Absence
6	Larves d'Ankylostomides	Absence
7	Fluococercaires de Schistosoma hoematobium	Absence
<b>PARAMETRES TOXIQUES<sup>(1)</sup></b>		
8	Mercure (Hg) en mg/l	0,001
9	Cadmium (Cd) en mg/l	0,01
10	Arsenic (As) ) en mg/l	0,1
11	Chrome total (Cr) en mg/l	1
12	Plomb (Pb) en mg/b	5
13	Cuivre (Cu) en mg/l	2
14	Zinc (Zn) en mg/l	2
15	Sélénium (Se) en mg/l	0,02
16	Fluor (F) en mg/l	1
17	Cyanures (Cn) en mg/l	1
18	Phénols en mg/l	3
19	Aluminium (Al) en mg/l	5



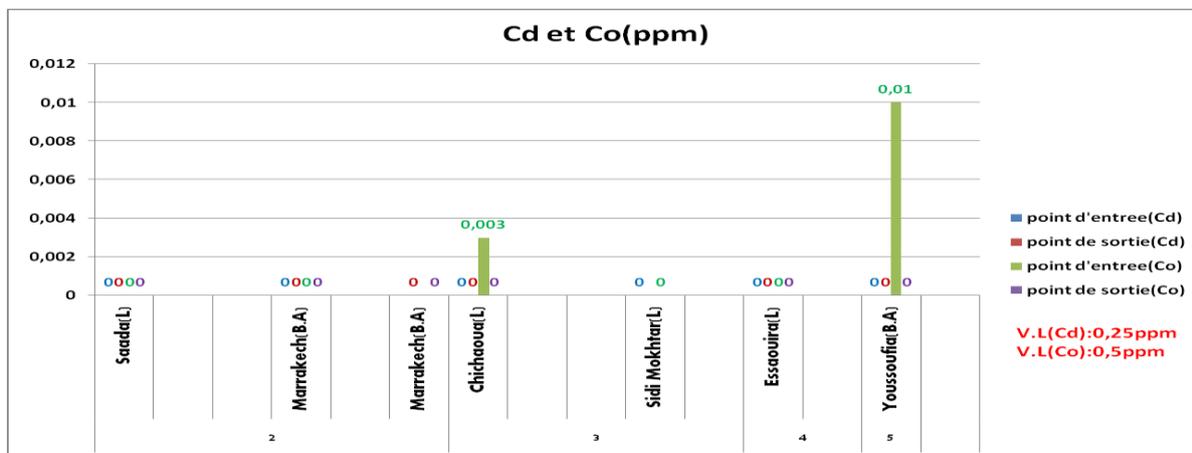
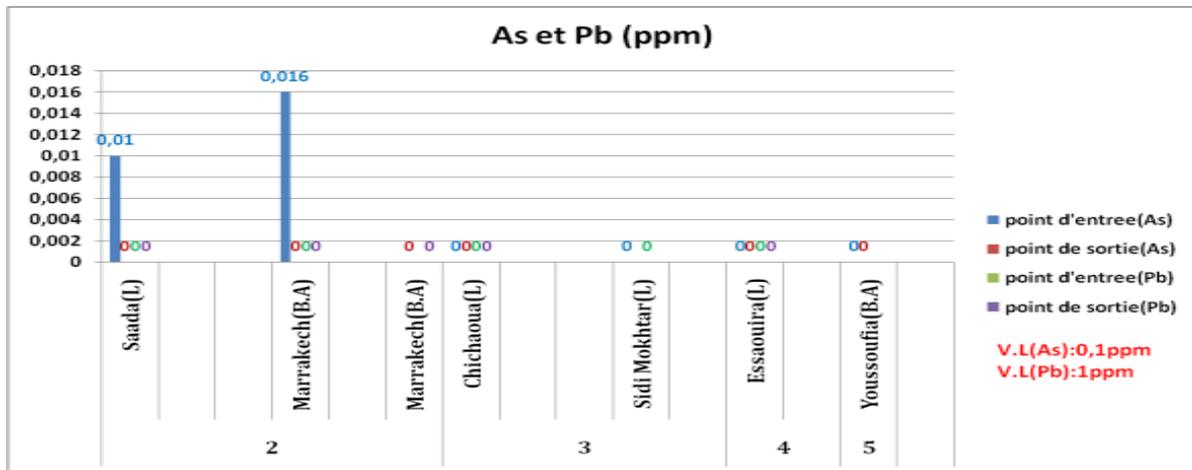
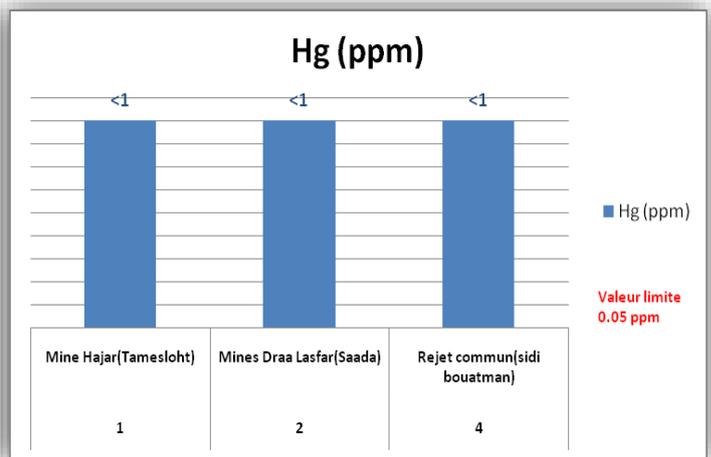
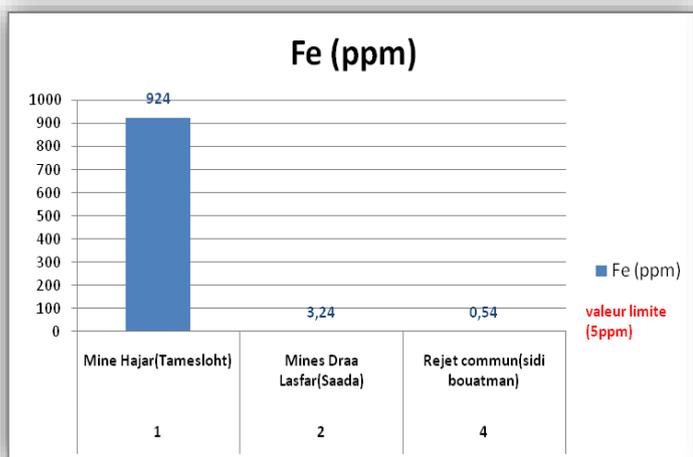


Figure 40 : Histogrammes des mesures d'Al, Fe, Cu, Ni, Cd, Co, As, Pb, Cr, Hg, Mn et Zn (ppm) en entrée et en sortie des STEP



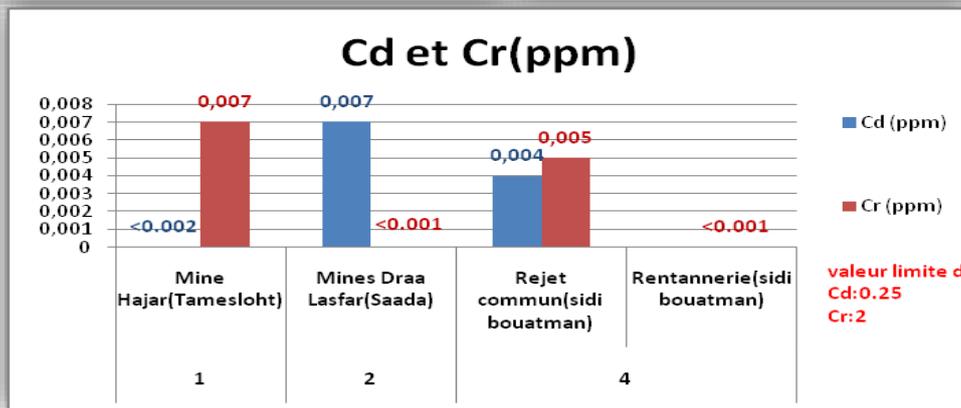
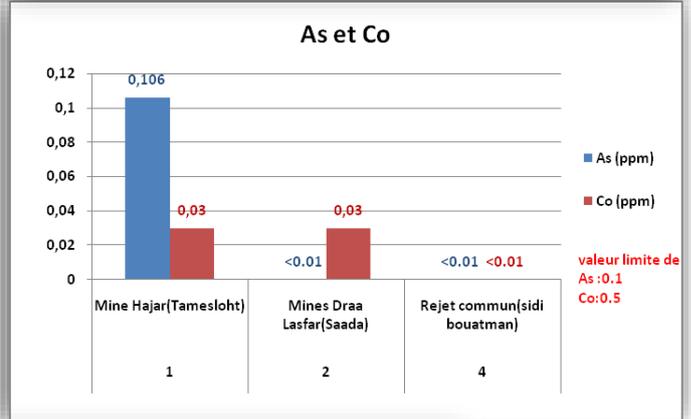
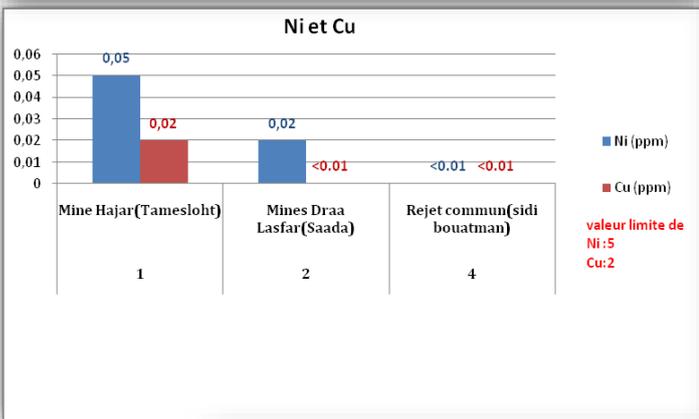
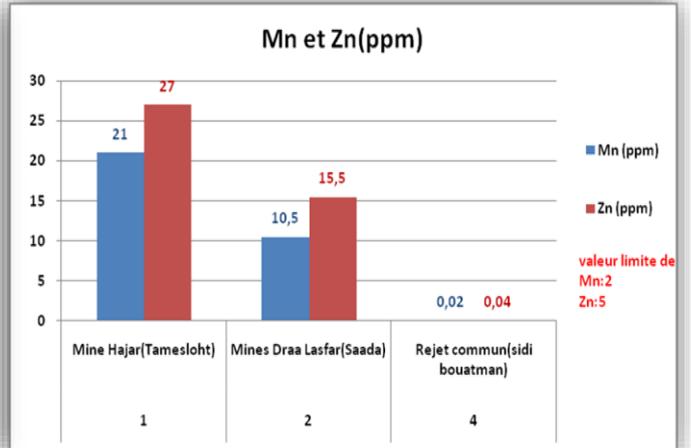
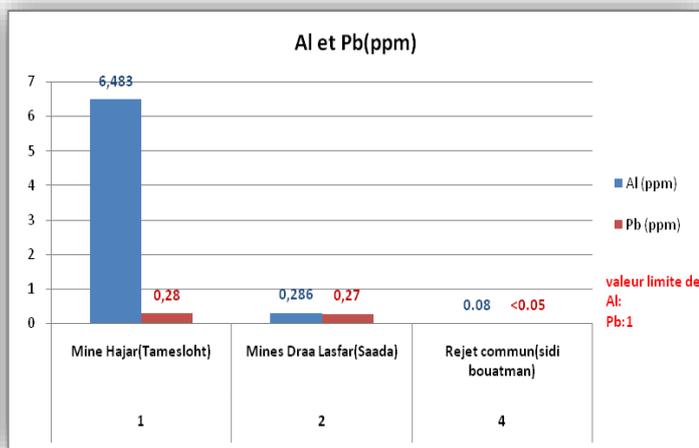
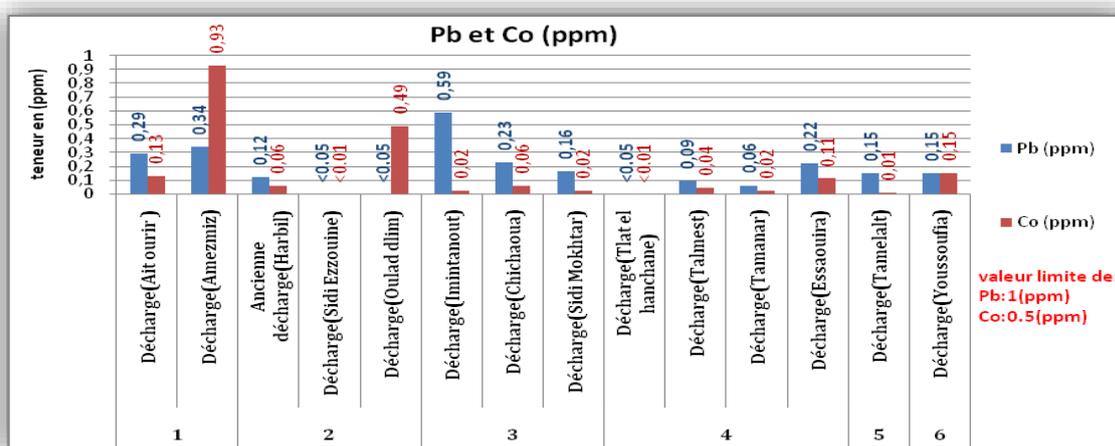
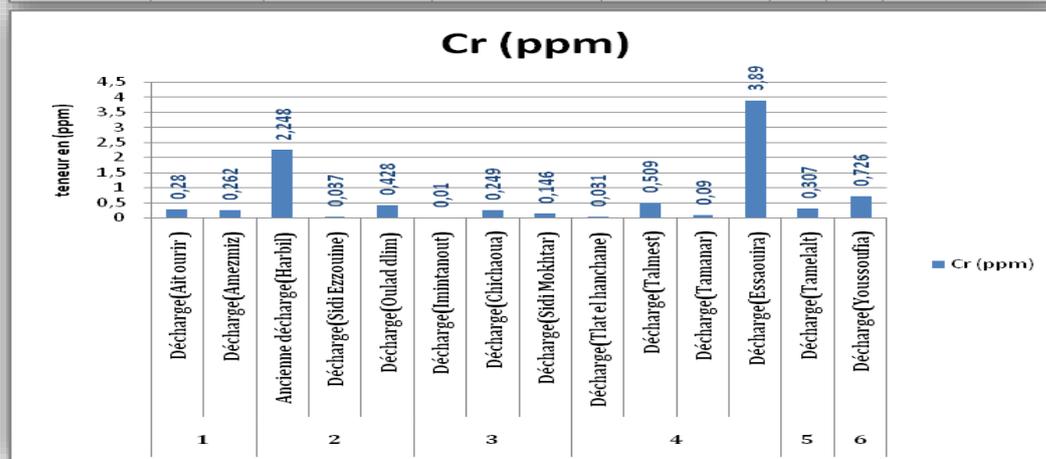
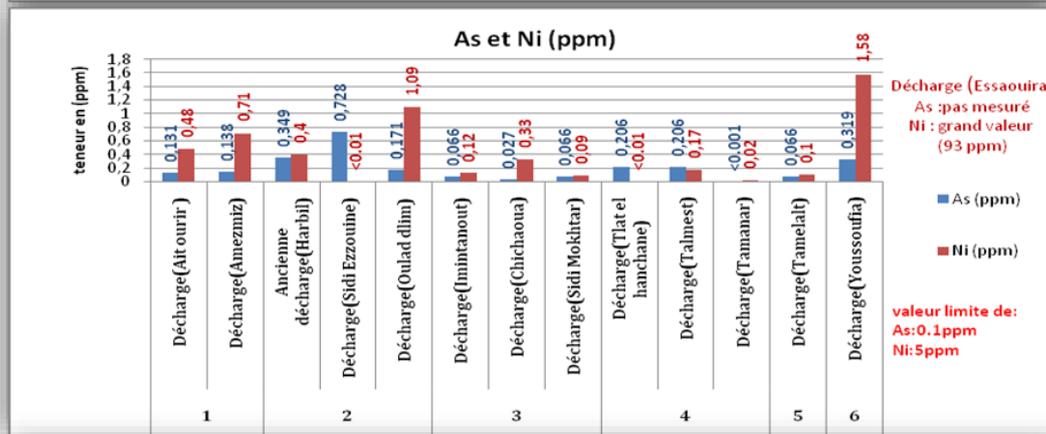
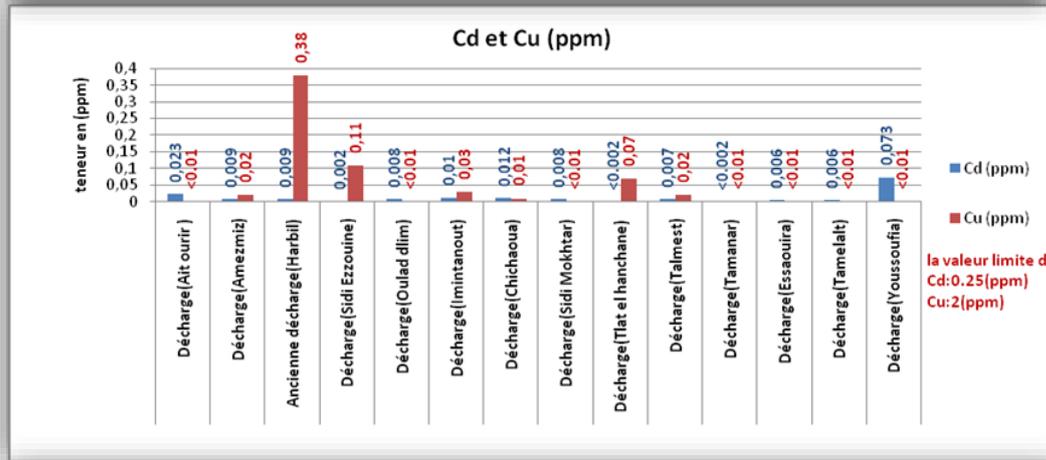
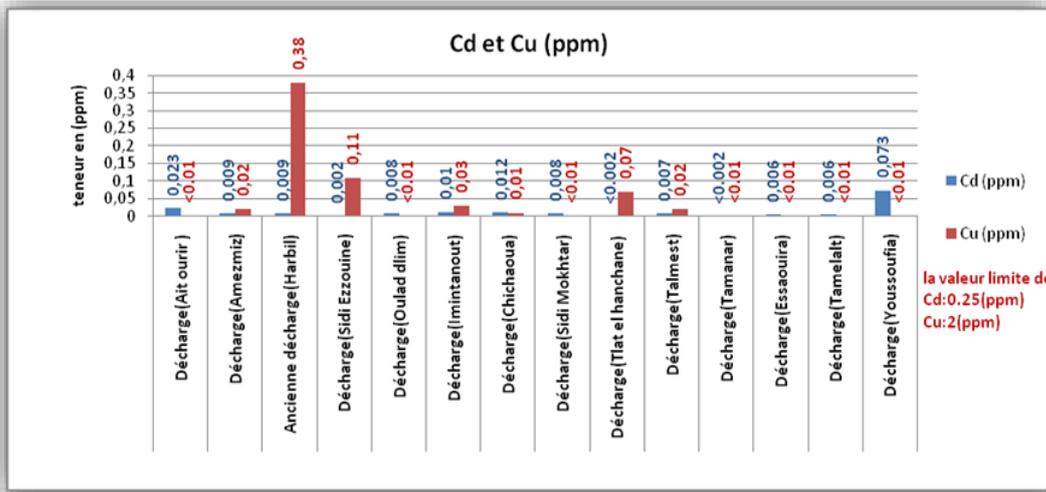


Figure 41 : Histogrammes des mesures de Mn, Zn, Al, Pb, Fe, Hg, Ni, Cu, As, Co, Cd et Cr (ppm) dans les rejets industriels





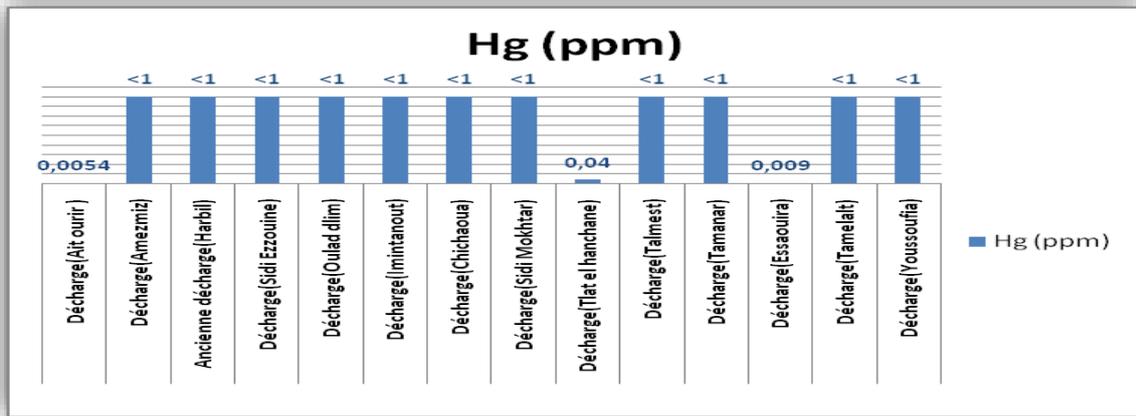


Figure 42 : Histogrammes des mesures de Pb, Co, Cd, Cu, As, Ni, Cr, Hg (ppm) dans les lixiviats de décharges