

Vérification et Validation de l'Adéquation & de l'Efficacité de l'Exploitation des Projets STEP - Liban, Maroc et Tunisie

MAROC

MeHSIP-PPIF

et

Gestion Intégrée Durable de l'Eau (SWIM) –
Mécanisme de Soutien



RÉVISION	DATE	PRÉPARÉ (AUTEUR)	PAR	REVU PAR
0	01/10/2013	Ahmed YAGOUBI		Alexander NASH & Tim YOUNG (MeHSIP-PPIF)
1	18/03/2014	Ahmed YAGOUBI		Alexander NASH & Tim YOUNG (MeHSIP-PPIF)
2	22/9/2014	Ahmed YAGOUBI		Alexander NASH & Tim YOUNG (MeHSIP-PPIF)



Sustainable Water Integrated Management –
Support Mechanism (SWIM- SM)

Project funded by the European Union



Équipe de mise en œuvre

Le projet MeHSIP-PPIF est mis en œuvre par un consortium dont le chef de file est Atkins et qui est composé de LDK Consultants et Pescares.

Le projet SWIM-SM est mis en œuvre par un Consortium dont le chef de file est LDK Consultants et qui est composé d'ACWUA, RAED, DHV, GWP-MED, l'Agence Autrichienne pour l'Environnement, le Ministère Tunisien de l'Agriculture, le Ministère Libanais de l'Énergie et de l'Eau, Le Ministère Grec de l'Environnement, de l'Énergie et du Changement Climatique.

Clause de non-responsabilité

Le programme est financé par le Fonds d'assistance technique de la FEMIP. Ce Fonds utilise des aides non remboursables accordées par la Commission européenne. Il appuie les investissements dans les pays du Sud Méditerranéen et assiste les promoteurs dans différentes étapes du cycle du projet.

Les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu de ce rapport. Les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement l'opinion de la Commission européenne ou de la Banque européenne d'investissement.



SOMMAIRE

RÉSUMÉ (EXECUTIVE SUMMARY)	9
1 INTRODUCTION	10
1.1 HORIZON 2020	10
1.2 CONTEXTE	10
1.2.1 LOCALISATION DE LA ZONE DE LA MISSION	10
1.2.2 LOCALISATION DE LA STEP DE LA VILLE D'AL HOCEIMA	11
1.3 OBJET DE LA MISSION	13
1.4 DESCRIPTION DE LA MISSION.....	13
2 SYNTHÈSE GÉNÉRALE DE LA CONCEPTION DE LA STEP (GENERAL OVERVIEW ON THE WWTP DESIGN)	15
2.1 STEP D'AL HOCEIMA	15
2.1.1 MODE DE FONCTIONNEMENT	15
2.1.2 CAPACITÉ DE TRAITEMENT	15
2.1.3 CRITÈRES DE PERFORMANCE (FILIÈRE EAUX).....	17
2.1.4 CRITÈRES DE PERFORMANCE (FILIÈRE BOUES)	17
2.1.5 CRITÈRES DE PERFORMANCE (ODEUR)	18
2.1.6 CRITÈRES DE PERFORMANCE (BRUIT).....	18
2.1.7 UNITÉS DU PROCESSUS	18
2.1.8 INSTALLATIONS: PRÉTRAITEMENT.....	22
2.1.9 INSTALLATIONS: TRAITEMENT SECONDAIRE	24
2.1.10 INSTALLATIONS: TRAITEMENT TERTIAIRE.....	27
2.1.11 INSTALLATIONS: TRAITEMENT DES BOUES.....	29
2.1.12 INSTALLATIONS: TRAITEMENT DES ODEURS	31
2.1.13 INSTALLATIONS: BÂTIMENT D'EXPLOITATION	33
2.1.14 INSTALLATIONS: OUVRAGES ANNEXES	34
3 PERFORMANCE DE LA STEP (WWTP PERFORMANCE)	35
3.1 STEP D'AL HOCEIMA	35
3.1.1 ANALYSES DE PERFORMANCE DE LA STEP	35
3.1.2 TEMPÉRATURES DE FONCTIONNEMENT DE LA STEP	35
3.1.3 TYPES DES EAUX USÉES BRUTES ET ÉPURÉES.....	36
3.1.4 PARAMÈTRES DU PROCESS DE CONTRÔLE DE LA CONDUITE DE LA STEP	40
3.1.5 GESTION DES DÉCHETS SOLIDES.....	43
3.1.6 TRAITEMENT DES BOUES	44
3.1.7 PERFORMANCES ÉPURATOIRES DE LA STEP	45
3.1.8 PRODUCTION ET QUALITÉ DES BOUES ET DES REFUS	47



3.1.9	BILAN ÉNERGÉTIQUE.....	47
3.1.10	BILAN 2013.....	48
3.1.11	BILAN GLOBAL DE LA STEP (ADÉQUATION ET EFFICACITÉ DU PROJET).....	48
4	IMPACT POTENTIEL DE LA RÉDUCTION DE LA POLLUTION (POTENTIAL POLLUTION REDUCTION IMPACT)	53
4.1	STEP D'AL HOCEIMA	53
5	DIFFICULTÉS DE LA VÉRIFICATION ET DE LA VALIDATION (CHALLENGES FACED BY VERIFICATION & VALIDATION EXERCISE)	54
5.1	STEP AL HOCEIMA	54
6	ORGANISATION CONTRACTUELLE / PARTICIPATION DU SECTEUR PRIVÉ (CONTRACTUAL ARRANGEMENTS / PRIVATE SECTOR INVOLVEMENT)	55
6.1	STEP AL HOCEIMA	55
6.1.1	ORGANISATION DU SECTEUR DE L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE AU MAROC.....	55
6.1.2	PARTICIPATION DU SECTEUR PRIVÉ.....	56
7	PRINCIPALES LEÇONS A RETENIR (MAIN LESSONS LEARNT)	57
7.1	STEP D'AL HOCEIMA	57
7.1.1	EN AMONT DE LA STEP	57
7.1.2	LES FILIÈRES D'ÉPURATION	57
7.1.3	EN AVAL DE LA STEP.....	58
8	CONCLUSIONS & RECOMMANDATIONS	59
8.1	CONCLUSIONS	59
8.2	RECOMMANDATIONS	59

TABLEAU DES ILLUSTRATIONS

Figure 1.	Situation géographique de la ville d'Al Hoceima au Maroc.....	11
Figure 2.	Situation de la STEP par rapport à la ville d'Al Hoceima.....	12
Figure 3.	Configuration de la STEP.....	13
Figure 4.	Maquette de la STEP d'Al Hoceima	19
Figure 5.	Schéma synoptique de la STEP d'Al Hoceima.....	20
Figure 6.	Diagramme des débits maximaux	21
Figure 7.	Déversoir d'orage et débitmètre	22
Figure 8.	Poste de dégrillage	23
Figure 9.	Dessablage-Déshuilage	24



Figure 10. Bassins d'aération	27
Figure 11. Traitement tertiaire	28
Figure 12. Traitement des boues.....	31
Figure 13. Traitement des odeurs	32
Figure 14. Bâtiment d'exploitation.....	33
Figure 15. Graphe des débits mensuels de 2012.....	36
Figure 16. Variations des concentrations de la DBO5 à l'entrée de la STEP en 2012.....	37
Figure 17. Variations des concentrations de DBO5 à la sortie de la STEP en 2012	37
Figure 18. Variations des concentrations de DCO à l'entrée de la STEP en 2012	38
Figure 19. Variations des concentrations de DCO à la sortie de la STEP en 2012	38
Figure 20. Variations des concentrations des MES à l'entrée de la STEP en 2012	39
Figure 21. Variations des concentrations des MES à la sortie de la STEP en 2012	39
Figure 22. Variations mensuelles de la Charge Polluante Organique (CPO) à l'entrée de la STEP en 2012	40
Figure 23. Variations mensuelles des BO à l'entrée du réacteur biologique en 2012	41
Figure 24. Variations mensuelles de la Cm à l'entrée du réacteur biologique en 2012.....	42
Figure 25. Variations mensuelles de l'indice de Mohlman (IM) en 2012	42
Figure 26. Variations mensuelles des quantités des refus du prétraitement en 2012.....	43
Figure 27. Variations mensuelles des quantités de boues en 2012.....	44
Figure 28. Dépotoir des boues déshydratées.....	45
Figure 29. Economies d'échelle des stations d'épuration anglaises (coût d'exploitation).....	50
Figure 30. Coût d'investissement en fonction de la capacité dépolluante	61
Figure 31. Coût d'investissement en fonction de la capacité hydrique.....	62

TABLEAU DES TABLES

Tableau 1. Projection des débits et charges polluantes.....	16
Tableau 2. Niveaux d'épuration requis pour l'effluent traité.....	17
Tableau 3. Valeurs limites d'exposition (VLE)	18
Tableau 4. Relevés de la température des eaux usées à l'entrée de la STEP	35
Tableau 5. Performances épuratoires de la STEP d'Al Hoceima en 2013.....	45
Tableau 6. Résultats analytiques des boues et des refus.....	47
Tableau 7. Les Critères d'efficacité	51
Tableau 8. Comparaisons régionales et internationales	51

TABLEAU DES ANNEXES

Annexe 1. Comparaisons régionales au plan de l'efficacité	61
---	----



ABRÉVIATIONS

BoQ	Devis quantitatif
MDP	Mécanisme pour un Développement Propre
CE	Commission européenne
EIE	Étude d'impact environnemental
BEI	Banque d'investissement européenne
EIRR	Taux de rentabilité économique
EIES	Étude d'impact environnemental et social
UE	Union européenne
FDS	Site d'élimination finale
FEMIP	Facilité euro-méditerranéenne d'investissement et de partenariat
FIRR	Taux de rentabilité financière
FIDIC	Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils
EF	Étude de faisabilité
SIG	Système d'information géographique
JSC	Conseil de services communs
IFI	Institutions financières internationales
MeHSIP-PPIF	Programme d'investissement pour l'élimination des principales sources de pollution en Méditerranée – Mécanisme de préparation et de mise en œuvre des projets
MoE	Ministère de l'Environnement
MoMA	Ministère des affaires municipales
MoPIC	Ministère de la Planification et de la Coopération internationale
DSM	Déchets solides municipaux
PAN	Plan d'Action National
ONG	Organisation non gouvernementale
PDD	Projet descriptif du projet
PIP	Plan de mise en œuvre du projet
PFS	Fiche technique du projet
PPP	Partenariat public privé
RIAL	Réutilisation pour l'Industrie, l'Agriculture et l'aménagement du paysage
DS	Déchets solides
TA	Assistance Technique
ToR	Termes de référence
USAID	Agence des États-Unis pour le Développement International
WAI	Autorité de l'Eau du Jourdain
EU	Eaux usées
STEP	Station d'épuration des eaux usées



RÉSUMÉ (EXECUTIVE SUMMARY)

L'initiative H2020 (Horizon 2020) vise à réduire les sources de pollution d'origine terrestre de la Méditerranée. Le programme MeHSIP-PPIF soutient la composante « Investissements » de l'initiative H2020 et a permis d'identifier 94 projets d'investissements dans plusieurs pays, pour une valeur de 7,07 Md d'euros.

Ce rapport présente les conclusions d'une mission accomplie au Maroc à la station d'épuration d'Al Hoceima, dans la ville du même nom, qui rentre dans le programme d'investissements H2020. L'objectif de cette mission était d'établir l'impact dépolluant de l'investissement, son efficacité globale, les leçons à retenir.

Dans le cadre des projets H2020, une visite a été prévue pour établir l'aspect opérationnel de deux [2] stations d'épuration des eaux usées (STEP), une au Maroc dans la ville d'Al Hoceima et l'autre, en Tunisie dans la ville de Tunis. Ce rapport concerne les performances de la STEP Marocaine d' Al Hoceima.

La conception et la mise en œuvre de la STEP sont fondées sur le principe du processus biologique d'épuration par boues activées à faible charge (BafC). Sa première mise en service a été effectuée en 1996. A l'occasion d'une réhabilitation inaugurée en 2011, une deuxième filière a été ajoutée.

Actuellement, la STEP d'Al Hoceima apparaît déjà en surcapacité, malgré une espérance de vie à la conception de 15 ans (de 2010 à 2025). En 2013 (Janvier – Août), la charge polluante moyenne a été 4.431 kg / DBO₅ / jour par rapport à une capacité de conception de 3.800 kg/j.

Nos rencontres sur place ont révélé qu'une population de l'ordre de 36 000 habitants des quartiers périphériques récemment raccordés au réseau d'assainissement liquide de la ville d'Al Hoceima n'a pas été prise en compte lors de l'étude du projet.

Malgré une charge polluante qui dépasse les capacités établies au départ, l'effluent de la STEP demeure conforme aux normes. L'impact de dépollution du projet est le suivant:

- Une réduction de la charge DBO₅ de 4,4 tonnes par jour
- Une réduction de la charge MES de 4,5 tonnes par jour
- Une réduction de la charge DCO de 9,3 tonnes par jour

La destination des boues déshydratées de la STEP d'Al Hoceima est, en ce moment, encore incertaine.

L'efficacité économique de la STEP apparaît faible par rapport à d'autres usines récentes. Cela est probablement lié à ses petites dimensions (manque d'économies d'échelle) et, probablement, à la grande distance qui sépare Al Hoceima des centres industriels, ce qui augmente les coûts de transport.



1 INTRODUCTION

1.1 HORIZON 2020

Le programme H2020 (Horizon 2020) vise à réduire les sources de pollution autour de la Méditerranée. Il s'agit au total de 94 projets d'investissement dans plusieurs pays, pour une valeur de 7,07 Md d'euros.

Dans le cadre des projets H2020, une visite a été prévue en vue d'établir l'aspect opérationnel de deux [2] stations d'épuration des eaux usées (STEP), une au Maroc dans la ville d'Al Hoceima et l'autre, en Tunisie dans la ville de Tunis. L'objectif de la visite poursuivait deux tâches principales, à savoir :

- La vérification et la validation de l'efficacité administrative et technique des opérations des STEPs en question
- La collecte d'informations en vue de dégager les leçons à tirer des projets H2020 au niveau de ces stations.

Ce rapport concerne la performance de la STEP Marocaine d' Al Hoceima.

1.2 CONTEXTE

1.2.1 LOCALISATION DE LA ZONE DE LA MISSION

La ville d'Al Hoceima est située à l'extrême Nord du Royaume, sur la côte Méditerranéenne entre les Provinces de Chefchaouen et Nador, à 340 km à l'est de Tanger et à 170 km de la frontière algérienne (Saïdia). La localisation géographique est illustrée sur la photo satellitaire (Figure 1) ci-après:



Figure 1. Situation géographique de la ville d'Al Hoceima au Maroc

D'après le recensement de 2004 (RGPH 2004), la population de cette ville comptait 55.357 habitants et son agglomération, avec les villes et villages voisins, 200.000 habitants. Avec l'accroissement démographique, Al Hoceima comptait, en 2011 lors de la mise en service de la nouvelle STEP, 61.015 habitants sur la base d'un TAAM de 1,40 %. Son débouché naturel réside dans le tourisme et la pêche.

1.2.2 LOCALISATION DE LA STEP DE LA VILLE D'AL HOCEIMA

La ville dispose d'un aéroport international (Cherif Al Idrissi) qui ne dessert que très peu de lignes régulières avec l'Europe. Les liaisons directes les plus fréquentées sont celles avec Bruxelles et Amsterdam, compte tenu des nombreux émigrés rifains vivant en Belgique et aux Pays-Bas. Dans le courant de l'année 2013, une nouvelle ligne devrait relier Al Hoceima à la ville de La Rochelle, en Charente-Maritime sur la côte atlantique. L'aéroport de La Rochelle-Ré est un endroit stratégique car l'essentiel des populations d'origine marocaine résidant dans l'agglomération rochelaise est originaire du Rif, en particulier, de la Province d'Al Hoceima. La demande des marocains de la Rochelle de disposer d'une ligne desservant Al Hoceima et La Rochelle est très forte; elle permettrait aussi aux autres Marocains de la région de rejoindre le Maroc sans passer par Paris.

Le site de la STEP se trouve au nord-ouest de ville d'Al Hoceima (Figure 2, ci-après).



Figure 2. Situation de la STEP par rapport à la ville d'Al Hoceima

Son coût d'investissement s'est élevé à 120 millions de Dirhams dont le montage financier s'est décliné comme suit :

- 50% des réalisations ont été financées par l'ONEE-Branche- Eau, avec l'appui de l'AFD
- 50% des réalisations ont été financées par le Programme National d'Assainissement Liquide, appelé PNA

Les travaux de construction de la STEP ont été réalisés par l'Entreprise portugaise «Eusébios». La conception de la STEP a été effectuée par un Bureau d'étude marocain «ADI» appuyé par un expert français. Le Maître d'Ouvrage a été l'Office National d'Electricité et de l'Eau Potable (ONEE-Branche Eau). L'assistance technique a été assurée par l'Ingénieur Conseil Team Maroc.



Figure 3. Configuration de la STEP

1.3 OBJET DE LA MISSION

L'objet de la mission a été de vérifier et valider l'adéquation et l'efficacité de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP en français ou WWTP en anglais) d'Al Hoceima de la ville d'Al Hoceima au Maroc.

1.4 DESCRIPTION DE LA MISSION

Dans le cadre du programme financé par le Fonds de soutien de la FEMIP et d'une aide non remboursable accordée par la Commission européenne pour soutenir les activités d'investissement de la BEI dans les pays sud-méditerranéens et aider les promoteurs dans les différentes étapes du cycle du projet de la dépollution des rejets liquides déversés en Méditerranée, une mission a été effectuée au Maroc par une équipe de trois experts:

- Georges Akl et Tim Young de l'organisme MeHSIP-PPIF
- Ahmed YAGOUBI du Bureau d'études B4E –Maroc



Cette mission a été effectuée en deux (2) deux étapes :

- Une rencontre au niveau central avec l'ONEE –Branche Eau (Office National de l'Electricité et de l'Eau –Branche Eau) chargé de l'assainissement liquide de la ville d'Al Hoceima, un des objectifs du programme en question. La discussion a porté sur la possibilité de financer des projets d'assainissement liquide sur la rive sud de la Méditerranée pour lesquels des études d'avant-projets sommaires (APS) ont déjà été réalisées. On a convenu de se limiter à l'étude de faisabilité.
- Une visite à la STEP de la ville d'Al Hoceima effectuée par MM. Young et Yagoubi du 25 au 27 Septembre 2013



2 SYNTHÈSE GÉNÉRALE DE LA CONCEPTION DE LA STEP (GENERAL OVERVIEW ON THE WWTP DESIGN)

2.1 STEP D'AL HOCEIMA

2.1.1 MODE DE FONCTIONNEMENT

La conception et la réalisation de la STEP sont fondées sur le principe du processus biologique d'épuration par boues activées à faible Charge (BafC). Sa première mise en service a été effectuée en 1996. Elle a été ensuite réhabilitée avec l'ajout d'une deuxième filière et sa mise en eau date de 2011.

2.1.2 CAPACITÉ DE TRAITEMENT

La capacité nominale hydrique de la STEP est de 9 600 m³/j. Sa capacité nominale dépolluante est de 3 800 kgDBO₅/j comme charge organique en période de pointe estivale. Ceci correspond à une concentration moyenne en DBO₅ de 400 mg / litre.

Les données des eaux usées brutes avant la réalisation du projet sont décrites ci-dessous:

- Débit en 2009 en m³/j 4 358
- Débit en 2010 en m³/j 5 010
- Débit en 2011 en m³/j 5 648
- Concentration de la DBO₅ en mg/L 400 à 500

Les débits et charges polluantes retenus pour le dimensionnement des ouvrages d'épuration (ouvrages existants et projetés) sont les suivants :

- Débit moyen journalier (période estivale) : 9 600 m³/j
- Débit de pointe horaire (période estivale) : 10 m³/h
- Charge polluante en DBO₅ (période estivale) : 3 800 kg/j
- Charge polluante en DCO (période estivale) : 10 300 kg/j
- Charge polluante en MES (période estivale) : 4 300 kg/j

Les débits et charges polluantes par années (arc de 5 ans) figurent au **Tableau 1**, ci-après:



Tableau 1. Projection des débits et charges polluantes

Horizon Saison	2010		2015		2020		2025	
	Normale	estivale	Normale	estivale	Normale	estivale	Normale	estivale
EH	67 737	91 445	68 880	92 988	74 594	100 702	80 640	108 571
Volume								
journalier (m ³ /j)	5 927	8 001	6 027	8 136	6 527	8 811	7 056	9 600
Débit moyen (m ³ /h)	247	333	251	339	272	367	294	400
Débit maxi (m ³ /h)	592,7	592,1	602,7	602,1	652,7	652,0	705,6	710,4
DBO ₅ (kg/j)	2 371	3 201	2 411	3 255	2 611	3 525	2 822	3 800
DCO (kg/j)	6 425	8 674	6 533	8 820	7 075	9 552	7 649	10 300
MES (kg/j)	2 679	3 617	2 724	3 678	2 950	3 983	3 189	4 300

On estime que cette usine dessert actuellement plus de 127 000 EH¹.

Ce rapport illustre les deux bilans d'exploitation de 2012 et de 2013 (8 mois de janvier à août 2013) :

- Pour le bilan d'exploitation 2012, la valeur moyenne corrigée est de 6 252 m³/j, soit 65 % de sa capacité nominale hydrique
- Pour le bilan d'exploitation de 8 mois d'exploitation en 2013, la valeur moyenne fournie par l'ONEE est de 8 774 m³/j, soit 91 % de sa capacité nominale hydrique

L'écart de 2 522 m³/j entre ces deux débits représente, avec une dose unitaire de rejet (DUR) de 70 l/hab/j, une population de l'ordre de 36 000 habitants des quartiers périphériques récemment raccordés au réseau d'assainissement liquide de la ville d'Al Hoceima qui n'ont pas été pris en considération lors de l'étude du projet (information fournie lors de la visite à la STEP).

Quant aux charges polluantes, une distinction s'impose également pour les deux années de référence, 2012 et 2013. En effet, si on considère Charge Polluante Organique (CPO) nominale de la période estivale à l'horizon du projet (2025) qui est de 3.800 Kg de DBO₅/j, on aura :

- Pour le bilan d'exploitation 2012, la valeur moyenne de la charge polluante, comme mentionné dans un courriel, est de 3 200 Kg de DBO₅/j, soit plus de 84 % de la capacité nominale de la STEP.
- Pour le bilan d'exploitation de 8 mois d'exploitation en 2013, la valeur moyenne de la charge polluante est de 4 430 Kg de DBO₅/j, soit plus de 16% de la capacité nominale de la STEP.

¹ Calcul basé sur la charge moyenne de DBO₅ (4 430 kg / jour pendant les 8 premiers mois de 2013) et la norme de 35g de DBO₅ par habitant/jour.



Si on utilise le même raisonnement pour les débits, l'écart de 1.230 Kg de DBO₅/j entre les charges polluantes des deux années considérées provient probablement des quartiers périphériques récemment raccordés au réseau d'assainissement liquide de la ville d'Al Hoceima avec une population estimée à 35.000 habitants sur la base de 35 g/hab/j.

L'analyse des écarts entre les deux données (débits et pollution) des deux années considérées montre que la population des quartiers périphériques récemment raccordés au réseau d'assainissement liquide de la ville d'Al Hoceima se situe entre 35 000 et 36 000 habitants et qu'elle n'a pas été prise en considération lors de la conception du projet. Ce fait va engendrer inévitablement une saturation prématurée des ouvrages d'épuration des eaux usées de la ville.

2.1.3 CRITÈRES DE PERFORMANCE² (FILIÈRE EAUX)

Le fonctionnement de la STEP doit garantir les niveaux d'épuration requis pour l'effluent traité mentionnés dans le tableau 2 ci-après. Le rejet de l'effluent épuré s'effectue directement sur la rive sud de la Méditerranée.

Tableau 2. Niveaux d'épuration requis pour l'effluent traité

Paramètres	Concentrations maximales (mg/l)	Conformité
DBO ₅	25	Échantillon moyen journalier 24h
DCO	90	Échantillon moyen journalier 24h
MES	35	Échantillon moyen journalier 24h

Les tolérances des analyses de ces trois (3) paramètres ne sont pas mentionnées au niveau des exigences des performances de la STEP. En principe l'expert en épuration de l'Ingénieur Conseil « ADI » devrait se focaliser sur cet aspect.

2.1.4 CRITÈRES DE PERFORMANCE (FILIÈRE BOUES)

La filière de traitement devra permettre d'obtenir des boues d'une siccité moyenne minimale de 22 %/semaine. Cette siccité s'entend sans ajout de chaux. Elle sera mesurée sur un échantillon quotidien, prélevé à la sortie de la déshydratation. Le but du traitement des boues est la stabilisation organique des boues pour les rendre moins fermentescibles et la réduction de leur volume en vue de minimiser leur coût de transport jusqu'à leur devenir hygiénique.

Après chaulage, les boues déshydratées et chaulées doivent avoir une siccité minimale de 30% comme moyenne hebdomadaire. Cette siccité sera mesurée par échantillon quotidien, prélevé dans les bennes de stockage.

² Exigées par le CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières



2.1.5 CRITÈRES DE PERFORMANCE (ODEUR)

La ventilation a été conçue de façon à obtenir dans les enceintes fermées où travaille le personnel, des conditions de concentration strictement inférieures, en toutes circonstances, aux limites figurant au Tableau 3 ci-après qui correspondent aux valeurs limites d'exposition (VLE).

Tableau 3. Valeurs limites d'exposition (VLE)

Produits	Concentrations	
	ppm	mg/m ³
Hydrogène sulfuré	2	3
Méthylmercaptan	0,5	1
Ammoniac	25	18
Sulfure de carbone	5	30
Acide acétique	5	12
Pyridine	5	15
Trichloroéthane	10	55
Trichloroéthylène	50	187
Chloroforme	10	21
Dichlorométhane	100	360
Cyclohexane	300	1 050
Toluène	50	375
Benzène	0,5	1,5
Xylène	100	435

2.1.6 CRITÈRES DE PERFORMANCE (BRUIT)

Le bruit émis par l'installation devra ne pas dépasser, en limites de propriété de la station, un niveau sonore de 70dB(A) de jour et de 55dB(A) la nuit, conformément aux prescriptions de l'arrêté français du 23 janvier 1997.

Par ailleurs, conformément au fascicule 81 Titre II (Article I-6) et en application du décret 95 408 du 18 avril 1995, les installations ne devront pas être à l'origine d'un bruit particulier dont l'émergence (*) perçue en limite de clôture est supérieure à 5 dB(A) de jour (7h-22h) et 3 dB(A) la nuit (22h-7h).

2.1.7 UNITÉS DU PROCESSUS

La STEP de la ville d'AL Hoceima est desservie par un réseau unitaire d'eaux avec un linéaire d'environ 93,66 Km, soit 0,74 m / hab. (< 1,38, au niveau national³). Le réseau est équipé de 7 stations de pompage et une de reprise. Il fonctionne avec 6 déversoirs d'orage.

³ Évaluation des Indicateurs Descriptifs de l'Assainissement Collectif, Rapport Final de la 1ère Phase de l'Étude, Document N°11/09/2013



Dans l'usine, l'épuration des eaux usées de la ville d'Al Hoceima s'effectue en trois (3) étapes: Prétraitement (PT), Traitement Secondaire (TS) et Traitement Tertiaire (TT). La maquette de la STEP figure ci-après.



Figure 4. Maquette de la STEP d'Al Hoceima



Le schéma synoptique de la STEP de la ville d'Al Hoceïma se présente comme suit :

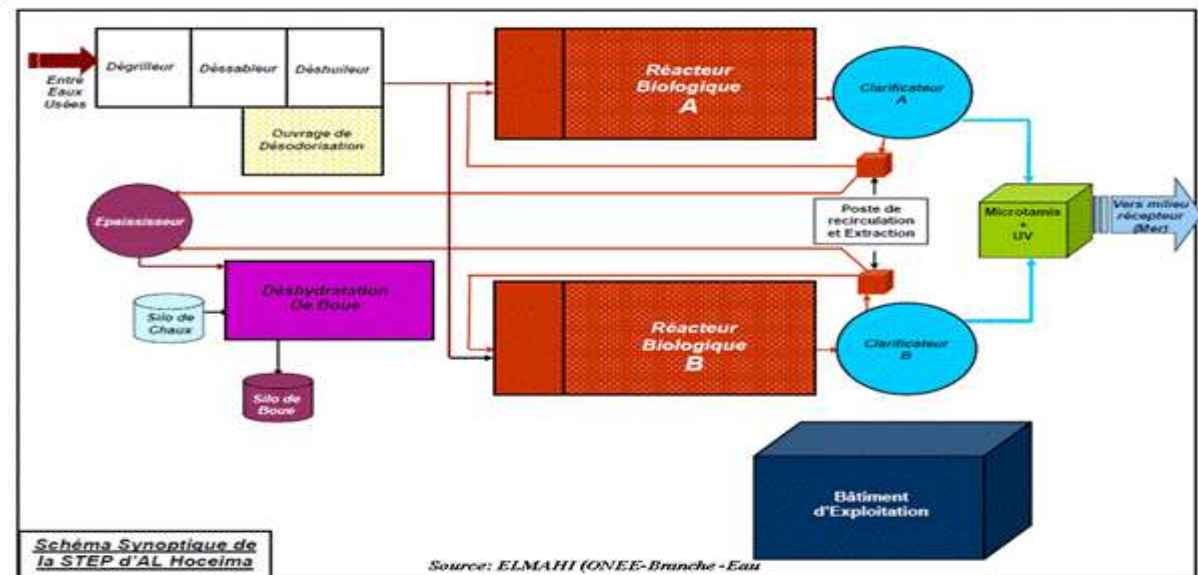
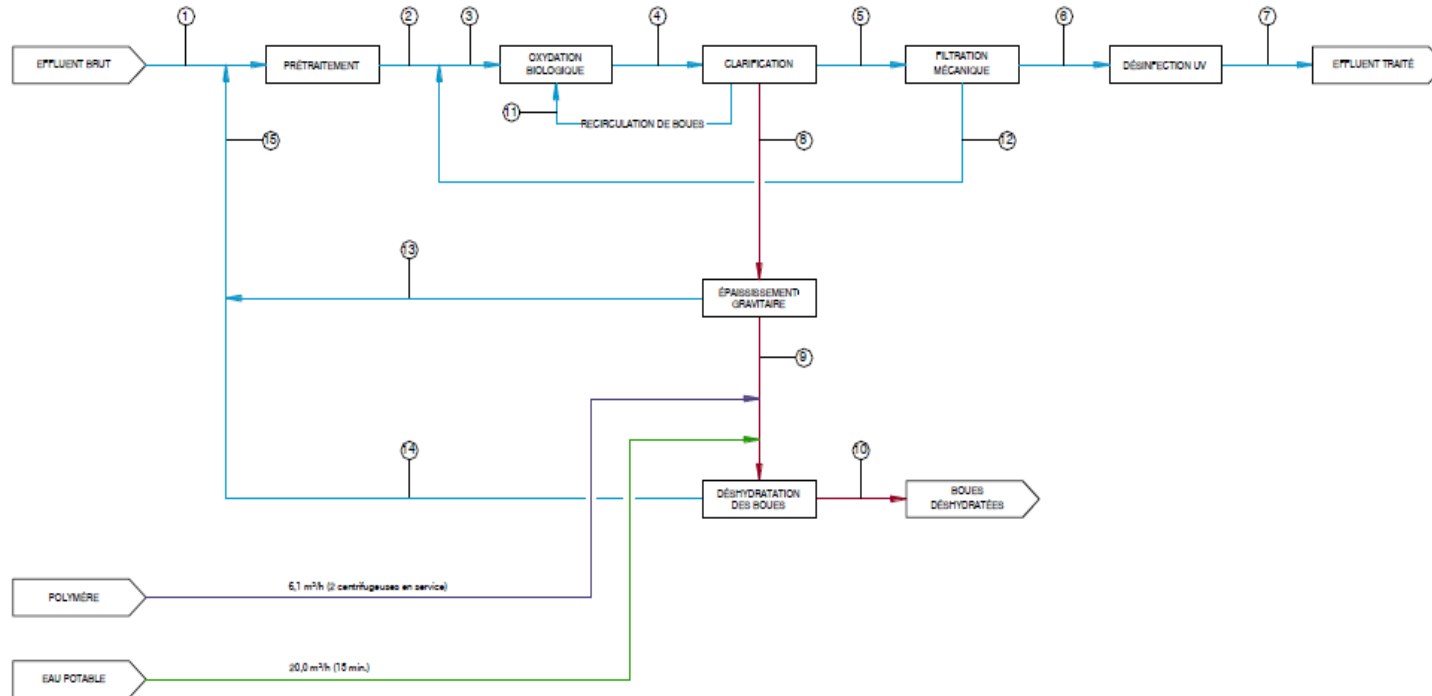


Figure 5. Schéma synoptique de la STEP d'Al Hoceïma

Pour une meilleure compréhension de la séquence des opérations, une numérotation de 1 à 15 a été adoptée pour le diagramme des débits maximaux présenté ci-après à la Figure 6. L'encombrement des ouvrages d'épuration des eaux usées ainsi que leurs paramètres de fonctionnement (rétentions hydriques, charges spécifiques, etc.) sont détaillés dans le Mémoire Technique de la STEP fourni par l'entreprise.



DIAGRAMME DE DÉBITS MAXIMAUX



PARAMÈTRE	FLUX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		m³/h														
Débit maximum	m³/h	710,40	758,40	775,60	1375,60	727,60	710,40	710,40	48,00	22,00	2,85	600,00	17,20	48,00	42,20	48,00

Figure 6. Diagramme des débits maximaux



2.1.8 INSTALLATIONS: PRÉTRAITEMENT

Un déversoir d'orage composé de:

- Un déversoir latéral de 3m de longueur équipé d'une vanne murale de DN 500mm.
- Un dispositif de détection de niveau lié à une vanne motorisée pour le contrôle du débit entrant

Un débitmètre composé de:

- Un débitmètre électromagnétique installé sur la conduite avant le prétraitement pour le contrôle et l'enregistrement du débit en vue d'enregistrer systématiquement les bilans hydrique et massique de la STEP



Figure 7. Déversoir d'orage et débitmètre

Un prétraitement couvert

Du fait de la proximité des habitations, les ouvrages de prétraitement, source de mauvaises odeurs, ont été installés dans un bâtiment couvert pour pouvoir les désodoriser. Le bâtiment contient:

- Canaux de dégrillage:
 - Deux dégrilleurs fins équipé chacun d'un tamis à tambour rotatif (6mm) dont la capacité est de 710 m³/h. Son rôle est de retenir les matières volumineuses (troncs d'arbre, branches, bidons, feuilles, planches, objets métalliques, plastiques, algues, méduses, etc.) pour protéger les ouvrages en aval. Sa conception et son encombrement sont conçus en fonction du débit maximal à l'horizon du projet
 - Le nettoyage des dégrilleurs fins est automatique et contrôlé par des sondes de détection des niveaux.



- Cet équipement assure aussi la fonction de compactage et de lavage des refus.
- Les refus sont évacués par un convoyeur à vis vers une benne de stockage de 5 m³ et évacués par la suite vers la décharge publique des ordures ménagères.
- Poste de relevage:
 - Une bêche de relevage avec une capacité utile de 17 m³, équipée de 4 GEP (3+1), un débit unitaire de 252,8 m³/h et une HMT de 4,5m pour un débit maximal 710 m³/h.



Figure 8. Poste de dégrillage

- Dessableur-déshuileur
 - Le dessablage et le déshuilage sont réalisés dans un même ouvrage rectangulaire. Les sables décantent au fond de celui-ci tandis que les huiles et les graisses remontent à la surface.
 - Le dessablage permet, par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations. Ce matériel, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes. Les sables extraits sont lavés avant d'être envoyés à la décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques. La dégradation de celles-ci produit des odeurs et une instabilité mécanique du matériel.
 - Le déshuilage et dégraissage s'effectuent par flottation. Leur principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses et les huiles à la surface. Leur élimination se fait ensuite par raclage. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisses dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des canalisations. Leur élimination est également essentielle pour limiter les problèmes de rejets de particules grasseuses, les difficultés de décantation ou les perturbations



des échanges gazeux surtout au niveau du réacteur biologique. Les refus du déshuilage –dégraissage sont traités biologiquement par voie aérobie.

- Deux ouvrages pour l'élimination des huiles et des graisses équipés de deux pompes aéroflot. L'aération et la séparation des huiles sont effectués par deux ponts racleurs.
 - Deux ouvrages pour le dessablage équipés de 2 pompes d'extraction des sables avec un débit maximal 45m³/h et un classificateur dont la capacité est de 50 m³/h pour la séparation des sables.
 - Une fosse de traitement biologique des huiles et des graisses équipée de diffuseurs d'aération et d'un agitateur. Le groupe est connecté à un dispositif de dosage des nutriments ainsi que de sondes de mesure du PH et de la teneur en oxygène dissout.
 - Une benne de stockage des refus du classificateur
- Ouvrage de répartition:
 - Un répartiteur de débit entrant équipé de déversoirs. Le débit est réparti comme suit : 56% pour la nouvelle filière et 44% pour la filière existante.
 - Un by-pass connecté à cet ouvrage

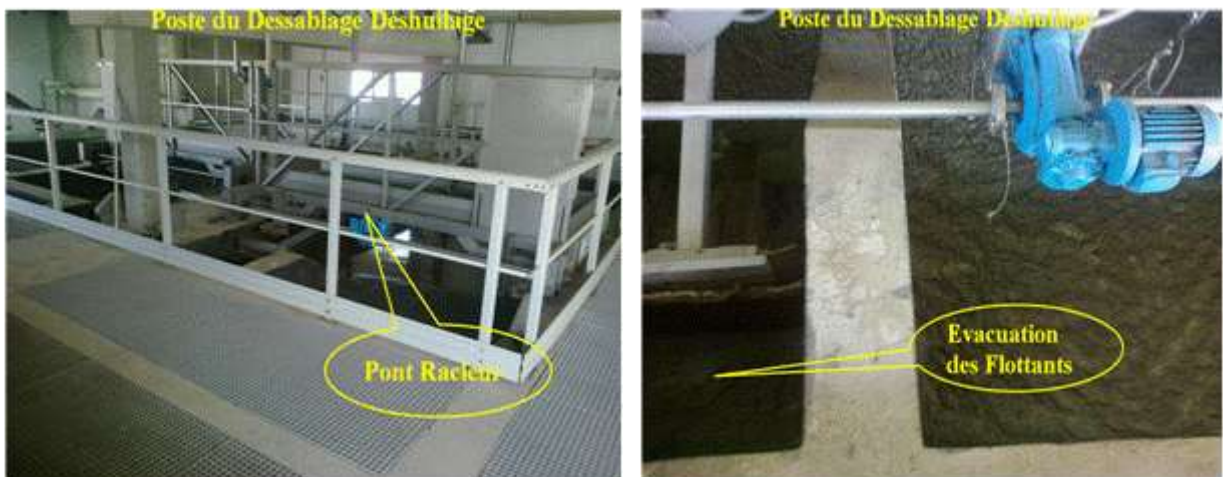


Figure 9. Dessablage-Déshuilage

2.1.9 INSTALLATIONS: TRAITEMENT SECONDAIRE

Les niveaux d'épuration requis (NER) pour la dépollution des eaux de la ville d'Al Hoceima, prescrits dans le Chapitre 2 du CCTP relatif aux performances exigées, ne comporte aucune exigence en



termes de pollution azotée. De ce fait, la conception et la réalisation des ouvrages d'anoxie pour la dénitrification seraient difficilement défendables et s'avèrent ainsi inutiles avec, à la clé, un alourdissement des coûts d'investissement et d'exploitation de la STEP.

Réacteurs biologiques:

Les réacteurs biologiques, appelés également « Aérateurs » sont des ouvrages de transformation de la pollution dissoute (carbonée, azotée et phosphatée) en bioflocs décantables au niveau du clarificateur.

Il y a deux lignes parallèles de traitement, une ligne neuve de 7.084m³ et une autre existante de 5.460m³. Chaque ligne est composée de deux réacteurs biologiques de biomasse libre. La hauteur du liquide est de 3,35m.

Chaque filière comprend une zone de contact où se fait la répartition des débits auxquels affluent les boues en recirculation extraites du clarificateur. Cet ouvrage est équipé de deux vannes murales comme le montre le schéma synoptique de la Figure 5 ci-dessus.

- La tête de chaque réacteur biologique comprend des cellules anoxiques, où se fait le procédé de dénitrification de l'effluent nitrifié dans la zone aérée.
- Nombre de lignes de traitement: 2.
- Nombre total de bassins anoxiques: 2.
- Nombre de bassins anoxiques par ligne de traitement: 1.
- Nombre de cellules (ou poches) par bassin anoxique: 3.
- Nombre d'agitateurs immergés dans des zones anoxiques pour éviter la décantation des boues: 6.
- Nombre de pompes submersibles axiales assurant la recirculation de la liqueur mixte:4.
- Au niveau des bassins d'activation, l'introduction de l'air se fait par des diffuseurs à membrane à bulles fines. Chaque bassin d'aération dispose de 2 groupes de grilles de diffuseurs motorisés, avec alimentation indépendante, équipés de vannes automatiques. Pour l'entretien des diffuseurs, un système de nettoyage est prévu qui injecte périodiquement la solution de nettoyage dans les conduites d'air de chaque ligne.

Descriptif:

L'effluent à traiter et les boues en recirculation entrent dans la zone anoxique de chaque réacteur, composée de 3 cellules en série, où se réalise le procédé de dénitrification de l'effluent nitrifié dans la zone aérobie du réacteur.

Chaque cellule anoxique est équipée d'un agitateur immergé.

La dernière cellule anoxique de chaque réacteur communique avec la zone aérobie du bassin d'aération,



où est assurée l'élimination de la matière carbonée, non consommée dans le procédé antérieur, ainsi que la nitrification des composés azotés.

- Le contrôle de l'air et la concentration des boues se font par des sondes de mesure.
- La production d'air du processus est assurée sur chaque file de traitement par 3 (2+1) surpresseurs, à piston rotatif, dimensionnés pour les besoins maximaux prévus en période estivale à l'horizon 2025.
- Les surpresseurs sont installés dans une salle du bâtiment technique et ont un fonctionnement automatique. Ils sont commandés en fonction de la teneur d'oxygène mesurée dans chaque bassins d'aération et/ou par temporisation, en fonction de l'histogramme d'affluence à la station déterminé par l'exploitation.
- Deux ouvrages de dégazage sont prévus pour l'élimination des bulles de gaz emprisonnées dans les floccs, pour une charge hydraulique maximale 80,0 m³/m²/h et une durée de séjour minimale de 3,0 min, selon le MT fourni par l'entreprise
- Deux clarificateurs de 3 780 m³ au total, chacun équipé d'un pont racleur.
- La clarification est effectuée par 2 ouvrages circulaires de raclage pour un volume total de 3.780 m³. La vitesse de relevage retenue pour le débit maximal de chaque file est de 0,54 m³/m².h selon le MT de la STEP, ce qui assure une concentration maximale en MES, dans l'effluent clarifié, égale ou inférieure à 20 mg/l. Le clarificateur de la ligne de traitement existante, avec un diamètre de 27 m et une hauteur utile à la périphérie de 3 m, a été conservé et complètement réhabilité. Le clarificateur de la nouvelle ligne de traitement a un diamètre de 31 m et une hauteur utile à la périphérie de 3 m; il est équipé d'un pont racleur de fond et de surface, d'un regard pour le prélèvement de flottants, d'un déversoir et d'une cloison siphonide.
- Les flottants et les écumes piégés dans le clarificateur sont renvoyés en tête de la STEP au niveau du prétraitement et précisément en amont de l'ouvrage « dessablage-dégraissage ».
- Les deux postes d'extraction et de recirculation de boue sont équipés de 4 GEP d'extraction, de 6 pompes de recirculation et de deux débitmètres.
- Les boues biologiques sont extraites de chaque clarificateur et envoyées vers la station correspondante de recirculation et de relevage des boues en excès. Chaque station de relevage est équipée de 3 (2+1) pompes submersibles de recirculation et de 2 (1+1) pompes submersibles des boues en excès.
- Les pompes de recirculation des boues, à vitesse variable, assurent un taux de recirculation maximal de 150 %. Leur fonctionnement est automatique (elles se déclenchent en fonction de la valeur du taux de recirculation fixé au niveau de la supervision) et/ou par temporisation (horloge). Les caractéristiques des 6 pompes de recirculation des boues sont les suivantes pour les deux lignes: 3 (2+1) pompes submersibles de recirculation pour le clarificateur



réhabilité: Q : 130,0 m³/h ; HMT : 4 m.c.e et 3 (2+1) pompes submersibles de recirculation pour le nouveau clarificateur : Q : 170,0 m³/h ; HMT : 3 m.c.e.

- Le débit de recirculation des boues est mesuré par un débitmètre de type électromagnétique, installé dans la conduite de refoulement de chaque file de traitement.
- Les pompes des boues en excès (Q : 27,5 m³/h ; HMT : 6,5m), ont également un fonctionnement automatique, par temporisation (horloge).
- Le débit des boues en excès est mesuré par un débitmètre de type électromagnétique installé dans la conduite de refoulement de chaque file de traitement.
- Les caractéristiques d'alimentation (kW, etc.) des GEP de recirculation et de relevage des boues en excès n'ont pas été mentionnées dans le MT de la STEP.



Figure 10. Bassins d'aération

La présence de mousses dans les réacteurs témoigne d'un dysfonctionnement de l'ouvrage. Une étude ou une expertise sur le fonctionnement de la STEP s'impose.

2.1.10 INSTALLATIONS: TRAITEMENT TERTIAIRE

- Deux micro-tamis rotatifs à membranes fines: à la sortie de la clarification, l'effluent est soumis à une opération de filtration mécanique, qui se réalise au travers de 2 micro-tamis à disque, dimensionnés pour le débit de pointe. Cette opération assure un affinage du traitement, au niveau du paramètre MES, en vue de la désinfection. Chaque micro-tamis, type «Dina Disc», de 355 m³/h, présente une maille de 30 µm et une surface de filtration de 15,1 m². Les micro-tamis sont des unités autonomes installées dans des cuves en béton, avec une structure en acier inox, des toiles en polyester et une couverture en PRFV



(plastique avec fibre de verre). Les micro-tamis ont un fonctionnement automatique et le nettoyage (lavage) des toiles est commandé en fonction du niveau de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur des micro-tamis. Quand la perte de la charge dépasse la valeur du "set-point" (point de consigne) (200-250 mm), les toiles sont lavées avec l'effluent traité, à l'aide d'une pompe haute pression. L'effluent du lavage est refoulé vers l'ouvrage de répartition.

- Dispositifs à ultraviolet visible pour la désinfection : Cette étape finale de traitement est assurée par un réacteur UV, constitué de 2 canaux en parallèle, dimensionnés pour le débit de pointe de 710 m³/h. Chaque canal est équipé d'un banc UV, constitué de 3 modules et 8 lampes par module, basse pression avec un haut rendement. Le nombre total de lampes installées par canal est de 24 et la puissance installée par canal est de 12,72 Kw. Le nettoyage chimique et mécanique est assuré par un système automatique. Le système installé, Trojan UV 300 Plus, permet la régulation de l'intensité des lampes entre 60% et 100% pour garantir la précision du dosage nécessaire pour atteindre le niveau de désinfection voulu. Cette régulation s'effectue selon plusieurs paramètres, notamment le débit, la transmittance et l'intensité UV mesurée par des senseurs. Ce système a un contrôleur automatique de niveau, qui permet le maintien d'un niveau constant dans le canal de désinfection, 2 à 4 mm au-dessus des lampes supérieures. Le nettoyage se déclenche automatiquement, lorsque l'intensité des modules diminue, ou par une action de l'opérateur. Pendant l'opération de nettoyage, le système de désinfection continue à fonctionner.
- Bâche de stockage de 90 m³ (poste de relevage des eaux industrielles) équipée de trois surpresseurs de 50 m³/h pour laver et nettoyer certains ouvrages ou arroser le jardin.
- Canal, couvert, de sortie des effluents épurés vers la mer équipé d'un totaliseur/enregistreur des débits



Figure 11. Traitement tertiaire



2.1.11 INSTALLATIONS: TRAITEMENT DES BOUES

ÉPAISSISSEMENT DES BOUES

- Pour l'épaississement des boues biologiques en excès, un épaisseur gravitaire, en béton armé, avec raclage par entraînement central et couvert est raccordé au système de désodorisation. Le rôle de cet ouvrage est de réduire le volume des boues par décantation gravitaire pour minimiser les coûts du traitement et de transport des boues. Sa capacité de décantation est de 400 m³. Il est équipé d'une herse rotative à fonctionnement continu. En tenant compte des caractéristiques des boues biologiques en excès à épaissir, l'ouvrage a été dimensionné pour une charge de solides maximale de 26 kg MS/m².jour, permettant d'obtenir des boues épaissies avec une concentration minimale de solides de 3 %. Cet ouvrage de 13 m de diamètre et d'une hauteur utile à la périphérie de 4 m, est équipé d'une jupe de répartition, d'un déversoir périphérique et de tuyauteries pour l'extraction des boues épaissies et l'évacuation du surnageant. La conduite d'extraction des boues épaissies est équipée d'une vanne d'isolement et d'un piquage pour prélever des échantillons. Elle est raccordée au réseau des eaux de service servant au lavage. Le surnageant de l'épaisseur est évacué vers le circuit des égouttures renvoyées en tête de la STEP.
- Relevage des boues extraites de l'épaisseur. Elles sont envoyées vers la déshydratation par 3 (2+1) pompes volumétriques, équipées d'un convertisseur de fréquence. Elles ont, chacune, un débit entre 6 m³/h et 13 m³/h. Ces pompes se trouvent dans la salle de déshydratation du bâtiment technique et ont un fonctionnement automatique asservi à celui des pompes centrifuges.

Déshydratation des boues:

- Déshydratation mécanique des boues
 - La déshydratation mécanique des boues épaissies (siccité : 3 %) est effectuée par l'intermédiaire de deux centrifugeuses, de 330 kg MS/h chacune, ce qui correspond à un débit de 11 m³/h. Ces centrifugeuses assurent la déshydratation de la totalité des boues produites à l'horizon du projet (2025), 5 jours par semaine, pour une période de fonctionnement simultanée/jour, de 7 heures.
 - La siccité prévue pour les boues déshydratées est de 22 %, pour un taux de capture des solides de 95 %.
 - La production journalière moyenne en boues déshydratées, à l'horizon 2025, est de 2 965 kg MS/j, correspondant à 13 m³/j (7 jours par semaine).
 - Le débit des boues épaissies vers chaque centrifugeuse est contrôlé par un débitmètre, de type électromagnétique, installé dans la tuyauterie d'alimentation respective.
 - Les boues déshydratées sont transportées par une vis sans fin, commune aux deux centrifugeuses, vers une pompe gavageuse équipée d'un mélangeur type «bridge-breaker», où se réalise le mélange des boues avec de la chaux vive.



- Les centrifugeuses, les électropompes (3 GEP, Q : 13m³/h) et tout l'équipement associé à la déshydratation ont un fonctionnement automatique. Ils sont logés dans une salle dédiée du bâtiment technique.
- La salle de déshydratation est raccordée au système de désodorisation.
- Les effluents de la déshydratation sont conduits vers le circuit des égouttures qui sont renvoyées en tête de la STEP.
- Conditionnement des boues à déshydrater:
 - Pour le conditionnement des boues à déshydrater, un polymère cationique est ajouté aux boues, à l'entrée de chaque centrifugeuse en vue de garantir une déshydratation efficace. Le dosage moyen est de 8 g/kgMS et le dosage maximal est de 10 g/kgMS.
 - La préparation du polymère est effectuée dans une unité automatique de 2,5 m³. Avec une concentration de 0,4 %, elle est dosée à l'aide de 3 (2+1) pompes doseuses à vis excentrée, équipées d'un variateur de fréquence. Leur débit oscille entre 200 et 1000 l/h.
 - La solution dosée est diluée avec de l'eau de service (eau potable), jusqu'à une concentration d'environ 1 g/l. On a ainsi deux systèmes de dilution, un par centrifugeuse, dont le débit maximal, pour chacune, est de 4 m³/h.
 - Le dosage du polymère est régulé en fonction du débit d'alimentation à chaque centrifugeuse. On prévoit également l'injection de la solution de polymère à la sortie de la pompe gaveuse afin d'améliorer les conditions d'écoulement des boues chaulées vers le silo de stockage. Pour ce faire, une pompe doseuse de 100 l/h a été prévue
- Stabilisation des boues déshydratées
 - Les boues déshydratées sont chaulées afin de les stabiliser et d'atténuer ainsi la fermentescibilité des boues. Pour ce faire, la chaux vive (l'oxyde de calcium CaO) est additionnée dans le mélangeur accouplé à la pompe gaveuse qui pompera les boues chaulées vers le silo de stockage.
 - Pour arriver à une siccité de 30 %, le taux de chaux appliqué est de 35 % (0,35 kg CaO / kgMS), ce qui conduit à une consommation moyenne de 1 038 kg CaO/j., à l'horizon du projet (2025)
 - Les boues chaulées sont remontées en direction du silo de stockage
- Stockage des boues déshydratées
 - Les boues déshydratées et chaulées sont stockées dans un silo de 50 m³, qui assure une autonomie de 3 jours, pour une production maximale des boues à l'horizon 2025.



- Le silo, de construction métallique, a le fond plat et est équipé de dispositif d'extraction rotatif, actionné par motoréducteur et d'un convoyeur à vis pour l'évacuation.
- Le silo est raccordé au système de désodorisation de la STEP
- Stockage de la Chaux
 - La chaux vive livrée par camion pulseur est stockée dans un silo de 40 m³ qui garantit, comme minimum, une autonomie de 35 jours (5 semaines).
 - Le silo de stockage de la chaux est équipé de tous les équipements nécessaires pour un bon écoulement du produit, d'un détecteur de niveau continu et d'une vis distributrice doseuse à débit variable, de 60 et 300 kg CaO/h.



Figure 12. Traitement des boues

2.1.12 INSTALLATIONS: TRAITEMENT DES ODEURS

- Pour éviter la propagation des mauvaises odeurs à l'intérieur de la STEP, on a prévu la ventilation, l'extraction et le traitement de l'air vicié du local de prétraitement, du traitement des boues, du ciel de l'épaississeur et du silo de stockage des boues déshydratées.
- Le système d'extraction (2 moteurs aspirateurs) et de traitement de l'air vicié a été dimensionné pour un débit total de 14.000 m³/h, calculé en tenant compte des taux de renouvellement définis pour chaque local ou ouvrage à désodoriser. Les ventilateurs sont installés dans un bâtiment spécifique, de façon à réduire le bruit vers l'extérieur. Ils ont un fonctionnement continu et/ou temporisé.
- Face aux zones à désodoriser, deux réseaux d'extraction ont été prévus, un pour la zone de prétraitement et l'autre pour la zone de traitement et de stockage des boues. Les réseaux



d'extraction sont composés de conduites, vannes, clapets, grilles de régulation et accessoires. Les conduites enterrées sont en PEHD (Polyéthylène haute densité).

- Pour la désodorisation de l'air vicié, un traitement biologique est prévu qui utilise la biofiltration, une technique efficace et économique qui a l'avantage de ne pas utiliser des réactifs chimiques et de ne produire aucun déchet secondaire toxique. Le procédé consiste à faire passer l'air vicié, après lavage et humidification, à travers un milieu filtrant au sein duquel se développe une population microbienne qui transforme les contaminants de l'air en produits non toxiques, en CO₂ et en vapeur d'eau. Le système de traitement biologique installé est essentiellement composé de:
 - Une tour de lavage et humidification, verticale, type " Scrubber ", en PEHD, de 1,5 m de diamètre et 6,0 m de hauteur;
 - Deux (1+1) pompes de recirculation de l'eau de lavage;
 - Un biofiltre ouvert, en béton, avec milieu filtrant composé de " Biomix" (mélange de tourbe et matériel de structure);
 - Un système d'arrosage du biofiltre.
- Pour le lavage et l'humidification de l'air à traiter et l'arrosage du milieu filtrant, on prévoit l'utilisation d'eau de service (effluent traité). L'arrosage du biofiltre permet de maintenir un taux d'humidité constant dans le milieu filtrant, d'introduire des nutriments (N, P, K etc.) nécessaires à l'activité bactérienne et d'évacuer les produits de l'oxydation biologique, notamment les sulfates. Le biofiltre a été dimensionné pour une charge superficielle de filtration de 100 m³/m².h, à laquelle correspond une surface de 140 m² (14 m x 10 m). La hauteur du matériel filtrant est de 1,5 m, ce qui correspond à un volume de 210 m³ et un taux spécifique de 66,6 m³/m³.h.
- Les rendements d'épuration prévus pour le système de biofiltration proposé se situent entre 98 % à 99%, pour le NH₃ et H₂S.



Figure 13. Traitement des odeurs



2.1.13 INSTALLATIONS: BÂTIMENT D'EXPLOITATION

- La salle de commande et de contrôle comprend un ordinateur et un écran d'affichage pour la télégestion.
- Le laboratoire comprend deux salles; une pour les analyses des paramètres physico-chimiques et l'autre pour les analyses bactériologiques avec tout le matériel et les appareils de mesure nécessaires (voir annexe III).
- Trois bureaux
- Une salle de réunion
- Un réfectoire
- Une salle d'archivage

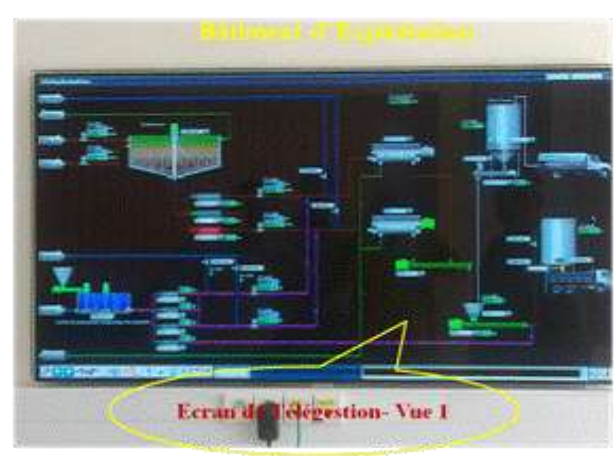
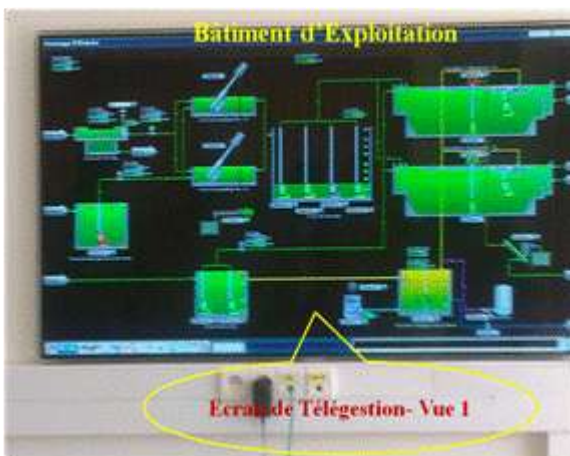


Figure 14. Bâtiment d'exploitation



2.1.14 INSTALLATIONS: OUVRAGES ANNEXES

- Un garage pour le camion qui transporte les boues.
- Un magasin et 2 petits ateliers.
- Un local pour les armoires électriques (un ancien local désaffecté).
- Un ancien bâtiment d'exploitation.
- Un logement pour un agent de la STEP.
- Deux portails; un principal et l'autre secondaire.
- Un local pour le groupe électrogène.



3 PERFORMANCE DE LA STEP (WWTP PERFORMANCE)

3.1 STEP D'AL HOCEIMA

3.1.1 ANALYSES DE PERFORMANCE DE LA STEP

L'exploitation de la STEP en phase semi-industrielle est assurée à la fois par l'entreprise et l'Agence Mixte d'Al Hoceima de la Direction Provinciale (DP) de l'ONEE-Branche-Eau. L'Agence Mixte est un organisme de l'ONEE-Branche-Eau chargé à la fois de la distribution et de la production de l'eau potable.

Les activités liées au suivi du fonctionnement de la STEP, de la qualité des rejets et de l'évaluation des performances épuratoires sont assurées quotidiennement par le laboratoire de la STEP d'Al Hoceima. Les résultats du suivi des performances épuratoires sont reportés dans un Journal d'Exploitation Mensuel (JEM), puis consolidés dans le Rapport d'Exploitation Annuel (REA). Ce document annuel interne à l'ONEE-Branche-Eau est diffusé au niveau régional (Direction Régionale de Fès) et au niveau central pour la capitalisation et l'exploitation des données.

De même, l'entretien et la maintenance de l'équipement des stations de pompage sont assurés par l'équipe d'entretien relevant de la STEP d'Al Hoceima

3.1.2 TEMPÉRATURES DE FONCTIONNEMENT DE LA STEP

Températures minimale des eaux usées:

- Température de conception : Normale 12 °C / Estivale : 15 °C

Températures enregistrées en 2012

- Min des Minima : 13 °C / Max des Maxima : 30 °C

Tableau 4. Relevés de la température des eaux usées à l'entrée de la STEP

Relevés de la Température des eaux usées à l'Entée de la STEP (WWTP)												
Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Min	13,1	13,4	15,4	17,7	20,3	24,5	24,2	25	22,6	20	17,2	17,9
Moy	15,9	16	17,9	19,7	22	25,1	26,1	27	26,4	23,7	20,3	18,5
Max	17,3	17,9	19,4	21,4	23,9	25,8	27,4	30,2	28,2	25	21,8	19,8

Température dans les réacteurs biologiques:

- Température moyenne mensuelle minimale des boues : 8 °C
- Température moyenne mensuelle maximale des boues : 29 °C



3.1.3 TYPES DES EAUX USÉES BRUTES ET ÉPURÉES

La capacité hydrique nominale de la STEP est de 9 600 m³/j. Les anciens ouvrages réhabilités n'ont été exploités qu'à partir du 20/11/2012. Le débit journalier enregistré à l'entrée de la STEP est en moyenne de 6 252 m³/j sur toute l'année 2012, soit 65 % de sa capacité nominale hydrique. Les relevés mensuels moyens des débits sont illustrés dans le graphe de la Figure 15, ci-après

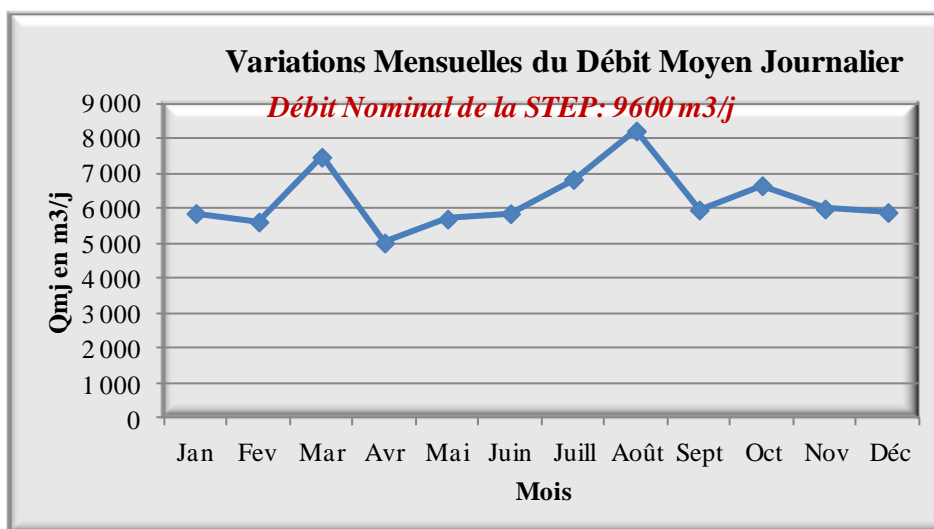


Figure 15. Graphe des débits mensuels de 2012

Le débit journalier maximal enregistré en 2012 a été de 8 250 m³/j au mois d'août 2012, qui correspondent à 86 % de la capacité nominale hydrique de la STEP (9 600 m³ / j).

Les affluents bruts entrants à la STEP sont plus chargés en DBO₅ que d'habitude, dépassant la valeur supérieure de la fourchette habituelle des eaux usées marocaines préconisée par le SDNAL 1998⁴ (200-400 mgd'O₂/l)⁵. Les valeurs de cette fourchette de la DBO₅ ne constituent pas des limites, mais simplement des valeurs guides et des repères d'interprétation du type d'eaux usées qu'on trouve au Maroc. Les variations des concentrations de la DBO₅ à l'entrée de la STEP sont illustrées dans le graphe de la Figure 16, ci-après:

⁴ Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide

⁵ 200-400 mg de DBO₅/l ne constituent pas des limites, mais juste des valeurs guides et des repères d'interprétation du type d'eaux usées qu'on trouve au Maroc

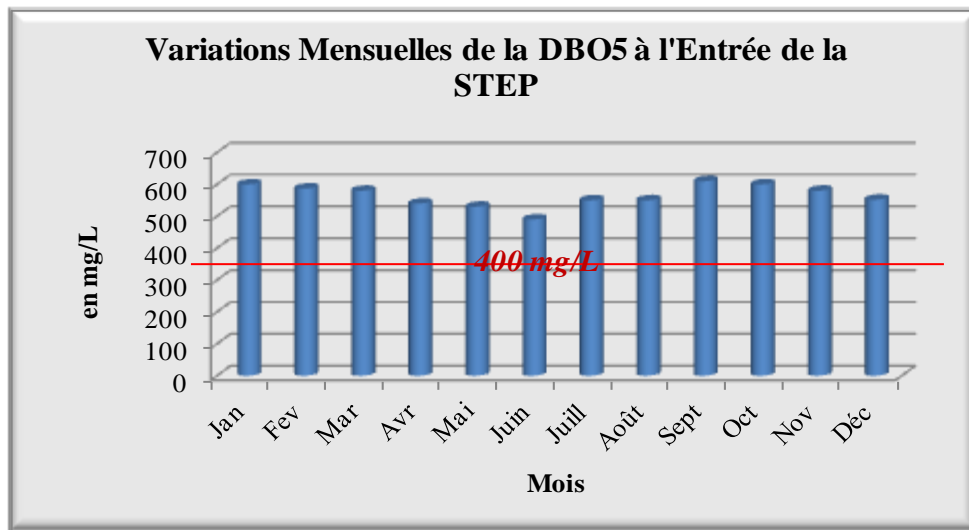


Figure 16. Variations des concentrations de la DBO5 à l'entrée de la STEP en 2012

La qualité de l'effluent déversé en mer, en termes de DBO5, est conforme à la valeur préconisée par les niveaux d'épuration requis (NER) du marché qui est de 25 mg d'O2/L. Les variations des concentrations de DBO5 à la sortie de la STEP sont reportées sur le graphe de la Figure 17, ci-après:

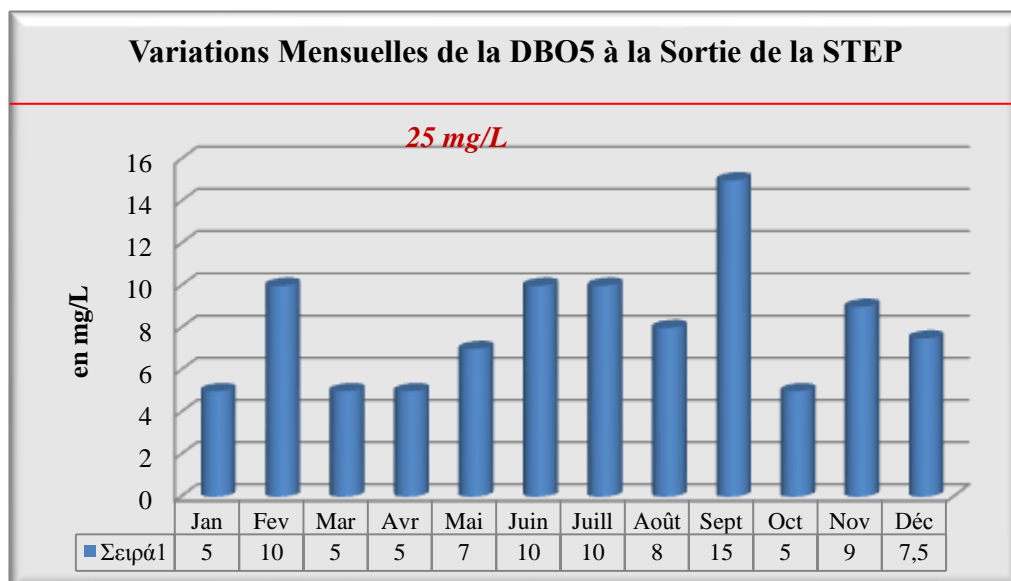


Figure 17. Variations des concentrations de DBO5 à la sortie de la STEP en 2012

La concentration en DCO des affluents à l'entrée de la STEP est nettement plus chargée que les eaux usées marocaines habituelles (500-750mg/l). Les variations des concentrations de DCO à l'entrée de la STEP sont illustrées dans le graphe de la Figure 18, ci-après:

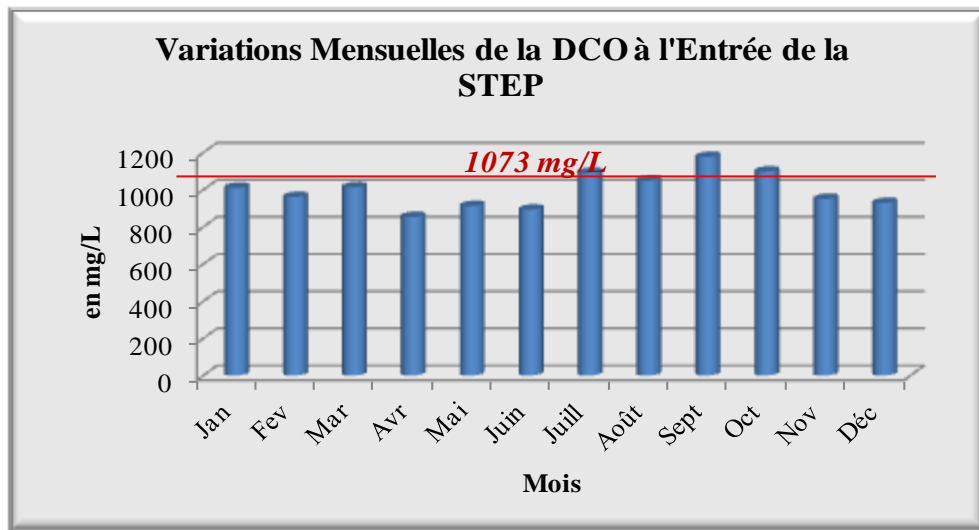


Figure 18. Variations des concentrations de DCO à l'entrée de la STEP en 2012

La qualité de l'effluent déversé en mer, en termes de DCO, est conforme à la valeur préconisée par les niveaux d'épuration requis (NER) du marché qui est de 90 mg d'O₂/L. Les variations des concentrations de DCO à la sortie de la STEP sont reprises dans le graphe de la Figure 19, ci-après:

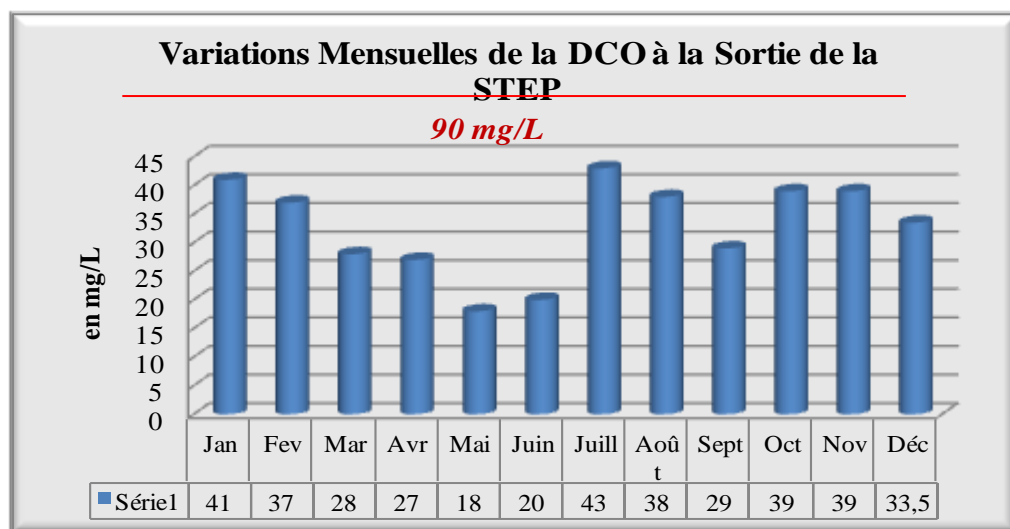


Figure 19. Variations des concentrations de DCO à la sortie de la STEP en 2012

La concentration des matières en suspension (MES) de l'affluent se situe en général dans la fourchette habituelle des eaux usées urbaines marocaines selon les références SDNAL 1998 (250-500mg/l), à l'exception de certaines valeurs. Les variations des concentrations des MES à l'entrée de la STEP sont illustrées dans le graphe de la Figure 20, ci-après:

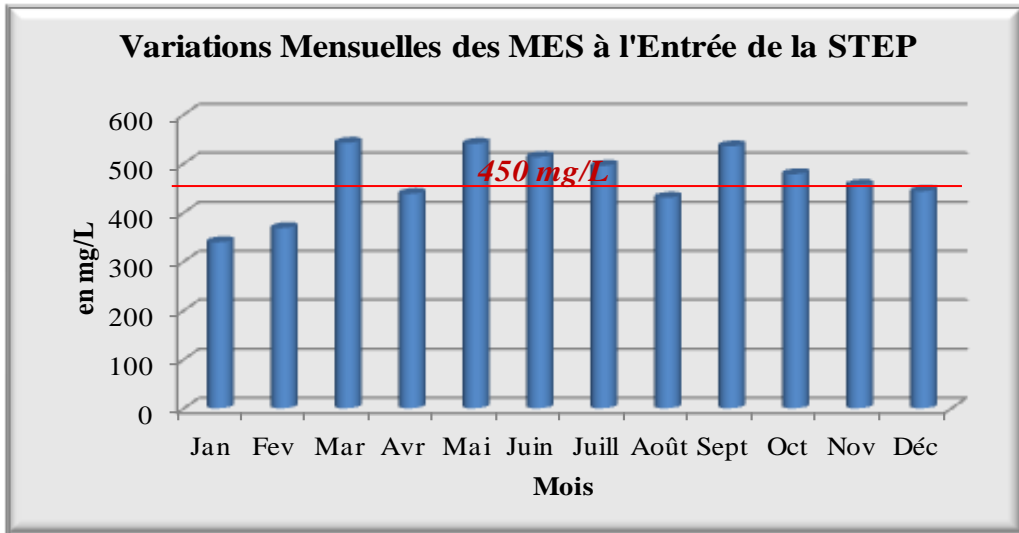


Figure 20. Variations des concentrations des MES à l'entrée de la STEP en 2012

La qualité de l'effluent déversé en mer, en termes de MES, est conforme à la valeur préconisée par les niveaux d'épuration requis (NER) du marché qui est de 35 mg d'O₂/L. Les variations des concentrations des MES à la sortie de la STEP sont reportées dans le graphe de la Figure 21, ci-après:

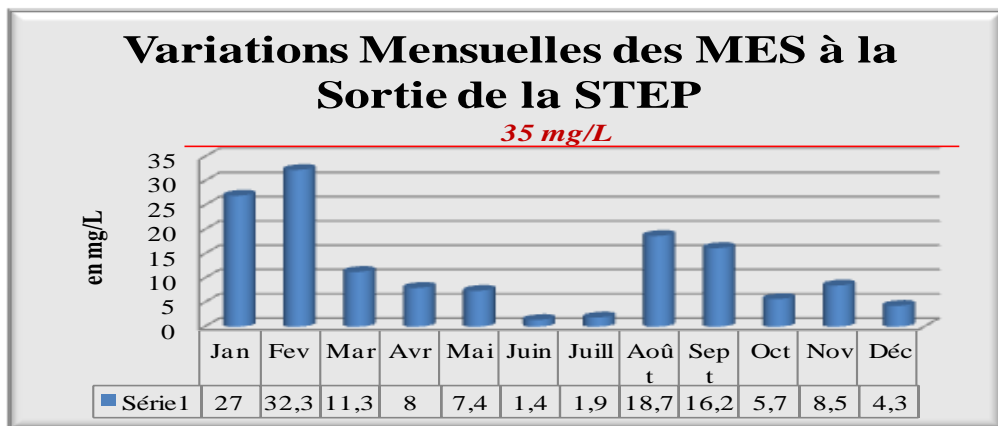


Figure 21. Variations des concentrations des MES à la sortie de la STEP en 2012

Les analyses microbiologiques des rejets finaux (eaux épurées) effectuées par le laboratoire montrent que ces eaux peuvent être réutilisées pour certains types d'irrigation. Dans le cas de la STEP, les eaux épurées sont utilisées pour arroser les jardins, laver et nettoyer les ouvrages et les équipements.

Les paramètres NTK et Pt ne figurent pas dans la liste des performances exigées par le cahier des charges.



3.1.4 PARAMÈTRES DU PROCESS DE CONTRÔLE DE LA CONDUITE DE LA STEP

Évaluation de la charge polluante organique (CPO):

La variation de la CPO figure dans le graphe ci-dessous. En 2012, elle oscille entre 2 514 et 3 910 Kg DBO₅/J. Notons que, pour la 1^{ère} année d'exploitation, la concentration en DBO₅ est plus importante que prévu (505mg / litre contre une valeur de conception de 400 mg), et que la valeur de la charge polluante estivale la plus élevée dépasse anormalement la capacité dépolluante de la STEP envisagée à l'horizon 2025, qui était de 3 %. Les variations de CPO à l'entrée de la STEP sont illustrées dans le graphe de la Figure 22, ci-après:

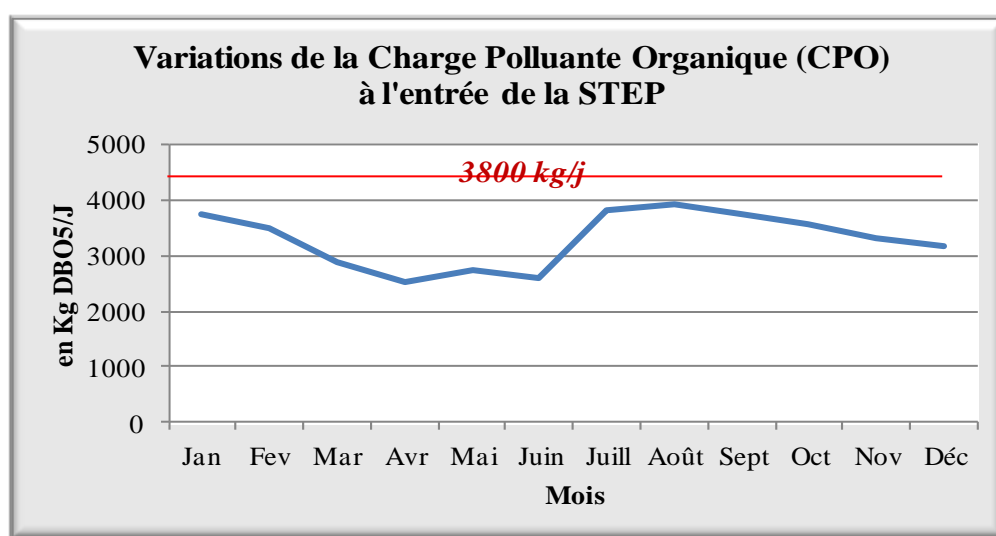


Figure 22. Variations mensuelles de la Charge Polluante Organique (CPO) à l'entrée de la STEP en 2012

Besoins en Oxygène (BO)

L'apport spécifique en oxygène (ASO) dépend de la charge polluante à l'entrée de la STEP et de la charge massique. Au niveau des réacteurs biologiques, l'aération se fait par des diffuseurs à membrane à fines bulles fixés sur le radier des bassins biologiques. Les besoins en oxygène (BO) sont calculés selon le processus classique en fonction des éléments suivants :

- Biodégradation de DBO₅ ($a = 0,65 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_5/\text{j}$)
- Respiration endogène ($b = 0,07 \text{ kg O}_2/\text{kg MVS}/\text{j}$)
- Nitrification ($4,57 \text{ kg O}_2/\text{kg Nitrificateur}/\text{j}$)
- Dénitrification ($-2,86 \text{ kg O}_2 \text{ récupéré}/\text{kg Nitrate}/\text{j}$)
- Oxygène requis
- Coefficient de pointe des charges polluantes



- Oxygène requis en période de pointe
- Facteur a
- Facteur b
- Coefficient global de transfert
- Concentration d'O₂ dissout dans le bassin d'aération

Le graphe de la **Figure 23** ci-après montre le rapport entre les besoins en oxygène (BO) et la charge polluante organique (CPO):

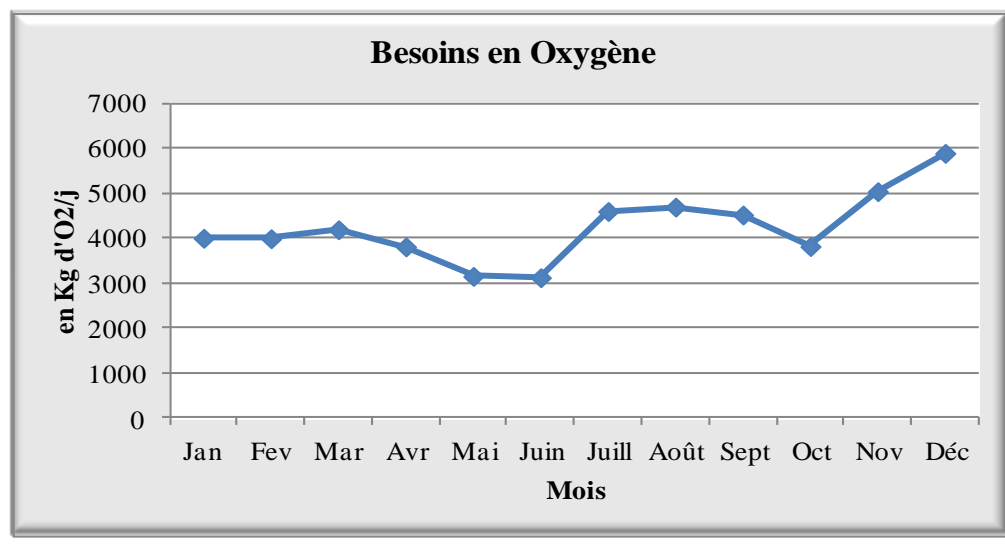


Figure 23. Variations mensuelles des BO à l'entrée du réacteur biologique en 2012

Charge Massique :

Les valeurs de charge massique du process durant l'année 2012 sont comprises entre 0,16 et 0,06 Kg DBO₅/Kg MVS/J, selon le graphe ci-après. D'après ces données, le traitement choisi est du type à faible charge. Le graphe de la **Figure 24** ci-après montre que la Cm prévue lors de l'étude de conception (0,10 j⁻¹) a été dépassée en 8 mois et la Cm maximale de 0,16 j⁻¹, de 60 %. Ceci supposait un procédé à charge moyenne pour laquelle la STEP n'a pas été conçue. Les notions de « Faible Charge » et « Charge moyenne », utilisées pour la Cm, constituent des termes universels, du moins dans la bibliographie francophone.

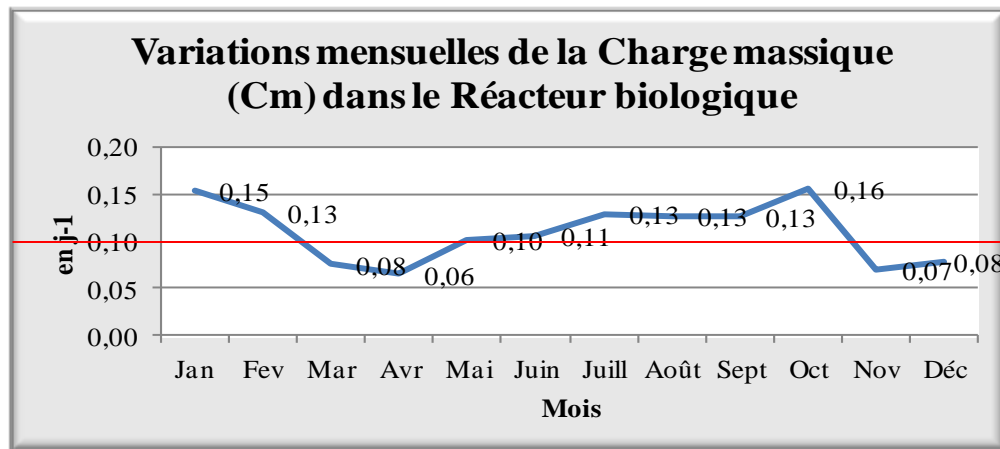


Figure 24. Variations mensuelles de la Cm à l'entrée du réacteur biologique en 2012

Décantabilité des Boues

Avant la mise en service de la filière réhabilitée de la STEP au mois de novembre, les nouveaux bassins recevaient de l'eau brute. La boue avait une qualité plus ou moins bonne avec un niveau moyen de concentration de 4,95 g/l et une décantation assez moyenne.

A la mise en service de la filière réhabilitée, la qualité de la boue s'est améliorée avec une concentration moyenne de 4,03 g/l. Le diagramme de l'indice de Mohlman (IM) ci-dessous (Figure 25). montre cette variation dans la qualité de la boue.

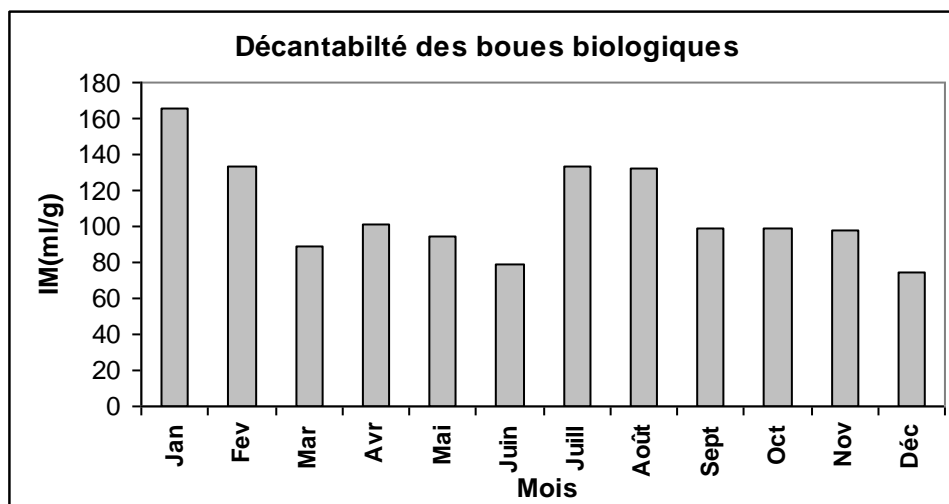


Figure 25. Variations mensuelles de l'indice de Mohlman (IM) en 2012

Pour rappel, l'IM mesure le comportement des boues dans les réacteurs biologique (RB). En effet, les valeurs IM comprises entre 50 et 150 ml/g assurent une bonne décantabilité des boues, avec une concentration moyenne de 4 g/l. En deçà de 50 ml/g, la boue risque de former des dépôts. Au-delà de 150 ml/g, on risque d'avoir le phénomène de bulking (foisonnement).



L'IM dépend surtout de l'âge des boues (G) tributaire de l'extraction journalière. Ce paramètre est exprimé par le rapport suivant :

Quantité des boues en aération / Quantité des boues extraites par jour

L'IM est lié également au Taux de Recirculation (TR) via le Taux de Compaction (TC : rapport de la concentration des boues recyclées/concentration des boues du réacteur). La nouvelle filière fonctionnait avec un TR moyen de 117% par rapport au débit entrant. Après la mise en service de la nouvelle filière réhabilitée, le TR a été réglé automatiquement sur 125%.

3.1.5 GESTION DES DÉCHETS SOLIDES

Évaluation des refus du prétraitement :

Au niveau du dégrilleur, les refus sont estimés à 2,9 m³ par mois, soit 0,035 tonne/an, alors qu'au niveau du dessableur, ils sont estimés à 3,1 m³ par mois, soit 0,037 tonne/an et leur évacuation se fait provisoirement à la STEP d'Imzouren-Beni Bouayach en attendant de régler le problème d'accès à la décharge contrôlée.

Le graphe ci-dessous (Figure 26) illustre les variations mensuelles des refus au niveau du dégrilleur et du dessableur.

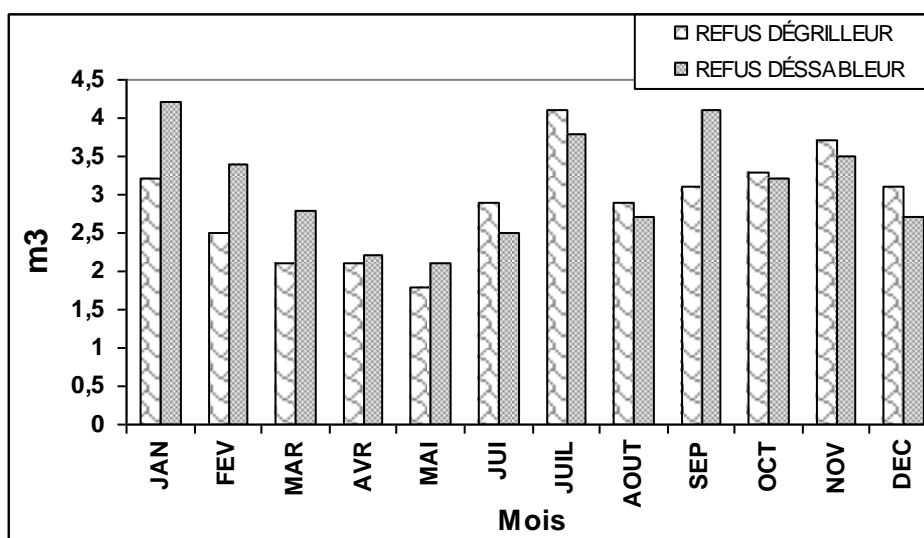


Figure 26. Variations mensuelles des quantités des refus du prétraitement en 2012

Le rapport d'exploitation de 2012 n'a pas mentionné la siccité moyenne des refus du prétraitement.

Si on considère une population équivalente de 127 000 hab., les valeurs d'EH en termes de refus de prétraitement sont de 0,27 et 0,29 l/hab./an respectivement pour le dégrillage et le dessablage.



3.1.6 TRAITEMENT DES BOUES

Production des boues biologiques :

Avant l'installation du dispositif de traitement des boues par centrifugation, le séchage des boues se produit sur des lits de séchage (15 lits de 450m² chacun). Après la mise en service des centrifugeuses de déshydratation, la boue passe par les étapes suivantes:

- Extraction de dix heures par jours en moyenne (300m³).
- Épaississement.
- Conditionnement par dosage des polymères cationiques (3,2g/l).
- Centrifugation (deux centrifugeuses).
- Chaulage (l'utilisation de la chaux est momentanée).
- Stockage des boues dans le silo (50 m³).

La production journalière est, en moyenne, de 20 m³/j. Elle est illustrée à la Figure 27 ci-dessous. Cette production, plus ou moins élevée, est fonction de la charge organique qui entre dans la STEP.

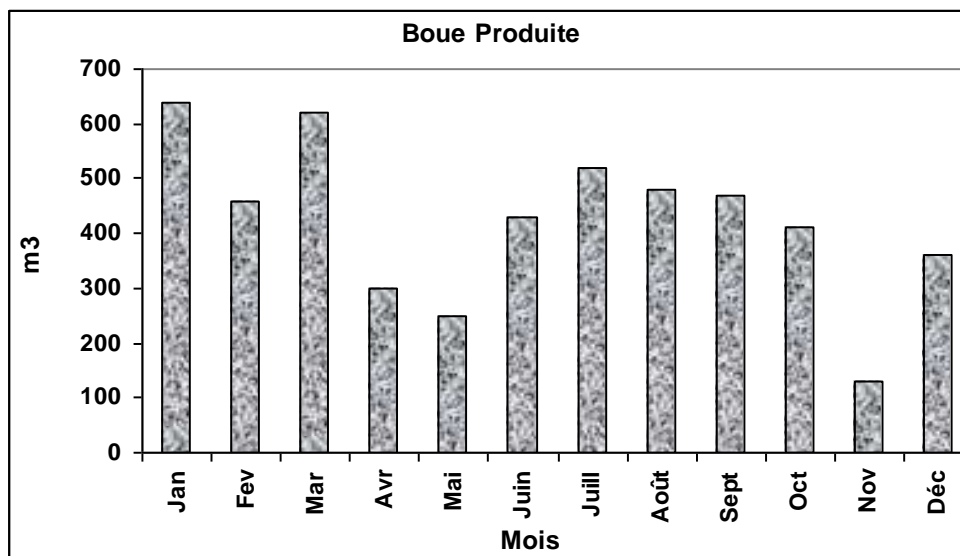


Figure 27. Variations mensuelles des quantités de boues en 2012

Élimination des boues déshydratées:

Les caractéristiques finales des boues sont :

- Siccité moyenne : 18,3%. (<22% du CCTP)
- MVS : 80%



Vu l'absence de normes régissant la valorisation des boues pour certaines activités (agriculture, cimenterie...) et l'absence d'une convention pour la mise en décharge contrôlée, les boues sont évacuées vers la STEP d'Imzouren / Bni-bouayach.



Figure 28. Dépotoir des boues déshydratées

3.1.7 PERFORMANCES ÉPURATOIRES DE LA STEP

Les résultats épuratoires enregistrés jusqu'au au mois de septembre 2013 dans le Journal d'exploitation sont reportés au **Tableau 5** ci-après :

Tableau 5. Performances épuratoires de la STEP d'Al Hoceima en 2013

Paramètres	Entrée STEP (moyen)	Sortie STEP (moyen)	Rendement épuratoire %	NER du Marché	Respect des normes de rejet
MES (mg/l)	519	6,5	98,7	35	Conforme
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	505	9	98,2	25	Conforme
DCO (mgO ₂ /l)	1.070	20	98,1	90	Conforme
C.F/100ml	1,7x10 ⁷	5x10 ³	99,97	--	--

Les conditions d'exploitation sous lesquelles ces analyses ont été réalisées sont les suivantes:

Répartition du débit au niveau de la STEP : 44% pour l'ancienne filière(A) et 56% pour la nouvelle filière(B).

- Au niveau du prétraitement
 - Refus au niveau du dégrillage : ils sont compactés et estimés à 5 m³.



- Les sables sont remontés par deux pompes vers un classificateur, pour être lavés, puis déversés dans une benne et leur volume est estimé à 13,5 m³.
- L'effluent entrant est généralement de couleur grisâtre. En 2013 (jan – août) le débit était, en moyenne, 8 774 m³/j, soit 91 % de la capacité nominale hydrique de la STEP. Quant à la CPO pendant les 8 premiers mois de 2013, elle était de 4 430 Kg/j, dépassant la capacité envisagée à la conception (3 800 Kg/j) de 16,6 %.
- Le rapport (MES/DBO₅) est inférieur à la fourchette habituelle qui est de 1,03 alors que le rapport (DCO/DBO₅) est endéans cette fourchette habituelle qui est de 2,12.
- Le rapport de biodégradabilité n'a aucun impact sur le traitement.
- Au niveau des bassins biologiques.
 - Le traitement biologique se fait sur deux lignes parallèles, une ligne réhabilitée et l'autre secondaire avec un volume utile de 12 544 m³ (5 460 m³ et 7 084 m³ respectivement).
 - Les diffuseurs d'air à fines bulles installés au niveau des bassins d'activation sont de l'ordre de 1 584 unités et sont fixés au radier des bassins.
 - Le réglage de l'oxygénation est compris entre 0,6-2,00 mg/l, avec une concentration moyenne des boues de 4,2 g/l. Le suivi de ces paramètres est assuré automatiquement par les sondes et par les laboratoires.
 - Deux postes de recirculation et d'extraction de boues. Chaque ouvrage comprend trois pompes pour la recirculation et deux pompes pour l'extraction. Le taux moyen de recirculation est de 132%.
- Au niveau des clarificateurs.
 - C'est à ce niveau que se produit la séparation des boues et de l'eau clarifiée.
 - Chaque clarificateur comprend un dispositif de raclage du fond et de la surface; les particules flottantes et les écumes sont récupérées au niveau de deux fosses de réception raccordées directement au réseau d'assainissement interne de la STEP.
- Au niveau du traitement tertiaire
 - L'élimination des particules fines est effectuée grâce à deux micro-tamis.
 - La désinfection se fait par deux dispositifs à UV (ultraviolet-visible).
 - On note des bonnes performances épuratoires pour la MES, la DBO₅ et la DCO



3.1.8 PRODUCTION ET QUALITÉ DES BOUES ET DES REFUS

Les résultats analytiques des boues et des refus collectés jusqu'au mois de septembre 2013 dans le journal d'exploitation sont reportés au Tableau 6, ci-après :

Tableau 6. Résultats analytiques des boues et des refus

N=2 Échantillons	Refus du dégrilleur	Refus du dessableur	Boues épaissies	Boues déshydratées
<i>MVS (%) moy</i>	91,7	77,8	75,6	78,5
<i>Siccité (%) moy</i>	39,4	36,5	3,17	18,5

Ces résultats se basent sur les données suivantes:

- Volume des boues en excès : 23 405 m³.
- Boues épaissies :
 - Volume : 3 154 m³
 - Siccité : 3,17%.
- La quantité des polymères cationiques utilisée est de 700 Kg, avec un dosage de 3,00g/l.
- La déshydratation mécanique des boues se fait par deux centrifugeuses, d'une capacité chacune de 330 kg MS/h.
 - La siccité moyenne des boues déshydratées est de 18,5%. (<22% du CCTP)
- Stabilisation des boues : Le dispositif de chaulage est hors service.
- 26 camions (de 10 tonnes) transportant les boues ont transité en moyenne chaque mois à la STEP de Beni Bouayach-Imzouren. Pendant l'été 2012 jusqu'à 44 camions de boues par mois ont été enregistrés à la station.

3.1.9 BILAN ÉNERGÉTIQUE

L'alimentation électrique de la STEP est assurée par un transformateur de 800 KVA à partir de la ligne de moyenne tension (MT) de la ville d'Al Hoceima. Actuellement, de 400 à 500 KVA sont utilisés.

- Consommation en énergie de la STEP: 294 417KWh
- Rendement énergétique par rapport à la DBO₅ : R= 2,14 KWh / Kg DBO₅. Ce rapport désigne la consommation totale d'énergie relevée en 2012 par rapport à la DBO₅ éliminée en 2012.



- Ratio énergétique: $R = 1,08 \text{ kWh} / \text{m}^3$.

Le tableau indiquant les ressources énergétiques pour les principaux postes d'utilisation, demandé à l'ONEE, n'a pas été fourni.

3.1.10 BILAN 2013

LES POINTS PERTINENTS À RETENIR DU JOURNAL D'EXPLOITATION DE 2013

Les quatre (4) principaux points à retenir du journal d'exploitation de 2013 sont les suivants:

- Les fortes charges hydriques et dépolluantes de l'affluent entrant à la STEP(WWTP) sont inquiétantes dès la 1ère année d'exploitation avant même la réception provisoire des ouvrages d'épuration. En effet, avec le débit d'eaux usées brutes arrivant à la STEP en 2013, les installations fonctionnent déjà à 91 % de la capacité nominale hydrique préconisée pour le projet. Quant à la CPO, elle dépassait anormalement celle prévue par les études de conception, de 16,6 %.
- La siccité moyenne des boues déshydratées est de 18,3%, ce qui n'est pas conforme par rapport aux prescriptions du CCTP (>22% du CCTP)
- Le problème de la destination finale des boues déshydratées devient plus alarmant.
- Pour les trois (3) paramètres DBO₅, DCO et MES, la qualité de l'effluent déversé en mer est conforme aux niveaux d'épuration requis (NER) du marché qui sont respectivement de 25 mg d'O₂/L, 90 mg d'O₂/L et 35 mg d'O₂/L

3.1.11 BILAN GLOBAL DE LA STEP (ADÉQUATION ET EFFICACITÉ DU PROJET)

Pour effectuer un bilan de l'adéquation et de l'efficacité d'une STEP (WWTP), on doit disposer, en principe d'une série d'éléments à examiner et d'outils d'évaluation, comme des repères, des références, des valeurs guides ou obligatoires, etc..

Dans l'attente d'un guide d'évaluation pour la réalisation d'une STEP, qui prescrive les procédures d'évaluation au niveau de l'adéquation et de l'efficacité des installations d'épuration des eaux usées, le présent rapport propose de se focaliser sur les trois (3) éléments suivants:

- Le taux de non conformité (TNC) des résultats des analyses des paramètres de pollution
- Les ressources humaines (RH) affectées à l'exploitation de la STEP
- Les coûts de l'investissement et de l'exploitation (CIE) de la STEP

TAUX DE NON CONFORMITÉ (TNC) DES ANALYSES

Généralement les TNC des analyses de tous les paramètres de pollution, par rapport aux références en vigueur, admis dans les protocoles ou les manuels d'auto-surveillance des STEPs (WWTP), ne devraient pas dépasser les 5%.



L'examen des analyses conformes observées lors de la visite STEP d'Al Hoceima a montré que la quasi-totalité des TNC se situe au-dessous de 5%.

RESSOURCES HUMAINES D'EXPLOITATION

Le personnel affecté à la STEP d'Al Hoceima est composé de 2 cadres, 2 techniciens et 7 ouvriers pour la conception correspondant à 108 571 EH (données transmises lors de la visite).

Pour évaluer l'adéquation des RH, le présent rapport propose d'utiliser les deux (2) indicateurs suivants :

- Taux d'encadrement (TE) défini comme étant le rapport entre le nombre de cadres et celui du personnel formé par les techniciens et les ouvriers, exprimé en % de $C/(T+O)$
- Le ratio de l'équivalent habitant en RH (RRH) défini comme étant le personnel total par million d'EH, exprimé en nombre d'agents toute catégorie confondue / million d'habitants

L'application de ces indicateurs porte aux résultats suivants :

- Le TE de la STEP d'Al Hoceima dépasse les 22 %.
- Le RRH de la STEP d'Al Hoceima est arrondi à 101 agents/ million d'habitant

Le taux d'encadrement pour une station d'épuration est d'environ un cadre pour 20-25 agents, soit 4-5% de tout le personnel. Dans le cas d'Al Hoceima, le taux est de 18%, principalement à cause de la petite taille de l'équipe (11 au total). A terme, l'usine devrait pouvoir passer à un cadre (au lieu de deux).

La STEP a un taux de techniciens de 18% (2 sur 11), ce qui semble normal (15%-20% serait habituel pour une station utilisant des techniques sophistiquées).

Le taux d'agents total (RRH) est de l'ordre de 30-35 dans d'autres grandes stations d'épuration du même type. Al Hoceima révèle une faible efficacité selon cet indicateur, à cause de sa petite taille (peu de possibilités d'économies d'échelle).

En analysant une base de données des STEPS au Royaume-Uni (Ofwat, qui contient les coûts d'exploitation de 386 STEPS), on peut estimer l'effet «économies d'échelle». On constate qu'une STEP d'un million d'EH coûte près de 50% en moins par habitant (voir Figure 29). On peut donc supposer que le RRH d'Al Hoceima devrait être le double par rapport à une usine de grosse taille (un million d'EH). Elle est au moins le double de notre chiffre de référence (30-35), ce qui permet d'affirmer qu'elle a une main-d'œuvre excédentaire. Une valeur plus conforme aux normes, qui tienne compte de l'effet des économies d'échelle, serait de 6-8 personnes, au lieu de 11.

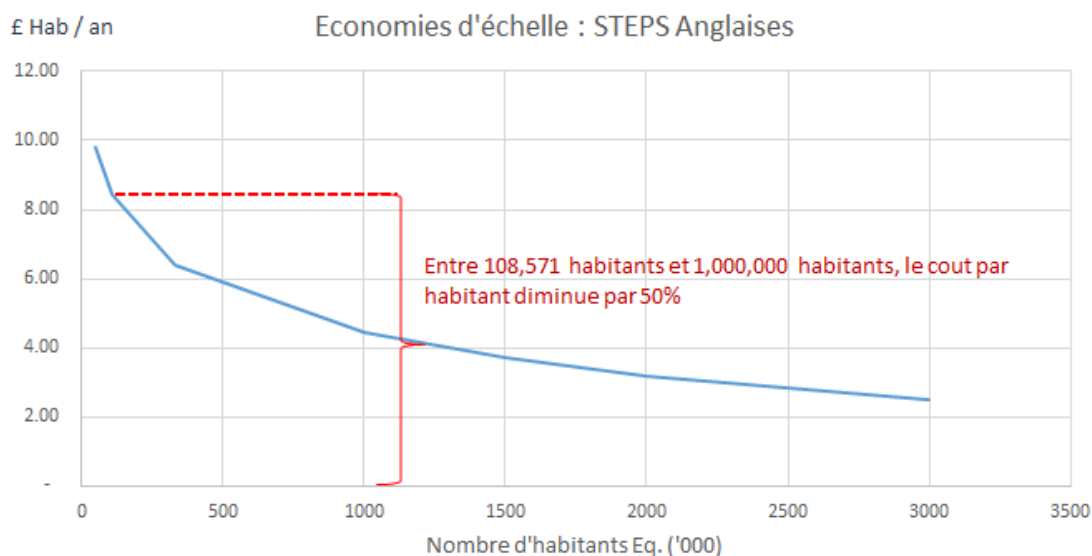


Figure 29. Economies d'échelle des stations d'épuration anglaises (coût d'exploitation)

LES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'EXPLOITATION (CIE)

Quant à l'adéquation financière, le présent rapport propose d'utiliser les six (6) indicateurs suivants:

1. Le Coût d'Investissement EH en DH/hab : CIE
2. Le Coût d'Exploitation EH en DH/hab : CEE
3. Le Coût d'Investissement du traitement hydrique en DH/m³/j : CIH
4. Le Coût d'Exploitation du traitement hydrique en DH/m³/j : CEH
5. Le Coût d'Investissement de la dépollution en DH/Kg de DBO₅ éliminée/j : CID
6. Le Coût d'Exploitation de la dépollution en DH/Kg de DBO₅ éliminée/j : CED

Les frais d'exploitation ne sont pas comptabilisés par l'ONEE du fait que le suivi des ouvrages est encore à la charge de l'entreprise. Donc, les indicateurs relatifs à l'exploitation ne seront pas pris en considération.



L'application de ces indicateurs donne les résultats reportés au Tableau 7 ci-après :

Tableau 7. Les Critères d'efficacité

	Conception	Exploitation 2013
Coût du projet en Millions de DH	120	120
Population en hab	108 571	127 000
Débit en m ³ /j	9 600	8 774
Rendement épuratoire de la DBO ₅ en %	98	98
Charge Polluante Organique en Kg de DBO ₅ /j	3 800	4 431
Charge Polluante Organique Éliminée en Kg de DBO ₅ /j	3 724	4 351
Le coût EH en DH/hab	1 105⁶	945
Le coût du traitement hydrique en DH/m³/j	12 500	13 677
Le coût de la dépollution organique en DH/Kg de DBO₅ éliminée/j	32 233	27 578

D'après les comparaisons régionales et internationales (Tableau 8), nous constatons que les coûts d'investissement de la STEP d'Al Hoceima sont plus élevés que ceux de Choutrana en Tunisie, mais restent dans la fourchette pour les STEPS de Jordanie (dont la taille varie). Ici encore, nous pouvons attribuer le coût d'investissement plus élevé à plusieurs facteurs:

- Al Hoceima comprend un traitement tertiaire. Choutrana 2 n'a qu'un traitement secondaire.
- La petite taille et la capacité de la STEP (peu d'économies d'échelle). L'effet d'économies d'échelle entre une usine de la taille de Choutrana (333,000 Hab.) et Al Hoceima (108,571 Hab.) augmente les coûts d'exploitation de 30%. Il est probable qu'un effet similaire (ou même plus important) soit constaté pour la construction.
- La distance d'Al Hoceima des centres industriels et des ports principaux (par rapport à Choutrana dans la ville de Tunis). Ceci augmente les coûts de construction.

Tableau 8. Comparaisons régionales et internationales

	Al Hoceima Conception	Al Hoceima 2013	Tunisie (Choutrana 2)	Exemples Royaume Uni	Exemples Jordanie	Exemples États du Golfe
Le Coût d'Investissement EH en €/hab : CIE	98,7	84,3	60		40 - 224	
Le Coût d'Exploitation EH en €/hab : CEE	Pas disp.		1,31	1,5 - 15 selon taille	2 - 2,5	
Le Coût d'Investissement du traitement hydrique en €/m ³ /j : CIH	1 116	1 221	500		500 - 3,200	760 - 3,500

⁶ Selon le SDNAL (Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide) 1998, le coût EH de 945 DH/hab est admissible tant qu'il reste inférieur à 1000 DH/hab.



Le coût d'exploitation du traitement hydrique en €/m ³ /j : CEH	Pas disp.		10,9	32 - 160	150-200
Le Coût d'Investissement de la dépollution en €/Kg de DBO ₅ éliminée/j : CID	2 877	2 462	1 215	770 –	4 000
Le Coût d'exploitation de la dépollution en €/Kg de DBO ₅ éliminée/j : CED		Pas disp.	26,5		

11.2 Dirham Marocain (MAD)= 1 €



4 IMPACT POTENTIEL DE LA RÉDUCTION DE LA POLLUTION (POTENTIAL POLLUTION REDUCTION IMPACT)

4.1 STEP D'AL HOCEIMA

En supposant que la STEP d'Al Hoceima avait atteint la fin de sa vie utile (après 15 ans) avant la construction de la nouvelle filière (B) et la réhabilitation de la filière A, la charge polluante totale traitée par la station aurait été rejetée en Méditerranée. Nous pouvons donc constater:

- Une réduction de la charge de DBO₅ de 4,4 tonnes par jour
- Une réduction de la charge de MES de 4,5 tonnes par jour
- Une réduction de la charge de DCO de 9,3 tonnes par jour

(Chiffres valables pour 2013)

La répartition de la réduction de la pollution entre les deux filières est de 56% dans la nouvelle filière (B) et 44% dans l'ancienne (A):

Filière	B	A
	56%	44%
Volume (m ³ / j)	4 913	3 861
DBO ₅ (kg / j)	2 481	1 950
MES (kg / j)	2 550	2 004
DCO (kg / j)	5 257	4 131



5 DIFFICULTÉS DE LA VÉRIFICATION ET DE LA VALIDATION (CHALLENGES FACED BY VERIFICATION & VALIDATION EXERCISE)

5.1 STEP AL HOCEIMA

Dans les documents fournis il n'existe aucune information sur le réseau d'assainissement (type, linéaire, ouvrages annexes, etc.) desservant la STEP d'Al Hoceima.

Coûts d'exploitation:

Les données fournies par l'ONAS ne contiennent aucune information sur les siccités et les quantités journalières des refus produits par les ouvrages de prétraitement (dégrillage et dessablage-déshuilage) pour présenter les commentaires nécessaires.

Examen des Performances Biologiques

Les résultats des analyses bactériologiques (Coliformes Fécaux) et parasitologiques (Œufs d'helminthes) n'ont pas été fournis.



6 ORGANISATION CONTRACTUELLE / PARTICIPATION DU SECTEUR PRIVÉ (CONTRACTUAL ARRANGEMENTS / PRIVATE SECTOR INVOLVEMENT)

6.1 STEP AL HOCEIMA

6.1.1 ORGANISATION DU SECTEUR DE L'ASSAINISSEMENT LIQUIDE AU MAROC

Au Maroc, la gestion de l'assainissement liquide des infrastructures et des agglomérations humaines est régie par la Charte communale (2002, 2009 et 2011). Le secteur de l'assainissement liquide a été longtemps considéré en arrière-plan dans les préoccupations communales. Ce n'est que dans les années 90 que ce secteur apparaît dans les contrats de gestion des infrastructures de base (AE, électricité et assainissement). Actuellement, la prise en charge de l'assainissement liquide est divisée entre (3) catégories d'opérateurs :

- les Régies et les Concessionnaires privés au nombre de 13 qui opèrent sur 22 grandes villes abritant environ 12 millions d'habitants
- les communes qui opèrent sur plus de 286 centres, urbains et ruraux confondus
- l'ONEE qui opère sur 82 centres urbains à la fin de l'année 2011

Pour remédier aux insuffisances constatées dans le secteur d'assainissement liquide, l'État a, en 2006, mis au point un programme national d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées (PNA), avec pour objectifs principaux à l'horizon 2020:

- atteindre un niveau de raccordement global au réseau de 80 % en milieu urbain ;
- réaliser des ouvrages d'épuration (stations d'épuration et émissaires en milieu marin);
- réduire la pollution d'au moins 60 %;
- améliorer l'aspect professionnel de la gestion du service.

Les besoins totaux du PNA en investissement ont été estimés à 43 milliards de dirhams pour équiper 330 villes et centres urbains qui représentent une population de 10 Millions d'habitants.

Depuis son lancement en 2006, le programme d'assainissement liquide et d'épuration des eaux usées (PNA) a permis de réaliser plusieurs projets en concertation avec les Communes, l'Office National de l'Électricité et de l'Eau potable (ONEE), les Régies Autonomes de Distribution d'Eau et d'Électricités, les Autorités Délégantes des villes où la gestion est assurée par des sociétés privées.

Ainsi, 95 projets ont été achevés, 84 projets sont en cours de réalisation et 50 projets en phase de lancement.



6.1.2 PARTICIPATION DU SECTEUR PRIVÉ

La STEP d'Al Hoceima est entièrement gérée par l'ONEE (le secteur public marocain).



7 PRINCIPALES LEÇONS A RETENIR (MAIN LESSONS LEARNT)

7.1 STEP D'AL HOCEIMA

7.1.1 EN AMONT DE LA STEP

Durant la période d'observation et d'essais semi-industriels, plusieurs anomalies d'exploitation ont été constatées au niveau des ouvrages suivants:

- Déversoir d'orage: Parfois, un déversement de l'effluent brut directement vers le milieu récepteur, bien que le débit reçu est inférieur au débit nominal du dimensionnement. Ce dysfonctionnement est dû à des lacunes au niveau de la conception et du dimensionnement.
- Bâche de relevage :
 - Fonctionnement de quatre pompes même si le débit n'atteint pas la valeur de pointe.
 - Lorsque le débit d'entrée dépasse la valeur de 600 m³/h, les quatre pompes fonctionnent simultanément.
 - Les fortes charges hydriques et dépolluantes de l'affluent entrant à la STEP(WWTP) sont inquiétantes dès la 1^{ère} année d'exploitation avant même la réception provisoire des ouvrages d'épuration. En effet, au niveau du débit des eaux usées brutes arrivant à la STEP (WWTP) en 2013, les installations fonctionnent déjà à 91 % de la capacité nominale hydrique préconisée pour le projet. Quant à la Charge Polluante Organique, en 2013 elle dépasse anormalement celle de la conception, qui est de 16,6 %. En termes de concentration, les moyennes des trois (3) polluants (DBO₅, DCO et MES) analysés dans l'affluent brut entrant à la STEP dépassent les valeurs supérieures des fourchettes habituelles relatives aux eaux usées marocaines préconisées par le SDNAL⁷ 1998.

7.1.2 LES FILIÈRES D'ÉPURATION

Dans ce genre de projet, les ouvrages inutiles (cas de la dénitrification) et de luxe (cas de la désinfection par les UV) sont à proscrire afin de réduire au maximum le coût EH.

Aucun terrain n'a été réservé pour l'extension future de la STEP (WWTP) en vue de la croissance de la population ou des exigences au niveau de la qualité de l'effluent, la déphosphatation par exemple. Donc, il va falloir entamer dès maintenant avec la municipalité les procédures d'achat d'espace à proximité de la STEP

⁷ Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide



Bassin d'aération :

- Persistance de la mousse biologique à la surface de tous les bassins, due probablement à la présence des *Microthrix parvicella*, qui devraient être retenus au niveau du déshuilage.
- Malgré le fonctionnement de tous les compresseurs d'air (y compris les compresseurs de secours) l'aération ne dépasse pas les 0,5 mg/l détectés par les sondes de mesure d'oxygène, alors que la concentration en oxygène dissout requise pour les zones aérées devrait être supérieure ou égale à 2 mg/, selon le CCTP de la STEP (WWTP).
- Prolifération des bactéries filamenteuses confirmée par les observations microscopiques.

Clarificateur :

- Décantation insuffisante des boues.
- Débordement des boues au niveau des deux clarificateurs.
- La surface des deux clarificateurs est plus au moins jaunâtre.
- Remontée de boues à la surface des deux clarificateurs.
- Plusieurs arrêts du pont racleur du clarificateur de la filière B ont été enregistrés.

La **siccité** moyenne des boues déshydratées est de 18,3%. Elle est non conforme par rapport au CCTP (>22% du CCTP). Selon l'avis de plusieurs experts en la matière, cette exigence ne pourra jamais être satisfaite. De ce fait, il va falloir abaisser ce niveau de performance à 16 % uniquement lors de l'établissement des DCE pour les futurs projets de réalisation des STEP (WWTP).

Concernant le devenir hygiénique des boues, il va falloir concevoir au niveau des études un schéma de circuit d'évacuation et/ou de réutilisation des boues et garantir sa mise en œuvre par des engagements contractuels des parties institutionnelles concernées par le projet.

7.1.3 EN AVAL DE LA STEP

En l'absence d'un cadre institutionnel et réglementaire régissant les destinations finales des boues issues des STEP (WWTP), le devenir hygiénique des boues déshydratées de la STEP d'Al Hoceima est ce moment incertain.



8 CONCLUSIONS & RECOMMANDATIONS

8.1 CONCLUSIONS

La STEP d'Al Hoceima paraît déjà être en surcapacité, malgré une espérance de vie à la conception de 15 ans (de 2010 à 2025). En 2013, la charge polluante moyenne a été de 4 431 kg / DBO₅ / jour par rapport à une capacité à la conception de 3 800 kg/j.

Les raisons du dépassement de sa capacité dépolluante sont:

- Une plus forte concentration en DBO₅ que prévu (505 mg / litre par rapport à une valeur de 400 retenue pour le dimensionnement), donc 20% de sous-estimation, et
- Un volume journalier plus élevé que prévu (8 774 m³ / j sur les 8 premiers mois de 2013). Si nous observons les valeurs à la conception au Tableau 1, les valeurs attendues en 2013 étaient 5 987 m³ / j en période normale et 8 0782 m³ / j en période estivale. La moyenne sur les 8 mois est donc plus élevée que les valeurs de conception pour la période estivale de 2013.

La moyenne sur toute l'année 2012 (6 252 m³ / j) se trouve dans la fourchette prévue par les valeurs de conception.

Entre 2012 et 2013 il y a, donc, eu une très forte croissance en débit et charge polluante. D'après nos entretiens lors de notre visite, une population de l'ordre de 36 000 habitants des quartiers périphériques récemment raccordés au réseau d'assainissement liquide de la ville d'Al Hoceima n'a pas été prise en considération par l'étude du projet

En outre:

- Le devenir hygiénique des boues déshydratées de la STEP d'Al Hoceima est en ce moment incertain.
- L'efficacité économique de la STEP semble être faible par rapport à d'autres usines récemment construites. Ceci est probablement lié à sa petite taille (absence d'économies d'échelle) et aussi à la longue distance entre Al Hoceima et les centres industriels qui augmente le coût de transport des matériaux.

8.2 RECOMMANDATIONS

- Le devenir hygiénique des boues déshydratées de la STEP d'Al Hoceima est en ce moment incertain. Il est recommandé en extrême urgence d'activer l'entente entre les institutions et les Autorités réglementaires pour utiliser la décharge publique de la ville d'Al Hoceima.
- Résoudre le problème de l'insuffisante oxygénation des réacteurs avant la réception définitive des ouvrages d'épuration.

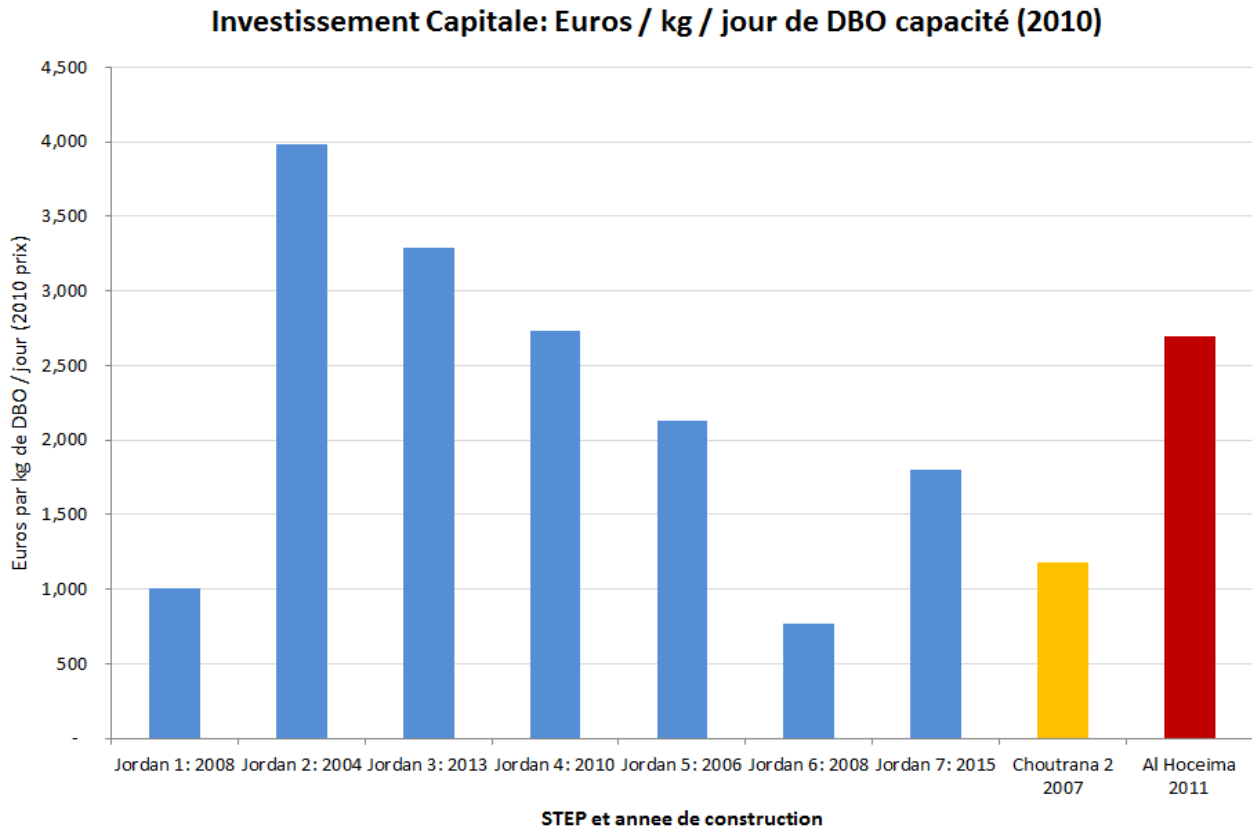


- Prévoir une étude ou une expertise pour appréhender le problème de l'apparition des mousses sur les plans d'eau des bassins.
- Chercher un consensus avec l'entreprise pour résoudre le problème de la non-conformité de la siccité des boues déshydratées avant la réception définitive des ouvrages d'épuration.
- Pour éviter la saturation prématurée des ouvrages d'épuration des eaux usées dans les futurs projets de réalisation des STEPS (WWTP), il va falloir :
 - Porter une attention particulière sur la fiabilité et la représentativité des données de bases du projet (débits et charges polluantes) au niveau de l'étude d'avant-projet sommaire (APS)
 - Repenser les critères de dimensionnement et leur méthode d'application en vue de vérifier l'optimisation des ouvrages et les conditions limites de leur fonctionnalité (année de mise en eau, horizon de pré-saturation, etc.)
 - Vérifier l'étude des phases du projet qui doit couvrir au moins une dizaine d'années de fonctionnement.
- Pour prolonger la durée de fonctionnement, il y a lieu d'engager une étude de diagnostic technique de chaque ouvrage pour optimiser son fonctionnement.
- Pour mettre à profit ce type d'évaluation, il va falloir disposer au préalable d'une méthodologie d'évaluation de l'adéquation et de l'efficacité technique et financière, devant contenir au moins :
 - Les différents éléments à examiner
 - Les outils d'évaluation (repères, normes, standards, valeurs guides, etc.)
 - Une technique de mesure ou une grille d'évaluation.



Annexe 1. Comparaisons régionales au plan de l'efficacité

Figure 30. Coût d'investissement en fonction de la capacité dépolluante

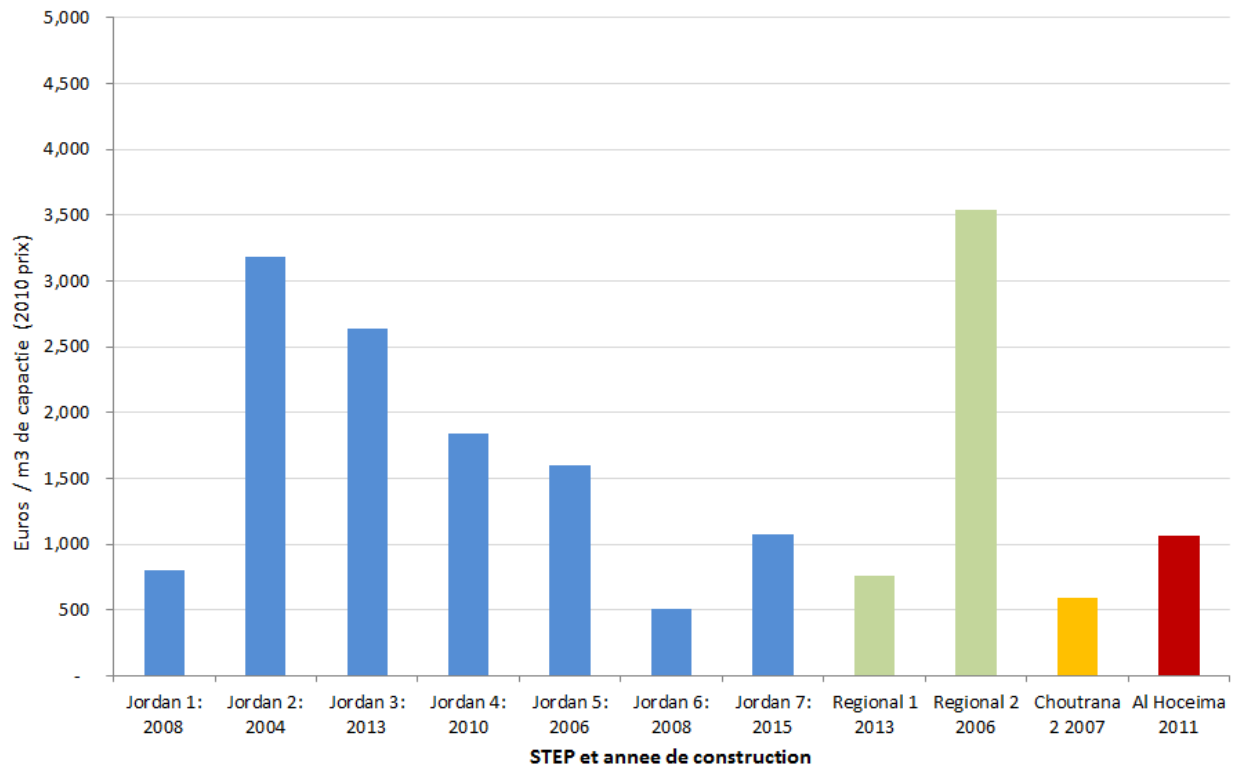


* chiffres basés sur les valeurs de conception



Figure 31. Coût d'investissement en fonction de la capacité hydrique

Investissement Capitale : Euros / m³ / jour capacité (2010)



* chiffres basés sur les valeurs de conception