

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE

L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE
L'HYDRAULIQUE



Département irrigation et drainage

Option : Réutilisation des eaux non conventionnelles

*Etude Des Performances Epuratoires de la STEP de
BOUSMAIL en vue de leur réutilisation à des fins agricoles*

Présenté Par :

- *Noura Nesrine*

Devant les membres de jury

<i>Mme Ammour Fadhila</i>	<i>M.A.A</i>	<i>Présidente</i>
<i>Mme Sadoune Samra</i>	<i>M.C.B</i>	<i>Membre</i>
<i>Mme Leulmi Sonia</i>	<i>M.A.A</i>	<i>Membre</i>
<i>Mr Koliai Djaffar</i>	<i>Associé</i>	<i>Membre</i>
<i>Mme Houli Samia</i>	<i>M.A.A</i>	<i>Promotrice</i>

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicace

Je dédie cet humble travail

À ma très chère mère NAÏMA

À mon père SOFIANE

Qu'une expression ne pourra traduire

L'ampleur de mon amour et reconnaissance pour eux

À mon très chères frère WALID

À mes très chères sœurs HIBA et ASMA

À ma très chère belle sœur CHAHRA

À m tante SAMIA

À ma nièce MALEK et mon neveu MOHAMED

À ma cousine LAMIS

À HAKIMA et à toute la famille, grande et petite

*À CHAÏMA , HAMZA, MALEK, MESOUAD, OUSSAMA, ZAKARIA
,ALAA mes chers Amis*

À tous mes amis sans exception

À toute la promotion 2019– 2020 D'hydraulique

Aux prochaines promotions que je ne manquerai pas d'encourager,

À tous ceux qui m'ont aidée,

À tous ceux qui m'aiment,

**NOURA
NESRINE**

REMERCEMENT

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je remercie ma très chère mère NAÏMA et mon Frère WALID qui m'ont permis et facilité les choses pour accomplir mes études.

En second lieu, Je tiens à remercier mon encadreur Mme HOULI/KHALED SAMIA son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail. .

Je tiens à remercier LA DIRECTION GENERALE DE L'OFFICE NATIONALE D'ASSAINISSEMENT et à tout le personnage de la STEP de BOU ISMAIL précisément Mme LEKHAL AMINA, je leurs adresse à travers cet humble travail mes remerciements, mes salutations, de m'avoir aidée et facilité l'accès aux déférentes taches de mon travail.

Je vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions .

Enfin, Je tien également à remercier toutes les personnes qui ont participé se prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص

يهدف هذا العمل لدراسة أداء التطهير لمحطة بو إسماعيل والية تبيازة من خلال التحقق من جودة المياه العادمة المعالجة بين مدخل ومخرج المحطة. لهذا انتقلنا إلى دراسة تطور المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية .

إن نظام التنقية المستخدم هو العملية البيولوجية المعروفة باسم الحمأة المنشطة عند التحميل المنخفض مما يضمن هذا النظام التخلص من المادة الكربونية عن طريق التهوية والمواد النيتروجينية عن طريق النتزجة ونزع النتروجين.

تتم معالجة الحمأة عن طريق التثخين والتجفيف الميكانيكي. وقد تم تمييزها بغرض إعادة استخدامها في الري، ولري المساحات الخضراء، وما إلى ذلك، وللحفاظ على البيئة المستقبلية والساحل.

الكلمات الدالة

التثخين,البكتريولوجية , النتزجة,الحمأة

Résumé

Ce travail a pour objectif d'étudier les performances épuratoires de la station de Bou Ismail en vérifiant la qualité des eaux usées épurées entre l'entrée et la sortie de la station ; pour cela nous avons procédé à l'étude d'évolution des paramètres physico-chimique et bactériologique. Le système d'épuration mis en œuvre est le procédé biologique dit à **boues activées** à faible charge. Ce système assure l'élimination des matières **carbonées** par aération et des matières **azotées** par nitrification et dénitrification. Le traitement des boues est assuré par épaissement et déshydratation mécanique.

Ils ont été caractérisés en vue de leur réutilisation en irrigation, pour l'arrosage des espaces verts..., et pour préserver le milieu récepteur e le littoral.

Mots clés

Nitrification, dénitrification, traitement, station d'épuration (STEP), boues activées, Reutilisation.

Abstract

This work aims to study the purification performance of Bou-Ismaïl station by verifying the quality of the treated wastewater between the entrance and exit of the station. For this, we proceeded to the study of the evolution of physico-chemical and bacteriological parameters. The purification system used is the biological process known as activated sludge at low load. This system ensures the elimination of carbonaceous matter by aeration and nitrogenous matter by nitrification and denitrification. The sludge treatment is ensured by thickening and mechanical dehydration. They have been characterized with a view to be reused in irrigation, for watering green spaces, etc., and for preserving the receiving environment and the coast.

Key words: Purification, denitrification, nitrification, reuse, wastewater.

Sommaire

Introduction générale	
CHAPITRE I : Origines des Eaux Usées	1
Introduction	1
I-1 Origines Des Eaux Usées	1
I-2 Quelles sont leurs différences et leurs particularités ?	1
1.Eaux usées domestiques	1
2. Les eaux usées industrielles	2
3. Eaux pluviales et de ruissellement	3
4. Eaux de ruissellement	3
5. Eaux usées agricoles	4
I-3 Principaux Paramètres de pollution	4
I-3-a Paramètres Physiques	4
I-3-b Paramètres Organoleptiques	6
I-3-c Paramètres Chimiques	7
I-3-e Paramètres Bactériologiques	11
I-4 Ratios indicateurs de pollution	15
I-4-1 DCO/DBO5	15
I-4-2 Ratio (C/N/P)	16
I-4-3 Ratio DCO/NTK	16
I-4-4 Ratio DCO/PT (Prédiction du rendement d'élimination du phosphore)	16
I-5 Normes de rejets	17
I-5-1 Norme de rejet des effluents urbains	17
I-5-2 Norme de rejet des effluents industriels	19
CONCLUSION	21
Chapitre II : Les différents procédés d'épuration des eaux usées urbaine	22
Introduction	22
II-1 Généralités sur les filières de traitement	22
II-2 Prétraitement	22
II-2-1 Dégrillage	23
II-2-2 Dessablage	24

II-2-2-a Types de dessableurs	25
II-3 Traitement primaire	27
II-4 Traitement biologique	29
II-5 Les procédés biologiques extensifs ou naturels	30
II-6 Les procédés biologiques intensifs	31
II-7 Les procédés membranaires	32
II-8 Boues activées	32
II-8-1 Principe de la boue activée	32
II-8-2 Avantages de la boue activée	33
II-8-3 Inconvénients de la boue activée	34
II-9 Éléments d'une station à boues activées	34
II-10 lit bactérien	35
II-10-1 Principe de lit Bactérien	35
II-11 Traitement tertiaire	38
II-12 La déphosphatation	41
II-13 Traitement des boues	43
Conclusion	46
Chapitre III : Présentation de la station de bouismail	47
Introduction	47
III-1 Présentation de la STEP de la ville de BOU ISMAI	47
III-1-1 Capacité nominale de la station d'épuration 230 000 E.H	47
III-2 Description et caractéristiques des ouvrages et équipements	49
III-2-1 Principe de traitement	49
III-2-2 Filière de traitement	49
III-3 Ouvrages d'arrivée	50
III-3-1 Arrivées des eaux	50
III-4 Poste de relevage des eaux usées	50
III-5 Comptage et préleveur des eaux brutes	51
III-5-1 Mesure de débit	51
III-5-2 Préleveur d'échantillon d'eau brute	51
III-5-3 mesure des débits by passes	51
III-6 Dégrillage grossier	52
III-7 Dégrillage fin	52
III-8 Dessablage-Déshuilage	54

III-9 Traitement Biologique	56
III-9-1 Dimensions des bassins	57
III-9-2 Conditions réelles de fonctionnement	57
III-9-3 Aération	58
III-10 Clarification	59
III-11 Comptage et préleveur des eaux traitées	61
III-11-1 Comptage des eaux épurées	61
III-11-2 Préleveur d'échantillon d'eaux traitées	61
III-12 Recirculation et extraction des boues	61
III-12-1 Recirculation	61
III-12-2 Production et pompage des boues en excès	62
III-13 épaissement et pompage des boues épaissies	62
III-13-1 Epaisseur herse	62
III-14 Déshydratation des boues	63
III-14-1 Evacuation des boues déshydratées	64
III-15 Traitement tertiaire : désinfection	65
III-15-1 Type de désinfection	65
III-15-2 Cuves de stockage	66
III-15-3 Bassin de désinfection	67
III-16 Eaux de service	67
III-17 Evacuation des eaux épurées	68
III-18 Ouvrages et équipements annexes	69
III-18-1 Locaux d'exploitation et locaux techniques	69
Conclusion	69
Chapitre IV : Valorisation des boues	70
Introduction	70
IV-1 Classification des boues	70
IV-2 Caractéristiques des boues des STEP	70
IV-3 Composition de la boue : intérêt agronomique/éléments indésirables	73
IV-4 Aspect règlementaire	77
IV-5 Destination finale des boues des STEP	77
IV-5-1 L'application des boues sur les sols	78
IV-5-2 Modalité d'application des boues	79
CONCLUSION	81

Chapitre V : Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation	82
Introduction	82
V-1 Réutilisation des eaux usées épurées	82
V-2 Aspect Institutionnel et Législatif de la réutilisation des eaux épurées	83
V-2-1 CONCESSION D'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREES	83
V-3 Critères de qualité relatifs aux eaux traitées destinées à l'irrigation	84
V-3-1 Paramètres physico-chimiques	85
V-3-2 Paramètres microbiologiques	90
V-3-3 Paramètres toxicologiques	93
V-4 Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	96
Conclusion	97
Chapitre VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Bou Ismail	98
Introduction	98
VI-1 Echantillonnage	98
VI-2 Délai de conservation des échantillons	99
VI-3 Paramètres analysés	99
VI-4 Résultats et discussions	100
VI-6 Variation mensuelle des paramètres physico-chimiques	106
Conclusion	115
Chapitre VII : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire	117
Introduction	117
VII-1 Objectif du traitement tertiaire	118
VII-2 Désinfection par chloration	119
VII-4 Désinfection par l'ozone	119
VII-5 Désinfection par UV	120
VII-6 Lagunage tertiaire	121
VII-8 Critères techniques pour le choix de la variante de traitement	123
VII-9 Procédé du traitement tertiaire envisagé	124
VII-9-1 Qualité des eaux après traitement tertiaire	Erreur ! Signet non défini.
VII-10 By-pass, réservoir de régulation de débit et de pompage	124
VII-11 Pompage pour traitement tertiaire	125
VII-12 Filtration sur sable	125
VII-13 By-pass Filtre à sable	Erreur ! Signet non défini.
VII-14 Réservoir des eaux désinfectées	127

VII-16 Filtres à sable	132
VII-18 Pompage des rejets de la filtration	140
Conclusion	

Listes des tableaux

Chapitre I

Tableau I-1: Paramètres descriptifs d'une eau usée urbaine	6
Tableau I-2 : Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes	14
Tableau I-3 : Normes de rejets internationaux	18
Tableau I-4 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Belarbia et Belmiloud, 2014).	20

Chapitre II

Tableau II-1 : type et caractéristiques de dégrillage	24
Tableau II-2 : Comparatif des avantages et des inconvénients entre les méthodes d'élimination du phosphore par voie biologique et par voie chimique	42
Tableau II-3 : Les opérations de traitement des boues et leurs objectifs	44

Chapitre III

Tableau III-1 : Différents débits des eaux usées dans la STEP	48
Tableau III-2 : Différentes charges polluantes des eaux usées dans la STEP	48
Tableau III -3 : Normes de rejet des effluents de la station d'épuration	48
Tableau III-4 : Caractéristiques du dégrillage fin	53
Tableau III -5 : Caractéristiques de l'effluent admis sur la chaîne de traitement biologique	56
Tableau III-6 : caractéristique de la zone de dégazage	59
Tableau III-7 : Conditions de fonctionnement des clarificateurs	60
Tableau III-8 : Les caractéristiques techniques des ouvrages	65
Tableau III-9 : Caractéristiques d'ouvrages de désinfection	66

Chapitre VI

Tableau IV-1 : caractéristiques des boues des STEP en Algérie	71
---	----

Tableau IV-2 : Composition en éléments utiles des boues	74
Tableau IV-3 : Concentration des ETM dans la boue	76

Chapitre V

Tableau V-1 : Paramètres physico-chimiques des eaux usées épurées destinés à l'irrigation	86
Tableau V-2 : Classes d'aptitude de l'eau à l'irrigation, modifiées d'après US SALINITY LABORATORY, 1955	87
Tableau V-3: Qualité d'eau d'irrigation selon le SAR	89
Tableau V -4 : Recommandations concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées dans l'agriculture	91
Tableau V-5 : Aptitude à l'accumulation des micro- polluants métalliques par différentes espèces végétales	94
Tableau V-6: Directives concernant la qualité toxicologiques des eaux usées utilisées en agriculture	95
Tableau V-7: Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	96

Chapitre VI

Tableau VI-1 : Composition moyenne de sables de station	112
---	-----

Chapitre VII

Tableau VII-1 : Critères comparatifs des principaux modes de désinfection des eaux usées	123
Tableau VII-2 : Les effets de l'épuration de l'eau par la filtration lente sur sable	124
Tableau VII-3 : Qualité des eaux après traitement tertiaire	125
Tableau VII-4: qualité bactériologique des eaux après traitement tertiaire	126
Tableau VII-5 : les valeurs de K des différentes singularités retrouvées à l'aval d'une pompe	132
Tableau VII- : Avantages et inconvénients des techniques de réservoirs fermés (adapté de Company et al. (2007	138

Listes des figures

Chapitre I

Figure I-1 : Diagramme représentant la répartition des consommations quotidiennes d'eau selon les usages domestiques	2
--	---

Chapitre II

Figure II-1 : Filières de traitement des eaux usées	23
Figure II-2 : schéma de différentes étapes du prétraitement	24
Figure II-3 : Dessableur destinée pour l'élimination des particules denses Dégraissage-déshuilage	26
Figure II-4 : Dégraissage – Déshuilage	26
Figure II-5 : lagunage naturel	30
Figure II-6 : synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien	35
Figure II-7 : les différents éléments d'un procédé à boue activée	35
Figure II-8 : Principales filières de traitement des boues	42
Figure II-8:Principales filières de traitement des boues	44

Chapitre III

Figure III-1 : Photo illustrant la fosse à batard	51
Figure III-2 : le dispositif de nettoyage automatique du dégrillage fin	53
Figure III-3 : Photo illustrant le dessabler / déshuileur	53
Figure III-4 : le bassin biologique avec la zone de dégazage	56
Figure III-5 : Photo illustrant un clarificateur	60
Figure III-6 : Photo illustrant l'épaississeur des boues	63
Figure III-7 : Photo illustrant les pompes doseuses d'injections de polymère	64
Figure III-8: le stockage des boues	65

Chapitre IV

Figure IV-1 : Représentation graphique de modes de valorisation des boues des STEP ..	78
Figure IV-2 : Epannage de boues liquides	80
Figure IV-3 : Enfouissement par labour	80
Figure IV-4 : Epannage de boues pâteuses	81

Chapitre V

Figure V-1 :Représentation graphique de classification des eaux d'irrigation selon leur SAR.	89
---	----

Chapitre IV

Figure VI-1:Évolution mensuelle des débits des eaux brutes de la STEP.	102
Figure VI-2: Aspect physique des eaux usées brutes de la station.....	104
Figure VI-3 :Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	106
Figure VI-4 : Variations mensuelles de concentrations des MES à l'entrée - sortie de la STEP.....	107
Figure VI-6 : Variations mensuelles des teneurs en phosphore des eaux de la STEP de Bou- Ismail avant et après l'épuration.	109
Figure VI-7 : Variations mensuelles des teneurs en Azote total des eaux de la STEP de Bou- Ismail avant et après l'épuration.	110
Figure VI-8 : Évolution moyenne mensuelle du rapport DBO5/ Nt / Pt à l'entrée de la STEP.	113
Figure VI-9 : Variation du rapport MES/DBO5à l'entrée de la STEP.	114
Figure VI-10 : Variation du rapport DBO5/NT à l'entrée de la STEP.	114

Chapitre VII

Figure VII-1: Type de réservoirs selon leur temps de séjour.	137
Figure VII-2 : Réservoirs opérationnels fermés.	138

Liste des planches

Plans N° 01 : Plan de masse de la station d'épuration de Bou ismail.

Plans N° 02 : Profil hydraulique de la phase liquide de la STEP de Bou ismail.

Plans N° 03 : Profil hydraulique de la phase solide de la STEP de Bou ismail.

Liste des abréviations

STEP : Station d'épuration

CE : Conductivité Electrique

MVS : matières volatiles en suspension

MES : Matières en Suspensions

MMS : Matières Minérales

MD : Matières Décantables

MND : Matières Non Décantables

pH : Potentiel d'Hydrogène

Eh : Potentiel Redox

DBO5 demande biologique en oxygène durant 5 jours

DCO demande chimique en oxygène

SEAAL : Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger

EH : Equivalent Habitant

CV : Charge Volumique

Cm : Charge Massique

μS/cm : Micro siemens par centimètre

NTK : azote Kjeldahl Total

NGL: Azote Global

NH4 + : Azote Ammoniacal

NO2 - : Azote Nitreux

NO3 - : Azote Nitrique

ETM : Elément Trace Métallique

CTO : Composé Trace Organique

ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

ONA : Office National d'Assainissement

ADE : Algérienne Des Eaux

Introduction

Introduction générale

L'Algérie est actuellement aux prises avec un problème de pénurie de l'eau qui s'amplifie depuis des années, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui sévit sur une bonne partie du territoire réduit également les disponibilités en eau. La pénurie de l'eau est aggravée par l'augmentation régulière des besoins en eau due à l'amélioration du niveau de vie des citoyens, l'accroissement de la population, l'industrialisation et l'essor de l'agriculture irriguée.

Ces facteurs ont conduit à la mise en œuvre des programmes de réalisation d'ouvrages destinés à la réutilisation des eaux usées épurées produites à l'aval des stations d'épuration. La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par les pénuries d'eau. Elle permet de valoriser les eaux usées épurées en leur redonnant d'autres usages municipales, industrielles et particulièrement l'irrigation agricole.

Cependant, en raison de l'origine et la composition de cette eau, sa réutilisation, devrait être gérée d'une manière rationnelle et judicieuse, surveillée et contrôlée par des spécialistes dans un objectif de maîtriser et de minimiser les risques sanitaires liés à cette pratique, pour cela un cadre normatif approprié est essentiel pour appuyer la réglementation existante.

La présente Norme Algérienne donne les dénominations et les spécifications physicochimiques et biologiques des eaux usées épurées destinées à être réutilisées à des fins agricoles, municipales et industrielles, elle tient compte du parc des stations d'épuration et des procédés de traitement existants, ainsi que des possibilités d'extension et d'évolution du traitement avec, par conséquent, l'amélioration de la qualité de l'eau usée épurée qui en découle.

La réutilisation des eaux usées épurées constituent en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées (Papaiacovou, 2001). Par ailleurs, le contenu de ces eaux en éléments nutritifs, notamment en azote, potassium et phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols. L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les zones de rejets, elle peut être également une source de pollution avec son contenu en éléments traces organiques et métalliques et en pathogènes (Belaid, 2010). L'utilisation des eaux résiduaires traitées est souvent confrontée à un certain nombre d'obstacles, notamment d'ordres sanitaire et

Introduction générale

chimique. Pour ces raisons, l'amélioration de la qualité des effluents traités est nécessaire avant leur réutilisation (Klutse et Baleux, 1995).

Notre étude consiste à étudier les performances épuratoires de la station d'épuration de Bou Ismail. Ceci en traitant les données disponibles de la période de juin 2019 jusqu'à décembre 2019 ainsi un dimensionnement des ouvrages pour faire le traitement tertiaire afin de pouvoir réutiliser les eaux usées épurées de cette STEP à des fins agricole.

Et pour bien cadrer cette étude, nous avons suivi un plan de travail axé sur trois parties :

- ❖ La première partie : Une synthèse bibliographique.
- ❖ La deuxième partie : Modalité de conception de différents ouvrages et étude des performances épuratoires de la STEP de Bou Ismail.

La troisième partie : Un dimensionnement du traitement tertiaire pour avoir une qualité d'eau conforme aux normes de réutilisation.

Chapitre I:

Origines Des Eaux Usees

CHAPITRE I : Origines des Eaux Usées

Introduction

Il existe une différence fondamentale entre le traitement des eaux naturelles, qui a pour fonction de les transformer en eau potable, et l'épuration des eaux usées rejetées par le consommateur après plusieurs usages, à cette fin l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la pollution tant organique, microbiologique et chimique dont elles sont chargées avant de les rejeter dans le milieu naturel et les réutiliser dans divers activités tels que l'irrigation et le refroidissement dans les usines ...etc

I-1 Origines Des Eaux Usées

Les eaux usées sont des eaux naturelles qui ont subi des transformations qualitatives caractérisant des pollutions de diverses catégories. L'eau est donc altérée par l'activité humaine qu'elle soit domestique, industrielle, artisanale, agricole... En effet, après usage, l'eau est dite « polluée » et se doit d'être traitée avant de rejoindre le milieu naturel.

Ainsi, l'ensemble des activités humaines produit des eaux usées ; on distingue trois "familles" d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales et de ruissellement.

I-2 Quelles sont leurs différences et leurs particularités ?

1. Eaux usées domestiques

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines: urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

Elles proviennent essentiellement de :

- ✓ Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières

Organiques (glucides, lipides, protides) et des produit détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;

- ✓ Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- ✓ Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;

CHAPITRE I : Origines des Eaux Usées

- ✓ Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (w.c), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.

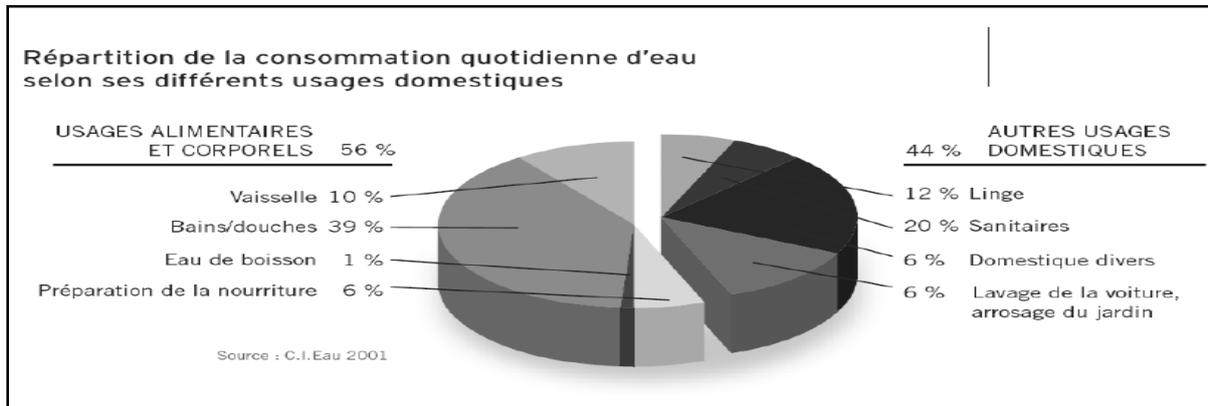


Figure : I-1 : Diagramme représentant la répartition des consommations quotidiennes d'eau selon les usages domestiques

Source : C.I. Eau 2001

Selon la **CIO (centre d'information sur l'eau)** ... la pollution journalière par personne utilisant de 150 à 200 litre est évalué à :

- 90 grammes de matières organiques ou minérales (en suspension dans l'eau sous forme de particules)
- 57 grammes de matières oxydables
- 15 grammes de matières azotées
- 4 grammes de phosphore (issus des détergents)
- 0,23 gramme de résidus de métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic, mercure...)
- 0,05 gramme de composés (fluor, chlore, brome, iode...)
- 1 à 10 milliards de germes par 100 ml.

2. Les eaux usées industrielles

Très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

- des produits toxiques
- des solvants

- des métaux lourds
- des micropolluants organiques
- des hydrocarbures...

Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux brutes, les conduites contre les obstructions et les autres appareils de traitement contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs notamment le traitement biologique.

Remarque

Les eaux usées industrielles ne sont mêlées aux eaux domestiques qu'une fois exemptes de tous dangers pour les réseaux de collecte et pour le bon fonctionnement des usines de dépollution.

3. Eaux pluviales et de ruissellement

Les eaux de pluie ne sont pas dépourvues de pollutions et peuvent constituer une cause de dégradations importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux se chargent :

- d'impuretés, au contact de l'air (fumées industrielles, résidus de pesticides...),
- de résidus déposés, en ruisselant sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds...).
- **Eau pluviale** : Précipitations collectées par les toits ou les trottoirs .

4. Eaux de ruissellement

Il s'agit d'eau de pluie ou de lavage, qui se sont écoulées sur des surfaces imperméables susceptibles d'être polluées. Ainsi les eaux de ruissellement des parcs de stationnement ou des routes sont considérées comme des eaux usées par la présence de divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques ;

- **Eaux de ruissellement urbain**: eau issues du ruissellement urbain: routes, parkings, trottoirs: contient huiles, fèces animales, ordures, traces de carburant, résidus de caoutchouc, métaux provenant des gaz d'échappement des véhicules, etc. ;
- Drainage des routes (huile, agents de dégivrage, résidus de caoutchouc) ;
- Drainage de tempête (tout type de déchet liquide ou solide, y compris voitures, chariots, arbres, bétail, etc.).

5. Eaux usées agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole.

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux.

Il s'agit principalement :

- ❖ Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales roduites ou non sur l'exploitation) ;

- ❖ Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...)

(GROSCLAUDE, 1999).

Il est à noter que les eaux agricoles ne sont pas traitées par aux stations d'épuration.

I-3 Principaux Paramètres de pollution

Habituellement, le potentiel de pollution d'une eau est apprécié par une série d'analyse physicochimiques dont certaines tentent de reproduire les modifications que cette eau sera susceptible d'apporter dans le milieu ou elle sera rejetée. Ces mesure sont complétées par des analyses plus spécifique et à l'origine de nuisances majeures, tel que le phosphore ou l'azote. (Foued Zouhir.,2017).

Dans certains cas particuliers, des produits toxiques peuvent être recherchés.

I-3-a Paramètres Physiques

➤ Température

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physico-chimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau est chaude et plus sa concentration limite diminue le pH et la conductivité est dépendante de la température de même que les processus de biodégradation carbonée.

La température optimale pour l'activité des micro-organismes, épurateurs est comprise entre 20°- 30°c, au-delà, la vitesse de réaction décroît rapidement et le floc bactérien se trouve rapidement épuisé en oxygène. Ainsi, l'élimination de la DCO est sensible à l'augmentation de la température.

➤ *Matière en suspension (MES)*

Les matières en suspension (ou MES) (ou particules en suspension) désignent les matières solides insolubles visibles à l'œil nu présentes en suspension dans un liquide.

Les matières en suspension totales (MEST) sont une mesure des matières en suspensions.

Rapporté à un cours d'eau on parle de charge en suspension, plus une eau en contient, plus elle est dite turbide.

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit d'origine anthropique et alors apportée par les dépôts atmosphériques et/ou par les rejets urbains, agricoles, domestiques ruraux et industriels.

Les MES sont très liées d'une part à l'usage des sols dont elles sont issues et à la charge en phosphore résultante et d'autre part à l'histoire de leur transformation en fonction des conditions hydrologiques et climatiques, donc de la saison. Elles regroupent l'ensemble des substances non dissoutes contenues en suspension dans les eaux de ruissellement. En effet, les MES et les particules solides transportées dans les cours d'eau proviennent de l'érosion de la couche superficielle des sols sous l'action dynamique de l'eau de pluie, de ruissellement ou encore d'écoulement dans les eaux.

En fonction de la taille des particules, on distingue :

- Les matières grossières ou décantables ($>100 \mu\text{m}$) ;
- Les MES ($>10 \mu\text{m}$) ;
- Les matières colloïdales (constituent la limite entre la phase solide et la phase dissoute, entre 1 et $10^{-2} \mu\text{m}$).

Tableau I-1 : Paramètres descriptifs d'une eau usée urbaine.

<i>Paramètres</i>	<i>Signification</i>	<i>Valeur</i>
pH	Potentiel Hydrogène	~ 8
Conductivité	Activité ionique du milieu	1 100 µS/cm
DCO	Demande Chimique en Oxygène ¹⁷	750 mg/L
DBO ₅	Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours ¹⁸	350 mg/L
MES	Matières En Suspension	300 mg/L
Lipides	Graisses	100 mg/L
NK	Azote Kjeldahl = azote organique + azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺	80 mg/L
N-NH ₄ ⁺	Azote ammoniacal	60 mg/L
PT	Phosphore Total = phosphore organique + minéral	20 mg/L
P-PO ₄ ³⁻	Phosphore minéral (sous forme d'orthophosphates)	18 mg/L
Coliformes totaux	Microbiologie de l'eau usée	10 ⁹ UFC / 100 mL
Coliformes fécaux		10 ⁸ UFC / 100 mL
Kystes et oocystes de protozoaires		10 ⁵ kystes/L
Œufs d'helminthes		10 ⁴ Œufs/L
Virus		10 ⁵ UFP/L

Source : extrait et adapté de documents techniques FND AE (Canler, 2001 ; Canler et Perret, 2004, 2007) pour les données physico-chimiques et d'Asano et al. (2007) pour les données microbiologiques.

I-3-b Paramètres Organoleptiques

➤ *Turbidité*

La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en général très élevée,

Selon REJSEK (2002), la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes.

➤ *Couleur*

Une **eau pure** observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur **bleu clair** car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (Cours Mme S.Mejdoub).

La couleur de l'eau change par rapport à son origine par exemple : l'eau d'égout d'origine domestique est normalement grisâtre ; une couleur noire indique une décomposition partielle ; les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle.

I-3-c Paramètres Chimiques

➤ *Potentiel Hydrogène (pH)*

Exprimant l'acidité, la neutralité ou l'alcalinité de la solution aqueuse.

La valeur du pH est très importante dans les procédés biologiques, l'épuration biologique est possible pour un pH compris entre 6,5 et 8 ; au-delà de ces valeurs, l'activité biologique décroît rapidement.

Le pH des eaux usées urbaines seules est généralement près de la neutralité, entre 7 à 7,5 environ. Un pH différent est l'indice d'une pollution industrielle.

➤ *Conductivité Electrique (CE)*

La conductivité est la propriété qu'a l'eau favorisant ainsi le passage d'un courant électrique.

La CE est due à la présence dans le milieu, d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. (REJSEK, 2002).

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m) ou mmohs/cm.

➤ *Oxygène dissous*

C'est un composé essentiel de l'eau permettant la vie de la faune et conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l.

➤ *Demande Chimique en Oxygène (DCO)*

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions bien définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quelque soit leur origines organique ou minérale.

La DCO est la concentration (exprimée en mg/l), d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme.

➤ *Demande Biochimique en Oxygène (DBO)*

Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours. C'est la DBO₅, demande biochimique en oxygène sur cinq jours.

Pratiquement, la DBO permet d'estimer la charge du milieu considéré en substances putrescibles, Selon REJSEK (2002), la DBO après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques. La demande biochimique en oxygène (DBO), exprimée en mg d'oxygène par litre.

➤ *Matières oxydables (MO)*

Ce paramètre est utilisé pour caractériser la pollution organique de l'eau. Il se définit à partir de la DBO₅ et de la DCO selon la formule suivante :

$$\text{MO} = (2 \text{ DBO}_5 + \text{DCO}) / 3$$

➤ *Carbone organique total (COT)*

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

CHAPITRE I : Origines des Eaux Usées

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO. (Foued Zouhir, 2017).

La détermination porte sur les composés organique fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présent dans les eaux résiduaires (cellulose, sucre, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra la carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (DCT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO. (Khechiba et Mahi., 2016).

➤ *Azote*

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral.

L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que les protéines, les polypeptides, les acides aminés et l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations.

Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total.

➤ *Nitrates*

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles et quelques mg/l dans les eaux souterraines.

L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates (surtout en agriculture, à travers l'utilisation intensive d'engrais azotés).

La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 2 mg/l/an. Cette augmentation a plusieurs origines : Agricole, Urbaine, Industrielle.

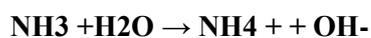
- **Agricole** : **L'agriculture intensive** avec utilisation massive d'engrais azoté ainsi que rejets **d'effluents d'élevage**. Cette source représente les **2/3 de l'apport en nitrates** dans le milieu naturel

- **Urbaine** : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel. Cette source représente les **2/9 des apports**.
- **Industrielle** : rejet des **industries minérales**, en particulier de fabrication des engrais azotés. Cette source représente **1/9 des apports**.

➤ *Azote ammoniacal*

Connu sous le terme d'ammoniaque, qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3). L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH_4^+).

Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



L'élimination de l'azote fait partie des étapes essentielles du traitement des eaux usées. D'ailleurs, il existe des normes réglementaires liées aux concentrations de l'azote en sortie de station dans de nombreux pays. Pour respecter ces concentrations, il est nécessaire de contrôler la nitrification et la dénitrification de manière optimale.

Dans les eaux, l'azote peut se trouver sous forme minérale (ammoniacal, nitrate) ou organique. La présence d'azote organique ou ammoniacal se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et altère les conditions de vie.

En assainissement, le cycle de l'azote passe par les différents stades d'évolution biogéochimique du composé. Il aboutit à la formation d'azote gazeux (diazote N_2) en commençant par l'azote organique, et en passant par le l'ammoniac, nitrite et le nitrate.

Dans les stations d'épuration, plusieurs formes d'azote sont présentes :

- Nitrites et nitrates: l'azote oxydé
- les formes non oxydées: l'azote Kjeldhal comprenant l'azote organique et l'azote ammoniacal (NH_4^+)

- L'azote organique ammonifiable
- L'azote organique réfractaire

La mesure de toutes les formes d'azote correspond à l'azote total.

Les eaux usées sont essentiellement constituées d'azote organique ammonifiable ou réfractaire (sous forme soluble et particulaire) et d'azote ammoniacal.

➤ *Phosphore*

Le phosphore se présente dans les eaux résiduaires brutes sous deux formes :

- Organique : d'origine industrielle ou biologique provenant des matières fécales.
- Minérales: les ortho et poly phosphates provenant de lessive, d'engrais phosphatés.
- L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant par jour.
- La connaissance de la quantité du phosphore dans les eaux résiduaires permet de savoir si un traitement biologique est envisageable.

Dans les bassins biologiques, le phosphore organique et les poly phosphates sont rapidement transformés par les micro-organismes en ortho-phosphates. Une partie de ces derniers est utilisée pour la synthèse de nouvelles cellules. (**Khechiba et Mahi, 2016**).

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/l de PO_4 ou de P_2O_5 :

1mg/l PO_4 = 0,747 mg/l P_2O_5 = 0,326 mg/l P

I-3-e Paramètres Bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles; faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale et génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes (il ne s'exprime que sur des individus affaiblis); une minorité est régulièrement pathogène. **Source :** (RODIER, 2005).

➤ *Coliformes*

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae.

Les coliformes comprennent les genres : Echerichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Serratia.

- Le terme de « **coliformes fécaux** » ou de « **coliformes-tolérants** » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés après incubation à la température de 44 C°.

Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Echerichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerella wisconsensis*, *Salmonella* (sous genre III Arizona), *Yersinia enterocolitica*.

➤ *Streptocoques fécaux et Enterococcus*

Sous la dénomination générale de « streptocoques fécaux », est regroupé l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teichoïque) antigénique, c'est-à-dire essentiellement : *Enterococcus faecalis*, *E.faecium*, *E.durans*, *E. hirae*, *Streptococcus bovis*, *S. suis* et *S. equinus*.

Ces streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieurs à celles des coliformes fécaux. Il faudra tenir compte de cette différence des concentrations.

Le genre *Streptococcus* est vaste et divers, de sorte qu'il est difficile de classer ces bactéries de façon satisfaisante. Les 29 espèces du genre *Streptococcus* sont subdivisées en 5 groupes principaux :

- Les streptocoques pyogènes hémolytiques ;
- Les streptocoques oraux ;
- Les entérocoques ;

❖ Les streptocoques lactiques.

Le genre unique original est maintenant séparé en 3 genres différents :

- *Streptococcus* : com

prend la plupart des espèces pathogènes pour l'homme ;

- Enterococcus : correspond au précédent groupe des enterocoques ;
- Lactococcus : correspond aux streptocoques lactiques.

➤ *Bactéries sulfito-réductrices*

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoque fécaux , permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente.

Selon REJSEK (2002), les spores des bactéries anaérobies sulfitoréductrices et celles de Clostridium perfringens peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement. Ainsi, elles peuvent montrer l'efficacité d'un traitement de filtration, où elles se comportent comme des kystes de parasites, aussi bien au niveau d'une station de traitement qu'au niveau du sol : signe d'efficacité de la filtration naturelle.

De plus, Clostridium perfringens, sous sa forme sporulée, est très résistant à la chloration et va donc se comporter comme les microorganismes plus difficiles à mettre en évidence.

➤ *Helminthes*

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les oeufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en oeufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ oeufs/l (**Baumont et al ., 2004**).

➤ *Protozoaires*

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries (taille comprise entre 1 et 200 µm). La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire, qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. Parmi les protozoaires les plus « connus », on peut citer Entamoeba histolytica, responsable de la dysenterie amibienne (**Catherine B, 2009**).

CHAPITRE I : Origines des Eaux Usées

➤ Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires de très petite taille (10 à 350 nm) qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule *hôte*. Il existe des virus adaptés à chaque type d'hôtes (animaux, hommes, plantes, champignons, algues, bactéries)

Leur concentration dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination intramusculaire contre la poliomyélite par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection d'un individu par un virus hydrique se produit dans la majorité des cas par l'ingestion, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries et que leurs faibles dimensions soient à l'origine de leurs possibilités de dissémination

Tableau I-2: Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes..

Agents	Quantité excrétée par g de fèces	Latence	Survie	Dose infectante DI 10^8 (unité)
VIRUS				
Entérovirus	10^7	qq heures	3 mois	< 100
Hépatite A	10^6 ?	0	?	?
Rotavirus	10^6 ?	0	?	?
BACTERIES				
Coliformes	10^8	0	3 mois	+ /- 10^9
Salmonella typhi	10^8	0	2 mois	10^7
Autres Salmonelles	10^8	0	2-3 mois	10^6
Shigella	10^7	0	1 mois	10^4
PARASITES				
Amibe dysent	10^7	0	25 jours	10 à 100
Giardia lamblia	10^5	0	25 jours	10 à 100
Ascaris	10^4	qq jours	> 1 an	quelques unités
Taenia	10^4	qq jours	9 mois	1

Source : Catherine B, 2009

I-4 Ratios indicateurs de pollution

I-4-1 DCO/DBO5

Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau (Koller, 2009) ;

Évaluer l'aptitude d'une eau usée à se biodégrader présente un intérêt primordial pour le traitement des eaux résiduaires. C'est en effet cette plus ou moins grande aptitude à la biodégradation qui va conditionner le choix du procédé de traitement (traitement de type biologique ou physicochimique).

La combinaison des 2 paramètres globaux de pollution DCO et DBO5 permet une bonne approche de la biodégradabilité, la DCO représentant la matière organique dans sa globalité et la DBO la seule fraction biodégradable dans des conditions fixées (Jean Rodier ,9^e Edition).

Le rapport entre DCO et DBO5 est souvent très différent de celui des eaux résiduaires urbaines (ERU). Il évolue en divers stades du traitement.

Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport doit être inférieur à 2,5 (Bordet,2007 ; Rodier *et al.*, 2009) ;

Pour les effluents industriels, qui peuvent contenir une fraction notable de composés non biodégradable, on pourra considérer selon le rapport DCO/DBO5 que l'aptitude à la biodégradation est plus au moins favorable à un traitement biologique, les règles suivantes étant généralement retenues (Rodier *et al.*, 2009) :

DCO/DBO5 < 3 effluent facilement biodégradable ;

3 < DCO/DBO5 < 5 effluent moyennement biodégradable ;

DCO/DBO5 > 5 effluent difficilement biodégradable.

Cet indice de biodégradabilité (DCO/DBO5) s'avère également très utile pour le suivi de l'efficacité de traitements biologiques, le rapport augmentant d'autant plus que le traitement biologique est plus poussé (Jean Rodier ,9^e Edition).

I-4-2 Ratio (C/N/P)

La concentration des différents éléments nutritifs dans les eaux usées doit être équilibrée (ratio C/N/P) et correspondre aux besoins des bactéries qui se trouvent dans les boues activées. Cela est primordial pour l'efficacité des processus de décomposition biologique.

I-4-3 Ratio DCO/NTK

Comme expliqué précédemment, les bactéries mangent équilibré. Le ratio DCO/NTK sert à mesurer cet équilibre. Un faible rapport DCO/NTK a un impact négatif sur la biotransformation de l'azote en azote oxydé et gazeux. Ce type d'effluent ne peut pas favoriser une bonne dénitrification. A contrario, un rapport élevé conduira à une assimilation totale de l'azote mais il y aura un résiduel de pollution carboné.

Pour une eau usée municipale, le rapport DCO/NTK est compris entre 7 et 20. Plus le ratio est faible et plus il faudra rajouter une source de carbone complémentaire lors de l'étape de dénitrification.

I-4-4 Ratio DCO/P_T (Prédiction du rendement d'élimination du phosphore)

Pour l'eau usée, les variations du rendement d'élimination du phosphore par assimilation seule sont principalement corrélées

- au ratio DCO/P (ou DBO5/P)
- à l'âge de boue

Le rendement d'élimination augmente de manière quasi-linéaire lorsque DCO/P augmente : la production de boue étant proportionnelle à la charge en DCO appliquée, une augmentation du flux de DCO pour un flux constant de P provoque une augmentation du flux de P assimilé et donc une meilleure élimination globale.

De plus, un faible âge de boue permet d'améliorer le rendement sur le phosphore, tandis que les âges de boue très longs diminuent celui-ci.

Pour un ratio médian DCO/P de 70 g DCO/g P, le rendement d'élimination peut être de :

- 38 % avec un âge de boues de 20 j
- 65 % avec un âge de boues de 2 j

La concentration en MES n'influe que faiblement sur le rendement d'élimination du phosphore. Plus la concentration est faible, meilleur sera le rendement.

Dans les eaux usées, le ratio DCO/Pt normal est compris entre 25 et 100.

I-5 Normes de rejets

I-5-1 Norme de rejet des effluents urbains

Dans le domaine de l'eau, on est tenu de respecter des normes très strictes car cela touche au domaine de la sante publique, et le moindre écart peut s'avérer très dangereux pour la sante de l'homme, la préservation des espèces aquatiques...etc.

Pour l'épuration, les normes concernent en grande partie la qualité de l'eau au rejet.

Les normes de rejet ont pour but de maintenir, ou le cas échéant de restaurer, la qualité des eaux superficielles qui reçoivent les effluents traités. Les systèmes d'épurations, ont donc pour mission de réduire au maximum les paramètres caractérisant un effluent (DBO, DCO, MES, NTK, PT).

La limite de pollution tolérée est fixée par l'intermédiaire de la réglementation sanitaire. Les différents niveaux de rejet sont déterminés en fonction des paramètres suivants :

- L'objectif de qualité assigné au milieu récepteur.
- Les conditions locales de dilution, de renouvellement d'eau et d'autoépuration offerte par le milieu naturel.
- Les caractéristiques de l'effluent avant épuration (débit, concentration et biodégradabilité).

Les rejets en dehors des situations inhabituelles doivent respecter les valeurs soit en concentration (tableau 3) soit en rendement (tableau 4).

➤ Normes internationales

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

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivants :

Tableau I-3: Normes de rejets internationales.

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
PH	-	6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	<30
DCO	mg/l	<90
MES	mg/l	<20
NH ₄ ⁺	mg/l	<0,5
NO ₂	mg/l	1
NO ₃	mg/l	<1
P ₂ O ₅	mg/l	<2
Température T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Inodore

Source : OMS.

➤ Normes Algériennes

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

I-5-2 Norme de rejet des effluents industriels

Législation algérienne sur les rejets des eaux résiduaire industrielle (ERI)

Le décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 du journal officiel algérien n 26 du 23 avril 2006, définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Les installations industrielles générant des rejets d'effluents liquides industriels ont l'obligation d' être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies ci-dessous et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Les rejets d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel sont réglementés en Algérie par le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006.

Tableau I-4: valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (Belarbia et Belmiloud, 2014).

N	Paramètre	Unité	Valeur maximal
°			
1	Température	°C	30
2	pH	-	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35
4	Azote Kjeldahl	mg/l	30
5	Phosphore total	mg/l	10
6	DCO	mg/l	120
7	DBO5	mg/l	35
8	Aluminium (Al)	mg/l	3
9	Substances toxiques bio-accumulables	mg/l	0,005
10	Cyanures (CN)	mg/l	0,1
11	Fluor et composés	mg/l	15
12	Indice de phénols	mg/l	0,3
13	Hydrocarbures totaux	mg/l	10
14	Huiles et graisses	mg/l	20
15	Cadmium (Cd)	mg/l	0,2
16	Cuivre total (Cu)	mg/l	0,5
17	Mercure total (Hg)	mg/l	0,01
18	Plomb total (Pb)	mg/l	0,5
19	Etain total	mg/l	2
20	Chrome total (Cr ³⁺)	mg/l	0,5
21	Manganèse (Mn)	mg/l	1
22	Nikel total (Ni)	mg/l	0,5
23	Zinc total (Zn)	mg/l	3
24	Fer (Fr)	mg/l	3
25	Composés organiques chlorés	mg/l	5

Source : le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006.

CONCLUSION

Les eaux usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers les rivières, la mer ou réutilisées dans divers domaines. Ces eaux doivent répondre à des normes de qualité portant sur certains paramètres de pollution.

Ainsi, dans ce chapitre, nous avons défini les paramètres physique et chimique qui caractérisent une eau usée et leur impact sur le milieu récepteur lors du rejet direct à l'air-libre,

Par ailleurs, la connaissance de la qualité des eaux usées à traiter est indispensable dans un projet de conception d'une station d'épuration ainsi pour un choix adéquat du procédé d'épuration.

Chapitre II :

**Les différents procédés
d'épuration des eaux usées**

Chapitre II : Les différents procédés d'épuration des eaux usées urbaine

Introduction

Aujourd'hui, la préservation de notre environnement et celle de nos ressources en eau dépendent de notre capacité à nettoyer les eaux usées avant leur retour dans la nature.

L'épuration des eaux usées a revêtu une importance croissante au début des années soixante-dix compte tenu de préoccupation générale exprimée partout au monde qui face au problème de plus en plus important de la pollution de l'environnement humain. Les eaux usées sont collectées par un réseau d'assainissement complexe pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans le milieu naturel. En station, les traitements varient en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution du milieu récepteur.

II-1 Généralités sur les filières de traitement

De l'entrée de la station d'épuration jusqu'au rejet dans le milieu naturel, le traitement complet des eaux résiduaires peut être schématiquement divisé en deux filières :

- La filière eau dans laquelle l'eau est débarrassée de tous les polluants avant son rejet dans le milieu naturel.
- La filière boue dans laquelle les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

Les différentes étapes du traitement des eaux usées et les principales tâches effectuées sont schématiquement les suivantes :

II-2 Prétraitement

Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux brutes, les Conduites contre les obstructions et les autres appareils de traitement contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs.

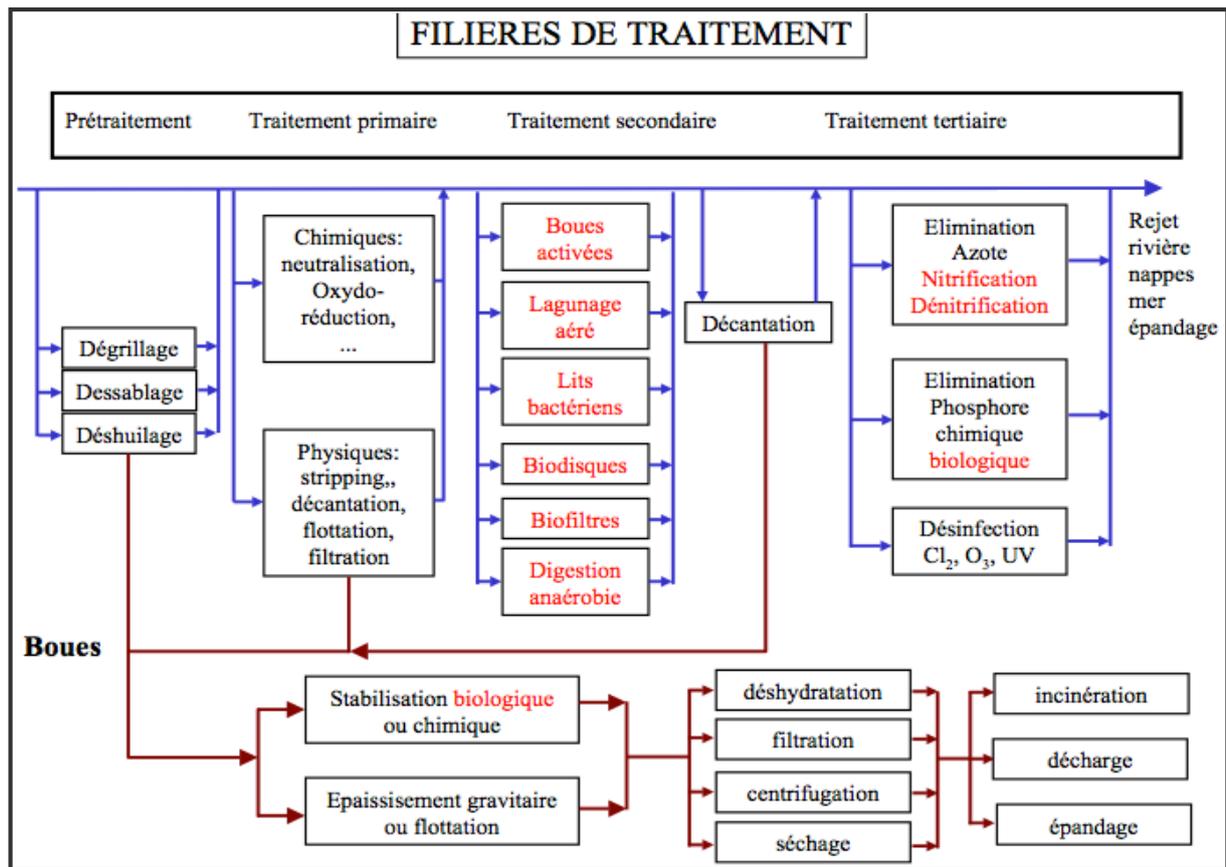


Figure II-1 : Filières de traitement des eaux usées.

II-2-1 Dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable sur les eaux de surface et les eaux résiduaires, permet de protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les tuyauteries de liaison, voire dans les différentes unités de l'installation ; et de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau et de boues, ou au moins compliquer leur exécution, et leur exploitation.

A. Les caractéristiques générales d'une installation de dégrillage

Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre les barreaux de la grille (Bouhoreira et Boukaka ., 2016).

Tableau II-1 : type et caractéristiques de dégrillage.

Type de dégrillage	Espacement
Un pré-dégrillage	De 30 à 100 mm
Un dégrillage moyen	De 10 à 25 mm
Un dégrillage fin	De 3 à 10 mm

Pour le dimensionnement hydraulique, on se base sur la vitesse de passage à travers la grille, qui doit être suffisante pour obtenir l'application des matières sur la grille sans pour autant provoquer une perte de charge trop importante, ni entraîner un colmatage en profondeur des barreaux ou un départ des matières avec l'effluent. Généralement les vitesses moyennes de passage admises sont de l'ordre de 0,6 m/s à 1,40 m/s au débit de pointe.

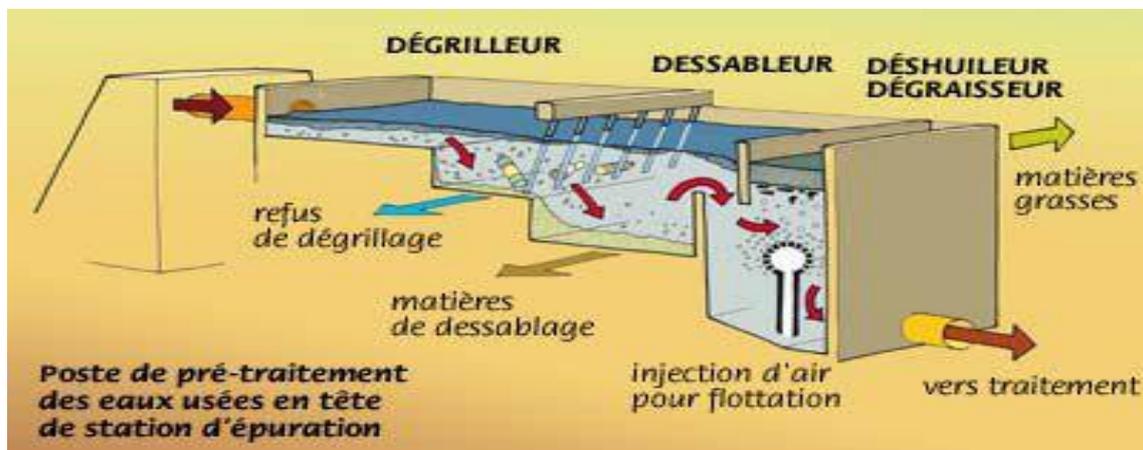


Figure II-2 : schéma de différentes étapes du prétraitement.

II-2-2 Dessablage

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. L'élimination des sables présents dans les effluents brutes est une opération indispensable pour :

- Eviter les dépôts dans les canalisations conduisant à leur bouchage ;
- Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- Eviter de perturber les autres stades du traitement (surtout au niveau du réacteur biologique) ;
- Réduire la production des boues.
- Le dessablage concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100 μm .

Ce type d'ouvrage est dimensionné à partir des vitesses de sédimentation des particules, évaluées par les lois de Stokes et de Newton. Des abaques fournissent ces vitesses.

II-2-2-a Types de dessableurs

Il y a plusieurs types de dessableurs suivant la forme du bassin ou la circulation du fluide ; on distingue :

a) Dessableur à canaux gravitaires

Ce type de dessabler est utilisé pour capter la particule arrivant en surface, si elle atteint le fond du dessabler avant de pénétrer dans la zone de sortie, dans ce type on trouve le Canal dessabler , dans ce canal le courant doit être réduit environ de 0,3 m/s pour permettre le dépôt des sables, et aussi la longueur du canal dessabler doit autoriser un temps de séjour de 1 à 2 minutes.

b) Dessableur à l'effet hydrodynamique (circulaire)

Les sables sont projetés vers les parois et descendent dans une spirale d'axe vertical, le diamètre est de 5 à 15 m et la hauteur du liquide est de l'ordre de 1 m, et la vitesse d'arrivée est de 0,7 à 0,8 m/s. Le temps de séjours (entre 30 à 40 s) réduit ainsi que le volume le favorise sur les autres systèmes.

c) Dessableur aéré

Dessableur aéré, qui est un bassin muni d'un dispositif d'agitation à l'aire comprimé. L'effet de l'aire injecté est d'assurer une turbulence constante qui évite le dépôt des matières organiques, et provoque l'apparition d'un mouvement de rotation permettant d'accélérer la sédimentation des sables. Ce type est calculé par un temps de séjour entre 3 et 5 minutes, et avec un volume d'aire injecter égale 1 à 1,5 m³/m³ d'eau, la charge

hydraulique CH est de l'ordre de 40 m/het 70 m/h. pour les particules de diamètre 200 **micro mètres**.

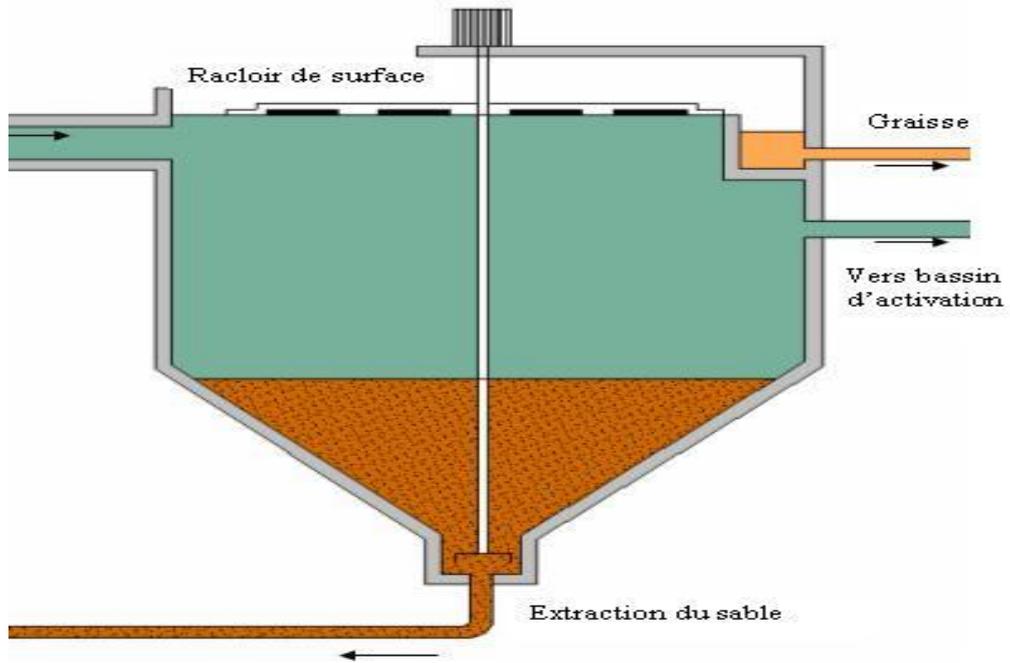


Figure II-3 : Dessableur destinée pour l'élimination des particules denses
Dégraissage-déshuilage.

Il vise à éliminer les graisses et huiles d'origine végétale et animale par flottation naturelle, lorsque la différence de masse volumique est naturellement suffisante pour séparer deux phases, ou accélérée par injection de fines bulles d'air. La flottation est une technique de séparation fondée sur des différences d'hydrophobicité des particules à séparer.

Ces deux étapes de traitement sont souvent réalisées au sein d'une même unité de traitement, et on parle alors d'ouvrage combiné. L'extraction des sables peut se faire par raclage de fond ou par pompage, et l'extraction des graisses rassemblées à la surface des eaux sous forme d'écume se fait à l'aide de pont racleurs.

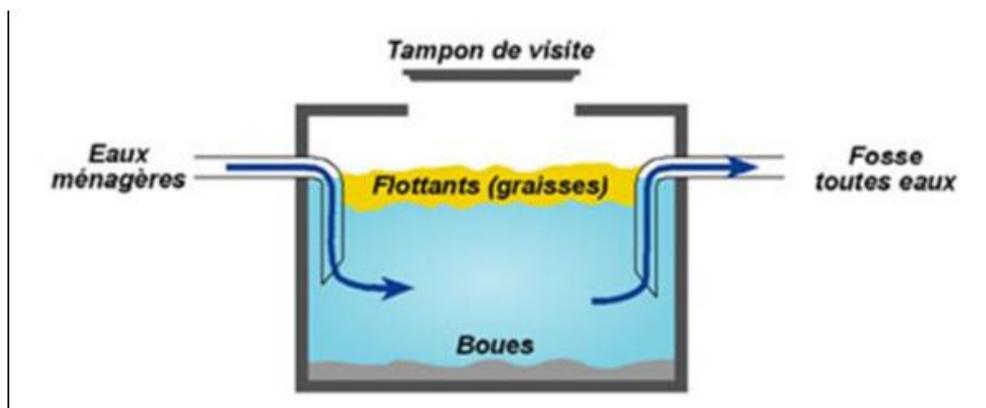


Figure II-4 : Dégraissage – Déshuilage.

Un des paramètres influençant la plus fatale du système de la biomasse active est l'entrée des huiles et graisses. Ils sont difficilement biodégradables et ils causent des couches flottantes à la surface des bassins d'aération et de sédimentation, dans lequel une énorme quantité de boues peuvent être conservées, avec la conséquence de moins de boues en suspension et plus solides en suspension dans l'effluent. Les huiles et graisses peuvent formées une mince couche autour du flocon de boue, de sorte que la diffusion de l'oxygène et de composés organiques dans le flocon sont inhibés. Tous les faits mentionnés ci-dessus réduisent l'efficacité du traitement biologique. (**Bohoreira et Boukaka**).

II-3 Traitement primaire

En épuration des eaux usées, le traitement primaire est une simple décantation qui permet de supprimer la majeure partie des matières en suspension. Ce sont ces matières qui sont à l'origine du trouble des eaux usées.

L'opération est réalisée dans des bassins de décantation dont la taille dépend du type d'installation et du volume d'eau à traiter. De la même manière, le temps de séjour des effluents dans ce bassin dépend de la quantité de matière à éliminer et de la capacité de l'installation à les éliminer.

➤ ***décanteur primaire***

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sédimentables, la décantation primaire permet d'éliminer 30 à 35 % de la DBO₅, 60% de MES et 90% de la matière minérale. La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue primaire dans les épaisseurs pour être traitée.

Il est nécessaire de provoquer la déstabilisation des particules colloïdales dans les eaux résiduaires industrielles afin de favoriser leur agglomération et permettre leur séparation de la phase liquide.

La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

➤ *L'indice de Mohlman*

L'indice de Mohlman nous permet de contrôler la qualité de boue activée maintenue dans les bassins d'aérations ainsi que la qualité de décantabilité au niveau du clarificateur. Cet indice est exprimé en mg/l et calculé à partir de V_{D30} et MES des bassins selon la relation suivante :

$$I_m = V_{D30} / \text{MES}$$

Avec :

- V_{D30} : volume de boue décanté pendant 30 minutes.
- MES : Matière en suspension du bassin.

Selon la valeur de l'Indice de Mohlman on peut distinguer trois catégories de décantabilité :

Si : $I_m < 50 \text{ ml.g-1}$: Mauvaise décantation

Si : $50 < I_m < 150 \text{ ml.g-1}$: Bonne décantation

Si : $I_m > 150 \text{ ml.g-1}$: Phénomène de building (Foisonnement des bactéries filamenteuse)

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30 % de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant.

Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé « boues primaires ».

➤ *Différents types de décantation*

Divers types de matières décantables sont à distinguer :

a- Les *particules grenues* décantent indépendamment les unes des autres avec chacune une vitesse de chute constante

b- Les *particules plus ou moins floculées (coalescentes)* qui s'agglomèrent pendant la sédimentation, ces particules décantent selon deux mécanismes différents :

- **Décantation diffuse** : lorsque la concentration en MES est faible, le floc décante librement et sa vitesse de chute augmente au fur et à mesure que d'autres particules s'y agglomèrent.
- **Décantation en piston** : lorsque la concentration en MES est élevée, l'abondance des floccs crée une décantation d'ensemble freinée, le plus souvent caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant.

Le traitement primaire des eaux usées domestiques est n'est pas nécessaire dans le cas d'une station d'épuration a faible charge, on peut «éliminer le décanteur primaire.

C'est notamment le cas lorsque les effluents sont régulièrement dilués par des eaux de pluie et donc moins décantables. Il est alors plus économique de se passer de traitement primaire et de surdimensionner le traitement secondaire.

II-4 Traitement biologique

Le traitement biologique des eaux résiduaires a pour but d'éliminer la matière organique dissoute par actif des bactéries et micro organismes.

Il permet de passer des éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en éléments floculables et de constituer des agrégats que l'on peut séparer de l'eau.

Il faut aussi signaler que la plupart des procédés biologiques exigent un domaine optimum de pH compris entre 6,5 et 8,5 quant à l'activité microbienne, elle est optimale à 30°C et requière des quantités suffisantes en nutriments.

La dégradation biologique à effectuer est caractérisée par le souhait de réduction de la Demande Biologique en Oxygène (DBO).

Dans les systèmes aérobie, l'eau est aérée avec de l'air comprimé (dans certain cas avec de l'oxygène). Les systèmes anaérobies fonctionnent en l'absence d'oxygène.

On associe généralement à un réacteur..

Aérobie

- Une décantation
- Une clarification
- Une nitrification

- Une aération

Anaérobie

- Une digestion
- Une méthanisation
- Un stockage et une utilisation des gaz

II-5 Les procédés biologiques extensifs ou naturels

Les procédés extensifs correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration en organisme épurateur est faible. Elles comportent normalement pas de recyclage de liqueur bactérienne sauf dans certains cas où une recirculation d'un complexe algo-bactérien est utilisée.

Le **lagunage** utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 à 90 % de la DBO, 20 à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes.

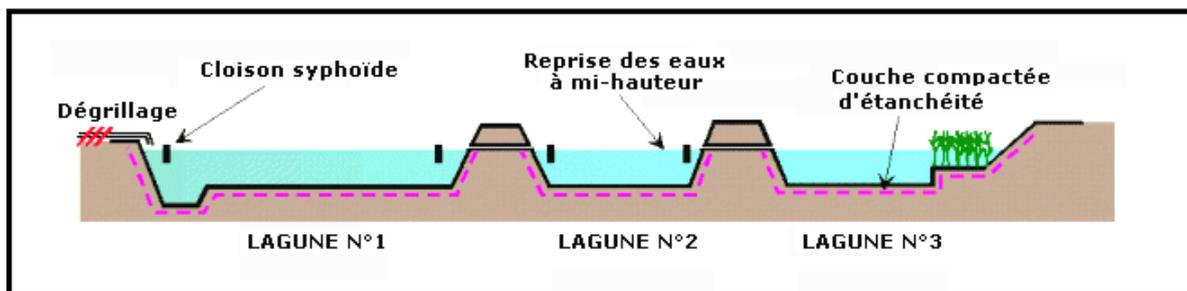


Figure II-5 : lagunage naturel.

II-6 Les procédés biologiques intensifs

Ils regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui « consomment » les matières polluantes. Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels.

- **Les installations à « boues activées »**

Il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone (sous la forme de dioxyde de carbone - CO₂) sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés « boues ». Après un temps de séjour dans un bassin d'aération, l'effluent est renvoyé dans un **clarificateur**, appelé aussi décanteur secondaire. Ensuite, les boues sont soit envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réinjectées pour partie dans le bassin d'aération. On qualifie cette opération de « recirculation des boues ».

Les traitements par boues activées éliminent de 85 à 95 % de la DBO₅, selon les installations. C'est le traitement biologique le plus simple et le plus fréquemment utilisé actuellement en France.

- **Les installations à « cultures fixes »**

La technique des lits bactériens consiste à faire ruisseler les eaux à traiter sur un support solide où se développe une culture de micro-organismes épurateurs, le « film biologique » ou « biofilm ». Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO. Ces procédés équipent moins de 10 % du parc français des stations d'épuration. Ils sont en général réservés aux installations d'une taille inférieure à 2 000 équivalents-habitants.

La **biofiltration** utilise une culture bactérienne fixée sur un support granulaire. Le milieu granulaire sert à la fois de filtre et de support aux cultures bactériennes. Cette installation offre donc la possibilité de réaliser conjointement la dégradation des matières polluantes et la clarification des eaux usées. Quel qu'il soit, le matériau retenu doit se caractériser par son action filtrante et permettre une fixation maximale des cultures biologiques. Un système d'aération apporte l'oxygène nécessaire à l'intérieur du filtre. Cette technique élimine environ 90 % de la DBO et peut également éliminer l'azote.

II-7 Les procédés membranaires

Les procédés membranaires combinent des procédés biologiques et physiques. Ces membranes très fines constituent une barrière physique qui retient les micro-organismes et les particules.

II-8 Boues activées

Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées. La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes flocculants, est mélangée avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée. C'est ainsi que les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension.

L'aération des eaux résiduaires a lieu dans des bassins en béton qui ont une forme appropriée en fonction du système d'aération, du mode d'introduction des eaux et de la boue activée. On appelle ces bassins des bassins d'aération ou bassins à boues activées. Afin de maintenir une biomasse suffisante, la boue est recyclée par pompage dans le bassin de décantation secondaire.

Il existe de nombreux systèmes différents pour l'aération dans le procédé à boues activées. Le choix dépend de la composition de l'eau résiduaire, ainsi que des conditions de construction et d'exploitation de l'installation au point de vue technique et économique.

II-8-1 Principe de la boue activée

Par des processus biologiques, les matières organiques contenues dans l'eau résiduaire sont ingérées par cette faune microscopique et transformée en biomasse vivante, c'est-à-dire oxydées par respiration.

De cette façon, les matières organiques présentes dans l'eau résiduaire sous forme dissoute et colloïdale sont transformées en une matière corpusculaire, ce qui la rend sédimentable dans des bassins de décantation secondaire.

La boue activée se compose principalement d'organismes hétérotrophes, c'est-à-dire qui utilisent des matières organiques et acquièrent de l'énergie par oxydation ou respiration. Ces organismes prélèvent alors dans la solution les matières ayant des caractéristiques nutritives. Ils construisent des substances organiques à partir de substances inorganiques et libèrent de

l'oxygène. Ce dernier est utilisé pour la dégradation par oxydation de substances organiques en substances inorganiques.

Outre les impuretés organiques contenant du carbone, les composés azotés peuvent aussi être oxydés, jusqu'au stade du nitrate. En effet, on s'efforce aujourd'hui de diriger et maîtriser les phénomènes de nitrification-dénitrification qui se déroulent d'une façon plus ou moins fortuite et incontrôlée dans des phases aérobies d'épuration. Le procédé des boues activées est ici particulièrement approprié : le nitrate, produit obligatoirement en même temps dans les installations de boues activées à faible charge, y est éliminé par dénitrification. Grâce à la dénitrification biologique, les nitrites et nitrates peuvent aussi être éliminés des eaux résiduaires qui ne sont pas d'origine biologique.

L'eau résiduaire pré clarifiée est introduite dans le bassin d'aération, où elle est aérée pendant environ quatre heures jusqu'à l'obtention des exigences minimales pour le rejet dans l'émissaire ou pour passer à la phase de traitement tertiaire. L'aération est théoriquement de 1 à 3 g/l. L'eau résiduaire traverse le bassin de décantation secondaire où la boue se dépose. Une partie de la boue déposée est réintroduite dans le bassin à boues activées. La boue excédentaire produite est pompée hors du bassin de décantation secondaire et amenée vers le traitement des boues.

Le procédé à boues activées a quatre objectifs:

- Éliminer la pollution carbonée (matières organiques) ;
- Éliminer une partie de la pollution azotée ;
- Fixer le phosphore dans la matière décantée ;
- stabiliser les boues (procédé dit d'« aération prolongée » ou « digestion aérobie »).

II-8-2 Avantages de la boue activée

Ce procédé élimine les molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires. Il est de plus relativement sûr, du fait du contrôle aisé des différents facteurs nécessaires à son fonctionnement. Comparé à la technique des lits bactériens, il est plus efficace et plus rapide. Enfin, les nuisances telles que les odeurs ou les mouches sont inexistantes et son installation demande peu de place.

Ce dispositif est intéressant à partir de 400 équivalent-habitants minimum et peut aller jusqu'à un traitement de 100.000 à 200.000 équivalent-habitants.

II-8-3 Inconvénients de la boue activée

L'épuration biologique à boue activée est un dispositif qui nécessite un entretien rigoureux sous peine de dysfonctionnement, voire de panne. L'investissement de départ est élevé, mais une comparaison avec les autres modes d'épuration permet de relativiser. L'implantation d'un site dans un espace vert peut provoquer quelques nuisances, au niveau du bruit et des matériaux utilisés. Enfin, la production de boues reste conséquente.

II-9 Éléments d'une station à boues activées

Un procédé à boues activées visant à éliminer les matières organiques (pollution carbonée, parfois azotée et/ou phosphatée) comprend les éléments suivants :

- Bassin d'aération : une à quatre phases sont réalisées dans ce bassin, selon le type et le niveau de traitement souhaité :
 - ✓ Dans tous les cas, un bassin avec apport d'air (turbine ou diffusion de micro bulles) de manière à obtenir une teneur en oxygène dissous suffisante pour l'activité biologique afin de permettre l'élimination du carbone et, si besoin, la nitrification des composés azotés.
 - ✓ Dans le cas du traitement de l'azote, une ou deux étapes anoxiques permettant de dénitrifier les composés azotés.
 - ✓ Dans le cas du traitement du phosphore par voie biologique, une étape anaérobique (généralement en amont de tous les autres bassins).
 - ✓ Dans le cas du traitement de l'azote, une recirculation des boues mixtes du bassin aéré vers le 1^{er} bassin anoxique.
- bassin de décantation secondaire (dit aussi clarificateur) : l'eau épurée est évacuée par « *surverse* » dans le milieu naturel (sauf traitement tertiaire).

Les boues quant à elles, produites dans le premier bassin, décantent naturellement et sont renvoyées en plus grande partie vers le bassin d'aération (recirculation), tandis que la partie excédentaire est dirigée vers un circuit de déshydratation ou un stockage spécifique.

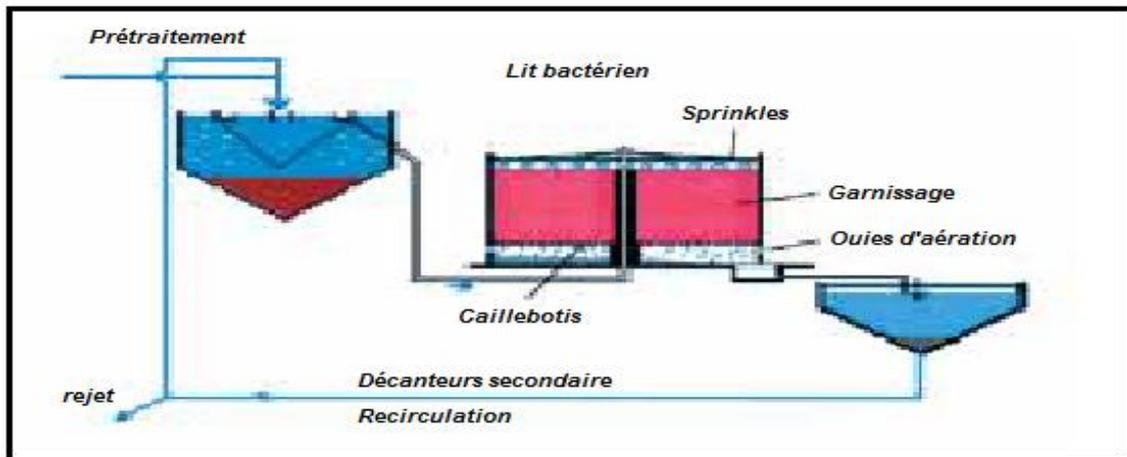


Figure II-6 : synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien.

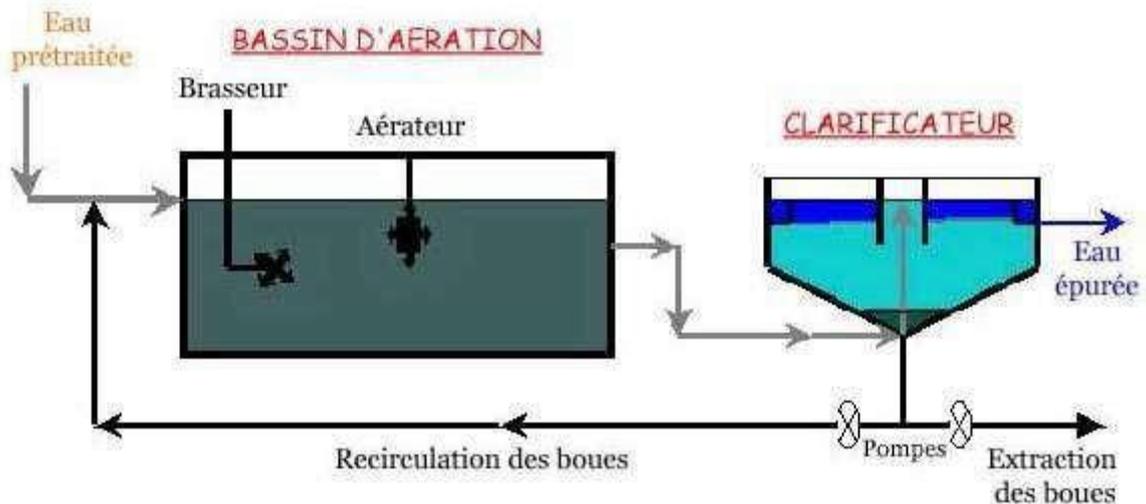


Figure II-7 : les différents éléments d'un procédé à boue activée.

II-10 lit bactérien

II-10-1 Principe de lit Bactérien

Cette technique consiste à faire supporter les micro-organismes épurateurs par des matériaux poreux ou caverneux. L'eau à traiter est dispersée en tête de réacteur, traverse le garnissage et peut être reprise pour une re-circulation. Dans les lits bactériens (ou filtres bactériens ou bio-filtre), la masse active des micro-organismes se fixe sur des supports poreux inertes ayant un taux de vide d'environ 50 % (minéraux, comme la pouzzolane et le coke

Chapitre II : Les différents procédés d'épuration des eaux usées urbaine

métallurgique, plastiques, les roches volcaniques, les cailloux) à travers lesquels on filtre l'effluent à traiter.

Pour ne pas avoir un colmatage rapide de la culture bactérienne, il faut effectuer les opérations de pré-traitement suivantes : dégrillage, dessablage, dégraissage et décantation primaire (décanteur-digesteur). Puis, l'effluent (eau à traiter) est réparti aussi uniformément que possible (dispersion en pluie par une grille de répartition rigoureusement plane) à la surface du filtre.

Ensuite l'effluent (eaux à traiter) va être aspergé sur le lit bactérien grâce à un gicleur. L'aération dans le lit bactérien est réalisée par tirage naturel ou par ventilation. Ainsi, une aération abondante, par le sommet et le bas du massif filtrant provoque sur ce dernier le développement d'une flore microbienne aérobie, de plus, la percolation lente de l'effluent rend le processus d'oxydation efficace.

Lorsque la pellicule bactérienne devient trop importante, elle se détache naturellement; elle doit alors être séparée de l'effluent par décantation. L'eau va donc dans un décanteur secondaire (ou clarificateur) afin d'éliminer les éventuelles boues restantes.

➤ *Avantages et inconvénients*

Ce système d'épuration présente certains avantages :

- Faible consommation d'énergie ;
- Fonctionnement simple demandant peu d'entretien et de contrôle ;
- peut être installé en amont d'une station à boue activée afin de déconcentrer les effluents du type agroalimentaire ;
- bonne décantabilité des boues ;
- Plus faible sensibilité aux variations de charges et aux toxiques que les boues activées.

Mais aussi des inconvénients :

- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées, qui tient en grande partie aux pratiques anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit par conséquent permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes ;
- Coûts d'investissement assez élevés ;
- Nécessité de pré-traitements efficaces ;
- Sensibilité au colmatage et au froid ;

- Source de développement d'insectes (en cas de conception et/ou d'exploitation défectueuse) ;
- boues fermentescibles ;
- Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.

L'épuration par lit bactérien permet pour une station de traiter des charges de pollution de 100 à 3000 éq-hab, mais convient surtout pour des charges de 300 à 2000 éq-hab (équivalent habitant).

➤ *Principe de Bio filtration (bactéries fixées)*

La biofiltration est utilisée pour traiter des eaux usées provenant d'un large éventail de sources et dont les compositions et concentrations organiques varient grandement.

On retrouve plusieurs exemples d'applications de la biofiltration. En guise de liste d'applications non exhaustive et nonobstant le type de matériau, des biofiltres ont été développés et commercialisés pour le traitement de déchets animaux, de lixiviats de sites d'enfouissement, d'eaux de laiteries, d'eaux usées domestiques.

Ce procédé est polyvalent, car il peut être adapté à de faibles débits ($<1 \text{ m}^3/\text{j}$), par exemple pour traiter des eaux usées domestiques de résidences isolées, ainsi qu'aux débits produits par une municipalité ($>240\,000 \text{ m}^3/\text{d}$). En production décentralisée d'eaux usées domestiques, par exemple dans le cas de résidences isolées, il a été démontré qu'il existe d'importantes variations quotidiennes, hebdomadaires et annuelles dans les taux de production hydraulique et organique, variations attribuables aux modes de vie des familles modernes. (Lacasse, 2007)

Dans ce contexte, un biofiltre installé en aval d'une fosse septique assure un procédé robuste capable de soutenir la variabilité observée sans compromettre l'efficacité du traitement. Quelques technologies de biofiltration dédiées au traitement des eaux usées domestiques ont été commercialisées à l'échelle mondiale. La plupart de ces technologies de biofiltration utilisent un matériau organique. En raison de leur complexité sur les plans chimique et physique, ces technologies offrent une bonne stabilité et sont très adaptables à la variabilité de l'apport en eau.

Remarque

Le recours à l'épuration biologique dépend de la biodégradabilité des effluents, et sa conception doit tenir compte de particularités propres aux ERI :

- Leur composition en nutriments est rarement équilibrée. Une correction de la teneur en P et/ou N doit souvent être pratiquée,
- Les fortes concentrations en sels minéraux sont fréquentes et leurs variations rapides peuvent perturber le développement de l'épuration
- Des âges de boue élevés sont souvent utiles à la stabilité et à l'efficacité du procédé,
- Une attention particulière doit être apportée au maintien de zones de pH et de la température à des valeurs relativement constantes.
- Les polluants organiques des ERI présentent des biodégradabilités et des taux de biodégradation très variables. Certaines matières organiques sont dégradées rapidement, d'autres plus lentement, et certaines ne le sont pas ou peu et participent ainsi à la DCO « dure » de l'eau traitée. D'une manière générale, la stabilité et l'efficacité de l'épuration biologique des ERI comparées à celles des ERU (eaux résiduaires urbaines) impliquent des cinétiques des réactions de dégradation de la pollution plus lentes, c'est-à-dire des temps de contact plus importants de l'effluent à traiter avec la biomasse épuratrice et par suite des âges de boues élevés.
- Le démarrage des installations peut nécessiter desensemencements appropriés.

II-11 Traitement tertiaire

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappent à la meilleure décantation. Ainsi même après un traitement secondaire, l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants.

Les traitements tertiaires ou traitements de finition sont utilisés en vue d'améliorer les caractéristiques d'une eau usée ayant subi une épuration biologique et des traitements primaires préalables.

Ces traitements de finition peuvent être décidés pour des raisons et applications diverses :

- amélioration générale des critères de rejet de manière à parfaire l'équilibre biotique du milieu récepteur (rivière, lac, etc...).

Chapitre II : Les différents procédés d'épuration des eaux usées urbaine

- implantation sur la rivière de nouvelles prises d'eau destinées à la consommation humaine.
- réutilisation de l'eau usée à des fins industrielles (refroidissement ou même fabrication).
- besoins agricoles en irrigation.
- recyclage de l'eau usée dans les nappes aquifères, etc...

Selon le type d'utilisation, la gamme des traitements mis en œuvre sera plus ou moins étendue avec pour objectifs :

- la réduction des matières en suspension et de la pollution organique biodégradable.
- la réduction de la pollution azotée ou phosphorée.
- la réduction de la pollution organique non biodégradable.
- l'élimination plus ou moins poussée de certains germes pathogènes ou parasites, etc...

Cependant ces traitements de finition ne peuvent être envisagés qu'à la seule condition que l'ensemble de l'assainissement, et en particulier la collecte des eaux usées, ait été maîtrisé. De même, les traitements situés en amont doivent être fiables sous peine de nuire à la qualité de cette finition.

• *Réduction des matières en suspension et de la pollution organique biodégradable*

Le traitement le plus utilisé pour cela est la **filtration tertiaire** qui selon la nature du matériau utilisé permet de réaliser une épuration essentiellement physique ou biologique.

Par exemple, la filtration sur sable permet d'atteindre des rendements d'élimination des matières en suspension proches de 80% et réduit la pollution organique carbonée de 60 à 75%.

• *Réduction de la pollution organique non biodégradable*

Pour fixer les matières carbonées dissoutes non biodégradables (par exemple les détergents), le moyen le plus sûr est l'**adsorption sur charbon actif**.

Rappelons que l'adsorption est définie comme la fixation des molécules organiques d'une phase liquide ou gazeuse à la surface de certains matériaux. Le charbon actif est utilisé sous forme de poudre fine ou de granulés.

La plupart du temps, on réalise une filtration de l'eau sur des lits de charbon en grains mis en œuvre suivant divers agencements (lits mobiles ou lits fixes).

L'obtention de performances optimales implique l'élimination avant adsorption de la quasi-totalité des matières en suspension et de la pollution biodégradable pour éviter une prolifération bactérienne dans la masse du lit de charbon actif.

• *Réduction de la pollution azotée*

La pollution azotée qui est essentiellement sous forme soluble se trouve sous les différentes formes ci-après :

- l'**azote organique(N)**, provenant surtout des déjections animales et humaines et des rejets d'industries agro-alimentaires.

- l'**azote ammoniacal(NH₄⁺)**, qui peut provenir de rejets industriels (chimie en particulier) ou de la transformation par des processus biochimiques naturels de l'azote organique des eaux usées domestiques.

➤ **L'élimination de l'azote**

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH₄⁺). L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de « **nitrification-dénitrification** ». La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrates (NO₃), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la **dénitrification**, complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries « dénitrifiantes », sont transformés en azote gazeux. Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère.

II-12 La déphosphatation

L'élimination du phosphore se fait par une déphosphatation, soit physico-chimique ou biologique.

La déphosphatation biologique (procédé récent), est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est, généralement, moins bon que celui de la déphosphatation physico-chimique.

La déphosphatation peut aussi être réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique et s'effectuer soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final.

- ***La dés-phosphatation chimique***

L'élimination chimique du phosphore est réalisée au moyen de réactifs (sels de fer et d'aluminium, chaux) qui donnent naissance à des précipités ou complexes insolubles séparés de l'eau par des techniques de séparation de phase solide-liquide.

La déphosphatation chimique présente un nombre important de variantes, selon la nature des réactifs mis en œuvre et selon l'intégration de l'étage de précipitation dans la filière de traitement.

- ***La dés-phosphatation biologique***

Le principe repose sur un transfert du phosphore de la phase liquide (eaux usées à épurer) vers la phase solide (boues) par stockage intracellulaire.

Cette accumulation réalisée par des micro-organismes particuliers, conduit à la formation de granules de polyphosphates (poly-P) ou grains de vultine. Ainsi, la boue s'enrichit progressivement en phosphore jusqu'à des teneurs très importantes. Il est alors très aisé d'assurer l'élimination du phosphore par simple soutirage des boues en excès.

Voici un tableau Comparatif des avantages et des inconvénients entre les méthodes d'élimination du phosphore par voie biologique et par voie chimique :

Tableau II-2: Comparatif des avantages et des inconvénients entre les méthodes d'élimination du phosphore par voie biologique et par voie chimique.

	Voie biologique	Voie physico-chimique
Elimination du Phosphore	Rendement instable : 50-70%	Potentiellement très poussé
Equipement nécessaire	Bassin d'anaérobiose équipé	Système d'injection et de stockage des réactifs
Coût de fonctionnement	Faible	Plus élevé
Production supplémentaire de boues	Négligeable	20% environ
Qualité de la boue	Inchangée	Meilleure décantabilité
Impact sur le traitement des Boues	Epaississement par voie mécanique obligatoire	Aucun
Impact de la composition de l'eau sur le rendement	Fort	Faible

Source: CABANES F, 2006.

- ***La désinfection : élimination des germes pathogènes ou parasites***

Par définition, les eaux usées urbaines, parce qu'elles représentent les déchets de la vie individuelle et collective des agglomérations, contiennent des micro-organismes pathogènes susceptibles de déclencher des maladies (bactéries, virus, parasites,...).

La désinfection a pour but de détruire les micro-organismes pathogènes. Elle pourra être imposée par la présence de germes pathogènes dans les eaux résiduaires urbaines susceptibles d'affecter des milieux récepteurs dont la qualité bactériologique devra être sauvegardée ou restaurée pour certains usages. Il s'agit le plus souvent de baignades

et surtout de zones conchylicoles et dans une moindre mesure de rivières, étangs ou lacs utilisés pour la production d'eau potable.

➤ ***Les différents procédés de désinfection susceptibles d'être mis en œuvre utilisent :***

- le chlore (à l'état gazeux ou sous forme d'hypochlorite de sodium : eau de javel): c'est actuellement le moyen de désinfection et de stérilisation le plus utilisé et le mieux maîtrisé.

- le bioxyde de chlore (ClO₂) qui est un réactif très performant mais dont la mise en œuvre est délicate et nécessite une surveillance sérieuse.

- l'ozone : il est très performant et très efficace pour l'élimination des virus .

Il permet l'élimination de la couleur à 90 %, un abattement de la DCO de 20 % et une réoxygénation du milieu.

- les rayons ultra-violets

Les systèmes UV désinfectent en inactivant les micro-organismes comme les bactéries, les virus, et les parasites qui pourraient causer des épidémies.

Dans le large spectre des rayonnements électromagnétiques, l'efficacité des longueurs d'ondes UV-C (200 à 280 nm), pour inactiver ces micro-organismes, est reconnue. Elles endommagent les acides nucléiques (ADN ou ARN) et stoppent la reproduction de ces organismes.

II-13 Traitement des boues

Le traitement des eaux usées urbaines et industrielles génèrent des quantités variables de boues, boue primaire issue du décanteur primaire et boue secondaire issue du traitement biologique. Ces boues sont très liquide, souvent fermentescibles, porteuses de germes et d'agents pathogènes et génératrices de mauvaise odeurs, d'où la nécessité de les traiter.

Les objectifs du traitement sont :

- la réduction du volume des boues
- la réduction voire l'élimination du pouvoir fermentescible.
- la Réduction du risque sanitaire et environnemental

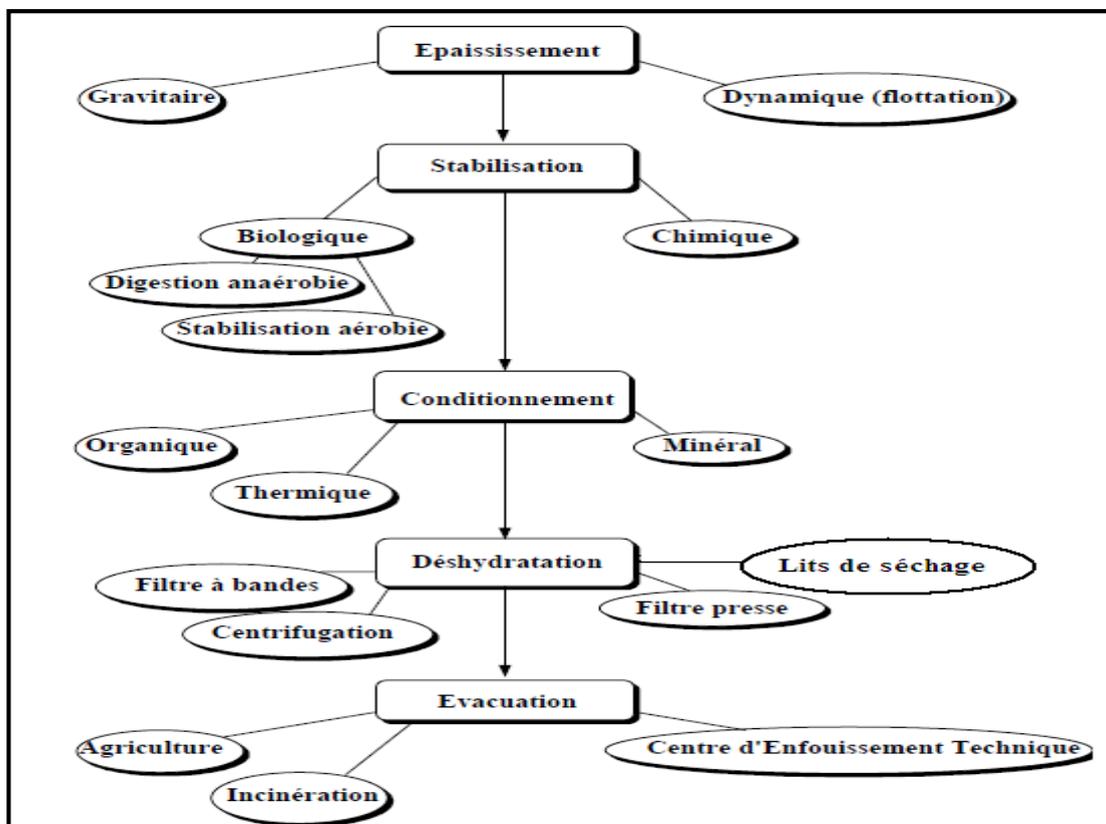
La filière de traitement des boues comprend en générale un traitement d'épaississement, une étape de stabilisation suivie d'une filtration, le séchage puis l'élimination (incinération, réutilisation). Le choix des traitements apportés aux boues des eaux résiduaires industrielles dépend fortement de leurs origines et caractéristiques (teneur en matières sèche, teneur en MO et MVS, concentration en ETM....etc.)

Tableau II-3 : Les opérations de traitement des boues et leurs objectifs.

Opération	But
Stabilisation	Réduire la fermentescibilité des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs
Concentration	Eliminer une partie de l'eau interstitielle afin d'éviter son transport
Stockage	Assurer une capacité tampon harmonisant les besoins d'extraction et les possibilités d'évacuation à l'extérieur
Homogénéisation	Donner au destinataire finale un produit connu et relativement constant
Conditionnement	Modifier les caractéristiques de la boue afin de faciliter la séparation des phases solides et liquides
Déshydratation	Augmenter la siccité afin de rendre le produit solide ou pâteux

Source: Duchene, 1990

Figure II-8: Principales filières de traitement des boues.



Source : (P. Grulois, 2002)

On distingue trois grands types de traitement :

► **Réduction de la teneur en eau des boues**

Pour réduire les volumes à manipuler, différents procédés sont mis en œuvre comprenant, par ordre croissant d'efficacité et de coût, l'épaississement, la déshydratation et le séchage (**Ademe, 1996**). En amont de ces procédés, des traitements dits de conditionnement:

• **Le conditionnement**

Est souvent utilisé pour favoriser la séparation liquide-solide. Il utilise des flocculants organiques de synthèse (appelés poly-électrolytes) ou minéraux (chaux, sels de fer ou d'aluminium). Le conditionnement peut aussi se faire par voie thermique (autoclavage) et consiste en une cuisson des boues à 180 - 220 °C pendant une demi-heure à deux heures pour casser les liaisons colloïdales propres à la rétention d'eau. Ce procédé est toutefois rarement utilisé en raison des difficultés d'emploi et d'un coût prohibitif.

• **L'épaississement**

La première étape du traitement des boues d'épuration est l'épaississement et permet de diminuer le volume des boues à traiter ou à disposer, en plus d'améliorer le rendement de digestion et de déshydratation (**Blais et Sasseville, 1996**).

Il vise donc à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues (**Anred, 1988**), sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue.

Cet épaississement peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation). La siccité des boues épaissies ne dépasse pas usuellement 7 % en moyenne et se situe plutôt vers 5 à 6 %. Généralement, les boues épaissies gravitairement ne sont pas conditionnées et leur siccité plafonne à 3 ou 3,5 %.

Ce procédé est fréquent en zone rurale et concerne les petites stations d'épuration, de taille inférieure à 2 000 équivalents habitants. L'épaississement dynamique (ou mécanique) devient plus fréquent pour les stations de taille comprise entre 2000 et 5000 équivalents habitants.

Les intérêts de l'épaississement sont multiples :

-A capacité égale, augmentation du temps de séjour dans les cuves de stockage des digesteurs aérobie et anaérobies.

Chapitre II : Les différents procédés d'épuration des eaux usées urbaine

-Amélioration de la sécurité d'exploitation, en particulier dans les installations d'eaux résiduaires urbaines, les boues des décanteurs primaires peuvent être pompées très liquide.

-Amélioration de la production des dispositifs de déshydratation, lits de séchage, filtre sous vide, filtre presse, centrifugeuse, (**Degrement, 1972 ; Thomann, 1983**).

- ***La déshydratation***

Cette technique a pour but l'élimination de la majeure partie de l'eau contenue dans la boue et l'obtention d'un déchet solide facilement manutentionnable et de volume réduit (**Nakib, 1986**).

On a alors :

- Séchage par des procédés mécaniques.
- Séchage sur lit.
- Séchage thermique.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini les différentes étapes de traitement des eaux usées, avec ces Procédés éliminent une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de L'épuration.

Enfin, on peut rejeter les eaux épurées dans le milieu récepteur sans risque de contamination ou de pollution majeur.

Chapitre III :
Présentation de la station de
bouismail

Chapitre III : Présentation de la station de bou-ismaïl

Introduction

Le traitement des eaux usées, quel que soit le système choisi, fait toujours appel aux procédés de séparation liquide-solide. Cette séparation est effectuée dans une station d'épuration spéciale aux traitements des eaux usées. En effet, une station d'épuration est composée d'une succession de bassins empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque bassin est conçu pour extraire les différents polluants contenus dans les eaux afin de protéger la santé publique, l'environnement et pour une éventuelle réutilisation des produits issus de la STEP à savoir les eaux usées épurées et les boues.

Dans ce cadre, ce chapitre est consacré à la description détaillée des différents ouvrages composant la station d'épuration de la ville de BOU ISMAIL objet de notre étude.

III-1 Présentation de la STEP de la ville de BOU ISMAI

Les eaux usées à traiter sont constituées principalement par des effluents d'origine urbaine. Le dispositif d'assainissement de la ville de BOU ISMAIL est du type unitaire.

La station d'épuration de BOUISMAIL, traite les eaux usées provenant de cinq (05) localités à savoir : Bouismail, Bouharoun, khemisti, Fouka et Douaouda. Sa capacité est prévue pour pouvoir traiter un débit journalier de : 32.000 m³/j correspond à 230.000 équivalents habitants à l'horizon 2030.

Le procédé qui fut retenu est l'épuration biologique par boues activées à faible charge. La mise en service de la station remonte à 2019 et sa gestion est menée par l'Office national de l'assainissement de BOUISMAIL Cette station d'épuration permettra de régler définitivement le problème de la pollution du littoral qui était devenu le réceptacle des eaux usées.

III-1-1 Capacité nominale de la station d'épuration 230 000 E.H

Cette station de traitement, a été dimensionnée pour traiter les débits et charges suivants :

a) Charge hydraulique

Le tableau suivant représente les différents débits de station d'épuration :

Tableau III-1 : Différents débits des eaux usées dans la STEP.

Charge hydraulique	Unité	Horizon 2030
Equivalent habitant	E.H	230.000
Volume journalier	m ³ /j	32.000
Débit moyen journalier	m ³ /h	1.334
Débit de pointe en temps sec	m ³ /h	2.175
Débit maximal admis en temps de pluie	m ³ /h	3.263

b) Charge polluante

La station a été dimensionnée pour traiter les charges polluantes présentées dans le tableau ci-après :

Tableau III-2 : Différentes charges polluantes des eaux usées dans la STEP.

Charge polluante	Unité	Horizon 2030
Charge journalière en DCO	Kg/j	31.050
Charge journalière en DBO ₅	Kg/j	18.400
Charge journalière en MES	Kg/j	20.700
Charge en azote ammoniacal (N- NH ₄)	Kg/j	2.990

c) Niveau de traitement requis

Les limites de rejet prises en référence sont définies dans le tableau suivant :

Tableau III-3: Normes de rejet des effluents de la station d'épuration.

Paramètres	Unité	Concentration en mg/l	Rendement minimum d'élimination en %
DBO ₅	mg/l	≤ 30	≥ 90
DCO	mg/l	≤ 90	≥ 80
MES	mg/l	≤ 30	≥ 90
NTK	mg/l	≤ 25	≥ 80

N.B: Après prétraitements, si le débit de pointe en temps sec maximal à admettre sur la biologie en situation 2030 sera de 2.175 m³/h , dans ce cas là on doit faire une extension pour cette station .

III-2 Description et caractéristiques des ouvrages et équipements

III-2-1 Principe de traitement

Le traitement retenu est un traitement classique par boues activées faible charge avec élimination de la matière organique liée au carbone et à l'azote. Ce dernier élément étant principalement traité pour éviter les remontées de boues en clarification suite à une dénitrification sauvage. Les actions de nitrification et dénitrification pourront être réalisés par une aération syncopée.

III-2-2 Filière de traitement

Du point de vue fonctionnel, le traitement par boues activées à faible charge est mis en œuvre dans une installation comprenant les postes suivants :

a. La filière eau est caractérisée par les opérations suivantes :

- Poste de relevage de tête ;
- fin mécanisé ;
- dégrillage dessablage déshuilage aéré ;
- bassin d'aération (aération y compris zone de contact et zone de dégazage) doté de système d'apport d'oxygène ;
- Clarificateur ;
- désinfection par hypochlorite de sodium et canal de comptage des eaux épurées type Venturi.

b. La filière boues est caractérisée par les opérations suivantes :

- recirculation des boues et extraction des boues en excès ;
- épaissement gravitaire des boues en excès ;
- déshydratation mécanique des boues et lits de séchage installés de secours.

c. Principaux ouvrages et équipements annexes :

- Eaux industrielles, et lavage machine ;
- Poste toutes eaux ;
- Eaux d'arrosage des espaces verts ;

- Poste de livraison électrique ;
- Groupe électrogène.

III-3 Ouvrages d'arrivée

III-3-1 Arrivées des eaux

L'ouvrage de réception recevra la totalité du flux véhiculé par la conduite et sera équipé :

- d'un seuil déversoir pour tous les débits excédentaires au débit maximal à admettre en temps de pluie ;
- d'une vanne murale en inox 316L permettant d'isoler totalement la station.

Dans ce cas, les effluents seront déversés dans une canalisation de by-pass générale. Ce déversoir devra par ailleurs servir de sécurité en cas de colmatage ou d'incidents au niveau des dégrilleurs grossiers.

III-4 Poste de relevage des eaux usées

Il est prévu un poste de relèvement doté de groupes électropompes dont un de secours automatique, submersibles, assurant le débit maximum de 3.263 m³/h.

Le fonctionnement des pompes sera asservi sur :

- une mesure en continu du niveau sur sonde ultrason ;
- une variation de vitesse d'au moins un groupe pour permettre une alimentation régulière de la station d'épuration ;
- un secours de la sonde ultrason sur des contacteurs de niveau.

La manutention des pompes sera effectuée par un palan électrique monté sur chariot manuel, le tout porté par une poutre en acier galvanisée.

Au droit de la dépose des pompes, le service cocontractant prévoira une dalle de réception d'une surface minimale 4 m², avec point d'eau de lavage, et regard d'évacuation avec grille.

III-5 COMPTAGE ET PRELEVEUR DES EAUX BRUTES

III-5-1 Mesure de débit

Le comptage des eaux brutes est assuré par un débitmètre électromagnétique situé sur la canalisation d'alimentation des prétraitements. Le service cocontractant justifiera le choix de la position, et le diamètre de l'équipement retenu pour qu'il puisse satisfaire à toutes les situations actuelles, et au débit maximal futur.

III-5-2 Préleveur d'échantillon d'eau brute

Un préleveur d'échantillons automatique d'eaux brutes est prévu. Les échantillons recueillis serviront à déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes.

Cet équipement dont le fonctionnement sera asservi à la mesure de débit entrant sera de type réfrigéré et installé sous un abri. Les prélèvements seront effectués après le dégrillage fin.

III-5-3 mesure des débits by passes

Les débits by-passés seront comptabilisés par mesure de la hauteur d'eau en amont du déversoir (mesure US).



Figure III-1 : Photo illustrant la fosse à batard.

III-6 Dégrillage grossier

➤ *Paramètres de dimensionnement*

- Type de grille **Vertical à nettoyage automatique**
- Matériaux de construction **Acier inox AISI316L**
- Débit maximal d'eaux usées (gravitaire) **2300 m³/h**
- Nombre de grilles **2**
- Espacement entrefer **40 mm**
- Débit maxi. par grille **2300 m³/h**
- Epaisseur minimale des barreaux **10 mm**
- Vitesse de passage à travers de la grille **1,0 m/s**
- Vitesse de passage dans le canal (fonctionnement nominal) **0,8 m/s**
- Surface utile **0,8 m²**
- Largeur adoptée **1,3 m**

III-7 Dégrillage fin

Le dégrillage fin est assuré au moyen de deux lignes de dégrillage fin mécanisé dotées chacune d'une grille, munie d'un dispositif de nettoyage automatique pour diminuer les interventions manuelles et d'un espacement entre barreaux de 8 mm.

Les déchets recueillis par ces dégrilleurs fins sont évacués par une vis de transfert et de compactage et stockés dans deux bennes de volume minimal 5 m³ (fourniture Entreprise) la chute des déchets dans la benne sera réalisée par un dispositif de sélection rotatif en acier inox 316L.



Figure III-2 : le dispositif de nettoyage automatique du dégrillage fin.

➤ *Paramètres de dimensionnement*

- Type de grille **Vertical à nettoyage automatique**

- Le fonctionnement des dégrilleurs sera commandé par horloge électrique et indicateur de perte de charge différentielle.

Tableau III-4 : Caractéristiques du dégrillage fin.

Désignation	Unité	Horizon 2030
Débit max.	m ³ /h	3.263
Type de grille	u	à nettoyage automatique
Nombre de grilles	u	2
Ecartement entre barreaux	mm	8
Epaisseur des barreaux	mm	10
Vitesse de passage à travers la grille	m/s	1,0
Vitesse de passage dans le canal	m/s	0,8
Matériaux de construction châssis et grille		Inox 316 L
Hauteur adoptée	m	2,5 2,5
Largeur adoptée	m	1,8

III-8 Dessablage-Déshuilage

A l'issue de l'étape de dégrillage fin, les particules minérales (sable) de granulométrie supérieure à 200 micron, la matière organique agglutinée aux particules de sable et la flottation des déchets plus légers (graisses) devront être séparés de l'affluent pour ne pas gêner l'étape du traitement biologique.

L'ouvrage sera un dessableur-déshuileur composé de trois (03) files de traitement, comportant une zone d'aération où l'air est insufflé dans la partie inférieure et une zone tranquillisée, destinée à l'accumulation et à l'élimination des huiles et graisses en surface.

L'ouvrage sera conçu pour traiter un débit total de 3.263 m³/h, correspondant au débit maximal à admettre sur la station.

Les matières légères et les graisses sont repoussées par un système de raclage mécanique qui assure leur collecte et leur déversement dans une goulotte, puis dirigées dans une fosse de stockage où elles s'épaississent.

Les matières décantables glissent sur la paroi inclinée pour atteindre la zone de reprise. Le temps de séjour minimal dans l'ouvrage est de 6 minutes au débit max admis. L'aération et le brassage devront être suffisamment dimensionnés pour éviter la décantation de matières et le risque de fermentation pendant les périodes de faibles débits.

La vitesse ascensionnelle doit être suffisante pour pouvoir retenir environ 80 % de matières grasses à une température inférieure à 30°C. Toutefois, elle ne pourra excéder 25 m/h sur le débit max admis.



Figure III-3 : Photo illustrant le dessabler / déshuileur.

➤ *Paramètres de dimensionnement*

- Débit maximal admis en temps de pluie - **Dmtp 3263 m³/h**
- Nombre d'ouvrages **1**
- Nombre de lignes **3**
- Temps de séjour mini au débit de pointe temps sec **6 min**
- Charge hydraulique maximale en pointe **25 m³/m²/h**
- Largeur Total (W) **3,0 m**
- Largeur de déshuilage **1,0 m**
- Largeur de dessablage **2,0 m**
- Hauteur total (H) **4,55 m**
- Longueur (L) **15,0 m**
- Volume unitaire **135 m³**
- Surface unitaire superficielle **45,0 m²**
- Surface unitaire transversale **9,0 m²**

III-9 Traitement Biologique

Le traitement biologique de la situation 2030 sera réalisé sur trois filières identiques en parallèle pour permettre le traitement d'un débit d'effluents de 2.175 m³/h. l'écrtage sera réalisé par un ouvrage de régulation et répartition en aval des prétraitements. Chaque ligne de traitement biologique sera isolable par vanne manuelle. Dans ce cas les débits excédentaires pourront être soit admis dans les deux lignes de traitement, soit en by-pass.

Le traitement biologique est du type « boues activées » faible charge réparti sur trois files de traitement identiques isolables individuellement. L'alimentation de chaque chaîne sera réalisée par des seuils déversoirs combinés à des vannes murales en inox.



Figure III-4 : le bassin biologique avec la zone de dégazage.

➤ Paramètres de dimensionnement

Les paramètres de dimensionnement sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III-5 : Caractéristiques de l'effluent admis sur la chaîne de traitement biologique.

PARAMETRES	UNITES	VALEUR JOURNALIERE 2030
Volume journalier	m ³ /j	32.000
DBO ₅	kg/j	18.400
MES	kg/j	20.700
Charge en azote ammoniacal (N- NH ₄)	Kg/j	2.990
Charge massique maximale	kgDBO ₅ /kgMVS/j	0.10
Concentration de MVS considérée	kgMVS/m ³	3.6
MVS/MES	/	0.7

❖ Résultats du dimensionnement

Volume global nécessaire (charge massique) **51111,11 m³**

Volume global nécessaire (charge massique)

$$= \frac{\text{Charge massique DBO}_5}{\text{Charge massique maximale} \times \text{concentration MVS considérée}}$$

III-9-1 Dimensions des bassins

- Nombre de bassins **3**
- Largeur utile **64,00 m**
- Longueur utile **42,67 m**
- Hauteur utile **7,00 m**
- Volume utile unitaire adopté **19.115 m³**
- Volume utile global adopté **57.344 m³**

III-9-2 Conditions réelles de fonctionnement

- Charge volumique réel **0,35 kgDBO₅/m³.j**
- Charge massique réel **0,095 kgDBO₅/kgMVS.j**

Chapitre III : Présentation de la station de Bou-Ismail

- Temps de séjour au débit de dimensionnement à l'horizon 2030(Q=2175m³/h) **23,3 h**
- Temps de séjour au débit moyenne journalier (Q=1334 m³/h) **40,0 h**

III-9-3 Aération

A. Aérateurs

- Type Aérateurs de surface vitesse lente
- Apport spécifique brut en oxygène admissible maximal **1,9 kgO₂/kWh absorbé**
- Temps de fonctionnement maximum des aérateurs **18,0 h/j**
- Puissance total utile nécessaire pour l'aération **1384 kW**
- Puissance total utile nécessaire para l'agitation **2007 kW**
- Nombre d'aérateurs par bassin **6**
- Puissance absorbée unitaire nécessaire par aérateur **76,9 kW**
- Puissance adoptée par aérateur **90 kW**

III-9-4 Zone de contact

Située en tête du traitement biologique, reçoit la totalité des eaux prétraitées et une fraction de la recirculation des boues. Elle permet de mettre la boue recirculée en présence de la charge de pollution, et donc d'accroître la teneur en substrat disponible pour les microorganismes. Elle favorise ainsi la croissance de germes non filamenteux et permet d'améliorer l'indice de boues.

Le temps de passage minimum sera de 15 mn sur le débit moyen journalier (eau usée et recirculation des boues).

La masse de boues dans la zone de contact sera homogénéisée par un agitateur immergé en inox de brassage monté sur barre de guidage en inox 316 L. La manutention de cet agitateur sera réalisée par une potence appropriée en inox 304L équipée d'un treuil.

➤ Paramètres de dimensionnement

- Charge appliquée dans la zone : **150 gDCO/kgMES**
- Temps de contact - Tc = **15 min**
- Nombre de zones de contact 3

III-9-5 Zone de Dégazage

Il facilite l'élimination des bulles d'air présentes dans la liqueur en transit vers le décanteur secondaire.

Pour chaque ligne de traitement, il sera installé entre le bassin d'aération et le clarificateur une zone de dégazage.

Tableau III-6 : caractéristique de la zone de dégazage.

Désignation	Unité	Valeur
Débit max	m ³ /h	2.175
Nombre d'ouvrage	U	3
Vitesse ascensionnelle maximale en pointe	m/h	40

Les flottants seront repris automatiquement par un système de raclage automatique.

Les flottants rejoindront un réseau spécifique pour être pompés vers l'épaississeur des boues.

III-10 Clarification

Les eaux issues de la zone de dégazage, alimenteront les clarificateurs. Les clarificateurs sont de type à suction intégrale équipés d'un dispositif **de raclage pour la récupération** des flottants et leurs évacuations vers le réseau des flottants avant pompage vers l'épaississement des boues.

Les boues de reprises du fond de l'ouvrage seront évacuées vers une bêche d'où elles seront pour partie recirculées vers la zone de contact (pour 1/3) et en tête du traitement biologique (pour 2/3), ou extraites vers le traitement des boues (boues en excès).



Figure III-5 : Photo illustrant un clarificateur.

Tableau III-7 : Conditions de fonctionnement des clarificateurs

Désignations	Unités	Horizon 2030
Débit max admis	m ³ /h	2.175
Nombre de décanteurs	U	3

Les paramètres de dimensionnement à respecter pour la détermination des clarificateurs sont :

- Vitesse ascensionnelle au niveau du miroir maximale à 0,6 m/h Hauteur d'eau minimale en périphérie d'ouvrage de 3,00 m ;
- Charge maximale en MS au radier 120 kg MS/m²/j ;
- Vitesse d'approche maximale sur le déversoir : 10 m³/m/h.

Les eaux traitées seront évacuées par déversement sur une lame en acier inox 316L. Une contre lame permettra le blocage des flottants qui seront raclés vers une trémie avant transfert vers le réseau des flottants suivi du poste de pompage vers l'épaisseur des boues.

III-11 Comptage et préleveur des eaux traitées

III-11-1 Comptage des eaux épurées

Le comptage des eaux traitées est assuré par un canal venturi équipé d'une mesure de hauteur en continue par ultrasons.

La tranquillisation de l'effluent sera assurée par :

- Une longueur suffisante de l'ouvrage et appropriée au seuil Venturi retenu,
- Une arrivée immergée dans l'ouvrage

III-11-2 Préleveur d'échantillon d'eaux traitées

Le préleveur d'échantillons automatiques d'eaux traitées est prévu. Les échantillons recueillis serviront à déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux traitées.

Cet équipement dont le fonctionnement sera asservi à la mesure de débit entrant sera de type réfrigéré et installé sous un abri. Les prélèvements seront effectués dans le regard d'alimentation du canal de mesure de débit.

III-12 Recirculation et extraction des boues

Les boues accumulées au niveau du décanteur seront transférées vers la fosse à boues. Une partie de ses boues sera recirculée vers la zone de contact avec un taux de recirculation des boues pouvant être ajustables par une variation de fréquence. Ce taux ne pourra être inférieur à 140% du débit moyen entrant. Le transfert des boues en excès sera assuré par des pompes spécifiques et dimensionnées de façon à pouvoir fonctionner 7 jours sur 7 et 10 h par jours.

III-12-1 Recirculation

Pour chaque ligne de traitement, le débit de boues recirculée sera mesuré en continu par un débitmètre électromagnétique. La répartition entre zone de contact et aération sera effectuée par un jeu de vannes manuelles positionnées avant l'introduction dans les ouvrages.

Le service cocontractant prévoira au moins deux pompes pour assurer le débit de recirculation et une de secours installée par ligne de traitement. Le fonctionnement de ces groupes est asservi

Chapitre III : Présentation de la station de Bou-Ismail

au débit d'entrée des eaux brutes en s'assurant que le temps de stockage de boues en clarification ne générera pas des problèmes de maladie de boues.

Un poste de pompage commun hydrauliquement ainsi qu'une conduite de refoulement commune entre les trois lignes sont proscrites.

III-12-2 Production et pompage des boues en excès

La quantité de boues produites par l'épuration des eaux et devant subir le traitement des boues est justifiée par un calcul.

Ces boues en excès seront reprises au niveau de chaque poste de recirculation. La canalisation de refoulement vers l'épaississeur pourra être commune.

III-13 épaissement et pompage des boues épaissies

III-13-1 Epaississeur herse

La boue décantée extraite des clarificateurs par le pompage des boues en excès est introduite dans l'épaississeur gravitaire hersé. Le temps de stockage minimal en situation 2030 sera de 4 jours. Les boues sont introduites dans l'ouvrage par le centre pour atteindre la chambre de tranquillisation.

L'épaississement des boues est amélioré par la présence d'une herse du type grille rotatif en acier inox 316L, permettant d'éviter la formation de poche d'air dans la boue en cours de sédimentation. Cette herse sera posée sur une passerelle en béton armé.

La boue épaissie est extraite de l'ouvrage, tandis que le liquide surnageant est évacué par le haut puis recyclé en tête de station.

Tableau III-8: Les caractéristiques techniques des ouvrages.

Désignation	Unité	Horizon 2030
Concentration maximale des boues	g/l	25
Temps de séjour minimal de la masse de boues	Jours	4
Charge maximale au radier	kg MS/m ² /j	40



Figure III-6 : Photo illustrant l'épaisseur des boues.

III-14 Déshydratation des boues

La déshydratation se fait par des centrifugeuses. Le procédé utilise le principe de la centrifugation pour essorer les boues après floculation.

➤ Paramètres de dimensionnement

- Type	centrifugeuse
- Temps hebdomadaire de fonctionnement de la déshydratation	5 j/semaine
- Temps de fonctionnement de la déshydratation	8 h/j
- Temps de fonctionnement de la déshydratation en cas d'entretien	12 h/j
- Nombre de centrifugeuses en fonctionnement	2
- Nombre de centrifugeuses en fonctionnement en situation d'entretien	1
- Concentration de boues déshydratées	180 kg/m³
- Rendement des centrifugeuses	95%

➤ Résultats du dimensionnement

- Débit massique de boues épaissies (5 j/sem)	20.113 kg/j
- Débit massique horaire de boues épaissies	2514 kg/h
- Débit journalier de lamas épaissies	(5 j/sem) 805 m³/j
- Débit horaire de boues épaissies	101 m³/h

Une centrifugeuse doit déshydrater la production totale des boues épaissies dans 12 h/jour et 5 jour/semaine.



Figure III-7 : Photo illustrant les pompes doseuses d'injections de polymère.

III-14-1 Evacuation des boues déshydratées

Les boues déshydratées seront extraites de l'ouvrage par des pompes volumétriques. Il est prévu une pompe par machine à déshydrater et une de secours installée. Les pompes fonctionnent 5 jours / semaine à raison de 12 h par jours (y compris phases de mise en service, arrêt et lavage des bandes). A chaque sortie de pompe sera associée une mesure de débit en continu de la masse de boues traitée avec une prise d'échantillon manuelle.

Par un jeu de vanne, un des groupes de pompage pourra être utilisé pour l'alimentation des lits de séchage secours.



Figure III-8 : le stockage des boues

➤ **Stockage des boues déshydratées**

- Type	silos
- Capacité	100 m³
- Nombre de silos	2
- Autonomie de stockage	1,9 j

III-15 Traitement tertiaire : désinfection

III-15-1 Type de désinfection

La désinfection consiste à réduire les germes pathogènes des effluents. Elle est effectuée par l'injection d'un agent oxydant (hypochlorite de sodium) qui a une action destructrice directe sur les germes.

Les caractéristiques de ce poste sont les suivantes :

- Le service cocontractant précisera le dosage requis de chlore (en mg/l) afin d'assurer la désinfection.

Tableau III-9 : Caractéristiques d'ouvrages de désinfection.

Dosage de chlore	g/ m ³ de Cl	15
Temps de contact	min	14
Masse de chlore consommée	Kg Cl / j	8.1
Consommation en hypochlorite de sodium max	kg/ j	74.8

▪ Le service cocontractant doit préciser les caractéristiques de la solution d'hypochlorite de sodium :

- Teneur en Cl : **130 g/l**
- Densité : **1,20**

Stockage et pompage de la solution d'hypochlorite de sodium :

La solution d'hypochlorite de sodium est distribuée par une pompe de dosage en service et une de réserve fonctionnant en alternance et des cuves de stockage placée dans un local. Des pompes doseuses pour l'injection de l'eau de javel sont installées.

Le service cocontractant doit justifier les caractéristiques suivantes :

- Type de pompe (dimensionnée pour le dosage maximum) : **électromagnétique**
- Nombre de pompes doseuses installées : **2**
- Nombre de pompes doseuses en fonctionnement : **1 un**
- Nombre de pompes doseuses de réserve (secours automatique) : **1 un**

III-15-2 Cuves de stockage

L'injection de la solution d'hypochlorite de sodium se fait à partir des containers ou de cuve de stockage, opaque pour limiter la baisse trop rapide du degré chlorométrique, placés dans un local. L'autonomie minimale proposée est de 25 jours. La cuve ou les containers de stockage seront munis de dispositifs de rétention évitant tout déversement brutal de réactif en cas d'incident. Une douche de sécurité avec lave œil sera positionnée à proximité des stockages et du poste de dosage.

Chapitre III : Présentation de la station de Bou-Ismail

L'offre intégrera le système de dépotage et pompage de l'eau de Javel depuis le camion de livraison jusque dans la cuve de stockage.

- Autonomie minimale de la cuve de stockage 20 j
- Nombre de cuves de stockage 1 un
- Consommation solution hypochlorite de sodium (dosage moyen) 20,8 l/j
- Volume nécessaire 0,4 m³

III-15-3 Bassin de désinfection

Cette désinfection sera réalisée dans un ouvrage de contact dont le temps de séjours sera au minimum de 20 mn sur le débit de pointe de temps sec. Cet ouvrage comportera des cloisons intérieures en béton formant chicanes et favorisant le mélange du désinfectant dans les effluents. Le bassin devra être isolable totalement ; dans ce cas les effluents rejoindront directement la canalisation de rejet.

III-16 Eaux de service

Un réseau d'eau de service est à prévoir pour l'alimentation de l'ensemble de la station. Ces eaux seront prises en sortie de la désinfection. Le poste de surpression Proposé aura un débit minimum de 60 m³/h (hors lavage des bandes de la déshydratation), devra comporter :

- Au moins 3 pompes multicellulaires identiques, dont une en secours Automatique ;
- Un filtre à cartouche ;
- Un ballon de maintien de pression.

Cet équipement sera dimensionné pour permettre de garantir une pression de 3 bars au niveau de la borne de lavage la plus éloignée du poste de surpression.

La canalisation d'aspiration dont la vitesse de transfert sera inférieure à 1 m/s sera équipée de :

- Un clapet amont pour maintien de pression ;
- Une crépine au point d'aspiration.

Les diamètres des canalisations de distribution seront définis afin que la vitesse de l'eau dans le réseau d'eau de service ne doive pas excéder 1,7 m/s.

Chapitre III : Présentation de la station de Bou-Ismail

Ce réseau distribuera aussi les points d'arrosage équipés de canalisation acier galvanisées DN 30 dépassant de 0,60 m du sol minimum avec vanne manuelle, adaptateur symétrique pour tuyau souple, et protection mécanique sur une hauteur minimale de 0,40 m. Les points d'arrosage seront situés à des distances maximales de 50 m les uns des autres.

III-17 Evacuation des eaux épurées

Les eaux traitées depuis le poste de désinfection, seront évacuées vers la mer.

1) Pompage toutes eaux (ou fosse toutes eaux)

Les effluents internes à la station tels que :

- Retours vis essorage des sables ;
- Sous nageant flottant décanteur, dégazage et fosse à graisse ;
- Filtrats du traitement des boues et eau de lavage des toiles ;
- Rejets du local d'exploitations ; locaux techniques, loge gardien ;
- Tous les autres effluents pollués internes à la station.

Seront réunis dans un poste de pompage interne équipé de groupes immergés (dont un secours automatique) afin de les renvoyer en tête de station en amont des dégrilleurs fins.

Un débitmètre électromagnétique sur la canalisation de retour permettra de connaître et quantifier les eaux de retour.

2) Pompage des flottants

Tous les flottants seront réunis par des canalisations de diamètre minimal de 100 mm, et de pente supérieure à 5 mm/m dans un poste de pompage équipé de deux pompes (dont une en secours automatique) et relevés dans le Clifford de l'épaississeur.

III-18 Ouvrages et équipements annexes

- **Matières de vidange** : Il n'est pas prévu d'accueillir de matière de vidange sur la station d'épuration.
- **Produits de curage de réseaux** : Il n'est pas prévu d'accueillir de produit de curage sur la station d'épuration.

III-18-1 Locaux d'exploitation et locaux techniques

La STEP comportera les locaux nécessaires pour assurer une exploitation correcte de l'installation et respect des besoins de sécurité et d'hygiène pour le personnel.

La station comportera au moins les locaux suivants :

- ✓ Locaux administratifs.
- ✓ Sanitaires
- ✓ Laboratoire
- ✓ Annexe : Bâtiments d'exploitation, Bâtiments administratifs
- ✓ Local déshydratation
- ✓ Locaux électriques

Remarque

Le synoptique de la station d'épuration de Bou Ismail est indiqué en annexe N° 1

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée sur les différents ouvrages composant la STEP de Bou Ismail et les caractéristiques de fonctionnements de chaque ouvrage. On peut dire que malgré le cout d'investissement assez élevé pour implanter une station d'épuration à boue activée et assurer son entretien mais le plus essentiel de tout ça c'est qu'elle arrive à avoir du bon rendement épuratoire et c'est le procédé le plus répandue dans le pays. C'est pour cela on a choisi d'étudier les performances d'une STEP à boue activée (Bou Ismail) et voir si on peut réutiliser les eaux épurées de cette dernière.

Chapitre IV :

Valorisation des boues

Chapitre IV : Valorisation des boues

Introduction

Les éléments polluants et leurs produits de transformation retirés de la phase liquide au cours de tout traitement d'eau, quelle qu'en soit la nature, se trouvent finalement rassemblés dans la très grande majorité des cas dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées "boues".

Le caractère commun de toutes ces boues est de constituer un déchet encore très liquide, de valeur généralement faible ou nulle. Certaines d'entre elles sont chimiquement inertes, mais celles qui proviennent de traitements biologiques sont souvent fermentescibles et nauséabondes.

IV-1 Classification des boues

❖ Les boues primaires

Ceux sont des dépôts qui proviennent du traitement primaire des eaux usées, par décantation.

❖ Les boues physico-chimiques

Proviennent de la décantation après traitement avec des réactifs chimiques (agents flocculant).

❖ Les boues biologiques

Proviennent d'une épuration biologique des eaux usées, composées d'agrégats de micro floccs bactériens.

IV-2 Caractéristiques des boues des STEP

Les caractéristiques des boues des STEP dépendent de la structure des villes, du type de réseaux d'égouts, du style de vie ainsi que du type de traitement des eaux usées qui est mis en œuvre. Les boues contiennent les différentes substances nocives y compris des métaux lourds.

Le choix des options de traitement et de valorisation des boues requiert l'identification des caractéristiques précises des boues des STEP. A cette fin, il est nécessaire de poursuivre les analyses par échantillonnage.

Tableau IV-1 : caractéristiques des boues des STEP en Algérie.

		Boumerdés	Beni Messous	Réghaia	Baraki	Tizi-Ouzou
Procédé de traitement des boues		Déshydratation	Déshydratation	Déshydratation	Digestion et Déshydratation	séchage
Siccité (wt%)		13.3	20.8	30.1	22.5	59.3
Trois composants (wt %)	Humidité	-	79.20	69.90	77.50	-
	Matière solide volatile	-	8.71	13.22	9.62	-
	Cendre	-	12.09	16.88	12.85	-
	Total	-	100.00	100.00	100.00	-
Pouvoir calorifique (kcal/kg)	Supérieur à l'état sec	3170	2571	2396	2550	2110
	Inférieur à l'état sec	2850	2403	2247	2387	1690
Analyse élémentaire (wt%)	C	-	5.03	7.40	5.48	40.6
	H	-	0.64	0.83	0.70	7.69
	N	-	0.59	0.76	0.64	2.88
	O	-	2.24	3.91	2.59	22.4
	S	-	0.11	0.21	0.16	0.9

Source : Office National d'Assainissement.

❖ *Indice de boue*

L'indice de Boue (IB), permet d'une part de traduire la bonne ou la mauvaise disponibilité des boues à la décantation, et d'autre part de fixer un taux de MES à maintenir dans le bassin d'aération.

❖ *La teneur en matière sèche (siccité)*

Les boues sont constituées d'eau et de matières_sèches. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %. Selon la puissance du procédé de séchage utilisé, épauvrissement, déshydratation ou séchage thermique, on obtient des boues à différents pourcentages de siccité : Boues liquides

Chapitre IV : Valorisation des boues

(4 à 10 %), Boues pâteuses (10 à 25), Boues solides (25 à 50 %), Boues granulées ou en poudre pour une siccité supérieure à 85 % (ADEME, 1996).

❖ *La teneur en matière volatile*

On mesure cette teneur par la différence entre le poids de boues sèches (105°C) et celui de cette même boue après chauffage jusqu'au poids constant à 550°C, cette teneur varie de 60 à 85% des matières sèches (Jamonet, 1987).

❖ *Teneur en eau*

L'eau présente 95% de la masse de la boue. Dans une boue urbaine elle est sous deux états:

- l'eau libre : assez facilement éliminable par filtration ou décantation,
- l'eau liée ou combinée : comprenant: l'eau d'hydratation colloïdale, l'eau capillaire et enfin l'eau chimique liée. Cette eau ne peut être éliminée que par la chaleur (conditionnement thermique, séchage ou incinération).

❖ *La viscosité*

Les boues ne sont pas des liquides newtonien, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement (viscosité de Bingham), cette viscosité permet de définir leurs caractères **thixotropiques** (aptitude à se prendre en masse au repos et devenir fluide après brassage) qui est important pour leur transport (A.F.E.E ,1974).

❖ *La charge spécifique*

Ce paramètre permet de mesurer l'aptitude à la décantation des boues, il est exprimé en (Kg/m²/j).c'est la quantité de la matière sèche décantée sur l'unité de surface, cette charge dépend de la teneur en matière volatil (A.F.E.E, 1974).

❖ *La résistance spécifique*

Il s'agit de mesure l'aptitude à la filtration des boues sous une pression donnée, selon Mathian (1986), cette résistance s'exprime en m/kg (A.F.E.E ,1974).

❖ *La compressibilité*

Lorsqu'on fait croître la pression au-dessus d'un filtre, on obtient un écrasement du gâteau et une augmentation de la résistance à la filtration, la représentation logarithmique de la

résistance spécifique en fonction de la pression augmente et atteint des valeurs de l'ordre de 10 bars, la filtration de l'eau contenue dans les boues est pratiquement bloquée, on atteint alors la siccité limite (**Degrémont, 1989**).

❖ *Les pouvoirs calorifiques*

Les teneurs en matières organiques des boues leur donne une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de les incinérer (**A.F.E.E ,1974**).

IV-3 Composition de la boue : intérêt agronomique/éléments indésirables

Les boues résiduelles représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

❖ *Les éléments utiles*

La valorisation des boues en agriculture est intéressante, tant par les quantités de matière organique qu'elles contiennent que par la présence en quantité appréciable d'éléments fertilisants. D'après **M Guy Atlan, 2003**, Le tableau III.12 donne la composition en éléments les plus communément rencontrés dans les boues.

Grâce aux apports de matières organiques et de calcaire ,la fertilisation avec des boues d'épuration contribue à une amélioration de la qualité physique ,chimique et biologiques des sols .Des essais sur le terrain ont révélé qu'elle entraînait une augmentation de la teneur en humus ,du pH, de l'activité biologique du sol (respiration ,minéralisation de l'azote, activité enzymatique ,etc.) et de la biomasse bactérienne .Cette amélioration est perceptible jusqu'à 1 m de profondeur .le pH a en outre une influence sur la quantité de métaux lourds liés ou libres dans le sol :une augmentation du pH résulte en une diminution des teneurs en métaux lourds libres ,et de ce fait ,des métaux accessibles aux végétaux (**Franz X. Stadelmann,2002**). Selon **CULOT F Marc, (2005)**, le chaulage, en augmentant le pH, stabilise les boues en les hygiénisant (si $\text{pH} > 11$), réduit temporairement la mobilité des ETM (car les micro-organismes du sol peuvent les redispobiliser facilement), et apporte un amendement calcaire aux sols intéressant pour de nombreux agriculteurs.

Tableau IV-2 : Composition en éléments utiles des boues

	Boue liquide	Boue pâteuse	Boue sèche	Boue chaulée	Boue compost.
Teneur en matières sèches MS	2 à 7	16 à 22	90 à 95	25 à 40	40 à 60
Teneur en matières organiques % MS	65 à 70	50 à 70	50 à 70	30 à 50	80 à 90
Teneur en matières minérales % MS	30 à 35	30 à 50	30 à 50	50 à 70	10 à 20
PH	6,5 à 7	7 à 8	6 à 8	9 à 12	6 à 7
Rapport Carbone/azote (C/N)	4 à 5	5 à 6	4 à 6	8 à 11	15 à 25
Azote (kg N/T brute)	2 à 4	8 à 12	30 à 50	6 à 9	5 à 9
Phosphore (kg P ₂ O ₅ /T brute)	2 à 3	6 à 9	50 à 70	6 à 10	6 à 8
Potasse (kg K ₂ O/T brute)	0,9	0,8	5	1	1 à 2

Source : (ADEME, 2001)

❖ *Les éléments fertilisants*

Le recyclage des boues en agriculture se justifie d'abord par leur valeur agronomique. Ils sont sources d'éléments fertilisants nécessaires aux plantes (N, P, K, oligo-éléments). En fonction de leur composition chimique, les épandages de boues apportent aux sols des quantités d'éléments fertilisants équivalentes à une fertilisation minérale classique. Ils sont alors utilisés, au moins en partie en substitution, d'engrais à prix en forte croissance comme les engrais azotés. Dans le cas du phosphore, le recyclage ajoute une valeur complémentaire, liée au fait que le phosphore est une ressource limitée et non renouvelable.

❖ *La matière organique*

La matière organique contenu dans la boue sert de source d'énergie aux microorganismes du sol qui, en la transformant (c'est-à-dire en la décomposant), libèrent des éléments nutritifs et du CO₂ nécessaires à la croissance des plantes.

Celles-ci retournent au sol la matière organique sous forme de résidus culturels, de feuilles, de racines mortes et le cycle est bouclé.

Le sol contient 2-3 kg/m² de biomasse. L'activité biologique de cette biomasse participe à des phénomènes tels que la structure du sol et sa porosité, la perméabilité du sol, la lutte contre le

lessivage des éléments nutritifs ou l'érosion voire encore la disponibilité de certains éléments nutritifs comme le P ou le K (CULOT F Marc, 2005).

Le rapport C/N ou rapport carbone sur azote est un indicateur qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire de son aptitude à se

Décomposer plus ou moins rapidement dans le sol:

- $C/N < 15$: production d'azote, la vitesse de décomposition s'accroît ; elle est à son maximum pour un rapport $C/N = 10$,
- $15 < C/N < 20$: besoin en azote couvert pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée,

$C/N > 20$: Pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone (il y a compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les microorganismes du sol, c'est le phénomène de "faim d'azote"). L'azote est alors prélevé dans les réserves du sol. La minéralisation est lente et ne restitue au sol qu'une faible quantité d'azote minéral.

Il est couramment admis que, plus le rapport C/N d'un produit est élevé, plus il se décompose lentement dans le sol mais plus l'humus obtenu est stable.

❖ *Les éléments indésirables*

Parmi ceux-ci on distingue les éléments traces métalliques (ETM), les composés traces organiques (CTO) et les micro-organismes pathogènes, pouvant porter atteinte à la santé et à l'environnement.

❖ *les éléments traces métalliques (ETM)*

Les éléments traces métalliques sont normalement présents dans les sols et certains sont indispensables à la croissance des plantes (ils sont appelés oligo-éléments). Dans l'ensemble (tableau III.13), la concentration de ces ETM dans les boues est faible, et très inférieure lorsqu'on rapproche la valeur de chaque ETM à la valeur limite réglementée (M Guy Atlan, 2003)

Tableau IV-3 : Concentration des ETM dans la boue.

Elément-trace	Valeur moyenne* observée (en g/T MS)	Valeur-limite réglementaire**	En % de la valeur réglementaire
Cadmium (Cd)	2,5	10	25
Chrome (Cr)	50	1 000	5
Cuivre (Cu)	330	1 000	33
Mercurure (Hg)	2,3	10	23
Nickel (Ni)	40	300	13
Plomb (Pb)	90	800	12
Sélénium	10	/	/
Zinc (Zn)	800	3000	32
Cr +Cu+ Ni+Zn	1 220	4 000	30

Source: (M Guy Atlan, 2003)

❖ *Les composés traces organiques (CTO)*

Ce sont des produits chimiques (hydrocarbures et leurs dérivés, produits de dégradation, solvants...) qui résultent essentiellement de l'automobile et engins motorisés, des activités industrielles dans une moindre mesure du fait des réglementations de plus en plus suivies mais également de pratiques domestiques irrespectueuses des règles. Les précipitations pluviales et le lessivage des chaussées interviennent largement dans cet apport de CTO dans les boues.

Ces produits sont plus ou moins dégradés par l'activité microbologique du sol et à concentration élevée, ils peuvent devenir toxiques pour les micro-organismes essentiels à la fertilité des sols.

On distingue deux grandes classes de CTO – hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) et polychlorobiphényles (PCB) , avec les concentrations moyennes observées et les valeurs limites réglementaires retenues (M Guy Atlan, 2003).

❖ *Les micro-organismes pathogènes*

Les boues d'épuration peuvent être porteuses d'une multitude d'agents pathogènes tels que des bactéries (p.ex. des salmonelles) ; des virus, des protozoaires et des helminthes (p.ex. les ascaris).une désinfection des boues d'épuration par traitement thermique permet de réduire considérablement le nombre de pathogènes .l'utilisation agricole de boues hygiénisées ne

présente donc que très peu de danger d'infection pour les êtres humains et les animaux (**Franz X. Stadelmann, 2002**).

D'après **MCEA, (2003)**, les boues et les organismes qu'elles peuvent contenir, se déposent à la surface du sol et des végétaux. Les organismes ne pénètrent pas à l'intérieur des végétaux. Dans ces milieux, les populations d'organismes pathogènes décroissent. Le rythme de décroissance dépend des capacités propres des organismes, mais aussi de nombreuses variables extrinsèques, dont la plus importante est le climat (température, humidité, insolation).

La survie est plus courte :

- sur les végétaux que dans ou sur le sol,
- en été qu'en hiver,
- dans une boue en surface que dans une boue enfouie,
- sur un sol desséchant (sableux) que sur un sol humide.

IV-4 Aspect réglementaire

EN ALGERIE : Inexistence de texte réglementaire relatif à la valorisation agricole des boues. (**Source** : Office National d'Assainissement).

➤ **Norme Algérienne NA 17671 2010** : Matières fertilisantes, boues des ouvrages de traitement des eaux épurées urbaines, Dénominations et spécifications (**Adoption de la NF U44-041 1985**).

IV-5 Destination finale des boues des STEP

Les modes de traitement et de valorisation des boues des STEP doivent être sélectionnés en fonction des quantités de boues produites et de leur nature, après examen globale du système d'assainissement national, et non des méthodes de valorisation seule :

- _ Valorisation agricole : épandage agricole, séchage, compostage.
- _ Valorisation énergétique : combustible alternatif, production d'électricité.
- _ Transformation en matériaux : matière première du ciment, agrégats, matériau de recouvrement.

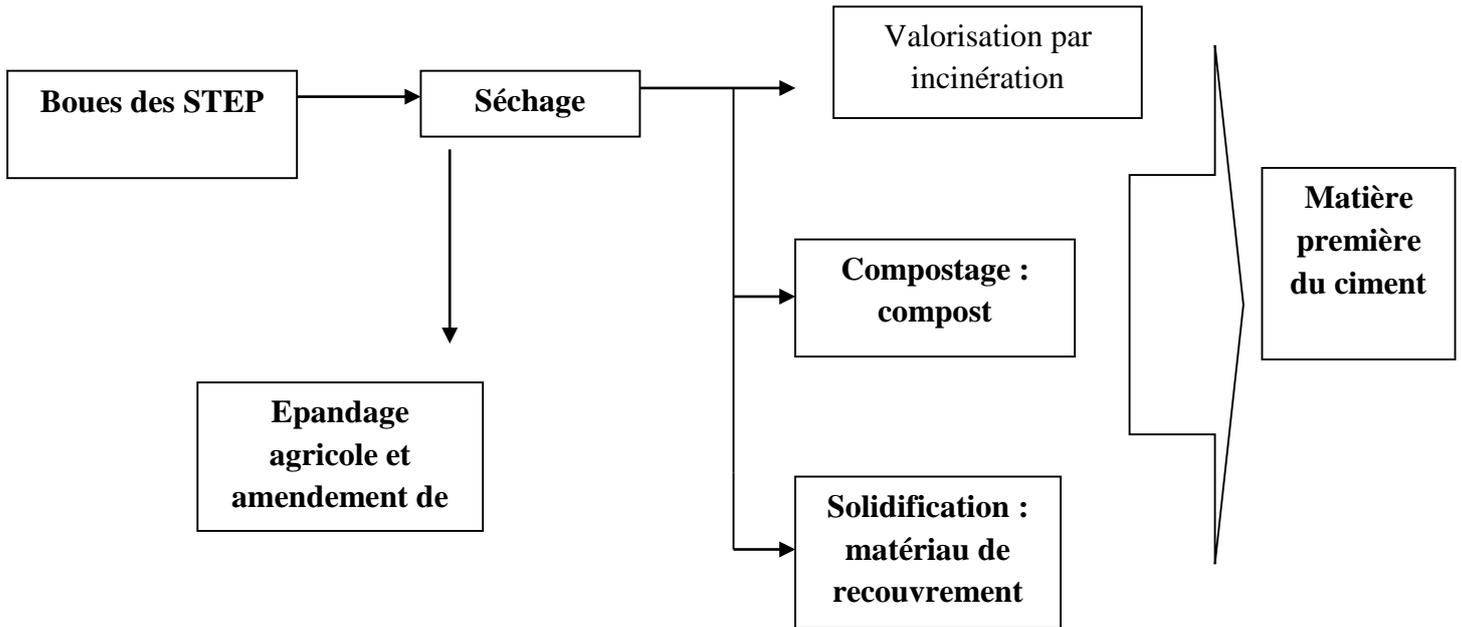


Figure IV-1 : Représentation graphique de modes de valorisation des boues des STEP

IV-5-1 L'application des boues sur les sols

➤ Conditions d'utilisation des boues

D'après **Sophie Mur, (2002)**, les principales conditions d'épandage à maîtriser sont :

- La quantité de boues épandues est quant à elle calculée en fonction de la fertilité des sols, des besoins nutritionnels des plantes, notamment en phosphore et en azote, et en tenant compte des autres produits épandus. Cette quantité ne doit pas dépasser la capacité d'absorption des plantes, notamment dans les zones sensibles aux nitrates d'origine agricole.
- Les conditions techniques d'épandage. Elles sont strictement définies de manière à éviter toute accumulation de substances toxiques dans les sols et à protéger les ressources en eau superficielles et souterraines.
- Les périodes d'épandage se résument à deux périodes de un à deux mois au cours d'une année et l'épandage est interdit durant les périodes où le sol est gelé ou abondamment enneigé et pendant les périodes de forte pluviosité.
- Après épandage sur prairie ou culture fourragère, une période de six semaines doit être respectée avant la remise à l'herbe des animaux ou avant la récolte. Ce délai s'élève à dix-huit

mois avant la récolte pour les cultures maraîchères ou fruitières. L'épandage est interdit pendant la période de végétation pour ces deux types de cultures.

- Des distances minimales par rapport aux ressources en eaux et au voisinage doivent être respectées. Les boues sont épandues à au moins 35 mètres de captages d'eau, d'aqueducs et de réservoirs enterrés d'eau potable. La même distance est requise vis-à-vis des berges des cours d'eau et des plans d'eau. Une distance de 100 mètres par rapport aux immeubles habités et aux zones de loisirs doit être respectée.
- Le stockage des boues ne doit pas engendrer de risques de pollution des sols ou de l'eau. Les boues ne pouvant être épandues que durant certaines périodes de l'année, elles doivent être stockées le reste du temps. La durée de stockage varie en général entre 4 et 9 mois (cas le plus fréquent). Ce stockage fait lui aussi l'objet d'une réglementation précise. Il est notamment conçu pour recueillir les jus afin d'éviter leur dispersion dans l'environnement.

IV-5-2 Modalité d'application des boues

Les méthodes d'épandage se classent suivant le degré de siccité des boues.

A- Les boues liquides

Dont l'humidité est comprise entre 95% et 99% peuvent être répandues par aspersion ou par labourage. Ce mode d'épandage évite les opérations coûteuses de déshydratation et permet de disposer d'un produit riche en azote rapidement utilisable ; il présente cependant un inconvénient : celui des transports des masses importantes d'eau. Ces boues fraîches liquides, susceptibles de présenter des problèmes d'odeurs, doivent être mélangées au sol immédiatement après l'application (**Gamrasni, 1979 cité par Nakib,1986**).

B- Les boues solides

Elles sont épandues facilement avec des épanduses agricoles à fumier. Quelques fois, elles nécessitent un broyage avant leur utilisation car elles peuvent durcir au contact de l'air et composer de gros fragments. Il s'agit essentiellement de celles résultant d'un traitement thermique (**GAÏD A ,1984**).

C- Les boues pâteuses

Leur consistance gélatineuse et leur tendance à coller les rend difficilement utilisables dans de bonnes conditions. Il est fortement conseillé de les sécher avant l'épandage (GAÏD A, 1984).

Les boues séchées reprennent difficilement l'humidité ce qui représente un inconvénient pour le sol.

Un autre problème, plus complexe à résoudre, est l'irrégularité des besoins; en effet l'épandage des boues liquides ne peut pas être effectué pendant toute l'année, mais seulement pendant la période végétative des cultures, alors que la production des boues est régulière. Ceci suppose une mise en réservoir de celle-ci dans les fosses à purin ou des lagunes à boues (Gamrasni, 1979 cité par Nakib, 1986).



Figure IV-2 : Epandage de boues liquides.



Figure IV-3 : Enfouissement par labour.



Figure IV-4 : Epannage de boues pâteuses

CONCLUSION

- ✓ Les quantités de boues produites sont estimées à partir de la matière sèche (un réexamen sera nécessaire sur la base des quantités de boue déshydratée produites) ;

- ✓ Les méthodes de valorisation seront sélectionnées en fonction des caractéristiques de La région où se trouve le centre régional de recyclage.

Chapitre V :
Réutilisation des eaux usées
épurées en irrigation

Chapitre V : Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

Introduction

Pour pallier aux déficits régionaux en eaux conventionnelles et équilibrer le bilan hydrique, l'Algérie s'est engagé dans la mobilisation et la valorisation des eaux non conventionnelles. Par eaux non conventionnelles on désigne (article 4 de la loi du 4 août 2005) les eaux de mer, les eaux usées urbaines, les eaux saumâtres du sud et des hauts plateaux et les eaux de toute origine injectées dans les systèmes aquifères par la technique de la recharge artificielle.

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques. En effet, avec une persistance de la sécheresse et une diminution de 30% de la pluviométrie depuis environ 20 ans, il s'est avéré que l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles est appropriée. Ainsi, les agriculteurs, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. L'épuration de l'eau usée et son utilisation en irrigation est une option attrayante, en particulier dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelables et fiables.

Il faut noter que la plupart des stations d'épuration existantes ou projetées(464) sont situées en amont des barrages .Elles représentent 70% du total prévu pour 2030 et concernent 23% du volume total d'eaux usées. Par ailleurs, sur les 576 Stations d'épuration prévues pour l'horizon 2030, 54 sont à l'intérieur d'un grand périmètre irrigué (GPI) et 59 à moins de 2 km, soit 113 stations offrant un potentiel intéressant pour l'injection d'eaux usées dans le réseau d'irrigation, si la qualité des eaux le permet.

L'objectif de ce travail est une vision pour la gestion des eaux usée épurées en Algérie, accordant une place importante à l'approvisionnement de l'agriculture en eau d'irrigation.

V-1 Réutilisation des eaux usées épurées

Les eaux épurées peuvent être réutilisées pour des usages:

- agricoles (irrigation);
- industriels (circuits de refroidissement, lavages, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. **[Réf2]**);
- collectifs (lavages des voiries et des véhicules municipaux, arrosage des plantations, des parcs et des terrains de sports, alimentation des réseaux incendie).

Chapitre V : Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

Il est à noter qu'en Algérie, le seul exemple de réutilisation industrielle à citer est celui de la STEP de Jijel, qui cède un volume de 15000 m³/mois d'eau usée au profit de la tannerie de Jijel.

Toutefois, les eaux usées épurées sont réutilisées principalement par la protection civile qui récupère un volume de 18763 m³/mois d'eau usée épurée de la STEP de Tipaza pour lutter contre les incendies, et les collectivités locales qui récupèrent 12 m³/mois des eaux épurées pour le nettoyage de la ville à partir de la STEP de Boumerdès. [Réf3];

La politique actuelle de l'Algérie en matière de gestion des ressources en eau insiste sur la nécessité d'encourager l'utilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole et de développer les techniques modernes d'irrigation économisant l'eau. L'État pourrait ainsi économiser plus de 30 % de la consommation actuelle d'eau en agriculture.

En effet, selon les statistiques de l'année 2018 de l'Office national d'assainissement, sur 172 stations d'épuration des eaux usées opérationnelles à travers le pays, seules 17 enregistrent une exploitation de leur production dans l'irrigation agricole, soit un taux de 8 % des eaux traitées, à l'échelle nationale.

V-2 Aspect Institutionnel et Législatif de la réutilisation des eaux épurées

V-2-1 CONCESSION D'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREES

Art. 3. L'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation est soumise au régime de la concession. La concession peut être octroyée à toute personne morale ou physique, de droit public ou privé, qui se propose de distribuer, à des usagers, des eaux usées épurées à des fins d'irrigation au sens de l'article 2 ci-dessus. **Source : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35**

Art. 2. Au sens du présent décret, on entend par « eau usée épurée destinée à l'irrigation, toute eau usée dont la qualité, après un traitement approprié dans une station d'épuration ou de lagunage est conforme aux spécifications fixées par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé et de l'agriculture. **Source : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35**

Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité des eaux épurées et des produits agricoles sont assurés par les directions territoriales de

Chapitre V : Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : **ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce.**

La législation en Algérie qui traite la réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles est stipulée dans les textes suivants :

- **Loi n° 05-12 du 28** Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau.
- **Décret N ° 07-149 du 20 mai 2007** fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux épurées à des fins agricoles.
- **Arrêt interministériel du 02/1/2012** fixant les spécifications des eaux épurées
- Arrêté interministériel fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées
- Arrêté interministériel fixant la liste des laboratoires qualifiée d'analyses de la qualité des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

La réutilisation des eaux usées sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux (MRE, 2012).

V-3 Critères de qualité relatifs aux eaux traitées destinées à l'irrigation

Il est reconnu que les effluents de station d'épuration se révèlent être un apport d'eau supplémentaire notable pour les agriculteurs et qu'ils constituent aussi un apport de fertilisants important pour leurs terres. En effet, si elles sont correctement dosées, ces eaux chargées en nutriments NPK deviennent de très bons fertilisants pour l'agriculture. Cependant, si la gestion et l'utilisation de ces eaux ne sont pas maîtrisées, elles peuvent se révéler de véritables polluants pour les sols, les eaux de surface et souterraines.

L'irrigation avec les eaux usées épurées exige la maîtrise des paramètres liés à la qualité physico-chimiques et microbiologiques des effluents (microorganismes pathogènes, éléments toxiques, salinité ... etc).

Ainsi, les problèmes qu'entraîne l'utilisation d'une eau médiocre varient en nature et en gravité, les plus communes sont donc la **salinité et la toxicité.**

Les trois principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation sont donc :

1. Paramètres physico-chimiques

2. Paramètres microbiologiques

3. Paramètres toxiques : éléments traces métalliques

Un guide est mis en place afin d'évaluer la qualité de l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques, selon les normes en vigueur.

V-3-1 Paramètres physico-chimiques

- ❖ Les MES contribuent à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique. Cependant si elles sont contenues à des concentrations élevées dans les eaux épurées, les MES présentent les risques suivants :
 - Un risque sanitaire : les MES protègent les micro-organismes de beaucoup de traitements, comme les traitements au chlore ou aux ultraviolets. Il existe donc une compétition entre l'élimination des micro-organismes et la préservation des MES en vue d'une utilisation agricole.
 - un risque technique : elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations et systèmes d'irrigation ;
- ❖ pH de l'eau d'irrigation : Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 6,5 et 8,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.
- ❖ La présence des substances nutritives dans les eaux usées peut avoir un impact bénéfique sur les cultures dans le cas d'une réutilisation agricole.

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l. Il peut donc couvrir une partie des besoins des plantes.

Les phosphates sont présents dans les effluents secondaires à hauteur de 6 à 15 mg/l. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement, et en cas d'excès, les phosphates se fixent dans le sol. Ils peuvent alors être entraînés par l'érosion et participer au phénomène d'eutrophisation.

Les nitrates, qui permettent de fournir de l'azote à la plante, sont les plus problématiques. En effet, apportés en excès, ils peuvent avoir plusieurs impacts négatifs :

Chapitre V : Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

- sur les cultures : ils entraînent des retards de maturation, une altération de la qualité, etc.
- sur le milieu naturel : les nitrates sont les principaux responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques ;
- sur la santé humaine : les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : la méthémoglobinémie et un risque de cancer

Le tableau suivant résume les paramètres physico-chimiques des eaux épurées réutilisées à des fins agricoles :

Tableau V-1 : Paramètres physico-chimiques des eaux usées épurées destinés à l'irrigation.

Paramètres		Unités	Valeurs limitées maximales	
Physique	Température	°C	30	
	pH	-	6.5-8.5	
	MES	Mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR=0-3CE	3-6	ds/m	0.2
		6-12		0.3
		12-20		0.5
		20-40		1.3
		3		
Chimiques	DBO ₅	Mg/l	30	
	DCO	Mg/l	90	
	Chlorure	Meq/l	10	
	Azote (NO ₃ -N)	Mg/l	30	
	Bicarbonate (HCO ₃)	Meq/l	8.5	

Source : arrêté interministériel 2012.

❖ Salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires. Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation.

La salinité est mesurée par deux paramètres essentiels à savoir la conductivité et le SAR.

❖ Conductivité

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'estimer sa minéralisation, et donc la quantité de sels dissous apportés au sol.

Le tableau ci-dessous présente des classes d'aptitude de l'eau à l'irrigation, modifié d'après **US SALINITY LABORATORY, 1955**.

Tableau V-2 : Classes d'aptitude de l'eau à l'irrigation, modifiées d'après US SALINITY LABORATORY, 1955.

Classe	conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C	Remarques
C1	$0 < C < 250$	- faible minéralisation de l'eau - utilisation sur la plupart des cultures et des sols.
C2	$250 < C < 750$	- minéralisation moyenne - utilisation sur sol modérément lessivé et plantes moyennement tolérantes au sel
C3	$750 < C < 2250$	- eau salée - utilisation sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel - contrôle de l'évolution de la salinité obligatoire
C4	$2250 < C < 5000$	- minéralisation forte - utilisation non souhaitable en agriculture

Source: U.S. Salinity Labotory, 1955.

➤ SAR

C'est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Le phénomène d'accumulation de sodium dans les sols s'appelle la sodisation. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les ions calcium et magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol. Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure. Ce problème est également relié à plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol.

Le risque d'alcalinisation d'un sol par l'eau d'irrigation est apprécié selon le sodium adsorbable par ce sol. Ainsi, selon le taux adsorbable de sodium (SAR) d'irrigation, on distingue quatre classes :

- **S1 : SAR < 10** : L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans risque d'alcalinisation.
- **S2 : 10 < SAR < 18** : Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
- **S3 : 18 < SAR < 26** : Les eaux contenant une quantité de sodium élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques.
- **S4 : SAR > 26** : Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Ca soluble pour améliorer le bilan ionique. (cours Mme S.Leulmi)

Estimation du SAR : Le SAR est calculé par la relation suivante :

$$\text{SAR} = [\text{CNa}] / [\sqrt{(\text{CCa} + \text{CMg})/2}]$$

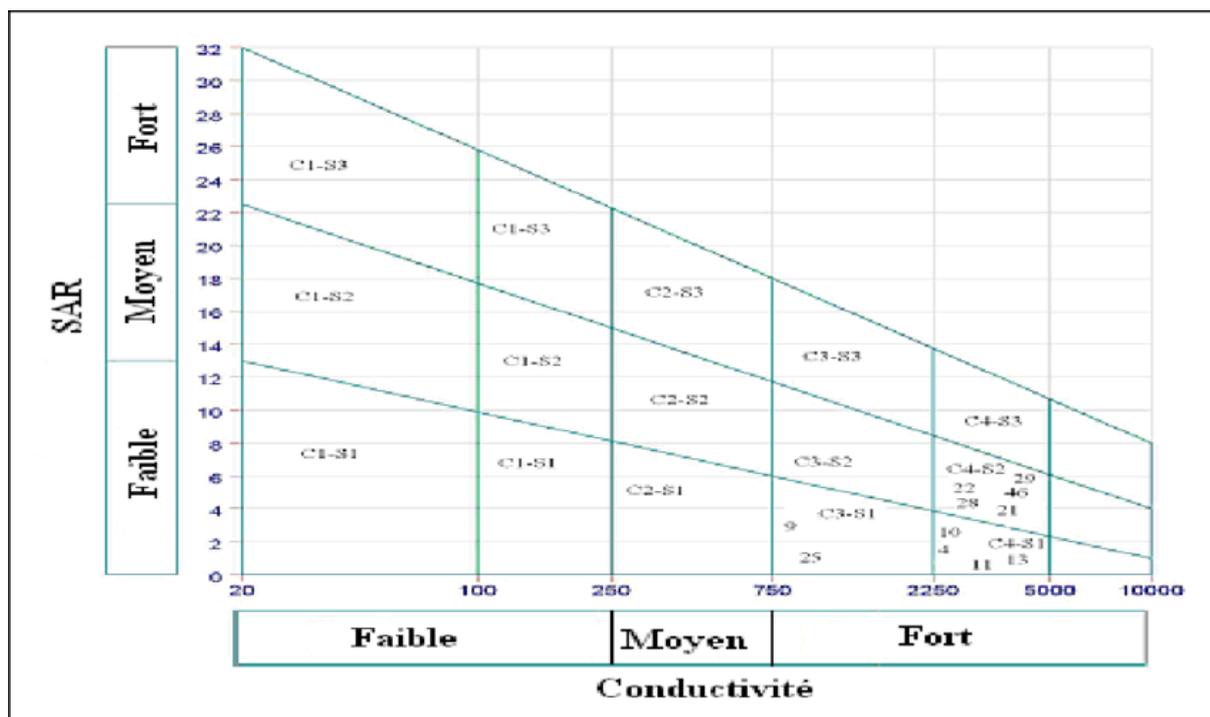


Figure V-1 : Représentation graphique de classification des eaux d'irrigation selon leur SAR.

Tableau V-3: Qualité d'eau d'irrigation selon le SAR.

Tolérance	SAR de l'eau d'irrigation	Récolte
Très sensible	2-8	Fruits, noix, citron, avocat
Sensible	8-18	Haricot
Résistance modérée	18-46	Trèfle, avoine, riz
Résistant	46-102	Blé, orge, tomates, betteraves

Source: Extrait à partir des directives australiennes de qualité de l'eau pour les eaux fraîches et marines (ANZECC)

V-3-2 Paramètres microbiologiques

Les micro-organismes comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales ; on distingue alors la flore entérique (intestinale) normale et les micro-organismes pathogènes.

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/l.

Le traitement des eaux usées est reconnu comme la mesure la plus efficace pour réduire les risques sanitaires associés à l'utilisation d'eau recyclée pour l'irrigation. Pour cette raison, toutes les réglementations nationales ou internationales fixent ou recommandent un niveau de qualité que le traitement des eaux usées doit assurer en fonction de l'usage prévu et du degré de risque. Le degré de risque dépend de plusieurs facteurs, y compris l'état sanitaire endémique local, les méthodes culturales, les conditions climatiques, le risque de contact direct, la faisabilité économique, etc.

Les mesures principales de contrôle des risques sanitaires pour l'irrigation avec de l'eau recyclée comprennent les quatre groupes suivants de bonnes pratiques :

- traitement des eaux usées et contrôle de la qualité lors de la distribution et de stockage;
- contrôle de l'application des eaux usées par le choix de méthodes d'irrigation appropriées et des pratiques culturales.
 - ❖ la restriction du type de cultures irriguées et restriction de l'accès public, notamment pour l'irrigation d'espaces verts.
 - ❖ d'autres mesures, y compris le contrôle de l'exposition humaine (ex. mesures de protection des ouvriers agricoles comme gants, masques, etc.), des mesures de récolte, l'éducation du public concerné et la promotion de bonnes pratiques d'hygiène. **[Réf3]**

Tableau V-4 : Recommandations concernant la qualité microbiologique des eaux usées utilisées dans l'agriculture.

Niveau sanitaire	Type de culture	Normes	Type d'irrigation
A	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation des Produits pouvant être consommés crus • Arrosage de terrains de sport et d'espaces verts ouverts au public 	Oeufs d'helminthes \leq 1/litre Coliformes thermotolérants \leq 10000/1L	Irrigation gravitaire, irrigation sous frondaison, Irrigation par aspersion sous certaines conditions
B	<ul style="list-style-type: none"> • Vergers, céréales et fourrages, pépinières et produits végétaux consommable après cuisson (pommes de terre, betteraves, choux) • Espaces verts inaccessibles au public • Zones de sport ou de loisir utilisées 	Oeufs d'helminthes \leq 1/litre	Irrigation gravitaire ou à la raie Irrigation par aspersion sous réserve
C	<ul style="list-style-type: none"> • Cultures céréalières, industrielles et fourragères, vergers, zones forestières et espaces verts non ouverts au public 	Sans contrainte	Irrigation souterraine ou localisée (micro- irrigation)

Source : Office National d'Assainissement.

Il conviendrait de préciser que la contamination susceptible de se produire se situe à différents niveaux à savoir : Le consommateur, le personnel d'exploitation et le voisinage immédiat du périmètre irrigué. La protection du consommateur passe par une réglementation de la qualité sanitaire des eaux utilisées pour l'irrigation.

Ainsi, les spécifications microbiologiques de la qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation agricoles selon les normes algériennes sont citées dans le tableau ci-dessous :

ANNEXE

SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

SOURCE : journal officiel de la république algérienne.

V-3-3 Paramètres toxicologiques

On peut séparer les métaux lourds en quatre classes, selon qu'ils sont ou non indispensables au développement des végétaux, et selon qu'ils posent ou non des problèmes sanitaire.

Le manganèse (Mn) et le Fer (Fe) sont tous deux indispensables au bon développement des végétaux, et leur utilisation en agriculture ne pose pas de problème pour la santé. En effet, ils sont déjà naturellement présents en forte proportion dans les sols.

Les métaux suivants ne sont pas indispensables pour les végétaux, mais ne présentent pas non plus de danger pour l'utilisation agricole. En effet :

- le **plomb (Pb)** reste fixé au sol et par conséquent ne pénètre pas dans les plantes ;
- le **sélénium (Se)**, l'étain (Sn) et le mercure (Hg) sont présents à des teneurs trop faibles dans les eaux épurées pour poser des problèmes sanitaires ;
- le **chrome (Cr)** est sous forme ionique (Cr³⁺), qui est peu toxique et qui ne pénètre pas dans les végétaux ;
- enfin, l'**aluminium (Al)** est déjà présent naturellement dans les sols, en forte proportion.

Il existe des métaux lourds indispensables pour les végétaux, mais dont l'utilisation en agriculture peut poser des problèmes. Il s'agit :

- du **cuivre (Cu)**, qui présente une certaine toxicité pour les animaux d'élevage ; cependant le seuil de phytotoxicité est atteint avant celui de zootoxicité, c'est-à-dire que l'on va pouvoir détecter la contamination chez les plantes en premier et par là éviter de les donner à manger aux animaux ;
- du **molybdène (Mo)**, qui n'est pas phytotoxique , mais qui peut poser un problème sanitaire pour le bétail ;
- du **zinc (Zn)** qui est peu toxique, mais qui s'accumule très facilement dans les tissus végétaux.

Enfin, il existe trois métaux lourds qui ne sont pas indispensables au développement des végétaux, et qui, de plus, sont dangereux d'un point de vue sanitaire. Il s'agit :

- de l'**arsenic (As)** : une nouvelle valeur limite a été recommandée en 1993 par l'OMS, et adoptée par l'Union Européenne (1998) et la France (2001). Le niveau d'arsenic toléré pour la potabilité a ainsi été abaissé de 50 µg/l à 10 µg/l (Miquel, 2003) ;

Chapitre V : Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

- du **nickel (Ni)** : il est peu toxique, mais s'accumule facilement dans les tissus végétaux;
- du **cadmium (Cd)** : sa toxicité s'observe par l'apparition de retard dans le développement des jeunes pousses et de perturbations de la photosynthèse.

L'aptitude à l'accumulation des ETM dépend des espèces et de la variété. En général, les plantes à croissance rapide accumulent les métaux, notamment le cadmium, le zinc et le cuivre. Aussi, l'âge de la plante et son stade de développement ont une importance. La concentration de la plante en éléments-traces diminue au cours de sa croissance. Le tableau suivant montre l'aptitude à l'accumulation des ETM par certaines plantes.

Tableau V-5 : Aptitude à l'accumulation des micro- polluants métalliques par différentes espèces végétales.

Aptitude à l'accumulation	Eléments	Espèces végétales
Très faible	Cadmium Plomb	Céréales, maïs, pomme de terre Toutes espèces
Faible	Cadmium Cuivre	Betterave, poireau Pomme de terre, chou vert épinard
Moyenne	Cadmium Cuivre	Chou Laitue, betterave
Forte	Cadmium Cuivre	Carotte, laitue, épinard, céleri Carotte

Source : Sauerbeck DR et al, 1988.

Tableau V-6: Directives concernant la qualité toxicologiques des eaux usées utilisées en agriculture.

Paramètres	Unités	Valeurs Limitées maximales	
	Aluminium	Mg/l	20.0
	Cyanures	Mg/l	0.5
	Fluore	Mg/l	15.0
	Phénols	Mg/l	0.002
	Cadmium	Mg/l	0.05
	Cuivre	Mg/l	5.0
	Plomb	Mg/l	10.0
	Chrome	Mg/l	1.0
	Manganèse	Mg/l	10.0
	Zinc	Mg/l	10.0
	Nickel	Mg/l	2.0
	Fer	Mg/l	20.0
	Arsenic	Mg/l	0.2
	Béryllium	Mg/l	0.5
	Bore	Mg/l	2.0
	Cobalt	Mg/l	5.0
	Lithium	Mg/l	2.5
	Mercure	Mg/l	0.01
	Molybdène	Mg/l	0.05
	Sélénium	Mg/l	0.02
Toxicologiques	Vanadium	Mg/l	1.0

Source : arrêté interministériel 2012.

V-4 Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées

Le choix des cultures à mettre en place est une condition nécessaire à la réussite de la réutilisation des eaux usées traitées. Le choix des cultures dans l'espace (assolement) et dans le temps (rotation) doit tenir compte des besoins de la population locale et des techniques d'amélioration du sol. Le système de culture permet de choisir les cultures les mieux adaptées à la qualité de l'eau et aux spécificités régionales.

En effet, l'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée dans le tableau ci-dessous. Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.

Tableau V-7: Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (*)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (**)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

Source : arrêté interministériel 2012.

NB.

(*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(**) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Conclusion

La réutilisation des eaux usées traitées, constitue une forme de valorisation d'un potentiel hydrique important, qui permet d'alléger le recours aux ressources hydriques conventionnelles, notamment les eaux de surface et souterraines très vulnérables. Actuellement, les eaux usées épurées constituent une ressource alternative renouvelable, fortement sollicitée par les agriculteurs, les industriels et les collectivités locales.

La réutilisation agricole et le jardinage constituent les utilisations les plus importantes des eaux usées traitées par des traitements tertiaires. L'arrosage agricole représente l'utilisation du 70% des ressources hydriques dans le monde.

Dans le cas spécifique de l'irrigation, les bénéfices ne résident pas seulement dans la préservation du milieu et de la ressource, mais aussi dans la nature des eaux usées. En effet, elles contiennent des éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium) ainsi que des oligoéléments (fer, cuivre, manganèse, zinc, etc.) qui sont bénéfiques pour les cultures, et qui peuvent augmenter significativement le rendement. Les MES contribuent également à la fertilisation des sols car elles sont riches en matière organique. L'utilisation d'eaux usées à la place d'engrais de synthèse coûteux est économiquement intéressante pour les agriculteurs

Toutefois, le recours aux eaux usées épurées à des fins agricoles doit satisfaire les normes de qualité vis à vis des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Il faut donc trouver le bon équilibre entre le niveau de traitement, les besoins des cultures et la nature du sol.

Chapitre VI :

Etude des performances épurationnaires de la STEP de Bou-Ismaïl

Chapitre VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Bou Ismaïl

Introduction

Cette étude a pour objectif d'évaluer la performance de la station d'épuration de type boues activées à faible charge située dans la ville de Bou-Ismaïl de la Wilaya de Tipaza.

Ce chapitre consiste à étudier les performances épuratoires de la station à boues activées de la ville BOU-ISMAIL (wilaya de Tipaza) et ceci dans le but d'évaluer la qualité des eaux rejetées actuellement dans le milieu naturel pour les réutiliser éventuellement dans le domaine agricole.

A cet effet, nous traiterons les bilans de pollution à l'entrée-sortie de la station, réalisés mensuellement par le personnel de la STEP pour une période de sept mois allant de juin date de mise en eau à décembre de l'année 2019.

Aussi, les performances de la station d'épuration seront évaluées à travers les paramètres physico-chimiques, le calcul des rendements d'épuration de la pollution azotée, phosphorée et carbonée mais également par le calcul des ratios indicateurs de performance.

Par ailleurs, l'étude de réalisation de la STEP a été faite par le bureau d'études EPTISA (Espagnol)/ NEE (Algérie et les entreprises de construction sont SINOHYDRO (Chinois) / EFACEC (Portugal)/ KEGT(Algérie).

VI-1 Echantillonnage

Dans cette étude, nous traitons les résultats des prélèvements mensuels effectués par les exploitants de la STEP avant et après épuration durant la période allant de 31 mai jusqu'à 31 décembre 2019.

En effet, pour évaluer la qualité des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration, deux échantillonneurs automatiques sont installés : un en aval des dégrilleurs et est prévu pour prélever des échantillons d'eau brute et un autre installé dans la conduite de sortie des eaux traitées qui est prévu pour prélever des échantillons d'eau clarifiée.

L'échantillonneur est constitué de 24 bouteilles de capacité de 1 litre chacune. Chaque heure l'échantillonneur verse une quantité d'effluent, environ 45ml dans une bouteille et cette opération est effectuée pendant 24 heures. Un échantillon moyen est constitué à partir des 24

bouteilles. Cet équipement dont le fonctionnement est asservi à la mesure de débit entrant sera de type réfrigéré et installé sous un abri.

VI-2 Délai de conservation des échantillons

Certaines variables doivent être analysées dans les 48 ou 72 heures suivant l'échantillonnage (c'est ce qu'on appelle le délai de conservation), selon le paramètre, sans quoi les résultats ne seront pas valables. Il est essentiel que les échantillons soient expédiés au laboratoire aussitôt que possible après avoir été prélevés, afin d'éviter un long délai avant leur analyse. Toute fois, certaines analyses peuvent être effectuées sur site, notamment la température, le pH et l'oxygène. Afin d'obtenir des résultats représentatifs, il est indispensable d'arrêter ou de ralentir toute évolution qui peut avoir lieu entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse. Cette évolution peut être :

- ❖ Biologique : dégradation de certains composants par les microorganismes présents dans l'effluent. On peut bloquer ces transformations en conservant l'échantillon aux alentours de 0°C.
- ❖ Chimique : oxydation lente par l'oxygène de composés facilement oxydables. On éliminera toute bulle d'air dans le flacon de prélèvement.
- ❖ Physique : décantation ou coalescence d'émulsion ; adsorption de films superficiels par les parois du flacon.

VI-3 Paramètres analysés

Les paramètres physico-chimiques analysés sont les suivants: DCO, DBO₅, MES, la pollution azotée, la pollution phosphorée, le pH et la conductivité ainsi que la qualité du sable issu du prétraitement.

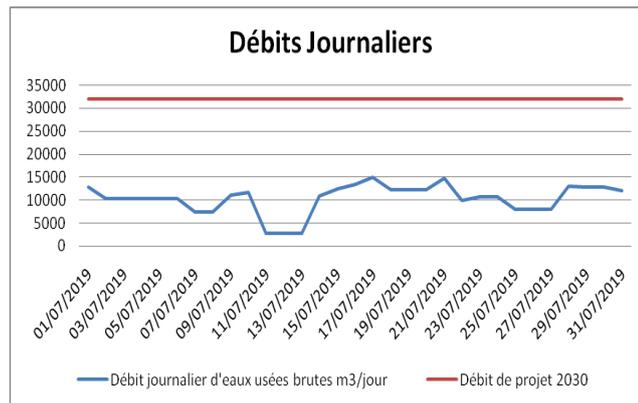
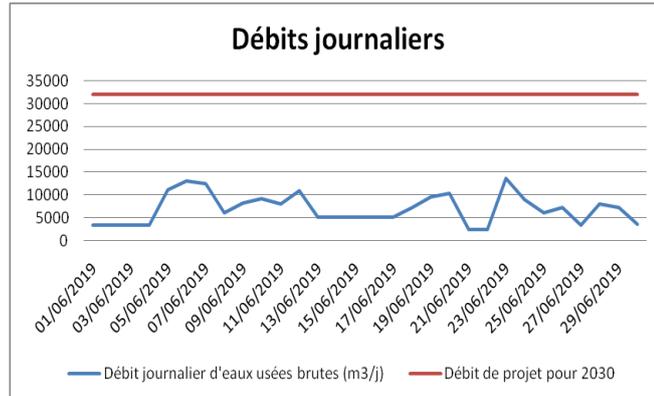
N.B

Le laboratoire de la station n'étant pas opérationnel alors les analyses physico-chimiques des paramètres suivantes : MES, DBO₅, DCO, Phosphore Total, Azote ont été faites au niveau de laboratoire central de l'Office National d'Assainissement qui se situe à Baraki et d'autres mois (Septembre, Octobre, Décembre) dans le laboratoire de l'entreprise EFACEC à Hydra sauf le mois de juin les analyses ont été faites au niveau de laboratoire d'Eurl WANYLAB et Novembre au laboratoire d'ONED.

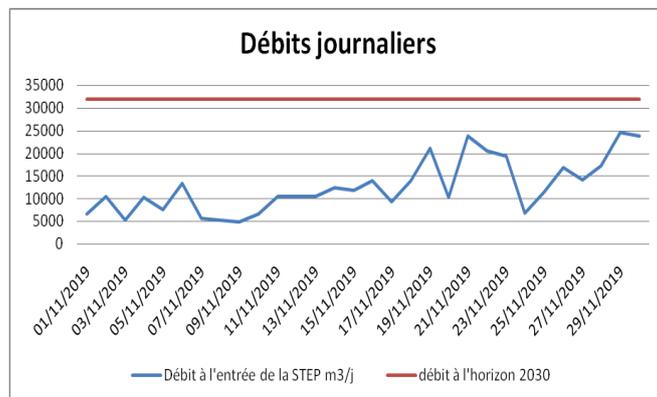
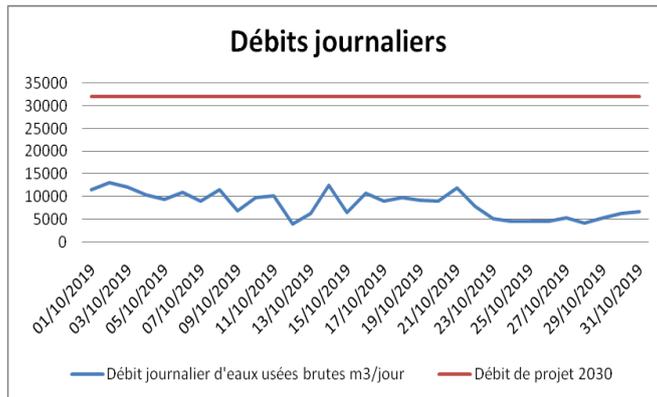
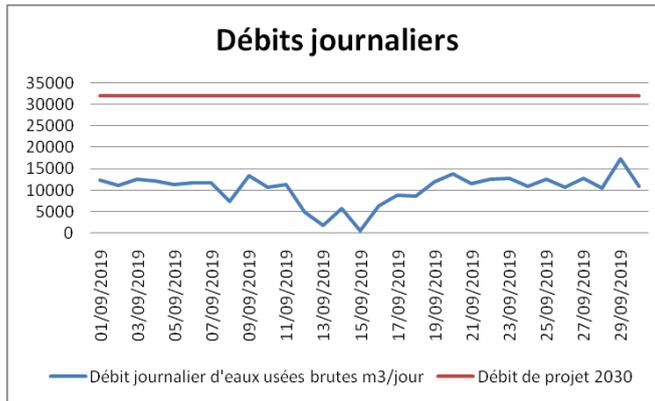
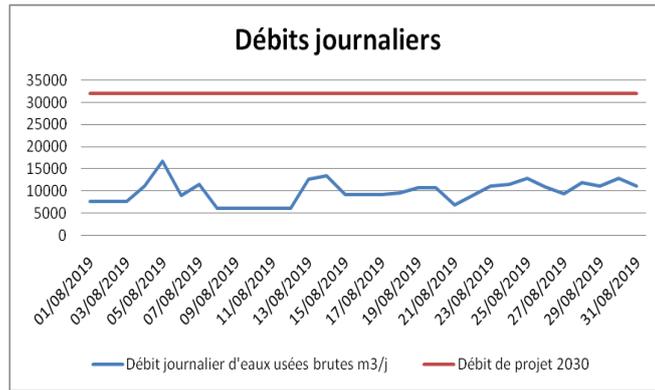
VI-4 Résultats et discussions

❖ Évolution du débit

L'évaluation des débits à l'entrée de la station d'épuration est représentée par la figure ci-dessous :



Chapitre VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Bou-Ismaïl



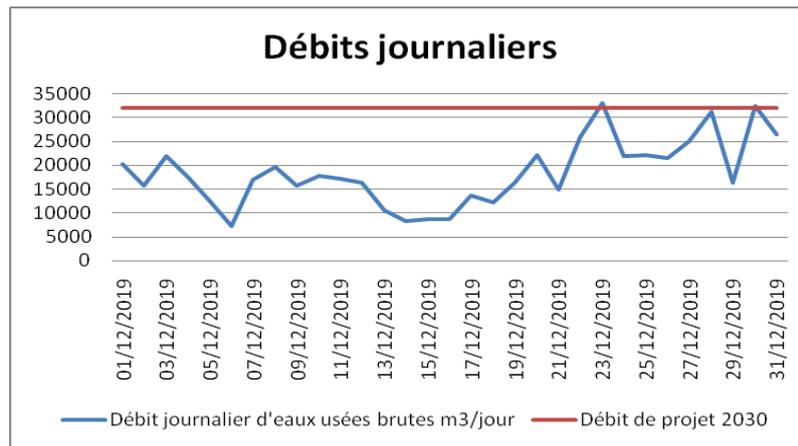


Figure VI-1: Évolution mensuelle des débits des eaux brutes de la STEP.

Le mois de juin, mois de mise en service de la STEP est caractérisé par un débit moyen quotidien d'entrée, le plus faible de 7.123 m³/jour et la STEP a traité un volume total de 210.131 m³. La valeur maximale a été atteinte le 23 juin avec 13.625 m³/j, et le minimum a été observé le 21 juin avec 2.505 m³/j.

Le débit moyen quotidien d'entrée au mois de juillet a atteint 10.272 m³/jour et la STEP a traité un volume total de 318.421 m³. La valeur maximale a été atteinte le 17 juillet, avec 14.893 m³/jour, et le minimum a été atteint le 11 juillet, avec 2.790 m³/jour. Du 11 au 13 juillet le débit était bas en raison des travaux d'automatisation, qui ont obligé à arrêter l'équipement.

En août, le débit moyen quotidien d'entrée a atteint 9.856 m³/j et la STEP a traité un volume total de 305.521 m³. La valeur maximale a été atteinte le jour 5, avec 16.705 m³/j et la valeur minimale les jours 8 à 12 août avec 6.112 m³/j. la station d'épuration a travaillé à 29 % de la capacité maximale.

Au mois de septembre, le débit moyen quotidien d'entrée a atteint 10.385m³/j et la STEP a traité un volume total de 311.556m³. La valeur maximale a été atteinte le 29 septembre, Avec 17.385m³/j, et la valeur minimale le jour 15 septembre avec 559m³/j.

Le mois d'octobre a connu une baisse considérable du débit moyen quotidien d'entrée qui a atteint 8.307m³/j et la STEP a traité un volume total de 257.528m³. La valeur maximale a été enregistrée le 02 octobre (13.030m³/j), et la valeur minimale de 3.963m³/j le 12 octobre. La station d'épuration a fonctionné à 24% de la capacité maximale. Cette diminution est

Chapitre VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Bou-Ismaïl

probablement due au changement climatique (passage à la saison automnale) car la région d'étude est une zone côtière qui connaît un afflux touristique pendant la saison estivale.

Le débit moyen quotidien d'entrée au mois de novembre a atteint 12.644 m³/j et la STEP a traité un volume total de 379.307 m³. La valeur maximale a été atteinte le jour 29, avec 24.530 m³/j, et la valeur minimale le jour 9, avec 4.939 m³/j. la station d'épuration a fonctionné à 37% de la capacité maximale.

Ce mois-ci, le débit moyen quotidien d'entrée a atteint 18.724 m³/jour et la STEP a traité un volume total de 580.457m³. La valeur maximale a été observée le 23 décembre, avec 33.119 m³/j qui dépasse la capacité nominale de la STEP avec 1119 m³, et la valeur minimale le 06 décembre avec 7.284 m³/j. Cette nette augmentation du débit des eaux usées à l'entrée est due à un apport d'eaux pluviales étant donné que la zone d'étude est dotée d'un système unitaire.

Remarque

A l'entrée de la STEP, les débits sont nettement variables, allant de 7123 m³ /j au mois de juin 2019 (mise en fonctionnement de la STEP) à 18724 m³ /j en décembre 2019.

Au niveau hydraulique, la station d'épuration a travaillé à 20% de sa capacité maximale (32000 m³ /j) au mois de juin et à 103,5% au mois de décembre.

Il a noté que les villes de Bouharroun et khemisti n'ont pas été raccordées à la conduite principale donc la station a reçu les eaux usées seulement des trois villes (Bou Ismaïl, Douaouda et Fouka).

Cette situation montre que la station d'épuration est sous-dimensionnée.

Contrôle analytique

Les eaux usées fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires. Les affluents de la station d'épuration semblent être conformes aux eaux usées brutes fraîches.



Figure VI-2: Aspect physique des eaux usées brutes de la station.

VI-5 Fonctionnement de la station d'épuration

Comme convenu avec ONA, la mise en service de la STEP est effectuée en utilisant les eaux usées immédiatement après les essais à vide. Cela signifie que la phase de tests avec l'eau claire est annulée.

Le changement de bassin d'aération, en raison des problèmes rencontrés dans les travaux de génie civil liés à l'alimentation du bassin N°2 a entraîné la perte d'une partie de la biomasse qui s'était déjà développée, retardant ainsi le processus de démarrage.

Le responsable de la STEP a jugé qu'il n'est pas nécessaire d'inoculer le réacteur biologique avec des boues provenant d'autres stations d'épuration. L'effluent traité répond aux normes de rejet.

Le laboratoire de la station n'est pas fonctionnel.

La station n'est pas dotée d'une benne pour la récupération des refus des dégrilleurs.

Durant ce mois de juin, les analyses physico-chimiques des eaux brutes et traitées réalisés par le laboratoire accrédité EFACEC ont donnés des résultats totalement incohérents et inacceptables pour la pollution organique exprimée en DBO₅ et DCO et le MES.

Chapitre VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Bou-Ismaïl

En juillet, la STEP a bien fonctionné. Le processus de traitement a continué à évoluer de manière positive.

Bien que les eaux brutes soient fortement chargées en solides et en matières organiques, les eaux traitées se présentent très claires et sans mauvaise odeur au niveau du décanteur secondaire.

Pour le traitement biologique, la STEP a fonctionné avec seulement le bassin d'aération N°1.

Au niveau de la décantation secondaire, un deuxième clarificateur a été mis en service, le 21 juillet pour assurer l'écoulement des débits de pointe.

Concernant les analyses physico-chimiques des eaux à l'entrée-sortie de la STEP, vu les résultats aberrants du mois de juin, le responsable de la station a opté pour un autre laboratoire de l'ONA qui malheureusement n'a pas accepté les échantillons du 24 juillet. Des nouveaux échantillons ont été livrés au début d'août.

Au cours de la dernière semaine d'août la liaison de la conduite de FOUKA a causé de graves problèmes opérationnels dans les ouvrages d'arrivée, puisqu'ils sont entrés dans des quantités excessives des déchets, sables et terre. Le problème d'infiltration au réseau d'assainissement causé par la conduite de FOUKA a entraîné une augmentation des sables et a aggravé la situation.

En novembre, les échantillons prélevés pour contrôler la qualité de la ligne liquide n'ont pas été livrés en temps opportun au laboratoire, donc les analyses n'ont pas été effectuées. Toutefois, nous avons reçu le bulletin avec les analyses réalisées sur le sable issu du prétraitement.

Ainsi, il est à noter que seuls les résultats d'analyses des mois d'août, septembre, octobre et décembre seront discutés dans ce mémoire.

VI-6 Variation mensuelle des paramètres physico-chimiques

a) Le potentiel hydrogène (pH)

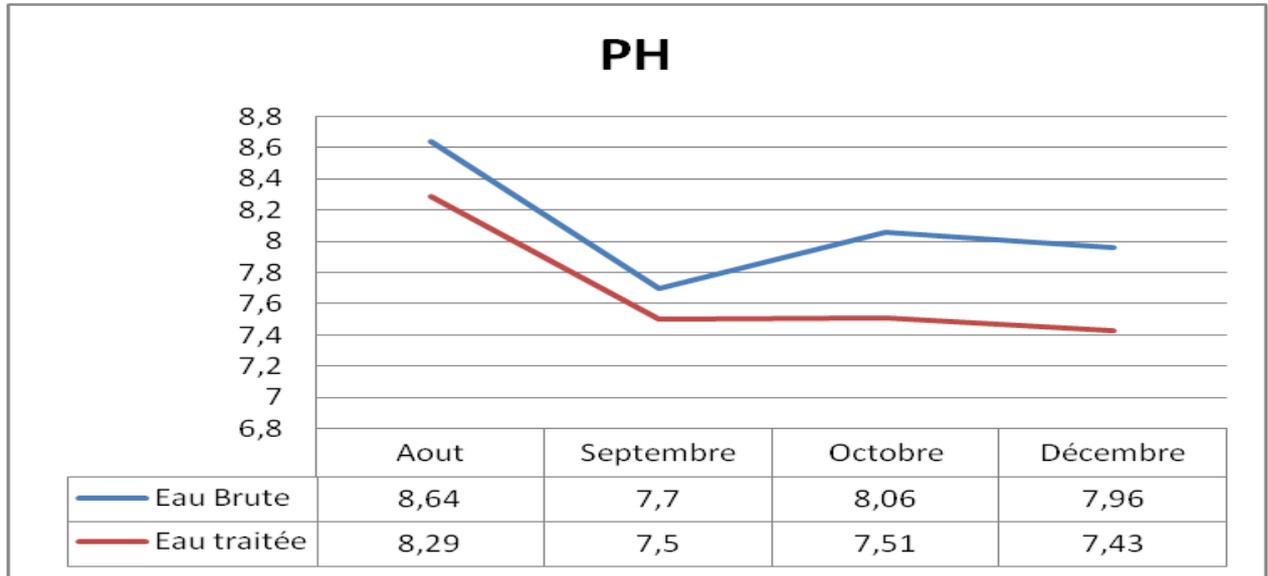


Figure VI-3 : Variation mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Le pH des eaux usées brutes à l'entrée de la station varie entre 7,7 et 8,64. Ces valeurs se situent dans la fourchette des limites de rejets directs qui est comprise entre 6,5 et 8,5.

L'épuration révèle des valeurs stables de pH pendant les trois mois septembre, octobre et décembre qui sont légèrement supérieures à la neutralité. Le mois d'août montre une nette basification des eaux usées épurées.

En effet, à la sortie de la station, les valeurs du pH varient entre 8,29 et 7,43 avec une moyenne de 7,68. Elles sont conformes à celles, mentionnées dans le journal officiel de la République algérienne (6,5-8,5).

b) Les matières en suspensions MES

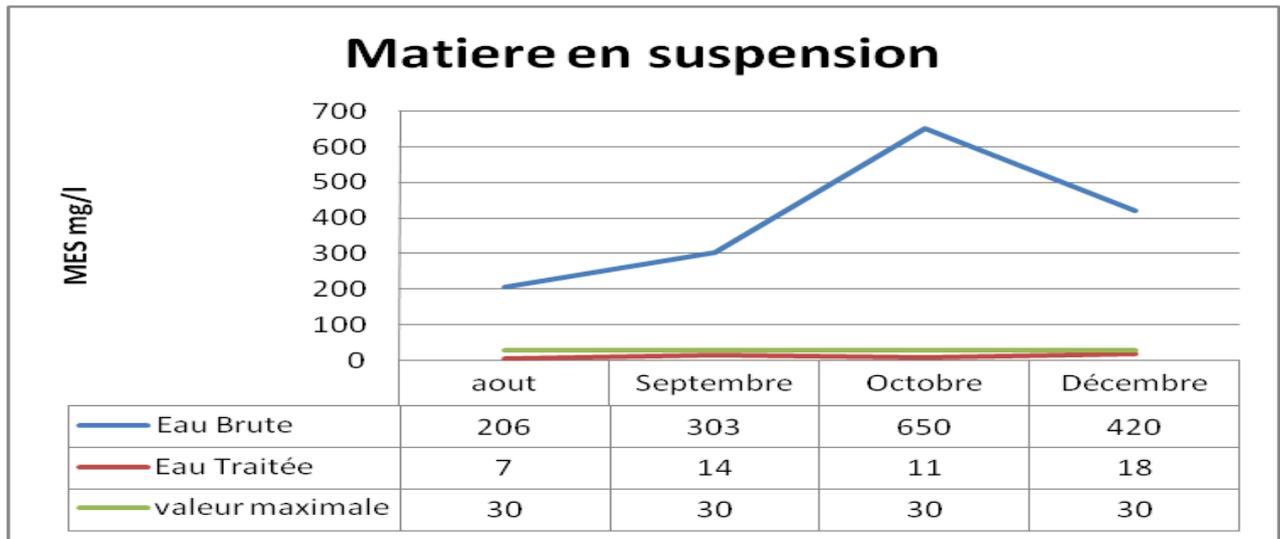


Figure VI-4 : Variations mensuelles de concentrations des MES à l’entrée - sortie de la STEP.

Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées. Elles se situent entre 206 mg/l et 650 mg/l avec une moyenne de 394.75 mg/l (figure VII-10) pour les eaux brutes ; ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet. Aussi, le mois d’octobre a connu la valeur la plus élevée en MES ; cette situation peut s’expliquer par le fait que le réseau d’assainissement de la zone d’étude est de type unitaire et qu’un événement pluvieux est susceptible d’apporter une masse de MES égale à 10 fois la masse amenée en un jour par les eaux usées.

Notons que durant la période de mise en service, les valeurs moyennes mensuelles de MES à la sortie de la STEP sont nettement inférieures à la norme de rejet en milieu naturel et sont conformes à la norme de réutilisation en irrigation prescrite dans le journal officiel de la république algérienne (MES=30 mg/l).

En effet, le taux d’abattement des MES varie entre 96,6% et 98,31% avec abattement moyen de 96,83% Ce taux explique l’efficacité de ce genre de procédé de traitement.

c) La demande biologique en oxygène DBO5

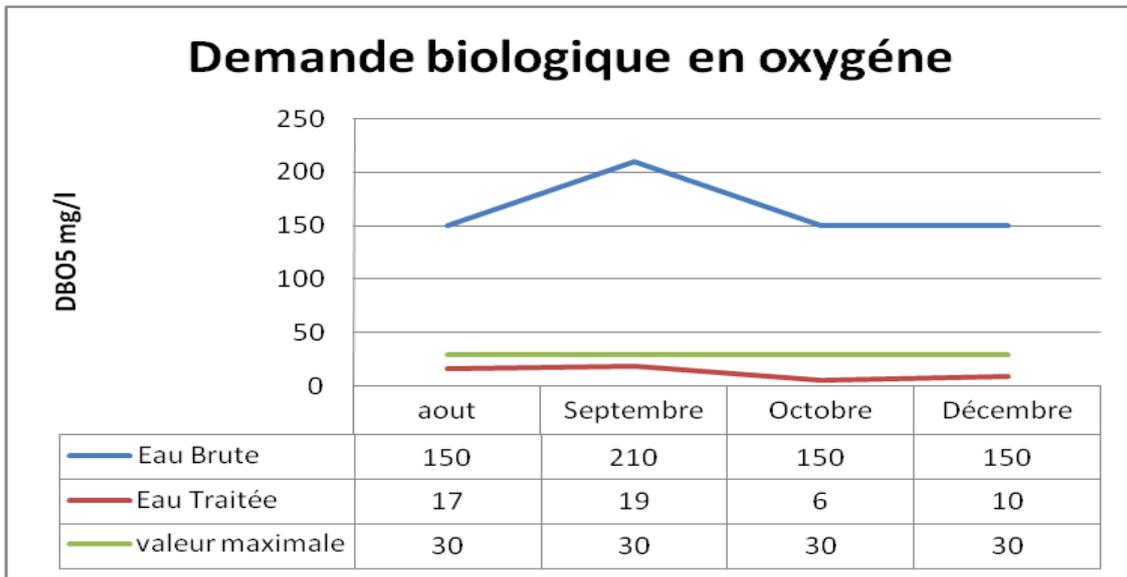


Figure VI-5 : Variations mensuelles de concentrations des DBO5 à l'entrée - sortie de la STEP.

La valeur moyenne de la concentration en DBO₅ reçue par la station varie entre 150 mgO₂ /l et 210 mg O₂ /l. Les variations des concentrations en DBO₅ de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires de la station d'épuration de Bou Ismaïl. Ces concentrations obtenues révèlent des eaux usées à l'entrée de la station de moyenne concentration comparativement avec celles des eaux usées urbaines variant entre 100 et 400 mg/l.

Cependant, on constate que le maximum de pollution organique biodégradable est éliminé par la station, ce qui correspond à un taux d'abattement moyen de 92,12 %.

Sachant qu'en Algérie la norme de rejet de la DBO₅ est estimée à 30 mg/l, la valeur moyenne de la DBO₅ des eaux épurées au niveau de la STEP de Bou-Ismaïl est de 13mg/l. Ceci peut être expliqué par une bonne élimination de cette matière organique au niveau du traitement secondaire (bassin d'aération et décanteur secondaire).

d) Pollution phosphorée

L'évolution journalière du phosphore total de l'eau brute et de l'effluent traité.

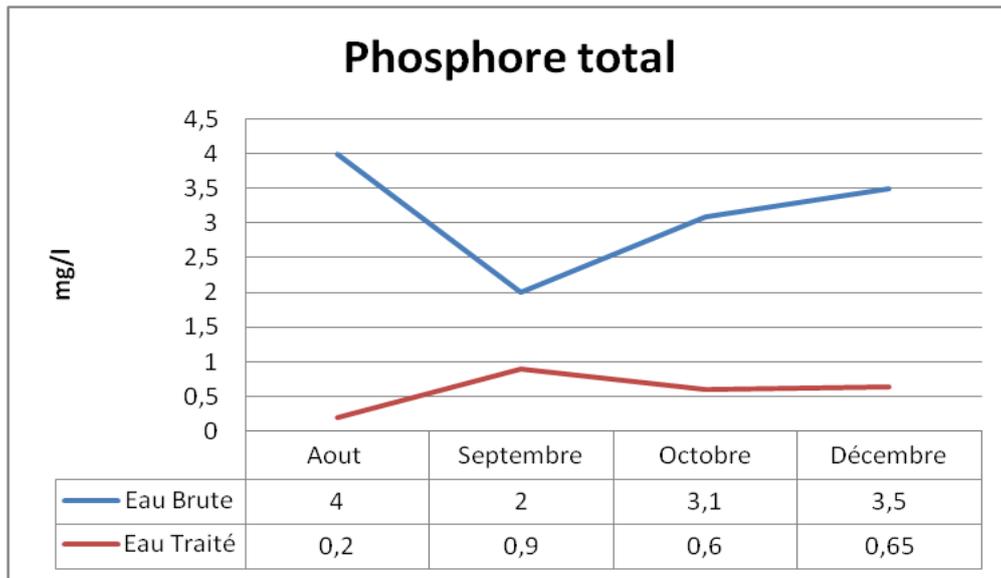


Figure VI-6 : Variations mensuelles des teneurs en phosphore des eaux de la STEP de Bou-Ismaïl avant et après l'épuration.

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents.

Le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates et polyphosphates) et sous forme de composés organiques. Ainsi le phosphore total est égal à la somme du phosphore organique et du phosphore minéral. Ces composés sont soit solubles ou soit fixés sur les matières en suspension. Dans les eaux usées, la part des rejets humains ne représente que 30 à 50% du phosphore total ; le reste provient des produits de nettoyage.

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en phosphore total qui varient entre 2 mg/l et 4 mg/l . Dans les eaux épurées, les concentrations oscillent entre 0.2 mg/l et 0.9 mg/l (figure VII-12). La teneur moyenne en phosphore total des eaux traitées est de 0.59mg/l.

Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes et internationales d'irrigation (<10 mg/l). (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Le rendement d'élimination du phosphore varie entre 55% et 95%.

e) Azote total

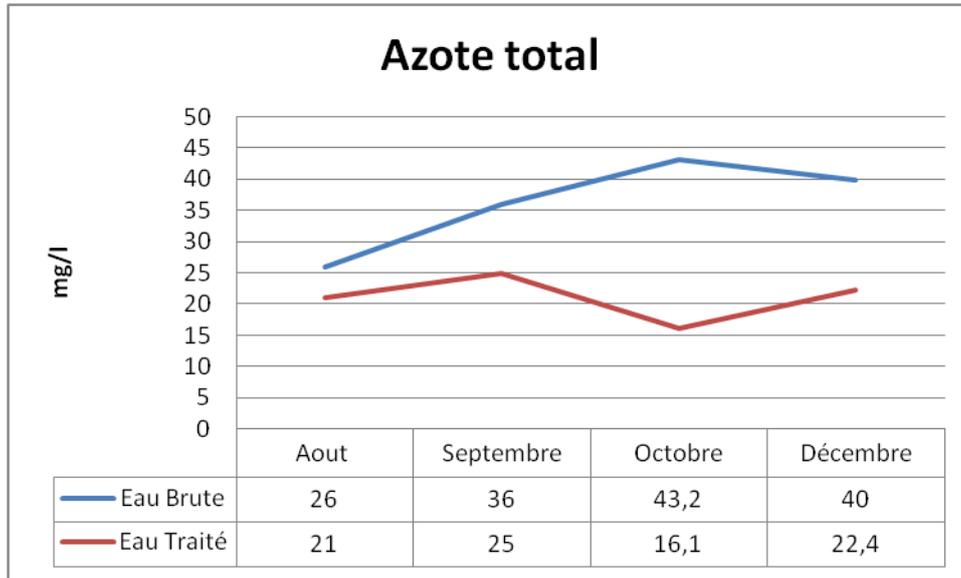


Figure VI-7 : Variations mensuelles des teneurs en Azote total des eaux de la STEP de Bou-Ismaïl avant et après l'épuration.

Les teneurs en azote total à l'entrée de la station sont comprises entre 26 et 43.2 mg/L avec une moyenne de 36.3 mg/L. Ces teneurs décrivent des effluents d'origine urbaine puisque leurs concentrations sont inférieures à 100 mg/L. En sortie de la station, les résultats d'analyses en azote total sont compris entre 16.1 et 25 mg/L et dépassent considérablement la norme fixée par le journal officiel de la république algérienne ($NT \leq 30\text{mg/L}$). Le rendement d'abattement de l'azote total augmente dans le même sens que les teneurs en MES à l'entrée de la station. En effet, le rendement le plus élevé est observé en mois d'octobre (62,73%) et le mois le moins performant est août (19,30%). Le taux d'abattement pour les mois de septembre et de décembre, sont respectivement de 30,55% et 44%.

On peut donc conclure que l'élimination de cette pollution azotée au sein de cette station reste insuffisante pour un rejet au milieu naturel des eaux épurées.

En effet, Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 33% de l'azote présent dans les eaux usées.

Le respect des normes de rejet en pollution azotée nécessite la mise en œuvre de techniques d'élimination spécifiques afin de pouvoir atteindre les niveaux d'abattement requis. Il existe de

nombreux procédés biologiques à boues activées, parmi lesquels le syncopage de l'aération et le bassin d'anoxie en tête.

Pour satisfaire aux normes de rejet en zone sensible, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

f) Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique ne sont pas enregistrées tout le long de la période de suivi.

La valeur usuelle de la conductivité des eaux usées urbaines moyennement concentrées est de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Toutefois, la seule analyse réalisée au mois de décembre à l'entrée-sortie de la STEP, présente des valeurs de 1310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 1289 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Cette valeur de conductivité électrique des eaux usées est élevée et dépasse la valeur des eaux usées urbaine fortement concentrée qui est de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La comparaison de la valeur à la sortie de la STEP avec les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation permet de la classer dans la catégorie 3 (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cité dans le chapitre 5), donc des eaux à haute salinité qui ne devraient pas être utilisées dans les sols où le drainage est faible. De plus, ce type d'eau ne doit pas servir à irriguer les plantes sensibles aux sels même sur les sols ayant un bon drainage.

g) Les métaux obtenus dans le sable

Les sables sont issus du traitement physique de dessablage (séparation liquide/solide par décantation), ils représentent des déchets de faible dimension compris entre 200 microns et 2 mm. Leur composition moyenne est de 10 à 20 % de matière organique et de 80 à 90 % de matière minérale.

Les éléments traces métalliques présents dans le sable de la station étudiée sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Tableau VI-1 : Composition moyenne de sables de stations.

	Unité	Sables
Matière sèche	%	20 à 45
Matières volatiles	% MS	55 à 75 %
Zinc	mg/kg de MS	800 à 1 500
Cuivre		250 à 1 200
Plomb		170 à 310
Chrome		25 à 90
Nickel		15 à 40
Cadmium		2 à 7

Les sables ne sont pas assimilés à des boues d'épuration urbaines et ne peuvent dès lors être valorisés en agriculture. Si leur teneur en matière organique est inférieure à 3 %, Ils peuvent être recyclés comme sable de remblai en voirie ou pose de canalisation d'assainissement ou stockés. Pour être stockés en installation de stockage des déchets non dangereux leur teneur en matière organique doit être comprise entre 3 et 5 %. Les sables de stations dépassant la valeur de 3 % en matière organique doivent donc être préalablement lavés pour être recyclés.

Les éléments traces métalliques peuvent avoir un effet néfaste sur le processus biologique se produisant dans le bassin d'aération. En effet, il peut y avoir une diminution de l'oxydation des matières organiques dissoutes et de la nitrification dès que la concentration d'un élément trace dépasse un mg par litre d'eau usée. Toutefois une concentration en zinc de 1 à 10 mg/L est tolérée.

Le devenir de ces polluants non biodégradables et l'évaluation du risque environnemental sont complexes, car dépendants de nombreuses interactions entre métaux lourds, mais aussi avec les organismes vivants et le système extérieur. Plus que la teneur en zinc, nickel ou chrome, c'est leur spéciation qu'il est important de considérer dans les sols. A l'état de traces dans le milieu naturel et indispensables à la vie, les métaux lourds peuvent s'avérer toxiques pour des concentrations plus importantes. Ils sont non biodégradables et montrent des propriétés de bioaccumulation et de bioconcentration.

Comparativement aux valeurs trouvées dans la littérature (tableau ci-après), les résultats obtenus en éléments traces métalliques dans le sable de notre STEP sont faibles.

h) Équilibre nutritionnel DBO5/ Nt / Pt

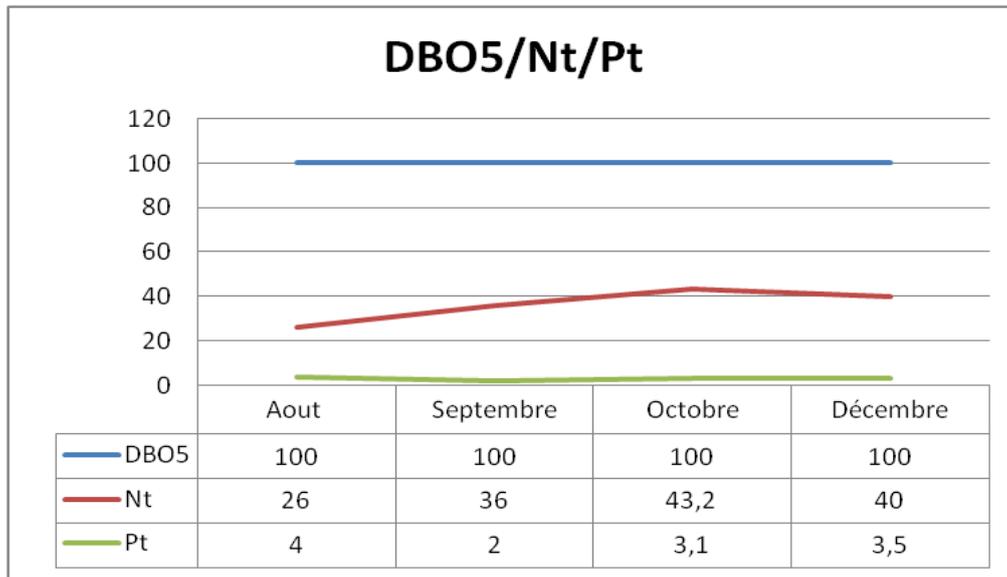


Figure VI-8 : Évolution moyenne mensuelle du rapport DBO5/ Nt / Pt à l’entrée de la STEP.

Les principaux éléments nutritifs nécessaires pour le développement bactérien sont le carbone, l’azote et le phosphore. Une proportion équilibrée de ceux-ci est primordiale pour que les microorganismes puissent effectuer une décomposition optimale de la pollution véhiculée par les eaux brutes. Les composés carbonés sont déterminés via la DCO, la DBO5 et le COT. Il conviendrait de préciser que nous avons calculé le ratio via la DBO5. En effet, dans le cas d’une épuration des eaux usées de type aérobie, le ratio C/ N/ P (DBO5, NT, P_{tot.}) doit être situé entre 100/05/01 et 100 / 10/01.

Mais dans notre cas les valeurs moyennes de l’azote total et de phosphore total sont comprises entre 36,3mg/l et 3,15mg/l respectivement pour 100 mg/l de DBO5, par rapport au ratio théorique.

Ces concentrations élevées en Nt et Pt sont liées à des rejets industriels (présence d’une industries de papier à Bou-Ismaïl) . Pour conclure, on peut dire qu’il y a un excédant en azote et en phosphore à éliminer.

Ces fortes proportions en éléments nutritifs sont préjudiciables aux performances de décomposition des processus biologiques de traitement des eaux et influent sur le processus de dénitrification qui ne s’effectue pas complètement. Ce qui est confirmé par les fortes valeurs obtenues en azote total en sortie de la station.

i) Ratio MES/DBO5

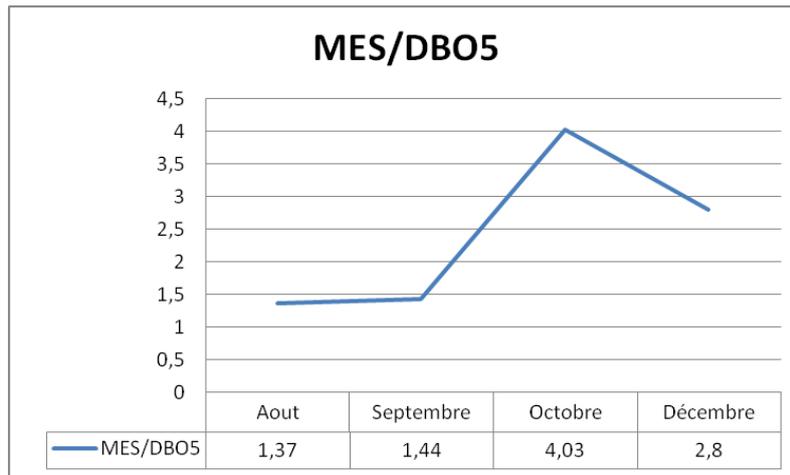


Figure VI-9 : Variation du rapport MES/DBO5 à l'entrée de la STEP.

Le ratio MES/DBO5 indique la répartition de la pollution particulaire et de la pollution dissoute. Les valeurs de ce ratio varient entre 1,37 et 4,03 avec une valeur moyenne de 2,41. Cela indique que la pollution admise à la station est plutôt granulaire que dissoute, ce qui caractérise un réseau essentiellement unitaire. Si on compare ces valeurs avec celles d'un effluent urbain strict (0,8 à 1,2), nous remarquons qu'elles dépassent cette fourchette donc il aura une influence sur le % des MVS de l'effluent et de la production de boue en excès. Par ailleurs, la valeur élevée de ce rapport est probablement due à l'augmentation du flux des MES rejetés par temps de pluie dans les milieux récepteurs à cause de la remise en suspension des dépôts accumulés dans le collecteur.

j) Ratio DBO5/Nt

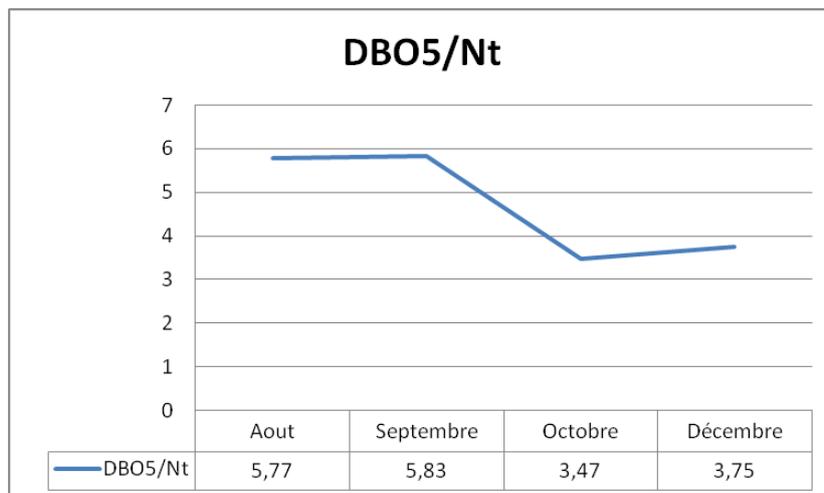


Figure VI-10 : Variation du rapport DBO5/NT à l'entrée de la STEP.

Une dénitrification efficace suppose une certaine proportion en composés carbonés facilement biodégradables. Dans les eaux usées urbaines le rapport DBO_5/NT varie entre (3–4) ; (4-6) et (6-8) pour respectivement les eaux usées urbaines faiblement, moyennement et fortement concentrées. Les valeurs enregistrées concernant ce ratio varient entre 3,47 et 5,83. Par ailleurs, les eaux brutes traitées par la STEP sont moyennement concentrées. Cependant, une bonne élimination de la matière azotée est réalisée pour un rapport variant entre 4 et 6. S'il descend en-deçà de 4, le processus de dénitrification ne s'effectue pas complètement, ce qui se traduit par des valeurs accrues en termes de nitrates.

En conséquence, si ce problème persiste, il serait nécessaire d'ajouter des composés carbonés externes (résidus industriels (brasseries, laiteries, industrie sucrière) et produits techniques (méthanol, éthanol, acide acétique), pour une meilleure élimination de la matière azotée.

Conclusion

D'après les résultats obtenus lors des différentes analyses effectuées sur les eaux brutes et les eaux traitées pendant la période d'étude entre 31 mai jusqu'à 31 décembre 2019, nous avons détecté les problèmes suivants :

- ✓ Durant le mois de juin, les résultats d'analyse de laboratoire accrédité qu'EFACEC a sous-traité (WANYLAB) a donné des résultats totalement incohérents et inacceptables.
- ✓ Les analyses pendant les mois de juillet et novembre n'ont pas été effectuées,
- ✓ Problème de raccordement : la station d'épuration de Bou Ismaïl destinée à traiter les eaux usées de cinq villes mais durant cette période, deux villes : Bouharroun et Khemisti n'ont pas été raccordées à la STEP.
- ✓ Les concentrations des MES, DBO_5 et phosphore à la sortie de la STEP sont conformes aux normes algériennes.
- ✓ L'élimination insuffisante d'azote.

Il conviendrait alors de préciser qu'un fonctionnement performant vis à vis de la pollution azotée nécessite la mise en œuvre de réglages assez fins en ce qui concerne les taux de recirculation ou les réglages des équipements électromécaniques, car le procédé bassin unique est particulièrement sensible aux conditions d'exploitation. En effet, les installations boues activées soumises à une aération intermittente en bassin unique cas de notre station, sont capables de traiter l'azote de façon poussée à des charges massiques supérieures à la valeur

Chapitre VI : Etude des performances épuratoires de la STEP de Bou-Ismaïl

conventionnelle de dimensionnement. La valeur de la charge massique maximale permettant de garantir une concentration en azote total de 10 mgN/L nécessite l'optimisation de la dénitrification, dont le rendement dépend de la composition de l'effluent brut. Il est donc primordial de surveiller en continu et de détecter les paramètres critiques suffisamment tôt, afin de pouvoir prendre les mesures correctives, si nécessaire. C'est le seul moyen de respecter les valeurs de sortie prescrites par le législateur et d'éviter les éventuelles taxes sur les eaux usées.

Aussi, une réutilisation des eaux usées traitées en agriculture nécessite un bon suivi des paramètres de pollution notamment les éléments traces métalliques et les micro-organismes pathogènes ; pour cela il faut que la STEP dispose d'un laboratoire opérationnelle et un personnel qualifié. Il est à noter, que le nombre minimal d'échantillons sur la base duquel une eau destinée à l'irrigation est dite conforme aux normes est fixé comme suit :

❖ 4 par an à raison de 1 par trimestre pour analyser les métaux lourds.

24 par an à raison de 1 tous les 15 jours pour analyser les paramètres bactériologiques, parasitologiques et physico-chimiques

Chapitre VII :

**Enjeux et paramètres
dimensionnelles du traitement
tertiaire dimensionnelles du
traitement tertiaire**

Chapitre VII : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

Introduction

Les techniques conventionnelles de type boues activées, cas de notre STEP, sont capables d'éliminer, dans des proportions variables, les matières en suspension, les matières organiques et les sels nutritifs (azote et phosphore) mais n'offrent pas une véritable protection vis-à-vis des risques sanitaires.

Ainsi, les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés surtout lorsqu'il s'agit d'une réutilisation de ces eaux. Les traitements de finition encore appelés traitements tertiaires se mettent en œuvre après le traitement biologique, c'est-à-dire en général après le clarificateur. Leur rôle est de réduire à des teneurs très basses certains polluants peu ou pas éliminés par les traitements secondaires notamment les micro-organismes pathogènes.

Selon l'objectif final prévu pour les eaux usées traitées, les critères de qualité ne sont pas les mêmes. Actuellement, les eaux usées épurées de la STEP de BOU-ISMAIL destinées pour l'irrigation, sont directement rejetées en mer. Il s'agit donc ici d'une problématique environnementale qui mérite une attention particulière car l'impact sur la santé humaine peut s'avérer fort important.

Par ailleurs, Les eaux d'irrigation, surtout celles destinées aux légumes de consommation sans cuisson préalable, peuvent transmettre un grand nombre de pathogènes causant des maladies comme la dysenterie, la typhoïde ou les gastro-entérites.

En effet, il est à préciser que la STEP étudiée est dotée d'un bassin de chloration. Toutefois, le chlore est un oxydant puissant, il est très actif dans l'élimination des micro-organismes. Cependant, suite aux réactions avec la matière organique et/ou l'ammonium, il y aura formation de composés secondaires organo-chlorés et/ou chloramines très cancérigènes. L'effet stérilisant du chlore est d'autant plus efficace que l'épuration biologique est bonne, car la présence de NH_4^+ réduit l'effet bactéricide du chlore par formation de chloramines peu actifs. C'est pourquoi, pour pallier à ce problème, nous proposons une filtration sur sable pour un abattement supplémentaire de MES et une meilleure désinfection afin de pouvoir réutiliser les eaux traitées en irrigation

VII-1 Objectif du traitement tertiaire

Les filières classiques d'épuration biologique des eaux résiduaires urbaines (ERU) produisent une eau clarifiée présentant une pollution résiduelle non négligeable, pouvant être incompatible avec :

- ❖ la protection des exutoires naturels fragilisés, classifiés en zones sensibles à l'eutrophisation.
- ❖ un rejet dans une zone bactériologiquement sensible (zones de baignade et conchylicole).
- ❖ un rejet dans un milieu récepteur à capacités épuratrices limitées.
- ❖ une réutilisation de l'eau, à des fins agricoles, industrielles ou autres.

Le traitement tertiaire, dans le cadre de ce projet, a pour objectif principal de réduire les concentrations en micro-organismes des eaux usées épurées en vue de leur réutilisation en agriculture. La présence de matière organique et des éléments (azote et phosphore) dans les eaux usées épurées ne constitue pas, sauf cas d'excès, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols.

Les eaux usées en sortie de STEP contiennent une grande variété de microorganismes, des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes. Ils proviennent de l'environnement et des matières fécales et sont pour certains pathogènes.

Les caractéristiques principales d'un procédé de désinfection sont les suivantes :

- Etre efficace sur les microorganismes pathogènes
- Ne pas engendrer la formation de sous-produits indésirables
- Etre non dangereux pour la santé et l'environnement.

L'éventail des techniques de désinfection est assez large, mais, en pratique, les seuls couramment utilisés aujourd'hui sont :

- la chloration ;
- la chloration-déchloration ;
- l'ozonation ;
- la radiation par ultraviolets ;
- les lagunes de désinfection.

VII-2 Désinfection par chloration

La méthode la plus ancienne de désinfection est l'utilisation de chlore.

Le chlore est injecté directement dans les eaux usées. Il peut être utilisé sous forme de chlore gazeux, hypochlorite de sodium ou bioxyde de chlore. Cet oxydant très puissant permet l'élimination de la plupart des microorganismes pathogènes même à faible dose. En effet, il endommage les membranes des cellules. C'est une technique très facile à mettre en place et peu coûteuse. Aussi, la chloration est capable de fournir un résiduel pour empêcher la croissance de microbe pathogène dans les réservoirs de stockage.

VII-3 La chloration-déchloration

Pour éviter les effets non désirés du chlore sur la vie aquatique, une étape de déchloration est ajoutée.

Elle consiste en l'ajout de bioxyde de soufre (SO_2). Le temps de réaction entre lui et le chlore résiduel est très rapide et permet de bloquer les effets toxiques vis-à-vis de la vie aquatique. Par contre, cette réaction fait diminuer la concentration en O_2 dissous, elle augmente les coûts et les risques pour le personnel de la station d'épuration et pour la sécurité publique lors du transport. Aussi, elle ne permet pas l'élimination des sous-produits potentiellement cancérigène.

VII-4 Désinfection par l'ozone

L'ozone est un gaz oxydant très puissant, qui permet de dégrader la matière organique et d'éliminer les principales sources pathogènes présentes dans l'eau. En effet, son potentiel d'oxydation est de 2,07. Il est nettement supérieur à celui du chlore qui n'est que de 1,35. Il peut oxyder les bactéries et les virus. Les propriétés de l'ozone sont les suivantes, il est désinfectant, désodorisant, respectueux de l'environnement et purificateur.

Très peu d'applications pour la désinfection des eaux usées en raisons de :

- Coûts d'investissement et d'exploitations élevés
- L'ozone est généralement produit localement (parce que c'est un gaz très instable) :
Complexité des opérations
- La présence de bromure favorise la formation de bromates cancérigènes

- l'ozone résiduel est très toxique pour la vie aquatique, mais à cause de son instabilité, l'ozone résiduel est rapidement détruit.

Notons que ce traitement est surtout très efficace pour les virus, dont il permet une élimination totale. Par contre, il semblerait que les protozoaires présentent une grande résistance à ce traitement.

Les traitements à l'ozone sont affectés par des valeurs élevées de pH, de température et de concentration en composés organiques. Notons également que l'ozone est instable et qu'il ne permet pas de conserver un pouvoir rémanent de désinfection dans l'effluent traité.

VII-5 Désinfection par UV

Les ultraviolets (UV) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection. La désinfection par rayonnement ultraviolet est efficace contre les bactéries, les parasites protozoaires (p. ex. *Giardia*, *Cryptosporidium*), et, à fortes doses, peut aussi être efficace contre la plupart des virus.

La lumière ultraviolette (UV) est un rayonnement électromagnétique qui se déplace par ondes dans toutes les directions à partir de la source émettrice (lampe). On la trouve dans le spectre lumineux entre les rayons X et la lumière visible; la longueur d'onde de la lumière ultraviolette varie de 200 à 390 nanomètres (nm). Du point de vue de la désinfection microbienne, la longueur d'onde la plus efficace est 254 nm, car il s'agit de celle pour laquelle l'intensité énergétique est optimale.

Avantages

Le système de décontamination de l'eau par UV possède de nombreux avantages :

- Le plus intéressant est que la désinfection s'accompagne de la formation d'aucun produit de réaction avec les matières organiques de l'eau.
- L'utilisation de l'appareil est simple
- Il est adaptable sur un circuit de distribution d'eau déjà en place.
- Son entretien réduit et son coût de fonctionnement est relativement bas.

Inconvénient

Ces avantages sont contrecarrés par quelques inconvénients majeurs. Il n'y a pas de possibilité d'apprécier de façon immédiate l'efficacité du traitement par la mesure d'un résiduel comme dans le cas d'un oxydant chimique.

L'efficacité de la désinfection par UV dépend des paramètres de fonctionnement et de la qualité de l'effluent. Les plus importants sont :

- ❖ Le temps d'exposition : Le temps d'exposition est fonction du débit et donc de la vitesse de passage de l'effluent dans l'installation. Il faut considérer le temps d'exposition moyen aux rayonnements UV qui est fonction de la conception hydraulique du chenal. Le volume du réacteur doit être utilisé au maximum, en évitant les zones mortes pour profiter au mieux de l'énergie UV. Il est compris entre 5 et 15 secondes.
- ❖ L'intensité UV émise par les lampes : L'intensité UV nominale est fonction du nombre de lampes allumées. L'intensité reçue par l'effluent diminue avec l'éloignement par rapport à la lampe, notamment par dissipation de l'énergie dans un volume plus grand.
- ❖ Les matières en suspension : Les rayons UV sont peu pénétrants de ce fait, les MES peuvent fournir une protection aux micro-organismes pour plusieurs raisons : le rayon n'atteint pas la bactérie libre parce qu'une particule lui sert de protection, la pénétration sera également incomplète ou nulle si la bactérie est adsorbée à une particule. Une teneur en M.E.S supérieure à 25 mg/l limite les performances de la désinfection par UV basse pression. Par contre, la filtration de l'effluent les améliore.
- ❖ **Turbidité** : teneur de l'eau en particules en suspension, généralement invisibles à l'œil nu, et qui peuvent absorber ou disperser la lumière UV, l'empêchant d'atteindre les agents pathogènes.

VII-6 Lagunage tertiaire

Le lagunage tertiaire consiste à utiliser plusieurs lagunes appelées « lagunes de maturation ». Elles sont de faibles profondeurs (entre 0,8 et 1,2m) et permettent une désinfection des eaux. En effet, grâce à une faible profondeur, le rayonnement UV réalise la désinfection. La présence d'algues aux pouvoirs germicides peut aussi participer à cette désinfection. La durée de temps de séjour est un facteur très important. Plus le temps de séjour est long et plus l'élimination des microorganismes est notable (Boutin et al., 2009). Les bactéries pathogènes sont éliminées de 90 à 99 %. Par contre, l'élimination des virus est moins efficace.

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

Il est nécessaire de surveiller le lagunage pour éviter toute dégradation de la qualité à cause des développements d'algues et de végétaux.

Ce procédé est bien adapté à l'assainissement des petites collectivités

➤ *Avantages et inconvénients du lagunage tertiaire*

Avantages

- Sécurité par apport au milieu récepteur
- Efficacité de la désinfection correcte mais dépendent du temps de séjour.
- Pas de formation des sous-produits nocifs.
- Pas de besoin énergétique.
- Bonne intégration environnemental

Inconvénients

- Risque de dégradation de la qualité physico-chimique du rejet lié à la formation d'algues et de végétaux flottants
- Investissement important
- Efficacité de la désinfection dépendante de plusieurs facteurs (ensoleillement,...)
- Emprise foncière importante
- Exploitation pouvant être contraignante en cas de lagune à macrophytes (lentilles d'eau,...)

VII-8 Critères techniques pour le choix de la variante de traitement

Tableau VII-1: Critères comparatifs des principaux modes de désinfection des eaux usées.

	<i>CHLORATION DECHLORATION</i>	<i>RAYONNEMENT ULTRAVIOLET</i>	<i>LAGUNAGE</i>
<i>Inactivation bactérienne</i>	<i>bonne</i>	<i>bonne</i>	<i>bonne</i>
<i>Inactivation virale</i>	<i>faible</i>	<i>bonne</i>	<i>faible</i>
<i>Réactivation possible</i>	<i>oui</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>
<i>Toxicité pour la vie aquatique</i>	<i>faible</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
<i>Formation de produits secondaires nuisibles</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
<i>Corrosif</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
<i>Risque pour la sécurité publique</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
<i>Transport requis</i>	<i>important</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
<i>Complexité de la technologie</i>	<i>modérée</i>	<i>faible</i>	<i>non</i>
<i>Facilité de contrôle du procédé</i>	<i>bien connue</i>	<i>en développement</i>	<i>impossible</i>
<i>Fiabilité des équipements</i>	<i>bonne</i>	<i>bonne</i>	<i>pas d'équipement</i>
<i>Applicable à quelles stations d'épuration</i>	<i>toutes les tailles</i>	<i>petites et moyennes (de plus en plus pour les grosses)</i>	<i>petites et moyennes</i>
<i>Niveau de prétraitement requis</i>	<i>aucun</i>	<i>secondaires</i>	<i>aucun</i>
<i>Entretien requis</i>	<i>minime</i>	<i>variable</i>	<i>aucun</i>

Le système de lagune de finition est considéré comme un excellent moyen pour la contamination microbiologique comparativement aux autres variantes de traitement, néanmoins il nécessite des surfaces importantes ainsi que des grands terrassements ce qui le rend le plus coûteux du point de vu investissement. Aussi, la superficie de la STEP de BOU-ISMAIL ne permet pas l'implantation des lagunes de finition.

Pour toutes les raisons citées au-dessus, nous devons écarter la solution de traitement par chloration-déchloration, ozonation et les lagunes de finition et opter pour le traitement par la technique de filtration sur sable suivi d'un poste de chloration qui existe déjà au niveau de la STEP. C'est la solution la plus adaptée pour traiter les effluents après un traitement secondaire et avant rejet en mer ou réutilisation.

En effet, le tableau ci-après résume l'intérêt d'une filtration sur sable dans un procédé d'épuration dont les eaux épurées seront destinées pour une réutilisation en irrigation.

VII-9 Procédé du traitement tertiaire envisagé

Le processus comprend :

- Réservoir de régulation de débit et de pompage ;
- Pompage pour traitement tertiaire ;
- Filtre à sable ;
- Réservoir des eaux traitées
- Pompage des eaux traitées

Aussi, sont inclus les installations supplémentaires suivantes :

- Un échantillonneur portatif isotherme

VII-10 By-pass, réservoir de régulation de débit et de pompage

À la sortie des clarificateurs, l'eau est amenée au canal de mesure de débit Parshall. Après ce canal, deux vannes permettent de sélectionner si l'eau rentre dans le réservoir régulateur du traitement tertiaire ou dirigé vers la sortie de la STEP.

Le réservoir de régulation à une double fonction :

- Il permet d'abriter les pompes de refoulement de l'eau du traitement tertiaire ;
- Il permet également de réguler le débit de pompage du traitement tertiaire.

Le volume de la chambre sera choisi par l'entrepreneur en fonction de la capacité d'exploitation de l'eau souhaitée.

VII-11 Pompage pour traitement tertiaire

Les pompes de refoulement d'eau vers le traitement tertiaire sont installées dans le réservoir régulateur décrit ci-avant.

Lors de la première phase des travaux, trois pompes centrifuges immergées (dont une de réserve) d'un débit unitaire de 667 m³/h ont pour fonction d'amener l'eau à l'entrée des chambres de distribution aux deux filières du traitement tertiaire. Les pompes seront équipées d'un variateur de fréquence équipé d'une inductance de ligne et d'une inductance moteur

VII-12 Filtration sur sable

Après traitement biologique des effluents bruts, les eaux traitées et décantées sont affinées par passage au travers d'un massif filtrant sableux suivant un fonctionnement sous pression. Les MES résiduelles sont en partie piégées, ce qui assure une rétention de microorganismes supportés par ces MES.

L'objectif de la filtration ne se limite pas donc à la rétention de MES, mais participe également à plusieurs tâches au sein de la chaîne de traitement en fonction des caractéristiques du matériau filtrant utilisé et les conditions de mise en œuvre.

On distingue deux types de filtration :

➤ *Filtration lente*

La filtration lente consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,2 à 0,5 m/h. Le matériau filtrant le plus utilisé est le sable. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par la diminution du nombre de microorganismes (bactéries, virus, kystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales. A la surface du lit se trouve une mince couche appelée "membrane biologique" ou « bio film ». Cette mince couche superficielle est essentielle, car c'est grâce à elle que le processus d'épuration se déroule.

Cette méthode de filtration est souvent la plus économique et offre l'avantage d'une grande efficacité et d'une exploitation simple. Elle permet de donner une qualité d'eau satisfaisante sans rajouter d'autres étapes dans le processus de purification.

➤ *Les filtres à sable rapide*

En pratique, les filtres à sables rapides sont les plus utilisés dans le traitement des eaux de consommation. Le matériau filtrant est maintenu en place par gravité et l'écoulement de l'eau à lieu de haut en bas. Lorsque le milieu filtrant est encrassé, on lave le filtre en inversant le sens de l'écoulement de l'eau ; le milieu filtrant est alors en expansion, et les particules d'impuretés, beaucoup moins denses que les grains de sable, sont décollées et évacuées vers l'égout à l'aide des goulottes de lavage. Les principaux éléments d'un filtre rapide sont : le fond de filtre, le gravier de support et le milieu filtrant.

Avantages

- Son utilisation est simple, rapide et pratique.
- Il est facile à installer et à nettoyer, ce qui est d'autant plus appréciable, vu que ce dernier est fréquent.
- Son prix est peu élevé au regard des autres types de filtres présents sur le marché. C'est un produit à l'excellent rapport qualité/prix.
- Il a pour avantage d'être également économique à l'usage.
- Le filtre à sable tolère tous les types d'eau (douce, salée, usées...) et tous les traitements (brome, chlore ...).
- Son entretien et son fonctionnement ne nécessitent pas les services d'un professionnel.
- Sa vitesse de traitement est rapide et il est efficace pour filtrer l'eau usée.

Remarque

Les filtres à sables lents, de construction et de fonctionnement simples, nécessitent de grandes superficies.

Les performances hydrauliques exigées d'un filtre à sable rapide sont nettement plus importantes que celles d'un filtre lent. En filtration rapide, la performance repose sur une granulométrie plus aigüe. En effet, la nécessité d'une distribution granulométrique rigoureuse est un corollaire fondamental vis-à-vis de la percolation (écoulement) de l'eau dans la masse du filtre.

- Pour notre étude, on propose filtres à sables à vitesse rapide 10m/s pour le débit moyen horaire de 1334 m³/h.

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

- La vitesse doit être choisie en fonction des caractéristiques de l'eau brute et de la fréquence à laquelle on désire nettoyer les filtres.

Une (01) pompe de lavage pour chaque filtre plus une (01) pompe de secours.

Les eaux de lavage des filtres seront relevées par pompage (dont une pompe de secours) vers le poste toutes eaux de la station.

VII-14 Réservoir des eaux désinfectées

L'eau désinfectée sera collectée par déversement dans un réservoir d'eaux désinfectées à partir de laquelle elle sera pompée, via une station de pompage des eaux traitées vers la réutilisation pour l'agriculture. Le réservoir sera équipé d'un trop-plein qui mènera l'eau par débordement vers le rejet.

VII-15 Dimensionnement du procédé de filtration sur sable

VII-15-1 Données de conception pour le traitement tertiaire

L'objectif du projet est de réaliser un traitement tertiaire par filtration sur sable au niveau de la station d'épuration de Bou-Ismaïl (Wilaya de Tipaza), cette étape de traitement est dimensionnée pour traiter le débit journalier total de la STEP soit 32 000 m³/j, Le débit horaire maximal pompé vers le traitement tertiaire est de 1335m³/h.

❖ Données de bases

<u>Paramètres d'entrée</u>	<u>Unités</u>	<u>Horizon 2030</u>
-----------------------------------	----------------------	----------------------------

Charge hydraulique

- Équivalent habitant	EH	230 000
- Volume journalier	m ³ /j	32000
- Débit horaire	m ³ /h	1334

Dimensionnement

❖ Valeurs d'entrée pour le traitement Tertiaire

- DBO₅ : 30 mg/l
- DCO : 90 mg/l
- MES : 30 mg/l
-

❖ Exigences en matière de dimensionnement des filtres

Types de traitement selon l'eau brute y traitée : Chloration+ Filtre à sable

- DCO ≤ 90 mg/l
- SS ≤ 10 mg/l
- MES ≤ 5 mg/l
- Total des coliformes \leq : 100 UFC/100mL
- Nématodes \leq : 0 UFC/100mL
- Dose d'UV requise : 20 mJ/cm²

❖ Dimensionnement de station de relevage d'eau du Filtre à sable au bassin de désinfection par eau de javel

Un poste de relevage est installé chaque fois que le niveau d'évacuation des eaux usées est situé en contrebas du réseau de collecte (habitat individuel, collectif, collectivités) ou chaque fois que le niveau du réseau collectif arrive en contrebas du niveau de la station d'épuration.

L'accès aux pompes devra être facilité afin d'entretenir les éléments électromécaniques sans difficulté: une échelle permet de descendre dans la cuve.

L'alimentation électrique se trouve à l'extérieur de l'installation.

Choix de pompes

- ✚ Le débit de pointe par temps de pluie est 3263 m³/h.
- ✚ On choisit un temps de marche des pompes de 16 h/ j, alors il faut dimensionner la bâche d'arrivée afin qu'elle puisse retenir le volume par temps d'arrêt.

Le débit à relever par la pompe est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{pompe}} = Q_{\text{tp}} * \frac{24}{16} \rightarrow \boxed{Q_{\text{pompe}} = 4894,5 \text{ m}^3/\text{h}} \quad (\text{ce débit nous permet de pomper un}$$

volume de

3263 m³/h pendant 16h).

$$\rightarrow Q_{\text{pompe}} = 4894,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ Volume utile

Le volume utile d'une station de relèvement dépend de deux facteurs principaux :

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

- le débit d'eau,
- le nombre de démarrages de la pompe.

On peut estimer ce volume à partir de la formule :

$$V = \frac{[Q \cdot (1/n)]}{[4 \cdot (N-1)]}$$

$$V = \frac{4894,5 \cdot (\frac{1}{8})}{4 \cdot (3-1)} = 76,48 \text{ m}^3$$

$$V = 76,48 \text{ m}^3$$

N : nombre de pompes identiques

n : nombre maxi de démarrages par heure

n : étant le nombre de démarrages par heure de la pompe (Cette valeur, définie par le bureau d'étude et/ou le fabricant de la pompe ou du moteur, est souvent compris entre 6 à 10 pour un démarrage direct), on prend $n=8$.

On va projeter trois pompes en parallèle soit $Q_1=Q_2=Q_3= 1631,5 \text{ m}^3/\text{h} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$

Le diamètre de la conduite de refoulement:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{O} = \sqrt{Qi} = 0,67\text{m} \quad (\text{on calcule le diamètre à travers les deux formules suivantes pour} \\ \text{choisir le diamètre le plus économique suivant la relation de BRESSE en USI). \end{array} \right.$$

$$\dot{O} = 1,5 \cdot \sqrt{Qi} = 1,01 \text{ m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (\dot{O})^2} = \frac{4 \cdot 0,45}{3,14 \cdot (0,67)^2} = 1,28 \text{ m/s} . \\ v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (\dot{O})^2} = \frac{4 \cdot 0,45}{3,14 \cdot (1,01)^2} = 0,56 \text{ m/s} . \end{array} \right.$$

→ La vitesse du liquide dans la conduite doit être comprise entre 1,28 et 0,56 m/s,

Le diamètre de la conduite de refoulement a été choisi de façon à avoir une vitesse de circulation de 1 m/s lors du pompage.

$$\rightarrow S = \frac{Q}{v} = \frac{0,45}{1} = 0,45 \text{ m}^2$$

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

$$\rightarrow \varnothing = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = 0,757 \text{ m} = 757 \text{ mm} \quad \text{on prend le diamètre commercialisé DN800}$$

La hauteur d'élévation, aussi appelés Hauteur Manométrique Totale (HMT), correspond à la hauteur géométrique (différence entre le point bas et le point le plus haut) + les pertes de charges à l'aval de la pompe.

$$\text{HMT} = \text{Hg} + \Delta h \quad \text{Avec} \quad \text{Hg} = h_r - h_a$$

$$h_r = 9,5 \text{ m}$$

Et : $h_a = 3 \text{ m}$ (Niveau min de l'eau en dessus de la pompe).

$$\text{Hg} = 9,5 - 3 = 6,5 \text{ m}$$

donc

$$\text{Hg} = 6,5 \text{ m}$$

Les pertes de charge linéaires ont été évaluées à partir de la formule universelle :

$$\Delta h = \lambda \cdot L \cdot \frac{v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

λ : coefficient de perte de charge.

$$\text{Avec : } \lambda = [1,14 - 0,86 \ln \left(\frac{\varepsilon}{D}\right)]^{-2}$$

$$\lambda = [1,14 - 0,86 \ln \left(\frac{0,6}{800}\right)]^{-2} = 0,019$$

$$\lambda = 0,019$$

ε : Rugosité en mm pour une conduite en fonte 0,4.....0,6

L : longueur de la conduite de relevage, **L=19,8 m**

$$\rightarrow \Delta h = 0,019 \cdot 19,8 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,8} = 0,023 \text{ m}$$

$$\Delta h = 0,023 \text{ m}$$

Les pertes de charge singulières se calculent de la manière suivante :

$$\Delta H' = \sum K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\Delta H' = 2 \cdot 0,27 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} + 1 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} + 2 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,18 \text{ m}$$

Les différentes singularités que l'on peut retrouver à l'aval des pompes avec leur valeur de K sont reportées dans le tableau ci-après :

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

Tableau VII-5 : les valeurs de K des différentes singularités retrouvées à l'aval d'une pompe.

Descriptif :	K :	Nombre :
pied d'assise	0,3	1
coude à 90 °	0,27	1
vanne opercule	0,12	1
connection T	0,5	1
clapet	2	1
sortie	1	1
Total :	K =	4,19
Pertes de charge singulières JC (m) =		0,21

$$\Delta H_t = \Delta H' + \Delta h = 0,023 + 0,18 = 0,203 \text{ m}$$

$$\Delta H_t = 0,203 \text{ m}$$

$$\text{HMT} = (9,5 - 3) + 0,203$$

On a retranché "ha" par ce que le niveau d'aspiration est en dessus de la pompe (mise en Charge).

$$\rightarrow \text{HMT} = 6,5 + 0,203$$

$$\rightarrow \text{HMT} = 6,70 \text{ m}$$

Nature du fluide à pomper : (eaux usées urbaines)

A partir du catalogue du choix des pompes, on a choisi trois pompes couplées en parallèle plus une pompe de sécurité, qui possèdent les caractéristiques suivantes :

Q : 1631,5 m³/h

H : 6,70 m

Roue type : Monocanal

Passage libre : 163 mm

n. poles : 8

Fréquence : 60 Hz

Monophasé / Triphasé : 3~

Puissance moteur P2 : 39,1 kW

Tension : 460 V

Diamètre refoulement : DN800

Installation : pompes centrifuges submersibles

Donc :

✚ Nombre de pompes actives (n) 3 u

✚ Nombre de pompes de réserve 1u

❖ Diviseur de débit

Les dimensions de diviseur de débit sont les suivantes :

- Débit journalier(Q_j) 32000 m³/j
- Heures de fonctionnement/jour(H) 16 h
- Débit moyen(Q_m) (Q_m)= Q_j/H 1334 m³/h
- Débit maximal(Q_p) $Q_p=Q_m$ 1334 m³/h
- Nombre de canaux 4 u
- Débit unitaire (Q_u) $Q_u=Q_p/n$ 333,5 m³/h
- Vitesse minimale du canal $\geq 0,3$ m/s
- Vitesse maximale du canal $1 \leq 1.5$ m/s
- Système de distribution des flux déversoir réglable manuellement
- Nombre de décharges réglables 2 u
- Largeur du déversoir = 350 mm

VII-16 Filtres à sable

Les eaux traitées biologiquement et ayant subi la clarification sont acheminées vers les filtres à sable pour un abattement complémentaire des matières en suspension. En effet, la filtration sur sable permet d'atteindre des rendements d'élimination des matières en suspension proches de 80% et réduit la pollution organique carbonée de 60 à 75%.

La capacité hydraulique maximale de chaque file est de 333,5 m³/h.

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

Sachant que La vitesse de filtration est comprise entre 2,4m/h et 10 m/h, une vitesse maximale de filtration de 10 m/h a été choisie pour le débit maximal de 1334 m³/h.

Les dimensions des filtres à sable sont les suivantes :

- Débit journalier	32000 m ³ /j
- Heures de fonctionnement/jour	16 h
- Débit moyen horaire (Qm)	1334 m ³ /h
- Débit maximal (Qp)	3263 m ³ /h
- Nombre de filtres	2 u
- Débit unitaire maximal	333,5 m ³ /h

➤ Débit unitaire (Qu)

$$Q_u = Q_m / n$$

$$Q_u = \frac{1334}{2} = 667 \text{ m}^3/\text{h}$$

Qu = 667 m³/h

Avec :

Qu : Débit unitaire.

Qm : Débit moyen horaire.

n : Nombre de filtre prévus.

➤ **Surface de filtration (V)**

$$V = Q_m / S \quad \text{avec} \quad V = 10 \text{ m/h.}$$

$$S = \frac{Q_m}{v} = \frac{1334}{10} = 133,4 \text{ m}^2$$

S_{lit} = 133,4 m²

Tel que La surface totale du filtre à sable est : 133,4 m²

Avec :

Qm : débit maximal pompé.

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

V : Vitesse de filtration.

S_{lit} : Surface totale du filtre à sable.

Dans le cas de notre étude, on pose 2 filtres et on calcule la surface filtrante de chaque filtre (S_n) :

➤ **Surface filtrante par filtre (S_n)**

$$S_n = S_{lit}/n \qquad S_n = \frac{133,4}{2}$$

$S_n = 66,7 \text{ m}^2$

Avec :

V : vitesse de filtration m/h.

S_n : Surface filtrante par filtre m^2 .

On a : $S_n = L \cdot l$ et On pose $L = 2l$ donc $S_n = 2l^2$

$$l = \sqrt{\frac{S_n}{2}} = 5,77 \text{ m} \qquad \text{et} \qquad L = 2 \cdot 5,77 = 11,55 \text{ m}$$

En conclusion

- Nombre d'unité (Filtre) = 2u

- Chaque filtre a les dimensions suivantes :

--Longueur = 11,55 m

---Largeur = 5,8 m

----Vitesse maximale de filtration = 10m/h

----Hauteur du matériel filtrant = 1,5 m

----Hauteur de l'eau au-dessus du filtre = 2m –

Remarque

Le fonctionnement de la filtration est conçu selon un système de compensation de charge. Pour cela, une vanne de régulation, un indicateur de perte de charge et une sonde de mesure de niveau constituent un ensemble dont le rôle est d'assurer un niveau de filtre constant. En effet, durant un cycle de filtration, la régularisation est faite en amont par le capteur de niveau à sonde ultrasonique et en aval par la mesure de perte de charge qui indique le degré d'encrassement du sable. Aussi toute élévation du plan d'eau au-dessus du matériel filtrant doit être corrigée par l'ouverture progressive de la vanne de régulation. Grâce à ce dispositif, le filtre reste en permanence sous la charge des eaux et à niveau constant.

➤ *Dimensionnement du rétro-lavage*

Au fur et à mesure de la filtration, les particules retenues vont entraîner un colmatage du lit et donc une augmentation des pertes de charges et une perte de l'efficacité de filtration. A partir d'une certaine perte de charge, une phase de rétro-lavage va s'imposer.

La phase de rétro-lavage consiste à fluidiser le lit de sable par l'injection d'eau et d'air à contre-courant. La fluidisation entraîne l'expansion du média filtrant et donc la séparation des particules et l'augmentation de la porosité du milieu. Les petites particules retenues dans le média filtrant durant la phase de filtration ayant une vitesse de sédimentation (ou vitesse terminale de chute libre) inférieure à celle des grains de sable sont emportées à la surface. L'eau de lavage chargée de ces particules en suspension est récupérée par une goulotte située au-dessus du lit de sable.

➤ **Débit d'eau et d'air de lavage**

Le cycle de lavage est le suivant :

- soufflage par injection d'air et d'eau, d'une durée de 10 à 12 minutes.
- Rinçage à l'eau à grande débit, jusqu'à ce que l'eau évacuée à l'égout soit claire.
- Débit d'eau de lavage en soufflage 7 à 15 m³/h.m².
- Débit d'air de lavage 50 à 60 m³/h.m².

Débit d'eau de rinçage 15 m³/h.m².

On choisit 50 m³/m²/h comme débit d'air à injecter

$$Q=50*S_{lit} = 6670 \text{ m}^3/\text{h}$$

S_{lit} : Surface du lit filtrant m^2 .

➤ *la perte de charge engendrée par le média filtrant*

$$\Delta P = H * g * (1 - \epsilon_{lit}) * (\rho_p - \rho_f)$$

$$\Delta P = 1 * 9,81 * (1 - 0,4) * (1204 - 1000)$$

$\Delta P = 1200,74 \text{ m}$

H : hauteur du lit à sable en m.

ΔP : perte de charge engendrée par le media filtrant (m).

Tableau VII-13-6: caractéristique des fluides du rétro-lavage.

Masse volumique de l'eau à 20°C (ρ_f)	1000 kg/m^3
Masse volumique de l'air sec à 20°C	1.204 kg/m^3
Viscosité de l'eau à 20°C	10^{-3} Pa.s
Viscosité de l'air à 20°C	$1,85 \cdot 10^{-5}$ Pa.s

VII-17 Réservoir de stockage d'eau traitée

Le stockage est une étape essentielle et importante pour égaliser les pics et combler les périodes, puisque la demande en eau d'irrigation est variable et principalement située en saison sèche, alors que l'offre en eaux usées est globalement continue dans le temps.

Trois possibilités sont donc à envisager :

❖ Soit, l'eau n'est pas stockée et va irriguer des superficies variables en fonction des besoins des cultures et donc des saisons. La superficie équipée d'un système d'irrigation sera donc nécessaire sur l'ensemble du périmètre et un apport d'eau conventionnel supplémentaire devra venir combler les manques lors de la saison sèche.

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

- ❖ Soit, l'eau n'est pas stockée et va irriguer une surface fixe. Celle-ci est calculée sur la base de la surface minimum irrigable pendant les mois où les besoins en eau sont maximum. En hiver, une partie de l'eau sera ainsi rejetée directement dans le milieu récepteur.
- ❖ Soit, l'eau est stockée et distribuée selon les besoins journaliers des cultures. Cela permettant d'augmenter considérablement la superficie irriguée par rapport au point précédent sans pour autant devoir faire appel à de l'eau conventionnelle pour combler les manquements. C'est donc cette dernière proposition qui sera choisie.

Deux types de stockage se distinguent :

- le stockage court terme (temps de résidence de l'ordre de quelques jours à quelques semaines). Ce sont des systèmes de bassins ouverts ou fermés. Ils sont utilisés pour des petits périmètres irrigués et pour des petits volumes. Une chloration résiduelle doit souvent être appliquée entre le stockage et la distribution ;
- Le stockage long terme (stockage saisonnier pendant la saison humide pour subvenir à une forte demande en irrigation en saison sèche). Des réservoirs de stockage de surface peuvent être mis en place. Le stockage à long terme peut également être réalisé dans les aquifères, pour assurer un approvisionnement en eau fiable, améliorer la qualité de l'eau. Il requiert alors de limiter et de contrôler les contaminations des eaux souterraines.

La figure suivante montre les types de réservoirs utilisés selon le temps de séjour

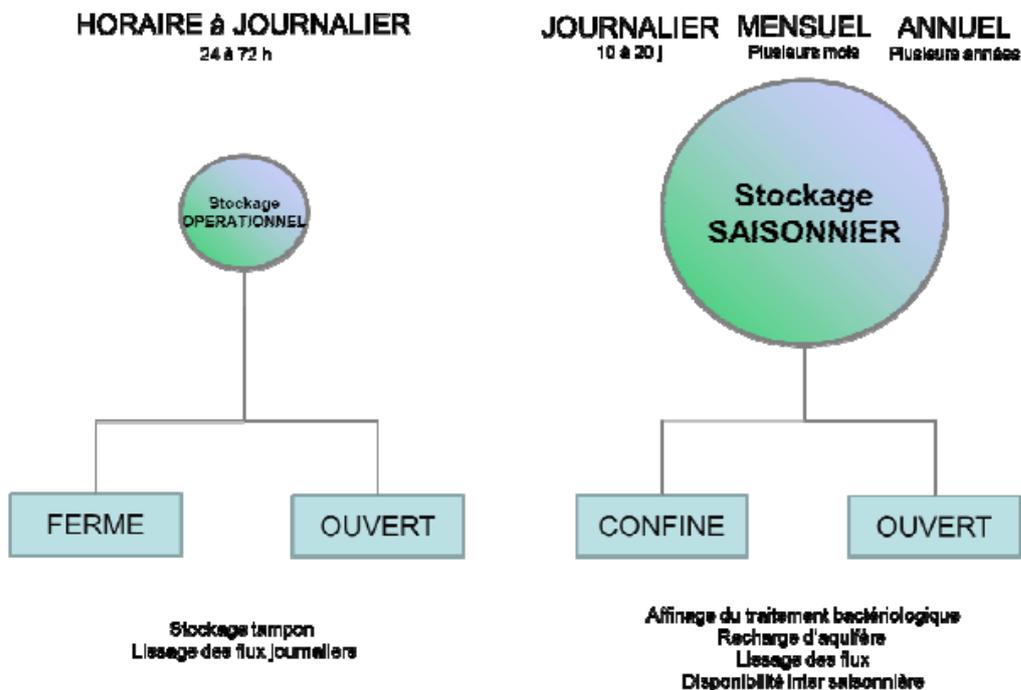


Figure VII-1: Type de réservoirs selon leur temps de séjour.

Chapitre VI : Enjeux et paramètres dimensionnelles du traitement tertiaire

Les réservoirs opérationnels fermés sont généralement des cuves fermées (citernes ou réservoirs) en acier ou béton armé pour les cuves rigides ou en polyester induit de PVC avec traitement anti-UV pour les citernes souples (Figure VII-1). Le volume de ces réservoirs est limité à 600 m³ pour les ouvrages préfabriqués mais peut atteindre jusqu'à 10 000 m³ pour les ouvrages fabriqués. Ce type de réservoir peut être enterré, en surface ou surélevé selon les contextes.



Figure VII-2 : Réservoirs opérationnels fermés.

A gauche : Citernes souples (max 500 m³)

Au centre : Kihei réservoir, Hawaï aux Etats-Unis en béton et aluminium (capacité 4 000 m³) (<http://www.hwea.org>)

A droite : Réservoir surélevé du golf de Wedgewood en Caroline du Nord aux Etats-Unis (capacité de 1100 m³) (<http://www.wilsonnc.org>)

Pour les réservoirs fermés, l'absence de lumière favorise les processus anaérobies, l'apport d'oxygène étant limité à l'oxygène dissous des EUT entrantes. Selon le taux d'oxygénation des EUT entrantes, les charges en nutriments et matière organique, la température et le temps de séjour des EUT stockées, des solutions peuvent permettre de garantir la stabilisation des EUT dans ces réservoirs :

- limitation du temps de séjour ;
- stabilisation des réactions microbiennes par désinfection (chlore résiduel indispensable : cas de notre STEP) ;
- brassage du réservoir.

Les retours d'expérience sur ce type de stockage ne font pas état de dégradation de la qualité des EUT pour un stockage inférieur à 24 heures sans mention d'équipements spécifiques ni détails sur la qualité des EUT stockées (Miller G., 2009).

En conclusion, nous optons pour un réservoir de type opérationnel fermé en béton pour les nombreux avantages qu'il présente (tableau VII-5) mais aussi pour l'indisponibilité du terrain au sein de la STEP. En effet, les réservoirs à surface libre, le plus souvent plus rentables, nécessitent une disponibilité foncière plus importante. Dans le cas d'une pression foncière trop importante, le recours à des réservoirs fermés peut être nécessaire. Les réservoirs à surface libre sont responsables de dégradation de la qualité des EUT par développement algal et un taux de chlore résiduel difficile à maintenir.

Tableau VII-5 : Avantages et inconvénients des techniques de réservoirs fermés (adapté de Company et al. (2007)).

Réservoir en acier	
Avantages	Inconvénients
peu de risque de fuites (soudures) pas d'effet d'expansion thermique ou contraction pour un entretien des revêtements réguliers, une durée de vie supérieure à 50 ans coût d'investissement faible (selon implantation et taille)	protection cathodique nécessaire planning d'entretien des revêtements et peintures nécessaire seulement pour un usage en surface (au sol ou surélevé)
Réservoir en béton	
Avantages	Inconvénients
faible coût de maintenance usage souterrain ou de surface possible implantation facilitée des équipements techniques (vannages, suivi, aération, ...)	risque de fissures pour des dimensionnement ou construction incorrects prise en compte des effets d'expansion thermique et de contraction nécessaire coût d'investissement plus important que pour les réservoirs en acier

Après l'étape de désinfection, les eaux traitées passent donc dans un réservoir de stockage avec un temps de rétention de 24 H pour desservir les différents services auxquels l'eau récupérée est destinée.

Les dimensions de réservoir de stockage d'eau traitée sont les suivantes

- Débit journalier (Qj) 32000 m³/j
- Débit moyen horaire(Qm) 1334 m³/h

On a un débit de 1334 m³/h

$$\text{On a } T = V/Q_p$$

Avec :

T : Durée de conservation (24h).

V : Volume du réservoir m³.

$$V = Q \times T = 1334(\text{m}^3/\text{h}) \times 24(\text{h}) = 32016\text{m}^3$$

Nombre de bassins : 3 d'où le volume unitaire est donc égal à 10672 m³

VII-18 Pompage des rejets de la filtration

Les rejets provenant de l'usine proviennent principalement du nettoyage de l'équipement de filtration à sable et des éventuels déversements de la zone de préparation des réactifs. Un puits de pompage est doté de quatre pompes submersibles qui achemineront les eaux de rejet vers la ligne de déshydratation des boues (existante) de la station de traitement, destination des rejets de nettoyage des filtres vers la ligne de boue ou le puits de pompage d'eau brute STEP.

Conclusion

Dont le but d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de Bou-Ismaïl et de préserver l'environnement et la santé humaine car cette dernière est une zone de baignade, nous avons opté pour le traitement par la technique de filtration sur sable suivi d'une chloration. En effet, la chloration est le procédé de désinfection le plus utilisé en traitement de l'eau, notamment pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Dans ce domaine, l'intérêt principal est l'effet rémanent du chlore, qui permet de garantir la qualité sanitaire de l'eau sur tout le réseau de distribution. L'application de ce procédé pour la désinfection des eaux usées est cependant problématique car les matières organiques résiduelles réagissent avec le chlore pour former des sous-produits de désinfection, halogénés toxiques. C'est pourquoi, l'installation des filtres à sable en amont de la chloration va contribuer non seulement à l'élimination de MES pour une meilleure désinfection mais aussi à un abattement supplémentaire de la pollution azotée et carbonée.

Toutefois, il conviendrait de préciser que le principal problème lié à la distribution des eaux usées épurée est la dégradation potentielle de la qualité microbiologique, en particulier dans les climats chauds et les réseaux de distribution à longueur importante. Pour cette raison et pour les usages à haut risque sanitaire, il est recommandé de maintenir un résiduel de chlore pour empêcher la croissance bactérienne. Par contre, la concentration de chlore résiduel ne doit pas dépasser 0,5-1 mg/L pour éviter les effets toxiques sur des plantes sensibles.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce travail a été consacré à la caractérisation des eaux usées épurées de la station d'épuration à boues activées à faible charge de Bou Ismail en vue de leur réutilisation à des fins agricoles. Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés à l'évaluation des performances épuratoires de la station vis-à-vis de la pollution carbonée, azotée et phosphorée grâce à l'analyse des données issues de l'auto surveillance de cette station d'épuration pour une période de sept mois allant de juin au mois de décembre de l'année 2019. Nous avons ensuite identifié, les paramètres physicochimiques les plus significatifs et calculé les ratios indicateurs de pollution et les rendements épuratoires de la STEP.

L'analyse des différentes données, nous a permis de mettre en valeur les conclusions suivantes :

- ❖ Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes sont caractéristiques des eaux usées urbaines moyennement polluées.
- ❖ Les performances sont globalement bonnes et répondent bien aux normes algériennes en vigueur et aux exigences imposées par le constructeur voire inférieure aux normes algériennes ;
- ❖ La station fonctionne en deçà des charges hydraulique et polluante nominales à cause de deux villes Bouharroun et khemisti qui ne sont pas encore raccordées à la conduite principale.
- ❖ Problème d'infiltration (eaux diluées) causé par la conduite de la ville de Fouka qui a induit une diminution de la concentration des paramètres de pollution
- ❖ Compte tenu de la valeur de la Conductivité électrique, Les eaux épurées sont classées niveau III (forte salinité), et ne devront pas être utilisées dans les sols où le drainage est faible.
- ❖ Comparativement aux valeurs trouvées dans la littérature, les résultats obtenus en éléments traces métalliques dans le sable de notre STEP sont faibles.

La désinfection par la chloration est la méthode employée à la STEP. Néanmoins, pour pallier à l'éventuel problème de formation des sous-produits organochlorés cancérigènes, nous avons proposé la technique de filtration sur sable qui va contribuer à un abattement supplémentaire de la pollution carbonée et azotée. Aussi, c'est une méthode exigée par l'Office National d'Assainissement pour classer les eaux usées épurées des STEPS dans la catégorie 3, répondant aux normes d'une irrigation non restrictive.

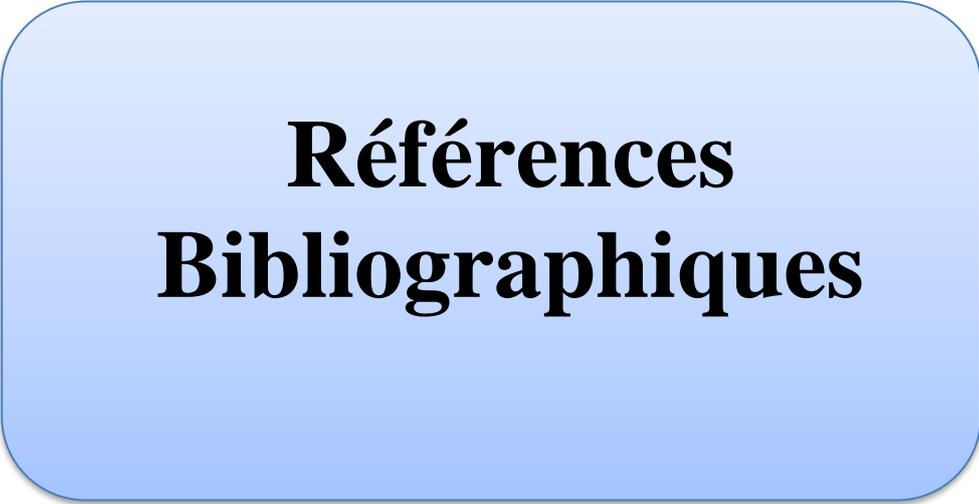
Conclusion Générale

Par ailleurs, nous avons proposé des bassins de stockages des eaux usées traitées dans le but est de permettre une bonne gestion quantitative de la ressource, le maintien de la qualité des EUT et d'assurer une viabilité économique de ce projet.

Au terme de cette étude, nous recommandons l'analyse des éléments traces métalliques. En effet, le nombre minimal d'échantillons sur la base duquel une eau destinée à l'irrigation est dite conforme aux normes est fixé à 4 par an à raison de 1 par trimestre.

Par ailleurs, il conviendrait de préciser que les métaux sont éliminés par décantation et on les retrouve plutôt dans les boues que dans les eaux.

Ainsi, la réutilisation des eaux usées traitées se présente comme un enjeu politique et socioéconomique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement. Elle présente l'avantage d'assurer une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau.



**Références
Bibliographiques**

Références bibliographiques

[1] **Souak Fatma Zohra. 2008.** La politique de l'eau en Algérie : valorisation et développement durable. Political Science ; 31 Décembre 2008

[2] **Baumont S., Jean-Philippe C. A. et Lefranc A. F., 2004.-** Réutilisation des eaux usées épurées : Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

[3] **BOUCHAALA Laid, CHARCHAR Nabil et GHERIB Abde Elfettah ; 2017.**

Ressources hydriques : traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. ISSN 2170-1318.

[4] **(MRE, 2019) ; MRE.** Algérie - Recours aux eaux épurées dans le domaine agricole. Algérie Presse Service (www.aps.dz).

[5] **Sauerbeck DR., et StypereckP., 1988.** Heavy metals in soils and plants of 25 long-term.

[6] **field experiments treated with sewage sludge.** In Agricultural waste management and environmental protection. Welte E. and I. Szabolcs, (Eds). Forth Intern.Symp.

[7] **(Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).**

[8] **Miller, G., Rimer, A.E., Crook, J., Quinlan, B. and Kobylinski, E.A., 2009,** Selecting Treatment Trains for Seasonal Storage of Reclaimed Water Treatment of Influent to and Withdrawals from Storage: A Resource Guide, WateReuse Foundation.

[9] **Company, M.E.I.A., Asano, T., Burton, F., Leverenz, H., Tsuchihashi, R. and Tchobanoglous, G., 2007,** Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications: Issues, Technologies, and Applications, Mcgraw-hill.

[10] **KEDADOUCHE, D. et TAMERIOUT, S.,** Etude de la station d'épuration de la ville d'Akbou. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme master en hydraulique,

[11] **AOUAD, R. et ISMIGAOUA, S.,** Contribution au dimensionnement de la station d'épuration biologique par boue activé Oued Fali, *Mémoire de fin d'étude*, UMTO ,2014.

[12] **MRE, 2004,** Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau. Alger. Algérie, pp 11.

Références Bibliographiques

[13] Mr LADJEL Farid & Mme ABBOU Sonia, Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie, office national d'assainissement.

[14] DIRECTIVES OMS POUR L'UTILISATION SANS RISQUE DES EAUX USÉES, DES EXCRETA ET DES EAUX MÉNAGÈRES, Volume II ; Utilisation des eaux usées en agriculture, Organisation mondiale de la Santé.

[15] cours Mme Leulmi Sonia, Réutilisation des eaux non conventionnels.

[16] Décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428, correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent, JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35.

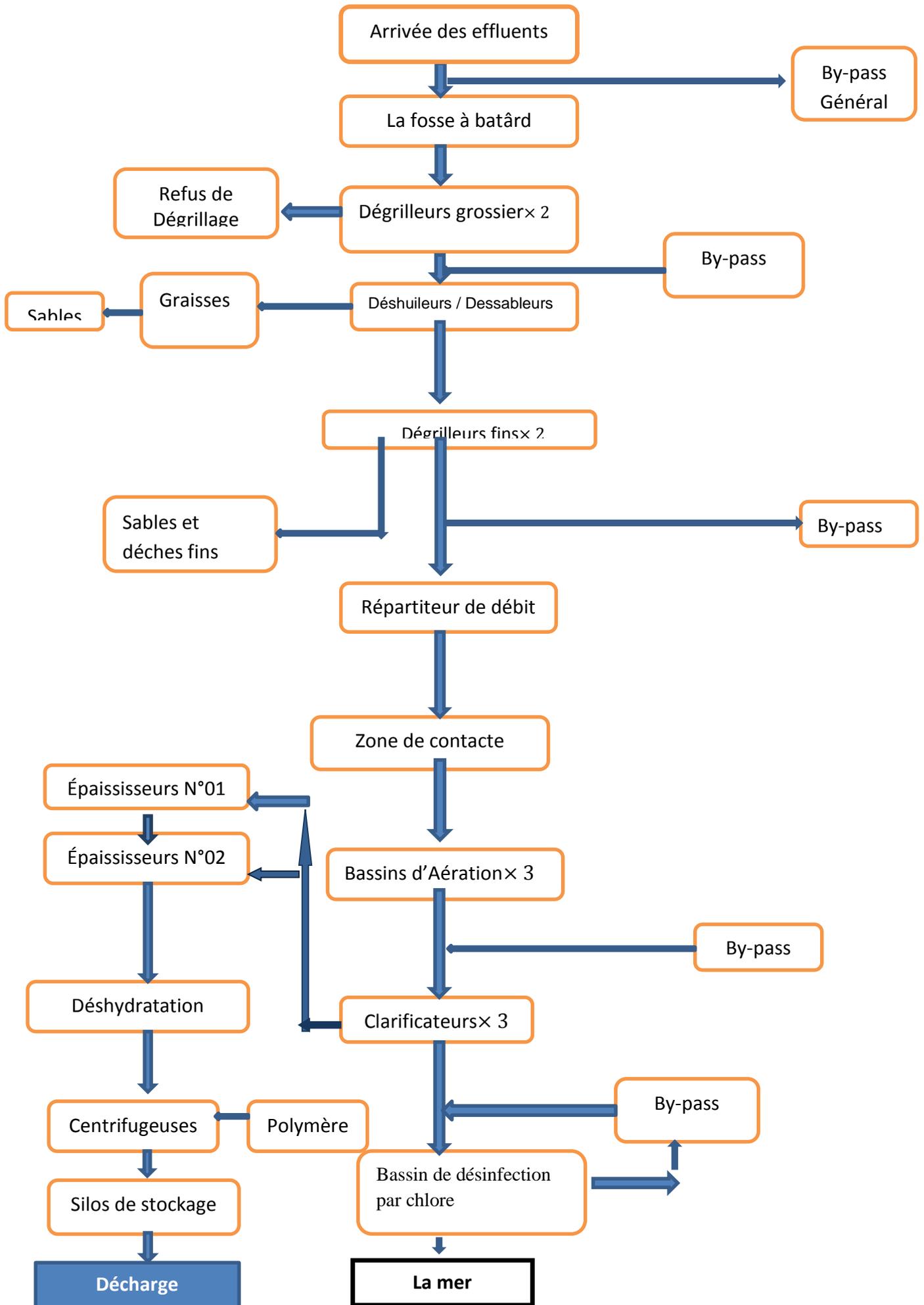
[17] PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles Spécifications physico-chimiques et biologiques, NA 17683 :2014.

[18] Marc Satin et Béchir Selmi. Guide technique de l'assainissement, 3em édition, p661.

ANNEXE I

Synoptique de la STEP

Annexe 1



ANNEXE II

Les méthodes d'Analyse

ANNEXE N II

VII.2.1. Mesure du pH : Le potentiel d'hydrogène se mesure à l'aide d'un pH-mètre; le pH de l'eau brute et celle épurée est compris entre 7 et 8.

VII.2.2. Mesure de la conductivité électrique :

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre; elle donnée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

VII.2.3. Les formes azotées : On distingue les formes azotées suivantes :

- Azote total ;
- Nitrate ;
- Ammonium.

Les méthodes d'analyse de ces différentes formes sont les suivantes :

- ❖ Détermination de l'azote ammoniacal : par acidimétrie ; par colorimétrie ou par spectrophotométrie (la plus courante) ;
- ❖ Détermination de l'azote Kjeldahl (NTK) : par minéralisation au sélénium (la plus utilisée) ou par distillation ;
- ❖ Détermination des nitrites et nitrates : par colorimétrie ou par spectrophotométrie.

VII.2.4. Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO)

Deux méthodes sont fortement utilisées pour la détermination de la DBO : la méthode par dilution et la méthode respirométrique et on va travailler avec la première.

a. manipulation

On prépare trois (03) flacons comme suit :

- ❖ Le premier flacon « Étalon » : dans une fiole de 500ml, on met 300ml d'eau distillée plus une capsule de la DBO5 nutritive, on agite, puis on met 133ml de ce mélange dans un flacon et on ajoute 7ml de la DBO5 et 15ml de l'eau brute ;
- ❖ Le deuxième flacon : pour connaître le volume de l'eau brute à ajouter dans le flacon, on utilise la valeur de la DCO déjà déterminée dans l'étape précédente et on la multiplie par 0,8 ; la valeur trouvée correspond dans le tableau des gammes DBO5, à un volume qui est le volume de l'eau brute nécessaire dans le flacon.
- ❖ De la même manière on trouve le volume d'eau épurée nécessaire dans le troisième flacon.

Tableau VII.2.4: les différentes gammes de DBO5.

Gamme de DBO mg/l	Volume nécessaire (ml)
0-35	420
0-70	355
0-350	160
0-700	95

ANNEXE N II

Après avoir remplir les flacons avec les volumes nécessaires, on met les cupules et on ajoute l'hydroxyde de lithium qui sert à absorber le CO₂ et de la graisse pour que l'oxygène injecté ne se gaspille pas, on met les flacons dans un réfrigérons et on les ferme avec des bouchons qui contiennent des tuyaux qui injectent de l'oxygène, on règle la température a 20°C et on laisse les flacons pendant 5 jours, puis on lit directement le résultat du DBO₅.

VII.2.5.Mesure des matières en suspension (MES) :

a. Manipulation :

- on prend trois tares en aluminium et on les pèse à vide ;
- dans chaque tare on met un filtre et on pèse à nouveau ;
- dans une fiole de 1000ml on met 100ml de la solution de la cellulose microcristalline

VII.2.6. Mesure de la demande chimique en oxygène(DCO)

a. Manipulation

On prend cinq éprouvettes et on met dans :

- ❖ la première éprouvette: 10ml d'eau distillée ;
- ❖ la deuxième et la troisième éprouvettes : dans chacune 10ml d'hydroginophtalate de potassium ;
- ❖ la quatrième éprouvette : 10ml d'eau brute ;
- ❖ la cinquième éprouvette : 10ml d'eau épurée.
- ❖ on met dans les éprouvettes 5ml de dichromate de potassium qui sert à accélérer l'opération ;
- ❖ on ajoute dans les éprouvettes 15ml de la solution d'acide sulfurique sulfate d'argent ;
- ❖ on ferme sur les éprouvettes avec des tubes en verre ;
- ❖ on met les éprouvettes sur une plaque chauffante équipée d'une haute qui serve à aspirer les gaz qui se dégages, pendant 2h a 150°C ;
- ❖ puis on laisse refroidir pendant 10 minutes et on vérifie le titrage.

b. Vérification du titrage

Dans une fiole de 100ml,

- on met 10ml de dichromate de potassium et on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à 100ml,
- on met le mélange dans un bécher et on ajoute 2 gouttes de féroïen,
- on met le bécher sur un agitateur puis on ajoute goutte à goutte la solution de fer II et d'aluminium jusqu'à ce que on obtient la couleur rouge brique,
- on lit ainsi le volume correspondent : La valeur du titrage = $2,4/V$ et elle doit être égale à 0.12 .

c. Calcul

Après refroidissement des éprouvettes on ajoute dans chacune 45ml de l'eau distillée et deux gouttes de féroïen puis on fait le titrage et on note les volumes obtenus :

$$DCO = \frac{8000 * \text{titre}}{V} * (V_{\text{blan}} - V_{\text{éch}})$$

ANNEXE III

Les significations des Ratios .

ANNEXE N III

Tableau 1 : signification des différents rapports de pollution.

ratio	Effluent urbain strict	signification
MCO/DBO5	2, 2-2 ,4	Indiquera la mixité et la biodégradabilité de l'effluent
MES/DBO5	0,8-1,2	Aura une influence sur le %MVS de l'effluent et la production de boues en excès
DBO5/NTK	4-5	Indiquera la mixité relative de l'effluent et influencera le dimensionnement du réacteur biologique en ca de traitement de l'azote(nitrification)
N-NH4/NTK	0,6-0,8	Indiquera le degré d'ammonification réalise durant la transfert de l'effluent dans le réseau ainsi que de la présence potentielle d'une situation (septique) (notamment lors de la présence de conduit de refoulement)
DCO/Pt	44-50	Indiquera la mixité relative de l'effluent, les potentialités et la faisabilité d'un traitement biologique du phosphore
MVS/MES	0,65-0,75	Indiquera (l'organicité) de l'effluent ainsi que sa mixité relative, et aura une incidence importante sur : <ul style="list-style-type: none">- La production des boues biologiques et excès ;- La qualité mécanique des boues activées (définie par son IM ou IB)- Le taux de MVS dans le réacteur biologique ;- Le dimensionnement du réacteur biologique tant pour le traitement de la pollution carbonée que pour la nitrification et la dénitrification simultanée (dans le même bassin ;- Le dimensionnement du clarificateur (indirectement par l'influence sur IM) ;- Le dimensionnement de la filière boue(directement par l'influence sur la production de boue et indirectement par l'influence sur IM) ;
DCO/NTK	8,8-12	Indiquera la mixité relative de l'effluent et aura une influence sur la dénitrification et sur l'intérêt d'une zone d'anoxie dissociée du bassin d'aération

ANNEXE IV

Les résultats d'analyses



OFFICE NATIONAL DE L'ASSAINISSEMENT
LABORATOIRE CENTRAL

Autorisation d'exploitation N°054 du 27 juin 2006

Carrefour Sidi Arcine. Route de Baraki.
Tél/fax: (021) 76 20 31/32
E-mail: s.labo@ona-dz.com

Date 19/08/2019

EFACEC Engenharia e Sistemas SA	
20 Microzone d'activité Business Center Dar ElMadina Tour A, Etage 7 Hydra Alger	
Tél	023 53 14 81
Fax	023 53 14 81

Rapport d'essais N° 268/2019

Page 1/1

Identification échantillon

N° Demande	0135/2019	Réf bon de commande	CN4100238
Code échantillon	LC-2019/ 0314	Prélèvement effectué par	Client
Date de prélèvement	05/08/2019	Quantité/volume prélevé	5 L
Date de réception	05/08/2019	Nature des flacons	Polyéthylène
Date début des essais	05/08/2019	Nature de l'échantillon	Eau brute
		Etat de l'échantillon	Frais
Provenance	EAU brute STEP BOUSMAIL		
Motif des analyses	Caractérisation		

Résultats des essais

Paramètres	Méthodes	Résultats	Unités
PH	NFT 90-008	8,64	
Demande chimique en oxygène	ISO 6060	289	mg/L
Demande biologique en oxygène	Méthode manométrique	150	mg/L
Matières en suspension/Centri	NFT 90-105-2	206	mg/L
Azote total	Calcul	26	mg/L
Phosphore total	ISO 6878	0,2	mg/L
Sulfates	NFT 90-040	82	mg/L
Chlorures	NF ISO 9297	220	mg/L

Le Directeur du Laboratoire central



Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux échantillons soumis aux essais.

Le laboratoire ne prend en compte que les réclamations formulées par écrit dans un délai ne dépassant pas dix jours à compter du jour de remise du présent rapport.

Le rapport d'essais ne doit pas être reproduit sans l'autorisation écrite du Laboratoire Central de l'ONA.



**OFFICE NATIONAL DE L'ASSAINISSEMENT
LABORATOIRE CENTRAL**

Autorisation d'exploitation N°054 du 27 juin 2006

Carrefour Sidi Arcine, Route de Baraki.
Tél/fax: (021) 76 20 31/32
E-mail: s.labo@ona-dz.com

Date 19/08/2019

EFACEC Engenharia e Sistemas SA	
20 Microzone d'activité Business Center Dar EIMadina Tour A, Etage 7 Hydra Alger	
Tél	023 53 14 81
Fax	023 53 14 81

Rapport d'essais N° 269/2019

Page 1/1

Identification échantillon

N° Demande	0135/2019	Réf bon de commande	CN4100238
Code échantillon	LC-2019/ 0315	Prélèvement effectué par	Client
Date de prélèvement	05/08/2019	Quantité/volume prélevé	5 L
Date de réception	05/08/2019	Nature des flacons	Polyéthylène
Date début des essais	05/08/2019	Nature de l'échantillon	Eau épurée
		Etat de l'échantillon	Frais
Provenance	EAU épurée STEP BOUSMAIL		
Motif des analyses	Caractérisation		

Résultats des essais

Paramètres	Méthodes	Résultats	Unités
PH	NFT 90-008	8,29	
Demande chimique en oxygène	ISO 6060	<30	mg/L
Demande biologique en oxygène	Méthode manométrique	17	mg/L
Matières en suspension/Filtration	NF EN 872	7	mg/L
Azote total	Calcul	21	mg/L
Phosphore total	ISO 6878	4	mg/L

Le Directeur du Laboratoire central



Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux échantillons soumis aux essais.

Le laboratoire ne prend en compte que les réclamations formulées par écrit dans un délai ne dépassant pas dix jours à compter du jour de remise du présent rapport.

Le rapport d'essais ne doit pas être reproduit sans l'autorisation écrite du Laboratoire Central de l'ONA.

Remarque

Le laboratoire a du changer la valeur du phosphore d'eau brute par la valeur d'eau traitée.

ANNEXE V

Les résultats
d'analyses des
différents paramètres

Tableau VII-1 : méthode de conservation des échantillons

Types d'analyses	Technique ou produit à utiliser	Temps maximum de non Evolution
DBO₅	Réfrigération à 4° C	6 h
Calcium	Pas de recommandation	24 h
DCO	2 ml/l H ₂ SO ₄ conc.	7 j
Chlorures	Pas de recommandation	7 j
Oxygène dissous	A déterminer sur place	
Métaux totaux	5 ml/l de HNO ₃ conc	Plusieurs semaines
Métaux dissous	Filtrer et additionner 3 ml/l de HNO ₃ conc	Plusieurs semaines
Azote NH₄	40 mg/l HgCl ₂ ou réfrigération à 4° C	7j
Azote Kjeldahl	Réfrigération à 4° C	7 j
Nitrate	Réfrigération à 4° C	7 j
Nitrite	Réfrigération à 4° C	7 j

Tableau VII-2 : Résultats des analyses faites par EURL WANYLAB.

Contrôle qualité –Formation			
Nom du client : EFACEC		EURL WANYLAB laboratoire d'essai et d'étalonnage	
Désignation : Eau Brute		Référence procédure : Journal officiel N°75	Contenance : 1.5 litres
Date de réception : 27/06/2019	Date de réception : 27/06/2019	Date de prélèvement : 27/06/2019	
Résultat			
Paramètre	Norme	Méthode	Résultat
PH	Non Applicable	Instrumentale	7.5
Chlorure (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-018-01	430
MES (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-041-01	272
DCO (mg/l)	Non Applicable	Instrumentale	90
DBO5 (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-019-02	0
Sulfates (mg/l)	Non Applicable	3.PC.074	0.1

Source : Eurl WANYLAB laboratoire d'essai et d'étalonnage.

Tableau VII-3 : Résultats des analyses faites par EURL WANYLAB.

Contrôle qualité –Formation			
Nom du client : EFACEC		EURL WANYLAB laboratoire d'essai et d'étalonnage	
Désignation : Eau Traitée		Référence procédure : Journal officiel N°75	Contenance : 1.5 litres
Date de prélèvement: 27/06/2019	Date de réception : 27/06/2019	Date de réalisation : 27/06/2019	
Résultat			
Paramètre	Norme	Méthode	Résultat
PH	Non Applicable	Instrumentale	7
Chlorure (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-018-01	365
MES (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-041-01	200
DCO (mg/l)	Non Applicable	Instrumentale	49
DBO5 (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-019-02	400
Sulfates (mg/l)	Non Applicable	3. PC.074	0.1

Source : Eurl WANYLAB laboratoire d'essai et d'étalonnage.

Tableau VII-3 : Résultat d'analyse faite par le laboratoire central de l'ONA.

Source : Office National d'Assainissement.

Contrôle qualité –Formation			
Nom du client : EFACEC		Office National d'Assainissement	
Désignation : Eau Brute STEP Bous-Ismail		Référence procédure : Office National d'Assainissement	Contenance : 5 litres
Date de prélèvement : 05/08/2019	Date de réception : 05/08/2019	Date de début des essais : 05/08/2019	
Résultat			
Paramètre	Unité	Méthode	Résultat
PH	Mg/l	Instrumentale	8.64
MES (mg/l)	Mg/l	PO-PC-041-01	206
DCO (mg/l)	Mg/l	Instrumentale	289
DBO5 (mg/l)	Mg/l	PO-PC-019-02	150
Sulfates (mg/l)	Mg/l	NFT 90-040	82
Azote total	Mg/l	Calcul	26
Phosphore Total	Mg/l	ISO 6878	4
Chlorures	Mg/l	NFT 90-040	220

Tableau VII-4 : Résultat d'analyse faite par le laboratoire central de l'ONA.

Contrôle qualité –Formation			
Nom du client : EFACEC		Office National d'Assainissement	
Désignation : Eau épurée STEP Bous-ismail		Référence procédure : Office National d'Assainissement	Contenance : 5 litres
Date de prélèvement : 05/08/2019	Date de réception : 05/08/2019	Date de début des essais : 05/08/2019	
Résultat			
Paramètre	Unité	Méthode	Résultat
PH	/	Instrumentale	8.29
MES (mg/l)	Mg/l	PO-PC-041-01	7
DCO (mg/l)	Mg/l	Instrumentale	<30
DBO5 (mg/l)	Mg/l	PO-PC-019-02	17
Azote total	Mg/l	Calcul	21
Phosphore Total	Mg/l	ISO 6878	0.2

Source : Office National d'Assainissement.

Tableau VII-5 : Résultat d'analyse fait dans le laboratoire d'EFACEC

Nom du client : EFACEC		L'entreprise EFACEC	
Désignation : Eau traitée		Référence procédure : office national d'assainissement	Contenance : 4.5 litres
Date de prélèvement : 07/09/2019	Date de réception : 07/09/2019	Date de début d'essai : 07/09/2019	
Résultat			
Paramètre	Norme	Méthode	Résultat
PH	Non Applicable	Instrumentale	7.5
DCO (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-018-01	<30
MES (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-041-01	14
Azote total	Non Applicable	Instrumentale	25
DBO5 (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-019-02	19
Phosphore total (mg/l)	Non Applicable	3. PC.074	1.7
ammonium	Non Applicable	-	-
Nitrates	Non Applicable	-	-

Source : Office National d'Assainissement.

Tableaux VII-6 : Résultat d'analyse fait dans le laboratoire d'EFACEC

Contrôle qualité –Formation			
Nom du client : EFACEC		L'entreprise EFACEC	
Désignation : Eau brute		Référence procédure : office national d'assainissement	Contenance : 4.5 litres
Date de prélèvement : 07/09/2019	Date de réception : 07/09/2019	Date de début d'essai : 07/09/2019	
Résultat			
Paramètre	Norme	Méthode	Résultat
PH	Non Applicable	Instrumentale	7.7
DCO (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-018-01	301
MES (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-041-01	303
Azote total	Non Applicable	Instrumentale	36
DBO5 (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-019-02	210
Phosphore total (mg/l)	Non Applicable	3. PC.074	5.4
ammonium	Non Applicable	-	2
Nitrates	Non Applicable	-	18

Source : Office National d'Assainissement.

Tableau VII-7 : Résultat d'analyse fait dans le laboratoire d'EFACEC.

Nom du client : EFACEC		Laboratoire d'analyse EFACEC	
Désignation : Eau Brute		Référence procédure : Office National d'Assainissement	Contenance : 1.5 litres
Date de prélèvement : 23/10/2019		Date de début d'essai : 23/10/2019 Date de réception : 23/10/2019	
Résultat			
Paramètre	Norme	Méthode	Résultat
PH	Non Applicable	Instrumentale	8.06
DCO (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-018-01	220
MES (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-041-01	650
Azote totale (mg/l)	Non Applicable	calcul	43,2
DBO5 (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-019-02	150
Phosphore total (mg/l)	Non Applicable	3. PC.074	3,1
Nitrates	Mg/LN-NO3		-
transmittance	%		-
Azote ammoniacal	Mg/l NH4-4		19,2

Source : Office National d'Assainissement.

Tableau VII-8 : Résultat d'analyse fait dans le laboratoire d'EFACEC.

Nom du client : EFACEC		le laboratoire d'EFACEC	
Désignation : Eau traitée		Référence procédure : EFACEC	Contenance : 1.5 litres
Date de prélèvement : 23/10/2019	Date de réception : 23/10/2019	Date de début d'essai : 23/10/2019	
Résultat			
Paramètre	Norme	Méthode	Résultat
PH	Non Applicable	Instrumentale	7.51
DCO (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-018-01	<20
MES (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-041-01	11
Azote totale (mg/l)	Non Applicable	calcul	16.1
DBO5 (mg/l)	Non Applicable	PO-PC-019-02	6
Phosphore total (mg/l)	Non Applicable	3. PC.074	<0.6
Nitrates	Mg/LN-NO3	-	-
transmittance	%	-	-
Azote ammoniacal	Mg/l NH4-4	-	4.6

Source : Office National d'Assainissement.

Tableau VII-9 : Résultat d'analyse fait dans le laboratoire d'ONEDD.

Bulletin d'analyse			
Nom du client : EFACEC		ONEDD	
Désignation : le sable de la STEP Bous-ismail		Référence 896/BC/LRC/ONEDD/2019	Contenance : /
Date de prélèvement : /	Date de réception : 06/11/2019	Date de début des essais : /	
Résultat			
Paramètre	Unité	Méthode	Résultat
PH	/	Instrumentale	7
Matière sèche	g/kg	PO-PC-041-01	720
Chrome	Mg/kg	Instrumentale	<20
Plomb		ISO 8288 ; 1986	27
Cadmium		ISO 8288 ; 1986	<3
Nickel		ISO 8288 ; 1986	43
Zinc		ISO 8288 ; 1986	600

Source : Office National d'Assainissement.

Tableau VII-10 : Résultat d'analyse effectué dans le laboratoire d'EFACEC.

Bulletin d'analyse			
Nom du client : EFACEC		EFACEC	
Désignation : Eau brute STEP Bous-ismail		Référence EFACEC	Contenance : /
Date de prélèvement : 11/12/2019	Date de réception : 11/12/2019	Date de début des essais : 11/12/2019	
Résultat			
Paramètre	Unité	Méthode	Résultat
PH	/	Instrumentale	7.96
Conductivité	g/kg	PO-PC-041-01	1310
DCO	Mg/l	Instrumentale	280
DBO5	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	150
MES	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	420
MVS	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	300
Azote total	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	40
Phosphore total	Mg/l	-	3.5

Source : Office National d'Assainissement.

Tableau VII-11 : Résultat d'analyse effectué dans le laboratoire d'EFACEC.

Bulletin d'analyse			
Nom du client : EFACEC		EFACEC	
Désignation : Eau épurée STEP Bous-Ismaïl		Référence EFACEC	Contenance : /
Date de prélèvement :	Date de réception :	Date de début des essais :	
11/12/2019	11/12/2019	11/12/2019	
Résultat			
Paramètre	Unité	Méthode	Résultat
PH	/	Instrumentale	7.43
Conductivité	g/kg	PO-PC-041-01	1289
DCO	Mg/l	Instrumentale	<20
DBO5	Mg/kg	ISO 8288 ; 1986	10
MES	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	18
MVS	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	8
Azote total	Mg/l	ISO 8288 ; 1986	22.4
Phosphore total	Mg/l	-	<0.65

Source : Office National d'Assainissement.

ANNEXE VI

Profil Hydraulique

ANNEXE N°IV

Profil hydraulique : Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseignent sur la position de la ligne de charge.

Désignations	Cotes du Terrain(m)	Côtes du radier (m)	Plan d'eau(m)	Cotes piézométrique	Distance cumulées
Dégrilleur mécanisé	0.80	0.83	0.82	1.64	0
Dessaleur-déshuileur	17.00	20.82	0.92	21.74	128.80
Bassin d'aération	10.20	12.40	4.84	17.24	208.16
Clarificateur	8.00	10.80	3.15	13.95	219.04
Bassin de désinfection	7.60	8.00	3.16	11.16	276.13