



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement et de la recherche scientifique

Ecole nationale polytechnique

Département d'Hydraulique

**En Vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur**

**D'INGEGNIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

*Réalisé par :*

*Hanane BOUANANI*

*Sarra TEBBAL*

---

Suivi et Diagnostic de la STEP de Koléa  
et possibilité de Valorisation des Sous-produits  
en agriculture

---

Soutenu devant le jury composé de:

Président : A. BERMAD (Pr. ENP)  
Promoteur : M. NAKIB (MAA. ENP)  
Co-promoteur : A. KETTAB (Pr. ENP)  
Examineur : A. LAFKIR (Dr. ENTP)  
Examineur : S. LAHLAH (Chef département ONA)

Promotion 2013

*Avant de remercier l'aide humaine, on se doit d'être reconnaissants à l'aide divine qu'Allah nous a apporté tout au long de notre travail.*

*Nous ne remercierons jamais assez Monsieur Nakib pour tout le savoir-faire qu'il nous a transmis et toute l'attention qu'il nous a accordée, il a sans doute été un promoteur exemplaire.*

*Nous remercions aussi Monsieur Kettab pour son encouragement et ces conseils.*

*Nous remercions vivement Monsieur Bermad de nous avoir honorées en présidant notre thèse et aussi pour avoir été un excellent enseignant.*

*Sans oublier de remercier tout les membres de jury.*

*Nous remercions toute personne qui nous a transmis le savoir et qui, grâce à elle, nous sommes passées de la lettre aux études supérieures dont nous sommes fières.*

*Nous adressons un chaleureux et énorme remerciement à « Ami Salah », Symbole de l'ENP, qui a été un père à tous les polytechniciens.*

*Sans oublier Dr. Sadaoui, qui s'est préoccupé de nos soins et de notre bien être pendant tout notre cursus.*

إلى بما فضية وروح أجدادي

إليكما ..أمي..أبي..

إلى بابا أحمد..

...إلى عمي العزيز

إلى إخوتي الكرام خير الدين, مريم وزوجها عبد الرزاق..إلى أسماء

إلى آخر العنقود الجميلة الرائعة خوله

إلى ذي العيون اللامعة المهندس الكبير نسيم

إلى توأمي أخي الغالي حمزة

إلى خالتي راضية, إيمان وآمال..

إلى صديقتي المثابرة وفاء "أفضل بروفيسور في جراحة القلوب والأوعية في العالم أجمع"

إلى إيمان, خوله, نجلاء

إلى فاطمة وفطيمة

إلى صديقتي

إلى حنونة ومريومه

إلى رمز المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات "عمي صالح"

...إلى خطيبي وليد

سارة

*A mes trois chéries*

*A Pulcino*

*A ma Honey*

*A mes adorables Meriouma & Sersoura*

*A mes très chères Samira & Panchali*

*A Dadda Farid*

*A SMN & Sidou*

*A mes chers oncle et à la mémoire de tontn Rheda*

*A mes chatons : Kouka, Amir, Mehdi, Imy,*

*Amélia,*

*Islam et l'adorable Houdaïfa*

## ملخص

تعتبر محطة تنقية المياه المستعملة هيكل هام من أجل الحفاظ على البيئة. حيث قبل رمي مياه الصرف الصحي في الوسط البيئي تتلقى معالجة خاصة حسب مكوناتها وأصلها. إذن يجب تحسين تنقيته للحصول على مردود جيد وذلك من النواحي الاقتصادية و البيئية.

هدف عملنا يتمثل في تحسين أداء وتصحيح الخلل في محطة القليعة وذلك بعد إجراء تحليل للنتائج الخاصة بالماء ومخلفات مراحل المعالجة. بالإضافة إلى ذلك نقوم بدراسة إمكانية إعادة استعمالها في ميدان الفلاحة.

الكلمات المفتاحية: محطة تنقية المياه المستعملة، القليعة، تشخيص، نسب، تثمين.

## RESUME

La station d'épuration est un organe de protection de l'environnement. Avant que toute eau usée reprenne son chemin dans la nature, elle doit être traitée suivant sa composition et son origine. Il faut donc optimiser son épuration de sorte à avoir une bonne rentabilité économique et environnementale.

L'objectif de notre travail est d'améliorer le fonctionnement et corriger les dysfonctionnements de la STEP de Koléa après avoir fait un bilan général basé sur les analyses caractérisant l'eau qu'elle traite et les déchets qu'elle génère.

En outre, notre travail doit aboutir à une étude de possibilité de réutilisation de l'eau épurée et les sous-produits en agriculture.

**Mot clé :** station d'épuration, Koléa, diagnostic, ratios, valorisation.

## ABSTRACT

Waste water treatment plants are the main cure to prevent environment from water pollution. Both water that originates from residences, industries and rainfall must be treated according to its composition before returning to nature. That is why water purification process must be both environmentally and economically beneficial.

The main goal of our work is to improve the performances of the WWTP of Koléa and propose solutions for its process issues. In order to accomplish this, a whole diagnostic based on laboratory analyses must be done. At last, the possibility of waste water and mud reuse for agriculture must be studied.

**Key word:** waste water treatment plant, Kolea, diagnostic, ratio, valorization.

## **ABREVIATIONS**

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**ARN** : Acide ribonucléique

**ADP** : Adénosine diphosphate

**AMP** : Adénosine monophosphate

**ATP** : Adénosine triphosphate

**CE** : Conductivité électrique

**Cm** : Charge massique

**COT** : Carbone organique total

**CSHP** : Conseil Supérieur d'hygiène publique de France

**DBO** : demande biologique en Oxygène

**DCO** : demande chimique en Oxygène

**EB** : Eaux Brutes

**EU** : Eaux usées

**FAO** : Food and Agriculture Organization

**FNDAE** : Fond national pour le développement des adductions d'eau

**I A N O R** : Institut algérien de normalisation

**IB** : Indice de boues

**IM** : Indice de Mohlmann

**MES** : Matières en suspension

**MM** : Matières minérales

**MVS** : Matières volatiles en suspension

**MS** : Matière sèche

**NGL**: Azote global

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Ammonium

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrite

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrate

**NTK**: Azote Kjeldhal

**OD** : Oxygène dissous

**OMS** : Organisation mondiale de la santé

**ONA** : L'Office National de l'Assainissement

**PCI** : pouvoir calorifique inférieur

**PH** : Potentiel d'Hydrogène

**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : d'orthophosphates

**ppm** : Partie par million

**PT**: Phosphore total

**Q** : Débit d'eau

**REUE** : Réutilisation des Eaux usées épurées

**SEAAL** : Société des Eaux et de l'Assainissement Algérie

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

**UNESCO**: United Nations Education, Science and Culture Organization

**UNICEF**: United Nations International Children's Emergency Fund

**USEPA:** United States Environmental Protection Agency

**μS :** Micro siemens

## GLOSSAIRE

**Abrasion** : processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches.

**Aérobic** : l'aérobic correspond à la présence d'oxygène libre dans un milieu.

**Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)** : L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote. Ce composé azoté est caractéristique des eaux résiduaires où il est associé à l'azote organique.

**Anaérobic** : l'anaérobic correspond à l'absence totale d'oxygène dans un milieu, que ce soit sous forme libre mais aussi liée.

**Anoxie** : l'anoxie correspond à l'absence d'oxygène libre dans un milieu. L'oxygène peut toutefois être présent sous forme liée dans les composés oxydés.

**Azote Kjeldhal (NK)** : L'azote Kjeldhal mesure l'azote organique et l'azote ammoniacal. C'est une valeur importante pour la protection du milieu aquatique car sa transformation détruit l'équilibre biologique à l'aval du rejet.

**Biodégradabilité** : elle caractérise la capacité d'un élément à être dégradé par des êtres vivants.

**Charge massique** : rapport entre la nourriture (le poids de DBO<sub>5</sub> éliminé journalièrement dans le bassin d'aération) et les bouches à nourrir (le poids de micro-organismes (MVS) contenu dans ce bassin).

**Charge volumique** : rapport entre le poids de DBO<sub>5</sub> éliminé journalièrement dans le bassin d'aération et le volume du bassin d'aération.

**Danger** : c'est la propriété par laquelle une chose est susceptible de commettre un dommage. Le danger se constate : c'est un état, une donnée préexistante.

**Décantation** : opération de séparation mécanique, sous l'action de la gravitation, de plusieurs phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide.

**Dose minimale infectante** : DMI correspond à la quantité de pathogènes qui doit être absorbée pour que des symptômes de la maladie se manifestent chez quelques sujets au moins.

**Eau conventionnelle** : On qualifie de ressources en eau conventionnelles :

- Les eaux superficielles, retenues par les barrages et les lacs collinaires ;
- Les nappes d'eaux souterraines (phréatiques et profondes).

**Eau non conventionnelle** : On qualifie de ressources en eau « non conventionnelles » :

- Les eaux usées traitées ;
- Les eaux saumâtres dessalées ;
- Les eaux de recharge artificielle des nappes souterraines.

**Eutrophisation** : un lac est dit eutrophie, ou en état d'eutrophisation, lorsqu'il possède une végétation aquatique développée, au fond vaseux riche en matières putrescibles, pauvre en oxygène, par opposition à un lac oligotrophe, aux eaux claires, pauvres en sels nutritifs et riches en oxygène.

**Hydrophobe** : qualifie une substance qui ne se dissout pas l'eau et qui n'a aucune affinité avec elle.

**Moussage ou foaming** : Formation de mousses à la surface du bassin d'aération.

**Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : Forme finale de l'oxydation de l'azote, les nitrates sont des éléments nutritifs pour les végétaux.

**Oligo-éléments** : métaux lourds indispensables à la croissance des plantes : Le Fer, Le cuivre, le molybdène, le Zinc...etc.

**Pouvoir calorifique inférieur :** quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée

**Prévention :** Ensemble de méthodes, de techniques et de mesures prises en vue de réduire la probabilité d'occurrence d'un accident

**Protection :** Ensemble de méthodes, de techniques et de mesures prises en vue de réduire la gravité des dommages provoqués par un accident.

**Risque :** Le risque est la situation de l'individu qui s'expose à un danger, c'est la probabilité qu'une personne subisse un préjudice ou des effets nocifs pour sa santé en cas d'exposition à un danger.

**Sédimentation :** processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches.

**Siccité :** Exprimée en %, la siccité de la boue correspond à la proportion de matière sèche contenue dans une certaine masse de boue. Ainsi une siccité de 20% signifie que la boue contient 20% (en masse) de matières sèches et donc 80% d'eau.

## LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Débouché du Cloaca Maxima dans le Tibre, Rome.....	5
Figure I.2. Les changements dans l'utilisation mondiale de l'eau, par secteur.....	7
Figure I.3. Les différentes formes d'Azote.....	18
Figure I.4. Plage souillée par des produits industriels.....	25
Figure I.5. Eau pleine de déchets urbains.....	26
Figure I.6. Echantillon de l'eau utilisée par les habitants de Vapi.....	27
Figure III.1. Réseaux : unitaire et séparatif.....	36
Figure III.2. Dégrilleur courbe.....	38
Figure III.3. Dessableur déshuileur couloir.....	39
Figure III.4. Lit bactérien.....	43
Figure III.5. Disque biologique.....	43
Figure III.6. Bassin d'aération.....	44
Figure III.7. Schéma d'un biofiltre.....	45
Figure III.8. Schéma du procédé d'infiltration-percolation sur sable.....	48
Figure III.9. Filtre planté de roseaux à écoulements horizontal/vertical.....	49
Figure III.10. Schéma d'une lagune naturelle.....	50
Figure III.11. Lagune aérée.....	50
Figure III.12. Clarificateur.....	52
Figure III.13. Classification arbitraire de quelques procédés.....	63
Figure IV.1. Classement des risques.....	67
Figure IV.2. Répartition de la réutilisation des eaux usées par secteur au niveau mondial..	72

Figure V.1.Déchets graisseux de l'épuration.....	81
Figure V.2.Schéma d'un digesteur anaérobie des graisses.....	82
Figure V.3.Refus de dégrillage.....	84
Figure V.4.Refus de dessablage.....	85
Figure V.5. Epaisseur.....	89
Figure V.6.Lit de séchage de boues.....	90
Figure V.7.Séchage à l'énergie solaire.....	91
Figure V.8.Epandage agricole.....	93
Figure VI.1.Les différentes étiquettes et pictogrammes pour la prévention des dangers...	100
Figure VI.2.Appareils de protection individuelle.....	101
Figure VI.3.Appareils de secours.....	101
Figure VII.1. Dégrilleur.....	106
Figure VII.2. Dessableur.....	106
Figure VII.3. Bassin d'aération.....	106
Figure VII.4.Clarificateur.....	106
Figure VII.5. Synoptique de la STEP de Koléa.....	107
Figure VII.6. Laboratoire d'analyse de la STEP de Koléa.....	109
Figure VII.7. Boite des produits commerciaux.....	110
Figure VII.8. Image de la STEP via Google Earth.....	112
Figure VIII.1.Evolution du débit d'entrée de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)...	115
Figure VIII.2.Taux de dilution de la charge hydraulique à l'entrée de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	117
Figure VIII.3.Evolution de la température à l'entrée et la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	118

Figure VIII.4. Evolution du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	119
Figure VIII.5. Evolution de l'Oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	120
Figure VIII.6. Evolution de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de La STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	121
Figure VIII.7. Evolution des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	123
Figure VIII.8. Evolution de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	124
Figure VIII.9. Evolution de la DBO <sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	125
Figure VIII.10. Evolution de L'ammonium à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	126
Figure VIII.11. Evolution des nitrites et nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	127
Figure VIII.12. Evolution des Orthophosphates à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	128
Figure VIII.13. Evolution de l'indice de boues à la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	129
Figure VIII.14. Evolution du rapport de la biodégradabilité à l'entrée de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	131
Figure VIII.15. Evolution du rapport MES/DBO <sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011).....	132
Figure VIII.16. Evolution de la consommation énergétique totale de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Janvier 2011).....	133
Figure VIII.17. Evolution de l'efficacité énergétique hydraulique de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Janvier 2011).....	133
Figure VIII.18. Comparaison entre l'efficacité énergétique hydraulique et OD.....	134
Figure VIII.19. Evolution du ratio kWh total consommés par la STEP / Kg de DCO éliminée (Juin 2010 à Décembre 2010).....	135
Figure VIII.20. Evolution de l'efficacité énergétique épuratoire (Juin 2010 à Décembre 2010).....	135

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1.</b> Ordre de grandeur des concentrations des eaux usées domestiques.....	9
<b>Tableau I.2.</b> Composition moyenne d'une eau usée domestique.....	10
<b>Tableau I.3.</b> Les valeurs des paramètres de pollution estimable pour un EH.....	23
<b>Tableau I.4.</b> Effets immédiats et de choc.....	24
<b>Tableau I.5.</b> Effets différés et cumulatifs.....	25
<b>Tableau I.6.</b> Evaluation de la qualité des eaux de quelques rivières.....	25
<b>Tableau III.1.</b> Avantages et inconvénients de chaque système.....	36
<b>Tableau III.2.</b> Les principaux coagulants.....	41
<b>Tableau III.3.</b> Les principaux floculants.....	42
<b>Tableau III.4.</b> Avantages et inconvénients des procédés intensifs.....	45
<b>Tableau III.5.</b> Avantages et inconvénients des procédés extensifs.....	51
<b>Tableau IV.1.</b> Les paramètres utilisés pour évaluer une eau usée destinée à l'irrigation.....	68
<b>Tableau IV.2.</b> Degré relatif de dureté de l'eau selon la quantité de Carbonate de Calcium.....	70
<b>Tableau V.1.</b> Les caractéristiques des sables avant et après lavage.....	84
<b>Tableau V.2.</b> Composition des sables et matières de curage selon l'origine.....	85
<b>Tableau VII.1.</b> Valeurs nominales.....	105
<b>Tableau VII.2.</b> Forme du tableau des résultats journaliers.....	108
<b>Tableau VII.3.</b> Forme du tableau des résultats hebdomadaires.....	108
<b>Tableau VII.4.</b> Caractéristiques techniques des ouvrages de la STEP de Koléa.....	111

<b>Tableau VIII.1.</b> Paramètres globaux en entrée et en sortie de station, de Juin 2010 jusqu'à Mars 2011.....	114
<b>Tableau VIII.2.</b> Paramètres supplémentaires.....	115
<b>Tableau VIII.3.</b> Taux de dilution.....	116
<b>Tableau VIII.4.</b> Concentrations des eaux usées en éléments trace métalliques à la sortie de la STEP de Koléa.....	129
<b>Tableau VIII.5.</b> Concentrations en ions Na <sup>+</sup> , Mg <sup>++</sup> , Ca <sup>++</sup> .....	130
<b>Tableau VIII.6.</b> Evaluation du Ratio C/N/P.....	131
<b>Tableau VIII.7.</b> Différences en azote et en phosphore.....	132
<b>Tableau VIII.8.</b> Dysfonctionnement existants à la STEP DE Koléa et leurs conséquences.....	137
<b>Tableau VIII.9.</b> Bilan visuel pour la détection des anomalies de la STEP de Koléa.....	139

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : CARACTERISATION DE LA POLLUTION DES EAUX .....	2
I.1.INTRODUCTION.....	3
I.2. GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX.....	3
I.3. SITUATION ACTUELLE ET PREVISIONS EN MATIERE DE DEPOLLUTION.....	5
I.4. EAUX USEES-ORIGINES ET TYPES.....	9
I.5. EVALUATION DE LA POLLUTION.....	11
I.6. IMPACTS DE LA POLLUTION DES EAUX.....	23
I.7. CONCLUSION.....	28
CHAPITRE II : RATIOS DE DIAGNOSTIC.....	29
II.1 : INTRODUCTION.....	30
II.2 : RATIOS DE DIAGNOSTIC.....	30
II.3 : CONCLUSION.....	33
CHAPITRE III : FILIERES DE TRAITEMENT.....	34
III.1. INTRODUCTION.....	35
III.2. COLLECTE .....	35
III.3. PRETRAITEMENT.....	37
III.4. TRAITEMENT PRIMAIRE (LA DECANTATION PRIMAIRE).....	39
III.5. TRAITEMENT SECONDAIRE .....	40

<b>III.6. TRAITEMENT COMPLEMENTAIRE.....</b>	<b>53</b>
<b>III.7. LE TRAITEMENT QUATERNAIRE.....</b>	<b>60</b>
<b>III.8. TRAITEMENT DES ODEURS.....</b>	<b>62</b>
<b>III.9 : CONCLUSION.....</b>	<b>64</b>
<b>CHAPITRE IV : REUTILISATION DES EAUX USEES.....</b>	<b>65</b>
<b>IV.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.2. DOMAINES DE REUTILISATION DES EAUX EPUREES.....</b>	<b>66</b>
<b>IV.3. CRITERES DE QUALITE DES EAUX USEES POUR L'IRRIGATION.....</b>	<b>68</b>
<b>IV.4. STOCKAGE.....</b>	<b>70</b>
<b>IV.5. REGLEMENTATIONS.....</b>	<b>71</b>
<b>IV.6. LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES DANS LE MONDE.....</b>	<b>72</b>
<b>IV.7. CONCLUSION.....</b>	<b>75</b>
<b>CHAPITRE V : VALORISATION DES SOUS-PRODUITS DE L'EPURATION.....</b>	<b>76</b>
<b>V.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>77</b>
<b>V.2. DEFINITIONS DE BASE.....</b>	<b>77</b>
<b>V.3. HISTORIQUE DE LA GESTION DES DECHETS.....</b>	<b>78</b>
<b>V.4. LEGISLATION ALGERIENNE.....</b>	<b>79</b>
<b>V.5. DES SOUS-PRODUITS.....</b>	<b>80</b>
<b>V.6. CONCLUSION.....</b>	<b>95</b>
<b>CHAPITRE VI : HYGIENE ET SECURITE DU PERSONNEL D'UNE STEP.....</b>	<b>96</b>
<b>VI.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>97</b>
<b>VI.2. GESTION DES RISQUES PRESENTS DANS LA STEP.....</b>	<b>97</b>
<b>VI.3. CONCLUSION.....</b>	<b>101</b>

<b>CHAPITRE VII : PRESENTATION DE LA STEP DE KOLEA.....</b>	<b>102</b>
<b>VII.1 : PRESENTATION DE LA VILLE.....</b>	<b>103</b>
<b>VII.2 : PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DE LA VILLE     DE KOLEA.....</b>	<b>104</b>
<b>VII.3. DESCRIPTION DES FILIERES DE TRAITEMENT.....</b>	<b>106</b>
<b>VII.4. LABORATOIRE D'ANALYSES.....</b>	<b>108</b>
<b>CHAPITRE VIII : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>113</b>
<b>VIII.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>114</b>
<b>VIII.2. FILE EAU.....</b>	<b>114</b>
<b>VIII.3. FILE BOUE.....</b>	<b>129</b>
<b>VIII.4. INTERPRETATION DES RATIOS.....</b>	<b>131</b>
<b>VIII.5. FILE ENERGIE.....</b>	<b>133</b>
<b>VIII.6. DISCUSSION.....</b>	<b>136</b>
<b>VIII.7. LES DYSFONCTIONNEMENTS DANS LA STEP DE KOLEA.....</b>	<b>137</b>
<b>VIII.8. DETECTION VISUELLE DES ANOMALIES.....</b>	<b>139</b>
<b>VIII.9. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>140</b>
<b>VIII.10. CONCLUSIONS.....</b>	<b>141</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>142</b>

## LISTE DES ANNEXES

**Annexe I :** Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres physico-chimiques de la pollution de l'eau

**Annexe II :** Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres de la pollution particulaire de l'eau

**Annexe III :** Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres de la pollution organique de l'eau

**Annexe IV :** Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres de la pollution dissoute de l'eau

**Annexe V :** Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres toxique de l'eau

**Annexe VI :** Les Spécifications Des Eaux Usées Epurées Utilisées A Des Fins D'irrigation- Paramètres biologiques

**Annexe VIII :** La Liste Des Cultures Pouvant Etre Irriguées Avec Des Eaux Usées Epurées.

**Annexe VIII :** La Liste Des Cultures Pouvant Etre Irriguées Avec Des Eaux Usées Epurées.

**Annexe IX :** Arrêté ministériel fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées

**Annexe X :** Bilans mensuels des analyses : File eau.

**Annexe XI :** Réalisation de 34 stations d'épurations avec une capacité totale de 4000000 EH

**Annexe XII :** Les virus dans les eaux usées

**Annexe XIII :** Les bactéries pathogènes dans les eaux usées

**Annexe XIV :** Les parasites pathogènes dans les eaux usées

**Annexe XV :** Les normes microbiologiques révisées de l'OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture

**Annexe XVI :** Fiche technique de la STEP de Koléa

# **INTRODUCTION GENERALE**

# *Introduction générale*

---

L'eau est une ressource précieuse qui nous est offerte par la nature. Il nous est donc impératif de la préserver et de bien la gérer afin qu'elle ne soit pas gaspillée ou menacée. On doit donc faire face aux problèmes qui la menacent de manière économiquement efficace et durable.

La pollution des eaux est l'un des fléaux qui menacent l'environnement. Une bonne gestion des systèmes de lutte contre cette pollution nous permettra de prospérer dans plusieurs domaines en causant le moindre dommage à l'environnement. L'une des voix d'avenir est la valorisation de l'eau dépolluée et ses déchets en agriculture.

La gestion des eaux usées est l'un des axes de préoccupation de l'Algérie pour suivre la voix du développement durable. Plusieurs acteurs interviennent dans l'assainissement et la gestion des stations d'épuration qui sont en fait le cœur de la dépollution des ressources en eau. En outre, l'Algérie commence à donner de plus en plus d'importance aux possibilités de réutilisation des eaux.

Dans notre projet, on s'intéresse au cas de la station d'épuration de Koléa se situant à la ville de Tipaza. Notre objectif est d'en faire un bilan et un diagnostic pour détecter ses dysfonctionnements et trouver les solutions adéquates.

On doit avant tout caractériser l'eau usée que notre STEP reçoit et ensuite évaluer l'efficacité épuratoire de la station pour optimiser sa gestion et son fonctionnement. En outre, on va étudier la possibilité de la valorisation de l'eau épurée et ses sous-produits en agriculture.

# **Chapitre I**

## **CARACTERISATION DE LA POLLUTION DES EAUX**

## **I.1. INTRODUCTION**

Afin d'atteindre une gestion efficace et une préservation durable de l'environnement, une étude approfondie de la pollution des eaux et de ses impacts est indispensable.

Nous allons voir dans ce chapitre quelques généralités et quelques chiffres sur la situation actuelle de la pollution des eaux ainsi que les paramètres et les techniques d'évaluation de sa pollution ainsi que les impacts associés.

## **I.2. GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX**

### **I.2.1. Définition de la pollution [1,2 et 3]**

Selon le dictionnaire Larousse : Le terme « pollution » signifie la dégradation d'un milieu naturel par des substances chimiques, des déchets industriels ou autre.

La pollution de l'eau se produit lors de la présence d'une ou plusieurs substances dans l'eau qui diminuent sa qualité pour les autres utilisateurs et perturbent la vie aquatique. En d'autres termes, La pollution de l'eau inclut tous les déchets qui ne peuvent pas être décomposés naturellement par l'eau ou qui dépassent son pouvoir auto-épurateur. Par conséquent, les utilisations envisagées de l'eau deviennent restreintes ou même interdites.

La pollution, peut être causée par la nature elle-même, par exemple après infiltration de l'eau à travers les sols avec des acidités élevés. Mais plus souvent, les actions humaines sont responsables de la pollution de l'eau.

Pour cerner correctement la pollution d'un effluent, il faut intégrer plusieurs facteurs qui caractérisent l'eau usée et son environnement : La nature des produits incriminés, leurs concentrations (leurs quantités), la durée pendant laquelle ils sont rejetés et la sensibilité de l'écosystème récepteur.

Lorsqu'une eau usée est récupérée dans un réseau de collecteur par exemple, elle est disponible pour être traitée en un point précis. C'est ce que l'on appelle la **pollution localisée**. Par contre quand des produits chimiques sont répartis dans les champs (comme les engrais, ou des produits phytosanitaires), seulement une partie de ce qui

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

a été répandu sera utilisée par les plantes ou transformée par les micro-organismes du sol. Les restes qui ne seront pas consommés peuvent être « polluants » car ils seront emportés par les pluies et vont modifier l'équilibre de l'écosystème naturel en d'autres endroits. L'homme ne peut à posteriori rien faire pour éliminer cette pollution, parce qu'elle est répartie sur de grandes surfaces (ou dans de grands volumes d'eau). On la qualifiera de **pollution diffuse**.

### **I.2.2. Evolution Historique des techniques de dépollution [4 et 5]**

Les techniques de lutte contre la pollution des eaux sont très anciennes, on a trouvé des égouts d'évacuation des eaux sanitaires dans les ruines des cités préhistoriques de Crète et dans les cités antiques d'Assyrie. La construction de grands collecteurs comme la « Cloaca Maxima » à l'embouchure du Tibre a été entreprise par les Romains pour évacuer les eaux usées et pluviales. Bien que la fonction première de ces canalisations fût le drainage, l'habitude qu'avaient les Romains de déverser les ordures dans la rue obligeait à rejeter d'importantes quantités de matières organiques avec les eaux de pluie. Vers la fin du Moyen Âge, les celliers privés souterrains et plus tard les fosses de décantation se sont développés en Europe. Lorsque ces conteneurs étaient pleins, les responsables de l'assainissement évacuaient les dépôts aux frais du propriétaire. Les déchets étaient utilisés comme fertilisants sur les champs avoisinants ou déversés dans les cours d'eau ou sur des terres inoccupées.

Quelques siècles plus tard, on assiste à nouveau à la construction de déversoirs d'orage, le plus souvent sous la forme de conduites ouvertes ou de caniveaux dans les rues. Initialement, il était interdit de déposer quelque déchet que ce fût dans ces égouts, mais, vers le XIXe siècle, on s'est rendu compte que la santé publique pouvait être améliorée si l'on évacuait dans les déversoirs d'orage les ordures domestiques pour que celles-ci soient éliminées rapidement ; entre 1859 et 1865, un système de ce type a été mis au point par Joseph Bazalgette pour détourner les eaux pluviales et les déchets en aval de la Tamise à Londres. Le développement des systèmes municipaux d'approvisionnement en eau et de la plomberie domestique a permis l'apparition des toilettes à chasse d'eau et des systèmes modernes d'évacuation. En dépit des critiques émises, selon lesquelles les systèmes d'évacuation des eaux sanitaires gaspillaient les ressources, représentaient des risques pour la santé et étaient onéreux, de nombreuses villes s'en sont équipées.

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

Au début du XXe siècle, quelques villes et industries ont commencé à s'apercevoir que le déversement direct des égouts dans les cours d'eau était néfaste ; cela a conduit à la construction d'installations de traitement des eaux usées. C'est à peu près à cette époque que la fosse septique a été introduite comme moyen de traitement des eaux domestiques rejetées par les ménages, tant dans les zones suburbaines que rurales. Dans les travaux publics de traitement des eaux usées, on a d'abord eu recours à la technique du filtre percolateur puis, entre les années 1920 et 1930, les procédés par boues activées, amélioration notable, se sont développés et ont commencé à être utilisés dans de nombreuses villes. Depuis les années 1970, un stade plus poussé du traitement chimique, par chloration essentiellement, s'est généralisé dans le monde industriel.



**Figure I. 1: Débouché du Cloaca maxima dans le Tibre, Rome**

### **I.3. SITUATION ACTUELLE ET PREVISIONS EN MATIERE DE DEPOLLUTION**

#### **I.3.1. Dans le monde [4,6 et 7]**

Partout dans le monde, on constate une baisse de la qualité de l'eau et des réserves disponibles. Environ 70% de la population rurale et 20% de la population urbaine mondiale ne bénéficient pas d'un accès direct à de l'eau non contaminée.

Dans de nombreuses régions agricoles ou d'élevage intensif, les réserves d'eau souterraines sont contaminées par des nitrates provenant soit d'un excès d'engrais azotés, soit du fumier des animaux domestiques. Les normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), qui exigent que l'eau potable renferme moins de 40 mg de nitrates par litre, ne sont pas respectées dans beaucoup de cas. En effet, les stations de traitement des eaux capables d'en extraire les nitrates sont encore très rares car elles coûtent cher, entraînant par la même occasion l'augmentation du prix

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

de l'eau potable. Ainsi, dans les pays pauvres, l'utilisation de l'eau insalubre cause des maladies qui tuent dix millions de personnes chaque année.

Il est vrai qu'il y a eu un réel progrès dans l'assainissement mondial en 2002 vu que 2,6 milliards de personnes, soit 42% de la population mondiale, n'avaient pas accès à des moyens d'assainissement. En 8 ans, le nombre de personnes ayant accès à l'eau potable a progressé. En outre, à la fin de l'année 2010, 89% de la population mondiale, soit 6,1 milliards de personnes, avaient accès à des sources améliorées d'eau potable.

Malheureusement, les objectifs ne sont toujours pas atteints car 11% de la population mondiale (soit 783 millions de personnes) n'ont toujours pas accès à de l'eau potable et selon l'OMS, Le retard persiste en matière d'accès à l'assainissement, la cible est encore loin d'être atteinte et ne le sera vraisemblablement pas en 2015. D'après les projections, seuls 67% des habitants de la planète auront accès à des services d'assainissement améliorés en 2015, soit un niveau bien inférieur à l'objectif des 75%. À l'heure actuelle, 2,5 milliards de personnes manquent encore de services d'assainissement améliorés.

L'UNICEF et l'OMS avertissent également que puisqu'il n'est pas possible d'évaluer la qualité de l'eau à l'échelle mondiale, les progrès accomplis dans la réalisation de l'objectif relatif à l'eau potable sont mesurés par la collecte de données portant sur l'utilisation de sources améliorées d'eau potable. D'importants efforts doivent être déployés pour garantir que les sources d'eau améliorées sont et demeurent salubres.

Ces histogrammes montrent l'évolution de la consommation d'eau et de rejets pendant la période de 1900 à 2000 et une prévision pour l'an 2025 [PNUE] :

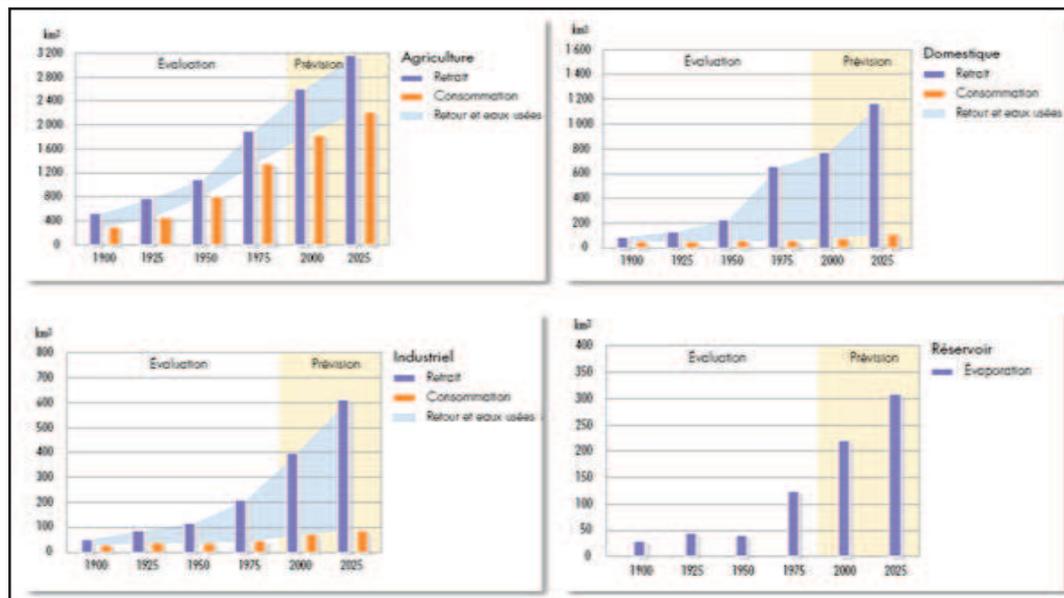


Figure I.2: Les changements dans l'utilisation mondiale de l'eau, par secteur (source : PNUE, base sur Shiklomanov et UNESCO)

### I.3.2. Situation en Algérie [8]

La situation actuelle en Algérie, se caractérise par un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles : Les pollutions des nappes et des ressources superficielles par les rejets domestiques, industriels et agricoles dépassent de loin les capacités de traitement des systèmes d'épuration. Ces dégradations réduisent les volumes d'eau susceptibles d'être utilisés.

Comme pour de nombreux pays, l'Algérie considère actuellement la résolution des problèmes de la pollution de l'eau comme une de ses priorités et un défi majeur à relever surtout en matière d'assainissement.

#### I.3.2.1. Quelques chiffres sur l'assainissement algérien [6,9, 10]

- Taux de raccordement dans les zones urbaines : 87% ;
- Volume d'eaux usées produit : 820 hm<sup>3</sup>/an pour environ 250 hm<sup>3</sup>/an traitées ;
- 40.000 km de réseau d'assainissement ;
- la norme officielle de la quantité d'eau usée rejetée est de 150L/j/hab ;
- L'Algérie dispose de plus de **60 stations d'épuration** en exploitation avec un volume d'environ 365 million de m<sup>3</sup>/an et une capacité d'environ 6 168 592 E.H ;
- Le nombre de **lagunes** comptées en 2011 est de **67** ;

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

- L'Algérie dispose aussi de 34 stations d'épuration à boues activées et lagunes en travaux avec un volume de 400 million de m<sup>3</sup>/an.
- Le grand exploit a été la mise en exploitation de la méga station d'Oran d'une capacité de 1,5 million équivalents habitants.

### ***1.3.2.2. Quelques acteurs de l'assainissement en Algérie***

#### ***1.3.2.2.1. L'Office national de l'assainissement (ONA) [8]***

Créé en 2001, est chargé d'assurer : la préservation et la prévention des ressources et de l'environnement hydrique ,la lutte contre toute forme de pollution hydrique, la protection de la santé publique, la réhabilitation et l'inspection des stations d'épurations du réseau d'évacuation sanitaire et des stations de relevage et la mise en œuvre de la politique nationale d'assainissement en concertation avec les collectivités locales.

L'ONA prend en charge la gestion de **634** communes sur les **1541** existantes soit **41,14 %** du réseau d'assainissement national, correspondant à un linéaire de **27 009 Km** de réseau sur **37 738 Km** du réseau national. Le reste du réseau est géré soit par les régies communales en attendant le transfert de ces communes à l'ONA, soit par les sociétés par actions créées dans le cadre de la gestion déléguée du service public de l'eau et de l'assainissement telles que **SEAAL** pour Alger, **SEAOR** pour Oran, **SEACO** pour Constantine et **SEATA** pour ANNABA et AL TARAF.

#### ***1.3.2.2.2. SEEAL [6,8]***

SEEAL est une société par action détenue par l'ADE et l'ONA .Elle assure depuis mars 2006, la gestion des services de l'eau, la collecte et le traitement des eaux usées sur l'ensemble de la wilaya d'Alger et Tipaza depuis 2012. Elle détient **3928 Km** de réseau de collecte, **52** postes de relèvement et **6** stations d'épuration de capacité globale de **1710 000 EH**. Les objectifs de SEEAL sont : rétablir puis maintenir une distribution d'eau de qualité, 24h/24h , renforcer la prise en charge et le fonctionnement de systèmes d'assainissement et contribuer à l'amélioration de la qualité des eaux de baignade du littoral Algérois , remettre au niveau et gérer durablement les ouvrages et installations d'eau et d'assainissement et Mettre en place une gestion clientèle moderne et efficace .

### I.4. EAUX USEES-ORIGINES ET TYPES

Les activités humaines (domestiques, agricoles, industrielles et touristiques) sont à l'origine des eaux résiduaires et industrielles qui contiennent de nombreuses matières et microorganismes fécaux et divers contaminants (matières organiques, azote, phosphore, métaux lourds, agents tensioactifs...) dont la charge polluante dépasse la capacité épuratoire du milieu récepteur. Cette catégorie d'eau que l'on appelle « eaux usées » provient de quatre sources principales :

#### I.4.1. Les eaux usées domestiques [11 et 12]

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau produite par le métabolisme humain et sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux "vannes" ; il s'agit des rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

**Tableau I.1** : Ordre de grandeur des concentrations des eaux usées domestiques

Paramètre	Echelle	moyennes ERU (France)	production journalière g/j. Eq. Hab.	Fraction décantable %
MES	100 à 400 mg/l	250 mg/l	130	50 à 60
MVS	120 à 400 mg/l	-	100	-
DBO <sub>5</sub>	150 à 500 mgO <sub>2</sub> /l	300 mgO <sub>2</sub> /l	80	25 à 30
DCO	300 à 1000 mgO <sub>2</sub> /l	700 mg O <sub>2</sub> /l	200	30
COT	100 à 300	-	40	30
NTK	30 à 100 mg N/l	80 mg N/l	-	<10
N-NH <sub>4</sub>	20 à 80 mg N/l	60 mg N/l	-	0
N-NO <sub>3</sub>	< 1 mg N/l	0 mg N/l	-	0
PT	5 à 25 mg P/l	10 mg P/l	5	10
Ph	7 à 8	-	-	-

**Tableau I.2 :** Composition moyenne d'une eau usée domestique (d'après DE CUYPER)

Origine	Volume (%)	DBO (%)	MES (%)	Charge bactérienne (%)
Eaux vannes	20	30	55	95
cuisine	15	25	10	0
lessive & vaisselle	35	30	25	1
bain	30	15	10	4

### **I.4.2. Les eaux usées industrielles [12 et 13]**

Elles sont 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 également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

### **I.4.3. Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes [12 ,13 et 14]**

Elles peuvent, elles aussi, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. En cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement (délestage) de ce mélange très pollué dans le milieu naturel. Enfin, dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution.

#### **I.4.1.4. Le ruissellement dans les zones agricoles [13 et 14]**

L'agriculture a aussi une lourde part de responsabilité de l'augmentation de la pollution des milieux récepteurs .L'eau ruisselant dans les zones agricoles est apte à

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

capter et transporter les polluants de toutes natures : engrais agricoles, phytosanitaires devenant pesticides pour les milieux aquatiques, les microorganismes, les matières organiques issues des débris végétaux et animaux, parfois utiles mais souvent nuisibles à la bonne qualité des eaux...

### **I.5. EVALUATION DE LA POLLUTION [15]**

Une connaissance exacte de la production polluante s'avère indispensable pour :

- Apprécier les apports en milieu naturel et, corrélativement, établir une relation plus étroite entre les rejets et la qualité du milieu naturel ;
- Déterminer, dans le cadre réglementaire de l'autocontrôle, les caractéristiques de la pollution émise et vérifier si les valeurs limites de rejet, exprimées en flux ou charges de pollution et en concentration, sont en conformité avec les exigences imposées par la législation ;
- Porter un jugement sur l'efficacité et la fiabilité d'une installation de traitement dans le cadre de la mise en œuvre des dispositions de surveillance prévues par la réglementation ;
- Optimiser et fiabiliser le fonctionnement des ouvrages d'épuration afin d'améliorer leur gestion et leur entretien.

#### **I.5.1. Evaluation qualitative de la pollution**

##### ***I.5.1.1. Champs de Classification des paramètres de pollution [15 et 16]***

La classification des matières polluantes est nécessaire pour le choix du bon procédé d'élimination. La nature des matières polluantes de l'eau diffère selon son origine. On peut classer ces paramètres suivant ces cinq champs principaux :

###### ***I.5.1.1.1. Pollution organique ou minérale***

- **Matière organique** : c'est la matière qui provient principalement de la matière vivante (végétaux, animaux...) ou de l'industrie chimique quelques fois. Sa composition est structurée autour du Carbone. On y trouve des sucres, des protéines, des acides organiques (lactique, acétique...), des acides gras, des macromolécules comme l'amidon, la cellulose....

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

- **Matière minérale** : c'est la matière qui n'est pas organique c'est à dire qu'elle ne contient généralement pas de carbone. Les matières minérales sont en général : les sels, toutes les matières structurées autour du silicium, on y retrouve : les métaux lourds, l'ammoniac, les nitrates, les phosphates et le gaz carbonique (le CO<sub>2</sub>).

Pratiquement, les eaux usées contiennent toujours ces deux types de pollution à des quantités variables suivant l'origine.

### ***1.5.1.1.2. Matière soluble ou insoluble***

La matière polluante peut être sous forme soluble ou insoluble :

- **Matière soluble** : Elle est dissoute dans l'eau et se trouve donc souvent sous forme d'unité chimique simple i.e. une molécule ou des macromolécules comme les protéines, les colloïdes qui flottent dans l'eau mais que l'on ne voit pas.
- **Matière insoluble** : C'est un agrégat de matière qui se retrouve sous forme particulière i.e. des particules solides qui peuvent flotter ou tomber en fonction de leurs densités.

### ***1.5.1.1.3. Toxicité***

Parmi les différentes matières présentes dans des eaux polluées, certaines ont une toxicité élevée pour le monde vivant. C'est à dire qu'à très faible concentration, elles ont un impact important sur l'équilibre du milieu naturel. Par exemple le cyanure en très faible quantité peut avoir un effet dévastateur sur un écosystème. C'est le cas aussi de métaux lourds comme le cadmium, le mercure qui, présents en très faible quantité, modifient fortement l'équilibre des écosystèmes.

### ***1.5.1.1.4. Matière inerte ou vivante***

Les eaux polluées contiennent des matières organiques ou/et minérales qui n'ont pas les caractéristiques du «vivant » et que l'on peut qualifier de «matières inertes ». Mais on y trouve aussi, très souvent, des micro-organismes (des bactéries par exemple), qui sont de la matière vivante. Ces micro-organismes se développent dès que l'eau est souillée. Ils peuvent être pathogènes (provoquer des maladies) ou pas.

### ***1.5.1.1.5. Pollution thermique***

C'est un champ de caractérisation important surtout pour les eaux usées industrielles (principalement les industries agro-alimentaires, les centrales nucléaires...) qui produisent des eaux chaudes. L'émission d'une eau propre mais chaude dans un milieu naturel peut influencer à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu. Les poissons les plus résistants meurent à 35 °C.

### ***1.5.1.1.6. Radioactivité***

La pollution radioactive c'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouve sa source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales nucléaires, exploitation de mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs...).

### **1.5.1.2. Paramètres d'évaluation de la pollution**

Pour apprécier la qualité des eaux en général, différents paramètres sont utilisés que nous classerons ainsi :

#### ***1.5.1.2.1. Paramètres physico-chimiques [11, 15,17 et 18]***

- ***Température***

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré surtout dans le cas de rejets industriels. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration est très sensible à la température, ainsi tout rejet doit être inférieur à 30°C.

- ***PH***

Le potentiel d'Hydrogène est un paramètre permettant de mesurer l'activité chimique des ions hydrogènes H<sup>+</sup>. Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution, sa mesure est très importante pour juger le bon fonctionnement d'une étape de traitement. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25 °C :

- une solution de pH = 7 est dite neutre ;
- une solution de pH < 7 est dite acide ; plus son pH s'éloigne de 7 (diminue) et plus elle est acide ;

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

- une solution de  $\text{pH} > 7$  est dite basique ; plus son  $\text{pH}$  s'éloigne de 7 (augmente) et plus elle est basique.

- ***Oxygène dissous***

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de  $\text{pH}$ , l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

- ***Conductivité***

Elle donne une indication précise sur la concentration totale en sels dissous. Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable, il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier industriels, sont présents dans le réseau d'assainissement.

- ***Couleur***

Elle est souvent liée au déversement de composés chimiques solubles présentant une coloration marquée (effluent de teinturerie par exemple),

- ***Tension superficielle***

Son origine est la force de cohésion entre molécules identiques. Il existe, au voisinage de la surface ou interface de l'eau, une certaine contrainte en tension dans le milieu. Elle est associée à des produits tensioactifs (détergents essentiellement) retrouvés dans les rejets domestiques qui ont la propriété d'abaisser la tension superficielle de l'eau et sont employés à cause de leur pouvoir mouillant et moussant. Leur impact environnemental usées se caractérise principalement par des mousses

abondantes perturbant le fonctionnement des stations d'épuration, en effet, la maîtrise du transfert d'oxygène dans les procédés d'épuration biologiques aérobies est déterminante pour la qualité et la fiabilité du traitement des eaux usées. Or, les tensioactifs et les graisses limitent le transfert de l'oxygène dans les boues activées car ils réduisent les capacités d'oxygénation des systèmes d'aération à 40 à 70 % par rapport à l'eau claire.

### ***1.5.1.2.2. Les paramètres de la pollution particulaire [11 et 18]***

- ***Matières en suspension (MES)***

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel.

- ***Matières volatiles en suspension (MVS)***

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles sont mesurées par calcination à 620 °C d'un échantillon, dont on connaît déjà la teneur en MES, elles constituent environ 70%-80% des MES.

- ***Matières minérales (MM)***

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est à dire son "extrait sec», constitué à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles (chlorures, phosphates, etc.)

- ***Turbidité***

La turbidité est un facteur écologique important qui est propriété d'une eau d'avoir un aspect trouble. Elle peut traduire : une teneur importante en matières solides en suspension et parfois en particule colloïdales qui absorbent et réfléchissent la lumière, une teneur élevée en plancton, une pollution ou eutrophisation de l'eau résultant de la présence éventuelle de bactéries ou micro-algues et cela peut être la cause d'asphyxie du milieu ou de colmatage des branchies des poissons.

### ***1.5.1.2.3. Les paramètres de la pollution organique globale [2 et 19]***

- ***Demande chimique en oxygène (DCO)***

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau dans des conditions opératoires définies ou en d'autres termes c'est la quantité d'oxygène apportée par un réactif chimique (oxydant) pour détruire toutes les matières organiques biodégradables et non biodégradables.

La DCO permet donc de façon indirecte d'évaluer la quantité de matières oxydables dans l'eau qui proviennent généralement du lessivage des sols et essentiellement du métabolisme des organismes vivants. Leur présence peut entraîner la prolifération de microorganismes et la production de composés halogénés indésirables pour la santé.

- ***Demande biologique en oxygène (DBO)***

La Demande Biologique en Oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour assimiler la pollution biodégradable sur une période définie. Ce paramètre permet d'une façon indirecte d'évaluer la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau. Ces substances biodégradables ont les mêmes sources que les matières organiques : métabolisme des organismes vivants, activité humaine, lessivage des sols...L'effet principal des matières biodégradables sur le milieu récepteur est l'appauvrissement en oxygène dissous de ce milieu qui résulte de leur dégradation.

Pour des raisons pratiques, on prendra en compte la première phase de 5 jours que l'on notera DBO<sub>5</sub>.

- ***Carbone organique total (COT)***

Le carbone organique total est un paramètre global permettant la connaissance de la quantité de carbone (mg de carbone par litre de solution) présent sous forme organique dans une solution aqueuse. Lorsque le COT diminue au cours du traitement, cela signifie que les composés organiques de la solution sont convertis en dioxyde de carbone, sans indication supplémentaire de la nature de ces composés en solution.

### I.5.1.2.4. Les paramètres chimiques (indicateurs de pollution) [18,19 ,20 et 21]

- **Composés azotés**

L'azote présent dans les eaux résiduaires urbaines provient essentiellement de l'urine : on considère un rejet moyen de 13 à 15 g d'azote par jour et par EH. Lors du transport des effluents jusqu'à la station d'épuration, des réactions d'ammonification ont lieu, transformant cet azote organique en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), forme particulièrement nuisible pour les ressources d'eau de surface. En effet, la demande en oxygène exercée par l'ammonium est très élevée et peut conduire à l'eutrophie des ressources. Pour ces raisons, les stations d'épuration doivent prévoir l'élimination de la pollution azotée, qui consiste en la transformation de l'ammonium en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), puis en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). Donc, en gros, dans un effluent, on distingue de différentes formes de l'azote, dont la somme constitue **l'azote global** ou **azote total** ( $\text{N}_{\text{total}}$ ). Les types d'analyses dépendent des formes chimiques recherchées. On peut les diviser en deux grandes familles : l'azote réduit et l'azote oxydé.

- **L'azote réduit** : azote dosable par la méthode **Kjeldhal** comprenant **l'azote organique** que l'on trouve dans les eaux usées provenant notamment des déchets métaboliques (protéines, polypeptides, acides aminés, urée, hydrazine, etc.) du métabolisme humain et **l'azote ammoniacal** ( $\text{N-NH}_4^+$ ).
- **L'azote oxydé** : se retrouve de façon marginale dans les eaux usées, il s'agit d'**azote nitreux** ( $\text{N-NO}_2$ ) et **azote nitrique** ( $\text{N-NO}_3$ ) produits de la transformation chimique (oxydation) de l'azote réduit.

En résumé voici une figure schématisant les différentes formes d'azote présentes dans une eau usée :

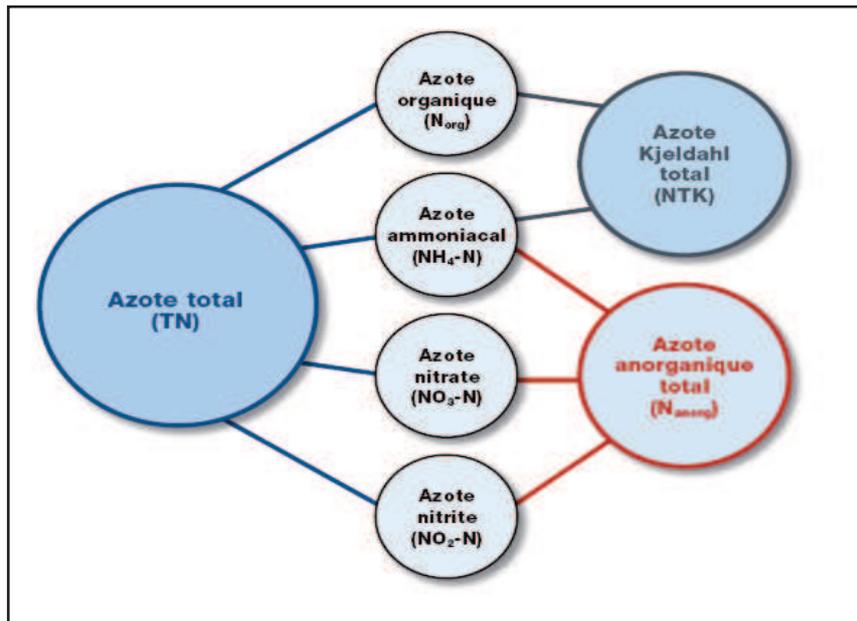


Figure I.3 : Différentes formes d'azote

Les charges et les concentrations de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$  sont exprimés en unité de N (d'où la formulation de N-N...)

- 1,29 mg  $\text{NH}_4^+$  sont équivalents à 1 mg d'azote ammoniacal N- $\text{NH}_4^+$
- 3,29 mg  $\text{NO}_2^-$  sont équivalents à 1 mg d'azote nitreux N- $\text{NO}_2^-$
- 4,43 mg  $\text{NO}_3^-$  sont équivalents à 1 mg d'azote nitrique N- $\text{NO}_3^-$

### • Composés phosphorés

Dans les eaux résiduaires urbaines le phosphore provient du métabolisme et des détergents, mais cette dernière origine tend à diminuer par la réduction des composés phosphorés dans les lessives.

Le Phosphore peut se trouver sous formes minérale ou organique. Ses différents composés se trouvent soit à l'état dissous dans la phase liquide, soit fixé sur les matières en suspension et colloïdales.

Selon la structure chimique, les composés phosphorés existent dans les eaux naturelles et les eaux usées sous ces différentes formes :

- Les ortho phosphates: **PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**
- Les poly phosphates : **(PO<sub>3</sub>-)** n-ont tendance à s'hydrolyser en ortho phosphates.
- Les organophosphorés : ATP, ADP, AMP, phospholipides

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total (PT)

Les composés phosphorés favorisent la croissance des végétaux dans l'eau et la prolifération des algues, étouffant les autres organismes vivant dans l'eau, générant des odeurs et contribuant au phénomène d'eutrophisation.

### ***1.5.1.2.5. Les paramètres toxiques [22, 23 et 24]***

- ***Métaux lourds et toxiques***

Cette catégorie de métaux contient également des métalloïdes comme le Se (Sélénium), (As) Arsenic, Be (Béryllium), ainsi que les métaux du groupe des précieux : Pt, Ir, Ru, Rh, Pd...etc. En fait, les métaux lourds sont considérés toxiques car ils sont des compétiteurs violents du Calcium, Magnésium et Phosphore ; comme c'est le cas pour le Mercure (Hg), Cadmium (Cd), Thallium (Th), Plomb (Pb), Osmium (Os), Sélénium (Se) ... etc. En outre, ils ont une capacité de bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement et ils provoquent en premier lieu des altérations moléculaires, ensuite des altérations dans la synthèse protéique et finalement ils peuvent provoquer des altérations nucléiques de l'ADN et de l'ARN.

Dans un milieu acide, les métaux lourds se dissolvent très bien. Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide-boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds quantitativement et qualitativement. L'analyse de ces boues permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux lourds qui ont eu lieu, tant en nature qu'en quantité. Leurs concentrations en certains éléments nous informent sur la provenance d'une eau usée :

- La présence de cuivre et de nickel indiquent l'existence de rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux,
- Le chrome indique l'existence de rejets provenant d'une tannerie
- Le plomb est lié à des pollutions diffuses,

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

- Le zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages tels que le laiton et le bronze, il peut provenir également du contact entre les eaux de ruissellement et les matériaux galvanisés,
- Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de galvanoplastie et d'industries chimiques, de textiles et de teintures.

- ***Hydrocarbures***

Ceux sont des composés organiques constitués de carbone et d'hydrogène. Ce sont les composés organiques les plus simples, et on peut considérer que les autres composés organiques en sont dérivés.

Ils se trouvent dans les huiles minérales qui comportent des substances telles que les alcanes, les alcènes, etc. Outre leur toxicité, ces substances peuvent limiter l'apport d'oxygène dans les eaux de surface lorsqu'elles sont présentes en concentrations élevées. Ils sont relativement stables et peu solubles dans l'eau. Ils s'adsorbent fortement aux sols et aux matières en suspension et sont, en outre, très solubles dans les graisses ce qui favorise leur bioaccumulation dans les tissus humains et animaux. Quelques uns sont classés comme agents cancérigènes par l'OMS. Leur impacts sur la santé peuvent être très importants (diminution de la réponse immunitaire, effet neurotoxique, irritation des voies respiratoires...).

### ***1.5.1.2.6. Les paramètres biologiques [18 et 22]***

- ***Bactéries***

Elles Constituent un groupement qui est le plus important responsable de l'élimination de la pollution d'une part, et de la formation des flocons d'autre part.

De très nombreuses espèces de bactéries peuvent participer à la formation des boues activées. La nature des composés organiques qui constituent la pollution influent sur la nature du genre dominant ainsi que les conditions du milieu : pH, T°C, O<sub>2</sub> dissous, etc....

Leur présence dans l'eau peut signifier la proximité d'une décharge d'égouts sanitaires ou de contamination fécale. Les procédés de filtration et de chloration permettent d'obtenir une qualité d'eau de moins de 10 coliformes totaux par 100 ml d'eau. Les bactéries concernent surtout les coliformes totaux et fécaux :

### ➤ **Les coliformes totaux**

Ceux sont des bactéries utilisées comme indicateur de la qualité microbiologique de l'eau. Leur présence en excès dans l'eau, soit 10 coliformes par 100 ml et plus, annonce une contamination de l'eau potable.

### ➤ **Les coliformes fécaux**

Sont des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux. Leur présence dans l'eau peut avoir des conséquences graves sur la santé. Les personnes les plus susceptibles d'être affectées sont les enfants de moins de 5 ans.

### • ***Virus***

Les virus se retrouvent dans l'eau par contamination directe ou indirecte des humains ou des animaux. Une eau fortement turbide protège les virus et augmente leur transmission. La coagulation chimique peut enlever entre 88 et 99.8 % des virus. La filtration enlève une quantité variable de virus. La meilleure méthode d'enlèvement des virus demeure la désinfection.

### • ***Protozoaires***

Ceux sont des métazoaires microscopiques très rencontrés dans le plancton des eaux douces.

### • ***Nématodes***

Ceux sont des vers filiformes non segmentés, recouvert d'une couche chitineuse transparente.

### • ***Parasites***

Ces organismes peuvent survivre entre une vingtaine de jours et une dizaine de mois, les plus connus sont ténia et giardia lamblia.

### • ***Algues***

Les algues se trouvent habituellement au fond de l'eau. Les algues posent un problème de blocage des filtres. Même si la coagulation et la sédimentation enlèvent

habituellement 90 à 95 % des algues, il en reste suffisamment pour réduire l'efficacité des filtres, en général.

D'autre part, les algues peuvent améliorer l'efficacité d'un filtre à sable lent, en créant une couche additionnelle d'algues et de micro-organismes.

### **I.5.2. EVALUATION QUANTITATIVE DE LA POLLUTION [2]**

L'estimation correcte du débit journalier d'eaux usées repose sur :

- L'enregistrement du temps de fonctionnement des pompes de relèvement (après étalonnage de celles-ci),
- Ou plus significativement, la mesure spécifique du débit réalisée le plus souvent dans un canal de comptage situé à l'entrée et/ou à la sortie de la station.

L'utilisation du ratio du volume d'eau usée par habitant raccordé sur le réseau, donne une première approximation mais reste très aléatoire car elle ne prend pas systématiquement en compte l'impact des facteurs tels que :

- Le type de réseau (unitaire, séparatif, pseudo séparatif, mixte),
- L'état du réseau impliquant généralement soit des fuites, soit des infiltrations d'eaux claires parasites.

#### **❖ Notion d'équivalent habitant [4 et 18]**

L'équivalent-habitant (noté EH) est une unité conventionnelle qui représente une estimation de la quantité moyenne de charge polluante rejetée par jour par chaque habitant, en termes de matières oxydable, de matières en suspension et de matières azotées et phosphatées...etc.

On effectue ces mesures généralement en sortie de réseau d'assainissement, c'est-à-dire à l'entrée de la station d'épuration, elles présentent malheureusement une forte variabilité. Cette variabilité résulte vraisemblablement des effets cumulés d'une transformation biochimique plus ou moins poussée des eaux usées au cours de leur acheminement dans les réseaux (différant par leur pente, leur taille, température, etc....), et d'apports non domestiques plus ou moins bien contrôlés.

## **Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux**

L'équivalent-habitant (noté EH) est utilisé pour établir une relation d'équivalence entre les différentes sources de pollutions et le nombre d'habitants car il est extrêmement difficile d'évaluer la pollution produite qui dépend de nombreux paramètres liés aux activités diverses et variées qui peuvent exister. C'est pourquoi, face à ce manque d'homogénéité, on travaille sur des valeurs unitaires de production correspondant à un rejet standard d'un équivalent habitant.

**Tableau I.3 :** Les valeurs des paramètres de pollution estimables pour un E.H (Source : Réglementation française)

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs</b>
Débit	-
MES	60-90 g (ça dépend su réseau)
DBO <sub>5</sub>	55- 60 g
DCO	120-150 g
NTK	12-15 g
Pt	3-4 g
Lipides	15-20 g
Métaux toxiques (métox)	0,23 g
Equitox	0,2 g de matières inhibitrices
AOX	0,5 g (composés organohalogénés sur charbon actif)

### **I.6. IMPACTS DE LA POLLUTION DES EAUX [11 et 25]**

#### **I.6.1. Sur l'environnement**

L'incidence des rejets sur notre environnement dépend de l'aspect qualitatif et quantitatif de la pollution, l'influence d'un paramètre polluant est lié à : sa nature, sa concentration, le temps d'exposition, les caractéristiques du milieu récepteur, la physiologie des organismes, la présence d'autres éléments polluants...etc.

Cette incidence peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes. Les modifications de température, de pH, perturbent le

## Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux

développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les micro-organismes et en prive d'autant les poissons.

Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs.

Les tableaux ci-dessus montrent l'effet des paramètres polluants sur les milieux récepteurs naturels :

**Tableau I.4** : Effets immédiats et de choc

Paramètre	Echelle action	Conséquences immédiates
MES	Heure, jour, semaine	Augmentation de la turbidité de l'eau, sédimentation, colmatages, consommation d'O <sub>2</sub> , nutriments en excès
DBO et NH <sub>4</sub>	Jour, semaine	Augmentation de la turbidité de l'eau, sédimentation, colmatages, consommation d'O <sub>2</sub> , nutriments en excès, problèmes pour l'AEP
Température	Heure, jour	Perturbation du milieu de stratification, modification de la solubilité des gaz
Hydrocarbures	Heure, jour	couche de surface, réduction des échanges interfaciés, modification de capillarité
Flottants	Heure, jour, semaine	Pollution visuelle, colmatage, Dépôt
Paramètres toxiques (métaux, pesticides...)	Heure, jour	Toxicité aiguë
Microbiologie (bactéries...)	Heure, jour	Développements de pathogènes, modification des équilibres trophiques

## Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux

**Tableau I.5 :** Effets différés et cumulatifs

Paramètre	Echelle d'action	Conséquences immédiates
MES	Mois, saison	Sédimentation, consommation différée d'O <sub>2</sub> , colmatage de milieux spécifiques
DCO, azote	Mois, année	modification des chaînes trophiques
Phosphore	Semaine, mois, année	nutriment en excès, eutrophisation
Micropolluants	Mois, année, décennie	Accumulation, dispersion, concentration, adsorptions, effets toxiques différés

**Tableau I.6 :** Evaluation de la qualité des eaux de quelques rivières (Source : ANRH)

	Unité	Chélif	Tafna	Seybouse
Station de mesure		Sidi Belatar	Pierre du Chat	El Hadjar
Année		1998	1997	1998
Débit	M <sup>3</sup> /s	35,5	7,5	11,5
Température	C°	20,12	15,88	21,41
Acidité	PH	7,99	8,24	8,21
Saturation en oxygène	%	90,27		36,61
DBO 1	mg /l	28,44	33,28	18,33
DCO 2	mg /l	93,2	90	124,3
Nitrates (NO <sub>3</sub> )	mg /l	15,3	23	5,58
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg /l	0,129	0,456	2,29
Ammonium	mg /l	0,435	0,378	9,18



**Figure I.4:** Plage souillée par des produits industriels



**Figure I.5: Eau pleine de déchets urbains**

### **I.6.2. Sur l'économie**

L'eau étant la ressource dont dépendent crucialement plusieurs secteurs d'activité, les conséquences économiques d'une pénurie risquent également d'être sérieuses, il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité des riches. Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement.

Dans les pays développés, la plus part des collectivités et des industries prennent en charge leurs rejets. En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes des mers conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés locaux ou d'ailleurs. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences.

### **I.6.3. Sur la santé**

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde.

Chaque année, 1,8 millions de personnes, dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement, meurent de maladies

## ***Chapitre I : Caractérisation de la pollution des eaux***

---

diarrhéiques ,88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse [OMS].

Chaque jour, 20 000 personnes, des enfants surtout, meurent de maladies liées à l'eau :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites).
- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides).
- Le choléra, du aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées.
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées).

Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très graves chez le jeune enfant.

Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre.... Présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voire mortelles.



**Figure I.6: Echantillon de l'eau utilisée par les habitants de VAPI**

### **I.7. CONCLUSION**

La caractérisation de la charge polluante que porte une eau usée dépend de plusieurs paramètres de plusieurs natures qui permettent de la classer et déterminer le degré de sa gravité pour l'environnement, la santé et l'économie et tout cela nous permet d'optimiser son traitement de sorte à rendre une eau saine et sans danger au milieu aquatique et à moindre coût.

## ***CHAPITRE II***

# ***RATIOS DE DIAGNOSTIC***

## **Chapitre II : Ratios de diagnostic**

---

### **II.1 : INTRODUCTION**

Pour mieux suivre le fonctionnement de la station d'épuration et afin de détecter les anomalies lorsqu'ils sont produits, des ratios sont mis au point. Ces ratios nous donnent des informations sur la nature de la pollution engendrée par les eaux usées. Ces informations aident à adopter en premier lieu (dans la phase d'étude et de dimensionnement) le mode d'épuration le bien approprié afin d'éliminer le maximum de polluants.

Ces rapports font l'objet d'un diagnostic efficace pour la station.

### **II.2: RATIOS DE DIAGNOSTIC**

#### **II.2.1 : Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> [26]**

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

- DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 effluent facilement biodégradable
- 3 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 5 effluent moyennement biodégradable
- DCO/DBO<sub>5</sub> > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable. (RODIER, 2009).

#### **II.2.2 : Rapport MVS/MES [28]**

Ce rapport indique l'organicité de l'effluent ainsi que sa mixité relative, et aura une incidence importante sur :

- La production de boue biologique en excès ;
- La qualité mécanique des boues activées (définie par son IM) ;
- 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 ;
- Le dimensionnement du clarificateur ;

## **Chapitre II : Ratios de diagnostic**

---

- Le dimensionnement de la filière boue (directement par l'influence sur la production de boue et indirectement par l'influence sur l'IM).

### **II.2.3 : Rapport DBO<sub>5</sub> / N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / P-PO<sub>4</sub>**

Le rapport DBO<sub>5</sub> / N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / P-PO<sub>4</sub> exprime l'équilibre nutritionnel, le métabolisme bactérien s'accompagne de besoins azotés sous forme d'azote ammoniacal et de besoins phosphorés sous forme d'ortho phosphates dans des proportions bien précises.

Toute déviation signifie un déséquilibre en nutriments qui constitue un handicap au niveau du traitement biologique.

### **II.2.4 : Rapport MES/DBO<sub>5</sub> [22]**

Le rapport MES/DBO<sub>5</sub> indique la répartition de la pollution particulaire représentée par la MES et de la pollution dissoute représentée par la(DBO<sub>5</sub>).

Les valeurs de ce ratio varient en fonction du phénomène de sédimentation-érosion au sein du réseau ainsi qu'au lessivage du sol (d'après CHEBBO 1992), des valeurs importantes pour ce rapport sont observées suite à des événements pluvieux importants, en effet plusieurs études montrent que le flux de MES rejeté par temps de pluie dans les milieux récepteurs proviennent majoritairement de la remise en suspension des dépôts accumulés (dépôts et biofilms) dans le collecteur.

### **II.2.5 : Rapport DCO/P<sub>T</sub> et DBO<sub>5</sub>/P<sub>T</sub>**

Le rendement d'élimination du phosphore par assimilation seule sont principalement dictées par le ratio DCO/P<sub>T</sub> (ou DBO<sub>5</sub>/P<sub>T</sub>) de l'eau usée. (A. STRICKER & A. HEDUIT, 2010).

### **II.2.6 : Rapport DBO/NTK**

La présence de la DBO influe sur la vitesse de dénitrification. En effet, la dénitrification est d'autant plus rapide que ce rapport est plus élevé. (G. Deronzier, 2001).

### **II.2.7 : Rapport DCO/NTK**

Le rapport DCO/NTK influence la cinétique de nitrification et donc le degré d'abattement de l'azote global. Plus ce rapport est faible, plus la vitesse de nitrification est élevée.

## **Chapitre II : Ratios de diagnostic**

---

### **II.2.8 : Rapport DBO<sub>5</sub> / N à dénitrifier [6]**

Ce rapport indiquera la cinétique de la réaction de dénitrification, plus ce rapport diminue, plus le processus de dénitrification est ralenti.

En effet, la dénitrification est d'autant plus rapide que la quantité de carbone disponible est importante et que ce carbone est rapidement biodégradable. La vitesse de dénitrification est une fonction croissante de la pression de carbone exercée sur la biomasse, donc de la charge appliquée.

### **II.2.9 : Rapport NH<sub>4</sub>/NK [30]**

Afin de caractériser la pollution azotée apportée par l'effluent, nous déterminons son degré d'ammonification. Celui-ci est donné par le ratio NH<sub>4</sub>/NTK. Plus la valeur de ce ratio est élevée, plus l'azote organique a été transformé en azote ammoniacal soluble. Pour un effluent urbain classique cette valeur est comprise entre 0,6 et 0,8.

### **II.2.10 : Production des boues primaires /production des boues primaires théoriques**

Ce rapport indiquera l'efficacité de la décantation physique des boues au niveau du décanteur primaire, plus le rapport est petit moins la décantation est bonne, ce qui est dû à la fermentation des boues, On constate des remontées de boue noirâtres et malodorantes en surface du décanteur primaire, la flottation de ces boues s'explique par la présence de microbulles internes qui diminuent la densité apparente des boues. Ces bulles sont la résultante d'une activité de fermentation anaérobie au sein de la boue.

### **II.2.11 : Rapport MS (extraites)/DCO**

Ce ratio indique le taux d'extraction des boues :

Les variations de ce rapport sont dues un problème au niveau du poste de déshydratation des boues : si une panne se produit avec l'une des centrifugeuses, la quantité de MS extraite sera plus faible et le ratio plus petit.

## ***Chapitre II : Ratios de diagnostic***

---

### **II.2.12 : Rapport Polymère /MS (déshydratées)**

Ce ratio permet de vérifier l'efficacité de l'injection du polymère. Les quantités de polymère englobent également la quantité de polymère utilisée pour le graissage des canalisations (pompes gaveuse), et la quantité réellement utilisée pour la déshydratation des boues.

Un problème au niveau des centrifugeuses ou des pompes d'injection du polymère peut être une cause de variation de ce ratio. (Géraldine Dauvergne, 2007 [22]).

### **II.3 : CONCLUSION**

Les ratios sont d'une grande utilité technique. Ils permettent de visualiser le fonctionnement de la STEP. Leur analyse est indispensable pour gérer adéquatement la STEP et afin de prendre les bonnes décisions concernant le devenir de l'unité en matière de réhabilitation, d'extension éventuelle ou bien de mise en œuvre d'un autre poste de traitement d'une pollution particulière. Par exemple dans le cas d'un excès en azote il sera nécessaire d'arrêter les aérateurs pendant un temps suffisant pour assurer la dénitrification ou bien s'il le faut, construire un bassin d'anoxie.

**CHAPITRE III**

**FILIERES**

**DE TRAITEMENT**

# ***Chapitre III : Filières de traitement***

---

## **III.1. INTRODUCTION**

Le traitement des eaux usées passe par plusieurs stades.

L'eau traitée pourra avoir plusieurs destinations, parmi lesquelles sa réutilisation dans l'agriculture.

Dans le chapitre présent nous décrivons les étapes fondamentales d'épuration et ainsi que les procédés mis en jeu pour chaque stade après avoir porté une vision générale sur la collecte des eaux et les systèmes d'assainissement.

## **III.2. COLLECTE [32]**

L'assainissement est une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique, le plus rapidement possible, et sans stagnation, les eaux usées provenant d'une agglomération humaine ou, plus généralement, d'un centre d'activité économique, de telle façon que les produits évacués ne puissent souiller, au-delà d'une limite admissible, l'environnement ; il en résulte que le traitement des eaux elles-mêmes doit obligatoirement s'accompagner de celui des sous-produits de ce traitement.

Deux systèmes fondamentaux de réseaux sont à distinguer :

Le système unitaire ;

Le système séparatif.

En outre, on appelle système mixte un réseau constitué, selon les zones, en partie en système unitaire et en partie en système séparatif.

Ces systèmes sont, le plus souvent, à écoulement gravitaire mais ils peuvent comporter des transports en charge.

### **III.2.1. Système unitaire [32]**

Dans le système unitaire toutes les eaux, y compris les effluents industriels après prétraitement éventuel, sont recueillies dans un réseau unique de collecte qui aboutit à une station d'épuration, la mise en place, éventuelle, de déversoirs permettant, en cas d'orage, le rejet direct, par surverse, d'une partie des eaux dans le milieu naturel.

# Chapitre III : Filières de traitement

## III.2.2. Système séparatif

Comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées.

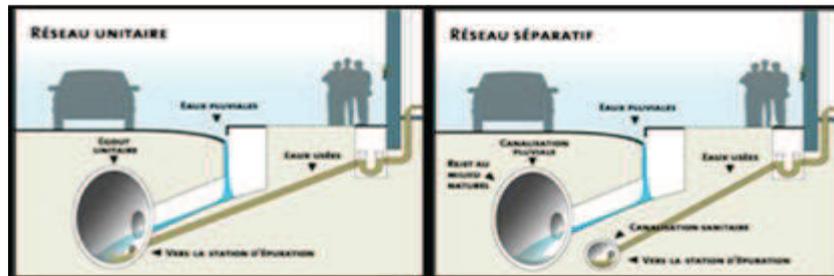


Figure III.1: Réseaux : unitaire et séparatif

Tableau III.1 : Avantages et inconvénients de chaque système [33]

Type de système	Avantages	Inconvénients
Système unitaire	-Exigence d'une canalisation unique.	-Faible vitesse d'écoulement par temps sec, médiocrité de l'auto-curage du réseau et risques de dépôts solides ; - Exigence du curage périodique du réseau avec du matériel spécialisé ; - Surcharge aléatoire des STEP avec des risques accrus de pollution du milieu récepteur ;
Système séparatif	-Transport de la totalité des micropolluants des eaux usées vers la STEP.	-Exigence de deux canalisations (donc coût élevé) ; - Risques de traitement partiel des eaux usées du fait des erreurs de branchement.
Système pseudo-séparatif	-Combinaison des avantages précédents	-Cumule des inconvénients des deux systèmes ci-dessus

## ***Chapitre III : Filières de traitement***

---

### **III.2.3. Déversoir d'orage [34]**

Le bassin d'orage a une fonction de régulation des flux transitant dans le réseau d'assainissement par temps de pluie. Selon le cas les flux à contrôler peuvent être de nature différente :

Dans un milieu très urbanisé, l'intérêt du bassin d'orage pourra être d'intercepter de grands volumes d'eaux pour réduire les risques d'inondation,

Dans un environnement fragile, ou la protection du milieu naturel devient prépondérante, le bassin d'orage peut être conçu pour retenir les fractions les plus polluées des eaux arrivant en temps de pluie, avant de les retenir au réseau et à la station d'épuration.

### **III.3. PRETRAITEMENT**

C'est une étape obligatoire qui aura lieu avant la chaîne de traitement. Elle a pour but de retenir les matières grossières et les éléments susceptibles d'endommager les filières ultérieures. Elle consiste en une séparation mécanique représentée par le dégrillage, physique par le dessablage et physico-chimique dans le déshuilage et le dégraissage.

#### **III.3.1. Dégrillage [5]**

Cette opération consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètres.

On retire ainsi de l'eau les fragments de dimension supérieure à l'écartement de la grille. La présence de cette dernière est absolument indispensable sur toutes les STEP.

Les grilles sont classées en manuelles ou automatiques en ce qui concerne la fonction de nettoyage, et en droites ou courbes selon la forme. Les grilles droites sont verticales ou inclinées de 60 à 80°.

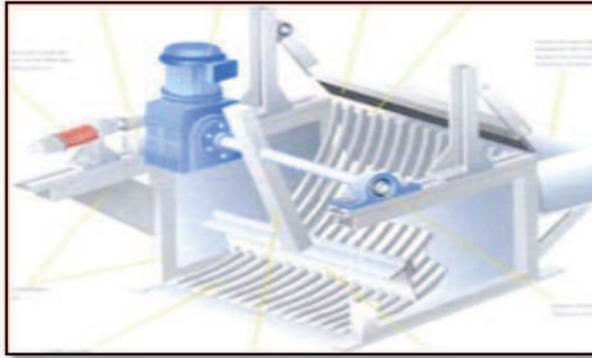


Figure III.2: Dégrilleur courbe

### III.3.2. Dessablage

Les sables, graviers et les particules ayant une dimension supérieure à 200  $\mu\text{m}$  sont éliminés suite à un processus simple de décantation physique dans un bassin de dessablage. Le but porte sur la protection des pompes et autres appareils contre l'abrasion, d'éviter les dépôts dans les canaux et aussi de surcharger les stades suivants de traitement.

### III.3.3. Déshuilage-dégraissage

Les graisses et les huiles sont des produits hydrophobes ayant une densité légèrement inférieure à celle de l'eau. Ces deux propriétés sont bien exploitées dans les opérations de déshuilage-dégraissage où l'on injecte de fines bulles d'air dans le bassin dont les particules graisseuses et huileuses vont s'accumuler et remontent en surface. Un raclage superficiel permet leur élimination.

- Les graisses sont des produits solides d'origine animale ou végétale. Elles sont présentes dans les eaux résiduaires urbaines et dans certaines eaux résiduaires industrielles, essentiellement agroalimentaires. Elles sont difficilement biodégradables et peuvent poser divers problèmes au cours du traitement : boules graisseuses, diminution des transferts d'oxygène, apparition de bactéries filamenteuses. [6]

Ces graisses sont également très dommageables pour les équipements et notamment pour les pompes.

- Les huiles sont des produits liquides : huiles végétales, huiles minérales, hydrocarbures légers.

## Chapitre III : Filières de traitement

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide bien souvent réservée à l'élimination des huiles présentes dans les eaux résiduaires industrielles (raffineries de pétrole).

**Note :** le plus souvent les opérations de dessablage et de dégraissage-déshuilage sont regroupées dans un même bassin.



Figure III.3: Un dessableur déshuileur couloir

### III.4. TRAITEMENT PRIMAIRE (LA DECANTATION PRIMAIRE) [13, 32 et 38]

Le processus principal du traitement primaire est la décantation.

La décantation est un phénomène provoqué par les forces de gravitation. Une particule solide charriée par l'égout, comme tout corps pesant, tomberait suivant un mouvement uniformément accéléré, si sa chute n'était contrariée par les forces de frottement créées par son déplacement au sein de l'eau, forces dont l'effet se traduit par une vitesse de chute uniforme. Cette vitesse est fonction de la dimension, de la forme extérieure, de la densité apparente de la particule et à la nature du milieu dans lequel la particule se meut. C'est la vitesse calculée à partir de la loi de STOKES.

La pluparts des problèmes de séparation solide-liquide dans le traitement des eaux usées sont étudiés par cette loi:

$$V = \frac{1}{18} \frac{(\rho_s - \rho_L)}{\mu} g D^2$$

## ***Chapitre III : Filières de traitement***

---

$V$  : vitesse de sédimentation de la particule grenue.

$\rho_s$  : densité de la particule.

$\rho_L$  : densité du liquide.

$D$  : diamètre de la particule.

$g$  : constante de la gravitation.

$\mu$  : viscosité dynamique du liquide.

Dans cette loi théorique, les particules solides sont assimilées à des sphères de diamètre  $D$ . Or, en pratique, on rencontre rarement ce cas idéal, d'où l'affectation du diamètre de la sphère, équivalente de même poids par un coefficient de forme.

Selon cette loi, la décantation est de plus en plus faible au fur et à mesure que le diamètre de la particule diminue et s'annule pour les dispersions colloïdales et moléculaires.

### **III.5. TRAITEMENT SECONDAIRE**

Suivant la nature de la charge polluante de l'effluent à traiter on distingue deux types de traitement :

- Le traitement physico – chimique;
- Le traitement biologique.

#### **III.5.1. Traitement physico-chimique [38]**

Les particules ayant des dimensions supérieures à  $1\mu\text{m}$  décantent au niveau des bassins de sédimentation sans qu'il y ait modification physico-chimique de leur état. Par contre, les particules dont les dimensions sont comprises entre  $1\mu\text{m}$  et  $1\text{nm}$  ne décantent pas spontanément. Ce phénomène peut être expliqué par la loi de STOKES. (Voir 2.3.).

Le but de la clarification des eaux est l'élimination de ces particules fines indésirables qui confèrent à l'eau des apparences troubles ainsi que des odeurs et saveurs désagréables. Pour ce faire, on a eu recours aux procédés physico-chimiques

## Chapitre III : Filières de traitement

pour modifier l'état initial des corps présents dans l'eau et créer des conditions favorables à leur décantation ; d'où la technique de la coagulation-floculation.

- **La coagulation-floculation** [5]

La coagulation consiste à neutraliser la charge électrique des particules colloïdales contenues dans l'effluent à traiter par l'ajout des réactifs minéraux multivalents comme les sels de fer et d'aluminium.

L'ajout d'un polymère permet de rassembler les matières colloïdales sous une structure rigide qui se décantent facilement sous forme de floc. Cette étape est appelée "floculation".

Ce processus assure une élimination satisfaisante de la pollution particulaire de 80 à 90 % avec un rendement presque similaire pour les germes pathogènes car les MES y referment de 80 à 90 %. Cette élimination des MES assure une réduction de la charge organique exprimée en DBO<sub>5</sub> ou DCO de, respectivement 60 à 70 % et 65 à 75 %.

**Tableau III.2** : Les principaux coagulants [39]

Coagulants minéraux	Coagulants organiques
Sels métalliques simples :	Polymines
Chlorure ferrique ( $FeCl_3, 6H_2O$ )	PolyDADMAC
Sulfate d'aluminium ( $Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$ )	Résines dicyandiamides
Sulfate ferrique ( $Fe_2(SO_4)_3, 9H_2O$ )	Résines mélamines
Sulfate ferreux ( $FeSO_4, 7 H_2O$ )	formaldéhydes
Sels métalliques polymérisés :	
Polychlorures basiques d'aluminium (PCBA)	
Polychlorosulfates basiques d'aluminium (WAC, AQUALENC...)	

## Chapitre III : Filières de traitement

---

**Tableau III.3 :** Les principaux flocculants

Flocculants minéraux	Flocculants organiques
Silice activée : polymère anionique linéaire	Origine naturelle : Acide alginique, alginate de sodium Origine synthétique : Polyélectrolyte anionique, cationique ou non anionique à haute masse molaire

### III.5.2. Techniques d'épuration biologique

Les traitements biologiques permettent, de façon acceptable sur le plan technico-économique, d'éliminer de façon très poussée la fraction soluble et organique de la pollution. En effet, les bactéries (agent biologique le plus fréquemment employé), en raison de leur taille très réduite (et de leur capacité d'échange membranaire), de leur forte densité, de leur capacité d'adaptation et de leur fort taux de développement, sont les plus capables d'épurer efficacement les eaux usées.

#### III.5.2.1. Procédés intensifs

##### **III.5.2.1.1. Lits bactériens** [37]

Le principe d'épuration utilisé s'inspire des méthodes mises à l'épreuve dans l'épuration par le sol. Toutefois, afin de diminuer les surfaces nécessaires, l'aération a été améliorée en utilisant des matériaux de dimensions supérieures ; de ce fait elle a lieu dans la masse des lits et non simplement en surface.

Les lits bactériens sont constitués par accumulation, sur une hauteur convenable, de matériaux poreux tels que scories, pouzzolanes, cokes, mâchefers.

Ces matériaux arrosés d'eau décantée, se recouvrent après quelques semaines de maturation de pellicules membraneuses, très riches en colonies microbiennes, qui assurent l'épuration des eaux usées.

## Chapitre III : Filières de traitement

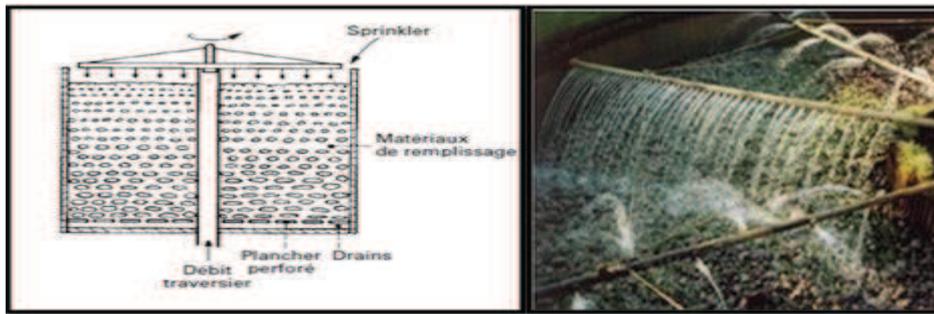


Figure III.4: Lit bactérien

### III.5.2.1.2. Disque biologique [5]

Au lieu de faire circuler l'effluent de haut en bas sur un support de film biologique immobile, il est possible de rendre le support mobile par rapport au liquide à traiter, ce qui évite un pompage consommateur d'énergie.

Dans le procédé des disques biologiques, le support est constitué par des disques parallèles, régulièrement espacés sur un axe horizontal tournant à faible vitesse, et immergés sur la moitié de leur hauteur.

L'aération de la culture qui se développe sur les disques est assurée pendant la période d'émersion.

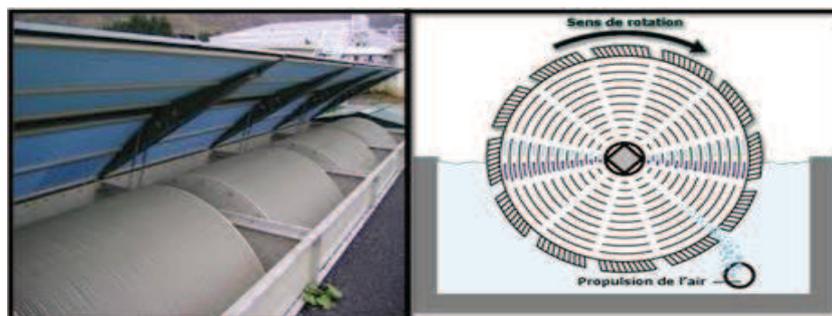


Figure III.5: Disque biologique

### III.5.2.1.3. Boue activée (culture libre) [5]

Les boues activées sont des systèmes qui fonctionnent biologiquement, avec une aération artificielle. L'épuration par boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières, suivie d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération.

Une STEP à boues activées est caractérisée par plusieurs paramètres : la charge massique, la charge volumique, l'âge des boues et l'indice de Mohlmann, etc.

## Chapitre III : Filières de traitement

Selon les valeurs de la charge massique on peut classer les modes de traitement en :

- Oxydation totale (aération prolongée)  $0.05 < C_m < 0.1$
- Système à faible charge (stabilisation partielle)  $0.1 < C_m < 0.2$
- Système à moyenne charge  $0.2 < C_m < 0.5$
- Système à forte charge  $0.5 < C_m < 1$
- Système à très forte charge  $1 < C_m < 5$



Figure III.6: Bassin d'aération

### III.5.2.1.4. Bio filtration [35]

Les biofiltres sont une innovation pour le traitement des eaux usées domestiques destinées à répondre à des exigences croissantes en matière de qualité. Ces procédés biologiques modernes ont été inspirés des lits bactériens. Ils reposent sur l'action de micro-organismes aérobies fixés sur un support granulaire immergé dans un bassin. C'est une technique qui consiste à réaliser simultanément, dans le même ouvrage, la réaction biologique aérobie de dégradation de la pollution par la biomasse épuratrice et la clarification par filtration de l'effluent traité. L'avantage des biofiltres est de pouvoir traiter les matières polluantes carbonées et éventuellement azotées, dans un volume beaucoup plus faible que dans le cas de procédés à cultures libres, avec des rendements similaires. Mais les biofiltres sont plus coûteux en investissement et plus délicats en fonctionnement.

## Chapitre III : Filières de traitement

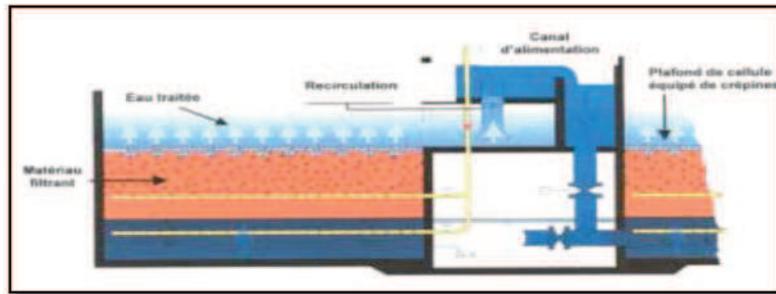


Figure III.7: Schéma d'un biofiltre (BIOSTYR)

Tableau III.4 : Avantages et inconvénients des procédés intensifs [40 et 41]

Filière	Avantages	Inconvénients
Lit bactérien et disque biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Faible consommation d'énergie ;</li> <li>-Bonne décantabilité des boues ;</li> <li>-Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées ;</li> <li>-Généralement adaptés pour les petites collectivités ;</li> <li>-Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées. Un dimensionnement plus réaliste doit permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes ;</li> <li>-Coûts d'investissement assez élevés ;</li> <li>-Nécessité de prétraitements efficaces ;</li> <li>-Sensibilité au colmatage ;</li> <li>-Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.</li> </ul>
Boues activées	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites) ;</li> <li>-Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, N) ;</li> <li>-Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles ;</li> <li>-Boues légèrement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Coûts d'investissement assez importants ;</li> <li>-Consommation énergétique importante ;</li> <li>-Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ;</li> <li>-Sensibilité aux surcharges hydrauliques ;</li> <li>-Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser ;</li> </ul>

## Chapitre III : Filières de traitement

	stabilisées ; -Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.	-Forte production des boues qu'il faut concentrer.
Biofiltres (BIOSTYR)	-Élimination totale des composés azotés par nitrification-dénitrification sur une seule unité de traitement ; -Minimisation des odeurs et des aérosols : pas de contact entre les eaux usées et l'air, ou entre les boues et l'air, lors des lavages. -Rampe d'aération située au centre du médium filtrant permettant le traitement de l'azote.	- Une partie du matériau filtrant peut être entraînée par les eaux de lavage ; - Le taux d'oxygène dans l'air de process peut perturber la réaction de dénitrification.

## Chapitre III : Filières de traitement

---

### III.5.2.2. Procédés extensifs [40]

Les solutions extensives correspondent à des procédés d'épuration dans lesquels la concentration du réacteur biologique en organismes épurateurs est faible. Le système ne comporte pas de recyclage de liqueur bactérienne ni normalement de phase de clarification séparée. Les surfaces de terrain nécessaires sont considérables, mais la réalisation de l'installation de traitement est a priori très simple et nécessite peu d'équipements électromécaniques.

Ces techniques dites extensives sont des procédés qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse. Le fonctionnement de ce type d'installation sans électricité est possible, excepté pour le lagunage aéré pour lequel un apport d'énergie est nécessaire pour alimenter les aérateurs ou les matériels d'insufflation d'air.

Les techniques sont détaillées selon le plan suivant :

- Cultures fixées :
  - ✓ Infiltration-percolation ;
  - ✓ Filtre planté à écoulement vertical ;
  - ✓ Filtre planté à écoulement horizontal.
- Cultures libres :
  - ✓ Lagunage naturel ;
  - ✓ Lagunage aéré;
  - ✓ Lagunage à macrophyte.

Pour la culture fixée sur support fin deux principaux mécanismes sont mis en jeu :

- **Filtration superficielle** : les matières en suspension (MES) sont arrêtées à la surface du massif filtrant et, avec elles, une partie de la pollution organique (DCO particulaire) ;
- **Oxydation** : le milieu granulaire constitue un réacteur biologique, un support de grande surface spécifique, sur lequel se fixent et se développent les bactéries aérobies responsables de l'oxydation de la pollution dissoute (DCO dissoute, azote organique et ammoniacal).

### III.5.2.2.1. Cultures fixées

- **Infiltration percolation sur sable [42]**

Le principe d'épuration par infiltration-percolation consiste à infiltrer, après le passage des eaux usées dans un ouvrage de décantation primaire, l'effluent à épurer à travers un support granulaire fin (massif de sable) non saturé sur lequel est fixée la biomasse épuratoire. La filtration sur le sable en milieu insaturé permet principalement une oxydation de la matière organique, de nitrifier l'azote ammoniacal (formation de nitrates) et de réduire les germes pathogènes. L'épuration par filtration fait appel à la fois à des processus d'ordre physique, chimique et biologique.

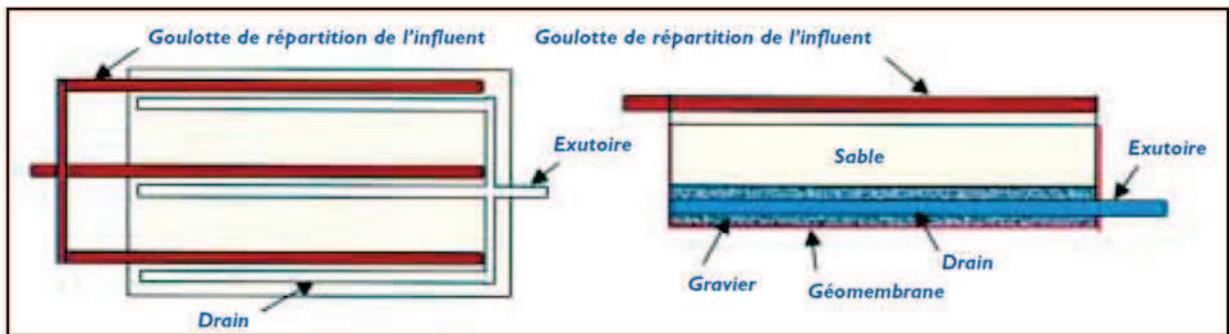


Figure III.8: Schéma du procédé d'infiltration percolation sur sable

- **Filtre planté de roseaux à écoulement vertical (FPRV)/ horizontal (FPRH) [40 et 43]**

Le principe de fonctionnement repose sur une filtration mécanique et une dégradation aérobie biologique de la phase dissoute par les bactéries fixées sur les matériaux granulaires.

L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin dans un sens vertical (FPRV) ou horizontal (FPRH).

## Chapitre III : Filières de traitement

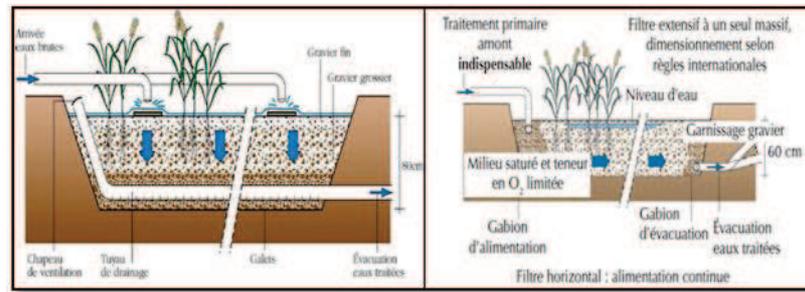


Figure III.9: Filtre planté de roseaux à écoulement horizontal/vertical

### III.5.2.2.2. Culture libre [13 et 35]

Le processus d'épuration par "cultures libres" repose sur le développement d'une culture bactérienne, de type aérobie principalement. L'oxygène provient de diverses sources selon les filières.

La culture bactérienne est ensuite séparée de l'eau traitée par mécanisme de sédimentation dans un ouvrage, le plus souvent, spécifique (clarificateur, lagune de décantation...).

- **Lagunage**

Les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsqu'on dispose de grandes surfaces de terrain et lorsqu'on ne désire pas assurer en performance une haute qualité de l'effluent. On distingue deux types de lagunes :

- Les lagunes naturelles, anaérobies, facultatives ou aérobies qui peuvent recevoir des effluents bruts ou prétraités. Alimentés d'effluents traités, les lagunes naturelles sont nommées "étangs de stabilisation".
- Les lagunes aérées (avec aérateurs artificiels) qui constituent un dispositif très proche du procédé des boues activées à faible charge.

- **Lagunage naturel**

Le principe de fonctionnement repose sur une dégradation aérobie biologique de la phase dissoute par les bactéries libres, l'oxygène étant fourni via l'activité photosynthétique des algues vertes. Le temps de séjour étant de plusieurs semaines voire plusieurs mois. Le lagunage naturel est généralement réalisé dans plusieurs bassins en série dans lesquels les effluents à traiter sont soumis aux processus biochimiques naturels de l'autoépuration.

## Chapitre III : Filières de traitement

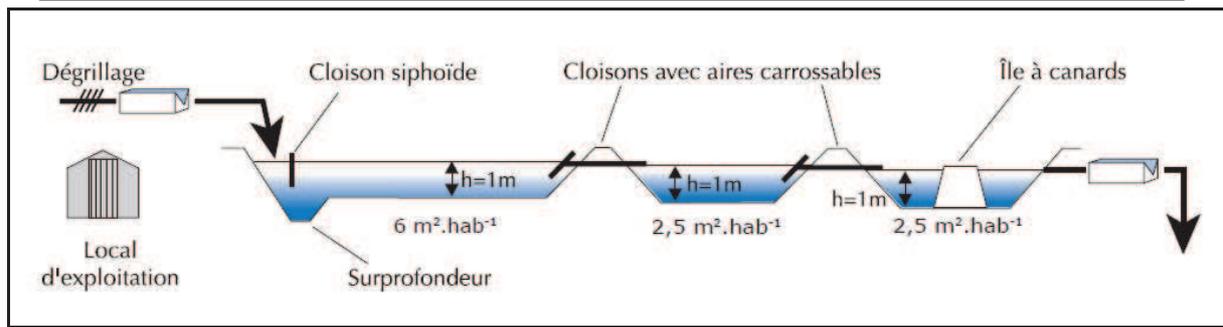


Figure III.10: Schéma d'une lagune naturelle

- **Lagunage aéré** [44]

Les lagunes aérées sont des bassins traversés par l'effluent à épurer. L'oxygène nécessaire est fourni par des aérateurs à turbines ou quelque fois des diffuseurs, l'aération sert également au maintien en suspension des boues activées.

Suivant l'intensité du mélange eau-boues assuré par l'aération les lagunes aérées sont classées en aérobies ou aérobies-anaérobies.

Le lagunage naturel comme procédé d'épuration des eaux est conseillé pour des stations ayant une capacité de 250 à 1500 éq-hab. (mais peut se rencontrer de 100 à 2000 éq-hab). Le lagunage aéré est conseillé de 400 à 2000 éq-hab (mais peut se voir de 200 à 3000 éq-hab).

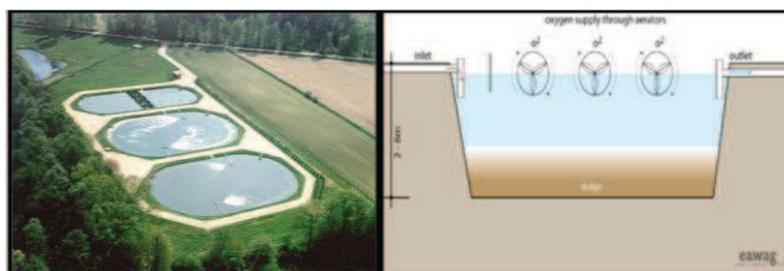


Figure III.11: Lagune aérée

- **Lagunage à macrophytes** [40]

Les lagunes à macrophytes reproduisent des zones humides naturelles comportant une tranche d'eau libre, tout en essayant de mettre en valeur les intérêts des écosystèmes naturels. Elles sont peu utilisées en Europe, mais sont souvent réalisées pour des traitements tertiaires à la suite de lagunage naturel, de lagunes facultatives ou de lagunage aéré aux Etats-Unis. Cette filière est généralement utilisée en vue d'améliorer le traitement (sur les paramètres DBO<sub>5</sub> ou MES) ou de l'affiner (nutriments, métaux,..). Cependant l'utilisation d'une lagune de finition à

## **Chapitre III : Filières de traitement**

microphytes permettra d'obtenir de meilleurs rendements et sera plus commode d'entretien.

**Tableau III.5** : Avantages et inconvénients des procédés extensifs [40]

Filières	Avantages	Inconvénients
Infiltration-percolation sur sable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellents résultats sur la DBO<sub>5</sub>, la DCO, les MES et nitrification poussée ;</li> <li>- Surface nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel ;</li> <li>- Capacité de décontamination intéressante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace ;</li> <li>- Risque de colmatage à gérer ;</li> <li>- Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sables ;</li> <li>- Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.</li> </ul>
Filtres plantés à écoulement vertical/horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité d'exploitation et faible coût d'investissement ;</li> <li>- Faible consommation énergétique ;</li> <li>- Bonne réaction aux variations de charge ;</li> <li>- Pas de nuisance sonore et bonne intégration paysagère.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux ;</li> <li>- Mieux adapter pour des capacités inférieures à 2 000 EH ;</li> <li>- Risque de présence d'insectes ou de rongeurs ;</li> <li>- Forte emprise au sol, abords compris. Celle-ci est de l'ordre de 10 m<sup>2</sup>/EH.</li> </ul>
Lagunage naturel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable ;</li> <li>- Élimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été).</li> <li>- Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été ;</li> <li>- S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forte emprise au sol (10 à 15 m<sup>2</sup>/EH) ;</li> <li>- Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol ;</li> <li>- Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique ;</li> <li>- Qualité du rejet variable selon les saisons.</li> </ul>

## Chapitre III : Filières de traitement

	<ul style="list-style-type: none"><li>-Pas de construction "en dur",</li><li>-Bonne intégration paysagère ;</li><li>-Absence de nuisance sonore ;</li><li>-Les boues de curage sont bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin.</li></ul>	
Lagunage aéré	<ul style="list-style-type: none"><li>-Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes ;</li><li>-Tolérant aux effluents très concentrés ;</li><li>-Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments (cause de foisonnement filamenteux en boues activées) ;</li><li>-Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables ;</li><li>-Bonne intégration paysagère ;</li><li>-Boues stabilisées.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres ;</li><li>-Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé;</li><li>-Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération ;</li><li>-Forte consommation énergétique.</li></ul>

### III.5.3. Clarification [45]

Le clarificateur est un ouvrage qui permet la séparation du floc biologique et de l'eau épurée. L'eau épurée est évacuée en surverse par goulotte alors que les boues sont récupérées au fond de l'ouvrage pour être recirculées dans le bassin de boues activées et, pour une partie (boues en excès), envoyées au traitement des boues.



Figure III.12: Clarificateur

### III.6. TRAITEMENT COMPLEMENTAIRE (ELIMINATION DE L'AZOTE ET DE PHOSPHORE) [37]

Les traitements sont également appelés tertiaires, avancés, de finissage, d'affinage. On y fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire du milieu récepteur ou en raison d'un réemploi de l'eau épurée soit direct (par exemple comme eau industrielle ou agricole) soit indirect (rejet en amont et à proximité d'une prise d'eau potable, réalimentation de nappe etc.).

Les traitements complémentaires peuvent viser à l'amélioration de la qualité générale de l'eau par rapport à celle qui peut être obtenue à partir des procédés décrits plus haut ou simplement l'élimination spéciale de produits déterminés (par exemple ammoniacale, germes pathogènes, phosphates etc.). Ce dernier aspect peut prendre une importance particulière dans le cas de traitements d'effluents urbains contenant une certaine proportion de rejets industriels.

#### III.6.1. Elimination de l'azote [21]

L'azote peut être séparé des eaux par différents mécanismes : physique (par décantation lorsqu'il est lié aux matières en suspension), physico-chimique (stripping sous forme de gaz ammoniac lorsque le pH est basique, oxydations et réductions chimiques) et biologique (incorporation aux bactéries produites, transformation en nitrates puis en azote gazeux lors des processus de nitrification-dénitrification).

##### **III.6.1.1. Par procédés biologiques** [35]

Dans les eaux usées urbaines l'azote se présente essentiellement sous la forme d'azote organique  $N_{org}$  (urines, protéines) et d'azote ammoniacal  $NH_4^+$ . Il est rejeté 13 à 15 g d'azote par habitant et par jour, dont deux tiers sous la forme ammoniacale et un tiers sous forme organique. Dans les stations d'épuration conventionnelles ne visant que l'élimination de la pollution carbonée, seule une fraction de l'azote (environ 20%) est éliminée.

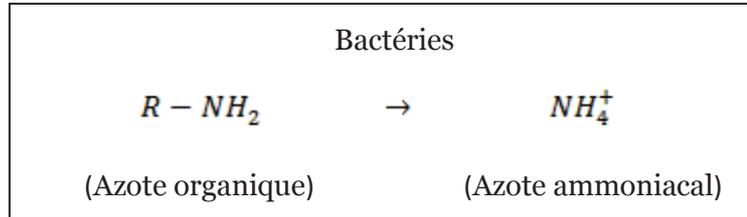
Pendant l'épuration biologique, l'azote organique  $N_{org}$  et l'azote ammoniacal  $NH_4^+$  se transforment en nitrites  $NO_2$  et nitrates  $NO_3$  puis en azote moléculaire  $N_2$  (gazeux), selon les phases suivantes :

## Chapitre III : Filières de traitement

---

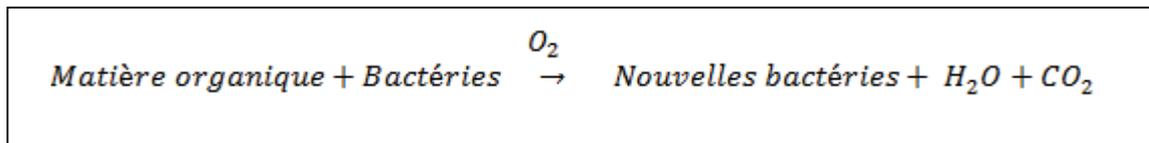
- **Ammonification**

Sous l'action des bactéries et par hydrolyse notamment, l'ammonification se réalise que le milieu soit oxydant (station d'épuration) ou non (collecteur) selon la réaction suivante :



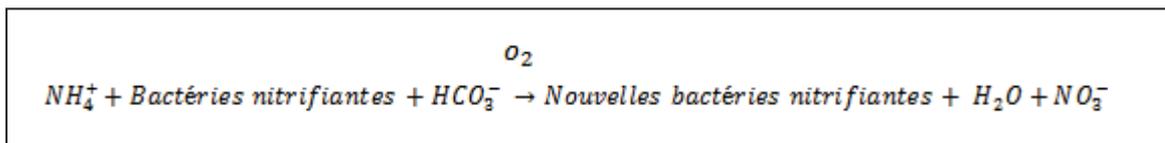
- **Assimilation**

Le traitement biologique des eaux usées conduit à la production de cellules bactériennes à partir de la pollution carbonée (exprimée en DBO<sub>5</sub>), en utilisant le mécanisme de la synthèse bactérienne. Cette réaction consomme une certaine quantité d'azote, de l'ordre de 20% de l'azote totale présente dans les eaux usées urbaines. La réaction d'assimilation de la matière organique par les bactéries hétérotrophes en présence d'oxygène dissous peut être représentée par la réaction suivante :



- **Nitrification**

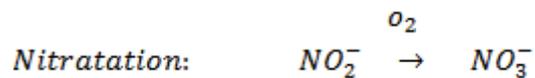
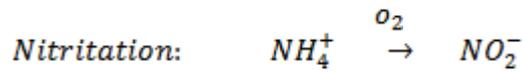
La réaction de nitrification de l'azote ammoniacal par les bactéries autotrophes nitrifiantes en présence d'oxygène dissous peut être représentée par la réaction suivante :



En réalité, cette réaction s'effectue en deux étapes successives : la nitrification et la nitratation, réalisée par des bactéries différentes selon les schémas ci-après :

## Chapitre III : Filières de traitement

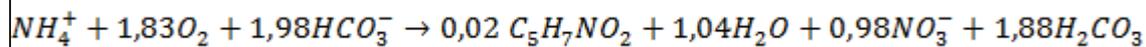
---



La nitritation est réalisée par des bactéries nitreuses. Jusqu'ici, Nitrosomonas, en particulier, mais également Nitrosococcus et Nitrospira étaient considérées comme jouant un rôle prépondérant dans ce processus.

La nitratation est le fait des bactéries nitriques du genre Nitrobacter.

Globalement, la nitrification biologique peut être décrite par la réaction suivante :



Ammonium      oxygène      bicarbonate      corps bactériens      eau      nitrates      acide carbonique

Ces procédés permettent d'atteindre des performances élevées d'élimination de l'azote : [46]

- 90 à 95 % pour l'azote Kjeldal (NK),
- 85 à 90 % pour l'azote globale (NGL) pouvant conduire à des caractéristiques d'effluents traités (sur eaux usées urbaines) de l'ordre de :
  - 1 à 5 mg/l en NK dont 1 à 3 mg/l en N-NO<sub>4</sub>,
  - 1 à 5 mg/l en N-NO<sub>3</sub> lorsque les conditions de conception et d'exploitation sont optimales.

La nitrification dépend de plusieurs facteurs, dont les principaux sont : [20]

- **la charge massique** : le développement des bactéries autotrophes est plus lent que celui des bactéries hétérotrophes. Ainsi, pour assurer une nitrification importante, il faut favoriser l'accroissement de la biomasse

## Chapitre III : Filières de traitement

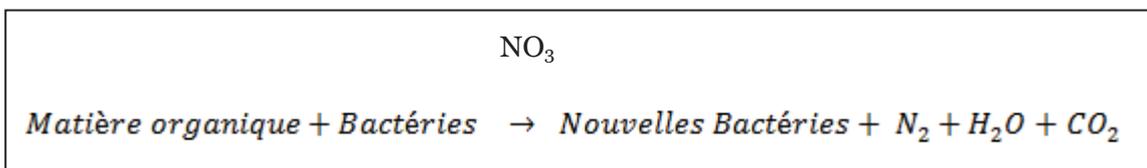
---

nitrifiante. Cela se traduit par une faible charge massique, ou un âge de boues important (sous nos latitudes, l'âge des boues doit être supérieur à 18 jours), les deux paramètres étant inversement proportionnels ;

- **la concentration en oxygène dissous (influence forte) :** le rendement augmente avec le taux d'oxygène dissous dans l'eau, et l'on considère généralement qu'une concentration d'au moins 2 mg O<sub>2</sub>/l est souhaitable ;
- **la température :** le développement optimal des bactéries se situe autour de 30°C, et une baisse de la température implique un temps de résidence plus long pour obtenir un même taux de nitrification. Nitrobacter serait plus sensible que Nitrosomonas à des fluctuations de température ;
- **le pH :** en dehors de la gamme 6,0 à 9,6, le procédé de nitrification est totalement inhibé, mais il semble délicat de définir la gamme optimale de pH : certains donnent 8,0 à 9,0, d'autres 7,5 à 8,5, ou encore 7,2 à 9,0. En outre, le procédé consommant de l'alcalinité, le pH a tendance à diminuer. La solution consiste alors à stripper le CO<sub>2</sub> afin de limiter l'acidification du milieu ;
- **le phosphore :** les concentrations nécessaires varient beaucoup selon les auteurs, mais une concentration minimum de 0,5 mg/l ne serait pas limitant.

### ❖ Dénitrification

La réaction d'assimilation de matière organique par les bactéries hétérotrophes en l'absence d'oxygène dissous et de présence de nitrates peut être représentée par la réaction suivante:



Cette réaction est dite « de dénitrification » car elle se traduit par la réduction des nitrates en azote moléculaire (N<sub>2</sub>), gaz qui retourne à l'atmosphère.

## ***Chapitre III : Filières de traitement***

---

Les principaux facteurs influençant la dénitrification sont :

- **le substrat** : la concentration en carbone est un facteur limitant dans la mesure où un apport insuffisant entraîne une dénitrification incomplète. En outre, la qualité de l'apport carboné est primordiale car il s'est avéré que les composés à un seul carbone constituent les substrats idéaux. En termes de quantité, le procédé est ralenti si le rapport  $DBO_5/N_{\text{à dénitrifier}}$  devient inférieur à 2 ; l'USEPA (agence environnementale américaine) préconise même une valeur minimale de 3. Idéalement, ce rapport est de 10 ;
- **la concentration en oxygène dissous** : de façon générale, l'oxygène inhibe la synthèse des enzymes nécessaires à la dénitrification. Il faut donc une absence totale d'oxygène. Cependant, s'il y a eu des conditions anoxiques favorisant cette synthèse enzymatique, l'apparition de conditions légèrement aérobies ne remet pas en cause la dénitrification ;
- **la température** : l'optimum se situe dans la gamme 25 à 30°C, mais le processus peut avoir lieu entre 5 et 50 °C. Si une baisse de température ne constitue pas un frein à la cinétique de la réaction, une augmentation de température active la dénitrification de façon très nette ;
- **le pH** : l'efficacité de la dénitrification diminue fortement en dehors de la gamme 6,0 à 8,0, avec un optimum se situant aux alentours de 7,0 – 7,5. En outre, on observe une augmentation de l'alcalinité, qui ne compense cependant pas celle de l'acidité lors de la nitrification ; l'évolution du pH durant la dénitrification dépend alors du pouvoir tampon des eaux à traiter.

### **III.6.1.2. Par procédés physico-chimiques**

- Dégazage (stripping),
- Chloration au point de rupture (break point) [13]

L'azote ammoniacal peut être éliminé d'une eau usée par chloration au point de rupture. Dans ce procédé, l'ammoniac est chimiquement oxydé en azote gazeux. Les résultats obtenus sur des eaux usées domestiques indiquent une conversion de l'ordre de 95 à 99 % en azote gazeux.

### **III.6.2. Elimination du phosphore [47]**

Les grands types de procédés sont développés pour concentrer le phosphore dans la fraction solide :

- Les procédés physico-chimiques qui consistent à précipiter le phosphore par modification des conditions du milieu (pH) et/ou par ajout de réactifs,
- Les procédés biologiques qui consistent à créer les conditions favorables à la croissance de micro-organismes capables d'accumuler le phosphore au delà de leurs stricts besoins de croissance,

#### **III.6.2.1. Les procédés physico-chimiques**

##### ***III.6.2.1.1. Procédés classiques***

Des sels de fer ou d'aluminium ou de la chaux sont ajoutés à l'effluent à traiter pour former des précipités insolubles de phosphate. Les quantités de réactifs varient d'une station à l'autre. Ils dépendent de la concentration en phosphate de l'effluent mais aussi des conditions physico-chimiques du milieu (pH, alcalinité, espèces organiques dissoutes, etc.), des conditions de brassage et des matières en suspension. Les recommandations américaines font état d'un rapport molaire Al/P de 2 et Fe/P de 3 pour obtenir un abattement de 95%. Le même abattement est obtenu avec un rapport Al/P de 2,3 dans les travaux de Deronzier et Choubert (2004). Le choix du réactif dépendra du prix de ce dernier et de l'utilisation des boues, l'aluminium étant considéré comme plus toxique pour un usage en agriculture.

Trois mécanismes de précipitation sont impliqués dans la déphosphatation physicochimique:

- la précipitation chimique des complexes hydroxy-métalliques de faible solubilité,
- L'adsorption d'espèces phosphorées dissoutes sur la surface de complexes déjà précipités,
- la floculation et la co-précipitation de matières colloïdales finement dispersées.

## **Chapitre III : Filières de traitement**

---

Ces trois mécanismes ont lieu simultanément, ce qui explique les rendements élevés de déphosphatation atteints par les procédés de traitement physico-chimiques.

### **III.6.2.1.2. Procédés combinant traitement et recyclage**

Les sels ajoutés sont des sels de magnésium ou de calcium et la cristallisation des phosphates magnésiques et calciques se fait, le plus souvent sur lit de sable fluidisé. Lorsque le magnésium est utilisé, le produit obtenu est de la struvite (magnésium-ammonium-phosphate) qui est un fertilisant efficace. Le magnésium est ajouté, soit sous forme de chlorure de magnésium, soit sous forme d'hydroxyde de magnésium lorsque les installations sont alimentées par la fraction liquide issue de la déshydratation des boues du traitement biologique d'eaux usées urbaines (quelques installations fonctionnent selon ce principe en Grande-Bretagne et au Japon). L'ajout de soude permet d'obtenir le pH optimum pour la précipitation de la struvite.

### **III.6.2.2. Procédés biologiques** [48]

On parle de traitement biologique du phosphore lorsque, d'une part l'assimilation du phosphore se fait par la biomasse pour ses besoins métaboliques minimaux, et d'autre part il y a suraccumulation du phosphore par les bactéries déphosphatantes au-delà de leurs besoins métaboliques. L'alternance de phases aérobies et de phases anaérobies strictes est nécessaire au développement des micro-organismes déphosphatantes, appelé *phosphorus accumulating organisms* (PAO).

Ainsi le métabolisme des bactéries fait intervenir le phosphore au niveau de la synthèse cellulaire et des phénomènes régissant le stockage ou l'utilisation de l'énergie. Schématiquement, le stockage d'énergie par une bactérie se traduit par un appauvrissement du milieu en phosphore. A contrario, l'utilisation d'énergie entraîne une augmentation de la concentration en phosphore dans le milieu.

Il a été mis en évidence que le stress des bactéries, provoqué par un manque d'oxygène dissous (conditions anaérobies), conduit à une suraccumulation du phosphore dès que les bactéries retrouvent un milieu riche en oxygène (conditions aérobies). Le traitement biologique du phosphore passe donc par la mise en place d'une alternance de conditions aérobies et anaérobies.

## ***Chapitre III : Filières de traitement***

---

Les points clés de la déphosphatation biologique sont les suivants :

- le rapport de concentration  $DBO_5/P_{total}$  doit être supérieur à 30/1, d'où la mise en place de la zone anaérobie en début de bassin de traitement biologique pour assurer la richesse du milieu en substrat carboné ;
- la zone anaérobie doit être convenablement mélangée, sans risque de réintroduction d'oxygène ;
- la concentration en oxygène dissous dans la zone aérobie doit, quant à elle, être maintenue au moins à 2 mg  $O_2/L$ ;
- ayant une action inhibitrice sur la biomasse, les nitrates ne doivent pas être présents en trop forte concentration (conditions anoxiques). Dans le cas contraire, la dénitrification serait favorisée aux dépens de la déphosphatation. Il est donc nécessaire de prévoir un traitement poussé de l'azote afin d'assurer un traitement biologique efficace du phosphore.

### **III.7. LE TRAITEMENT QUATERNAIRE (LA DESINFECTION) [49 et 50]**

La désinfection d'une eau usée peut être définie comme une opération dont le but est de réduire en fonction des usages, à un niveau acceptable, le risque sanitaire lié à des microorganismes pathogènes, voire opportunistes, qui, lors de l'utilisation de cette eau, seraient susceptibles de nuire à la santé.

Le choix d'un moyen de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente. En ce sens, le mode de désinfection idéal est celui qui regroupe les caractéristiques suivantes :

- efficacité pour la plupart des micro-organismes pathogènes sous différentes conditions;
- absence de sous-produits indésirables formés à la suite de son utilisation;
- produit non dangereux pour les humains et pour la vie aquatique;
- facilité d'utilisation;
- faibles coûts d'investissement et d'exploitation.

Les différents procédés de désinfection susceptibles d'être mis en œuvre utilisent le chlore et ses dérivés, l'ozone et les rayons UV.

## ***Chapitre III : Filières de traitement***

---

### **III.7.1. La chloration [38]**

L'effet stérilisant de chlore, bactéricide, provient surtout d'un effet d'inhibition enzymatique plus que par son action oxydante directe sur la structure même de la cellule vivante. La durée de contact est de l'ordre de 10 à 20 min avec des teneurs en chlore résiduelles ( $\text{HOCl} + \text{OCl}^-$ ) de l'ordre de 0.2 à 0.3 mg/l.

### **III.7.2. Ozonation [51]**

Le principe de l'ozone est d'oxyder les microorganismes de l'eau. C'est un désinfectant très puissant qui va agir sur les bactéries, virus et autres coliformes contenues dans l'eau. Par la suite l'ozone ( $\text{O}_3$ ) étant un élément très instable. Une fois formé, et après avoir agi sur les bactéries, il retourne naturellement à sa forme originelle, soit l'oxygène ( $\text{O}_2$ ).

### **III.7.3. Le rayonnement ultra violet [50]**

Le rayonnement ultraviolet pour la désinfection des eaux usées constitue une technique de plus en plus répandue. Il consiste à faire passer les eaux dans un canal ouvert muni de lampes à rayons ultraviolets.

### **III.7.4. Lagunage tertiaire [36]**

Des performances a priori très intéressantes peuvent être obtenues dans des lagunages de finition peu profonds (pour une meilleure action virulicide) et surtout en respectant des temps de séjour prolongés de l'ordre de 90 à 120 jours. Les faibles températures, le manque d'ensoleillement, les débits d'eaux excédentaires sont autant de facteurs qui viennent contrarier sérieusement l'efficacité de ces procédés en période hivernale.

### **III.8. TRAITEMENT DES ODEURS [35]**

La collecte et le traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles sont fréquemment à l'origine de nuisances olfactives.

Chargées en matières organiques particulaires et dissoutes, en composés azotés (dont l'ammoniaque) et phosphorés, les eaux usées peuvent en effet induire directement ou indirectement par l'intermédiaire de leurs sous produits d'épuration (graisses et boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus biologique de fermentation anaérobie bien connu qui se déclenche en milieu réducteur.

#### **III.8.1. sources des odeurs [52]**

Les principales sources des produits malodorants sont attribuées ;

- aux postes de relèvement en réseau et en tête de station qui sont des lieux privilégiés de fermentation,
- aux prétraitements à la station d'épuration dans leur ensemble par suite de la mise en atmosphère des polluants gazeux produits dans l'égout et de la fermentation des refus de dégrillage, des graisses, etc.,
- au dépotage des matières de vidange,
- à la filière de traitement des boues.

#### **III.8.2. Divers catégories des odeurs**

Les sources malodorantes contiennent une multitude de variétés de composés. On constate cependant que les composés soufrés constituent la majorité des molécules olfactives rencontrées sur les stations d'épuration et les réseaux de collecte des effluents domestiques. Il s'agit de mercaptans (méthyle mercaptan  $\text{CH}_3, \text{SH}$ ), de sulfures (diméthyle sulfure  $(\text{CH}_3)_2, \text{S}$ ) et disulfures organiques (diméthyle disulfure  $(\text{CH}_3)_2, \text{S}_2$ ) et surtout d'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2, \text{S}$ ), composé qui est de loin le plus concentré à tous les niveaux. Sa formation résulte de la réduction des sulfates par des bactéries sulfato-réductrices et la rupture de molécules organiques contenant du soufre.

Les composés azotés (ammoniac, amines, essentiellement diéthylamines et triméthylamines, indole et scatole) sont présents également mais de façon plus discrète.

## Chapitre III : Filières de traitement

En ce qui concerne les autres familles de composés odorants comme les acides organiques, les aldéhydes et les cétones, elles sont présentes généralement à l'état de traces et apparaissent en forte concentration dans des cas bien particuliers comme par exemple le traitement thermique des boues ou la digestion anaérobie.

### III.8.3. Classement général des procédés de traitement [53]

Il existe actuellement une panoplie de procédés d'épuration des émissions gazeuses odorantes. La figure suivante reprend les principaux traitements possibles en les classant arbitrairement suivant qu'ils mettent en jeu une destruction des molécules ou, plus simplement, un transfert.

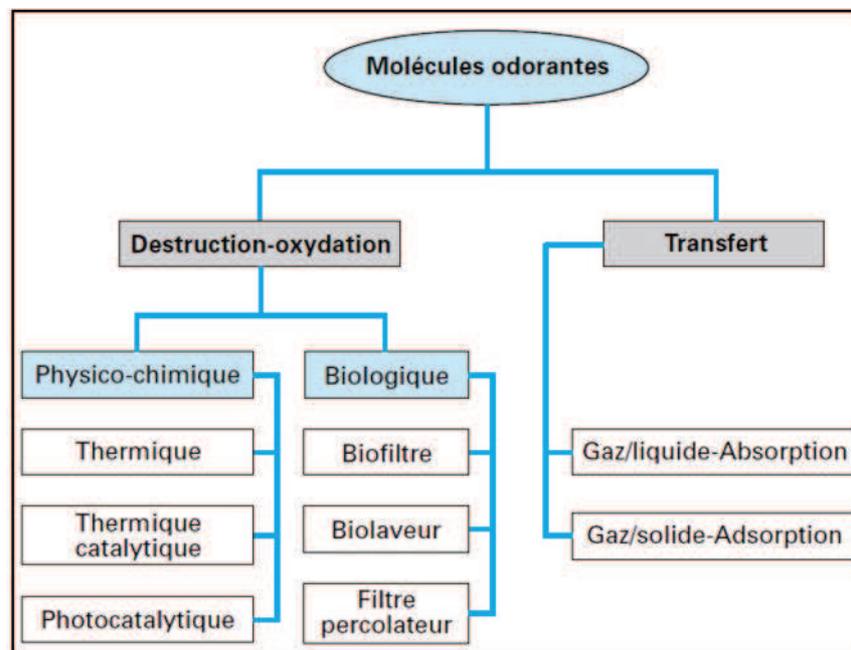


Figure III.13: Classification arbitraire de quelques procédés de traitement des émissions odorantes

## *Chapitre III : Filières de traitement*

---

### **III.9 : CONCLUSION**

La liste des procédés de traitement que nous avons présentée n'est pas exhaustive.

Les techniques mises en œuvre dans ce domaine présentent des avantages et des inconvénients à des situations spécifiques nous conduisant à faire des études d'optimisation afin de choisir le bon procédé selon nos exigences.

Epurées, les eaux pourront réintégrer à un cycle naturel garantissant la préservation de nos ressources en eau et de notre environnement.

Si les normes de réutilisation sont satisfaites, ces eaux traitées pourront servir dans différents domaines essentiellement l'agriculture.

**CHAPITRE IV**  
**REUTILISATION DES**  
**EAUX USEES**

## **Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées**

---

### **IV.1. INTRODUCTION**

Les eaux usées traitées font partie des ressources non conventionnelles et sont, après un traitement préalable, apte à être utilisées dans des différents domaines. La pratique de la réutilisation existe depuis XIX<sup>ème</sup> siècle (champs d'épandage en Angleterre, en Allemagne, et dans la région parisienne). L'évolution et la maîtrise de cette pratique est due à une meilleure compréhension des phénomènes biologique et physico-chimiques au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle.

Le développement de ce secteur vital a été le fruit d'une amélioration remarquable des performances épuratoires liées à la progression des techniques de dépollution.

### **IV.2. DOMAINES DE REUTILISATION DES EAUX EPUREES [54]**

A partir d'eaux usées et grâce aux traitements préalables, il est possible d'obtenir toute une « gamme » d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier.

Alors, on peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc. ;
- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. ;
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc. ;
- Production d'eau potable ;
- Recharge de nappe phréatique.

Les eaux réutilisées dans le domaine d'irrigation sont classées, en fonction du niveau épuratoire, en A, B et C selon la nature des plantes à irriguées. (cf. Annexe XIII).

« le présent arrêté proposé en application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 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, a pour objet de fixer la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées dans un objectif de minimiser les risques sur la santé publique.

## Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées

Aussi, le choix des cultures a tenu compte de plusieurs facteurs susceptibles d'intervenir dans la bonne gestion de l'irrigation à savoir :

- La nature et les caractéristiques physico-chimiques du sol ;
- La pratique habituelle de l'irrigation chez l'agriculteur ;
- La sensibilité des cultures, notamment au sel ;
- Le système d'irrigation ;
- La disponibilité de l'eau.

Telle est l'économie du présent arrêté.» (Arrêté interministériel fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées, 2012).

Et on parlant de la protection,

« Les eaux usées peuvent, après épuration, être utilisées à des fins agronomiques ou agricoles, par arrosage ou par irrigation, sous réserve que leurs caractéristiques et leurs modalités d'emploi soient compatibles avec les exigences de protection de la santé publique et de l'environnement. » (Article 24 du Décret 94-469 du 3 juin 94 (version consolidée le 9 avril 2000 par le Décret 2000-318)-France).

Cette protection est assurée contre les risques engendrés par ces eaux porteurs de contaminations de diverses natures. La figure suivante illustre les classes de risques susceptibles d'être causés par la réutilisation des eaux épurées.

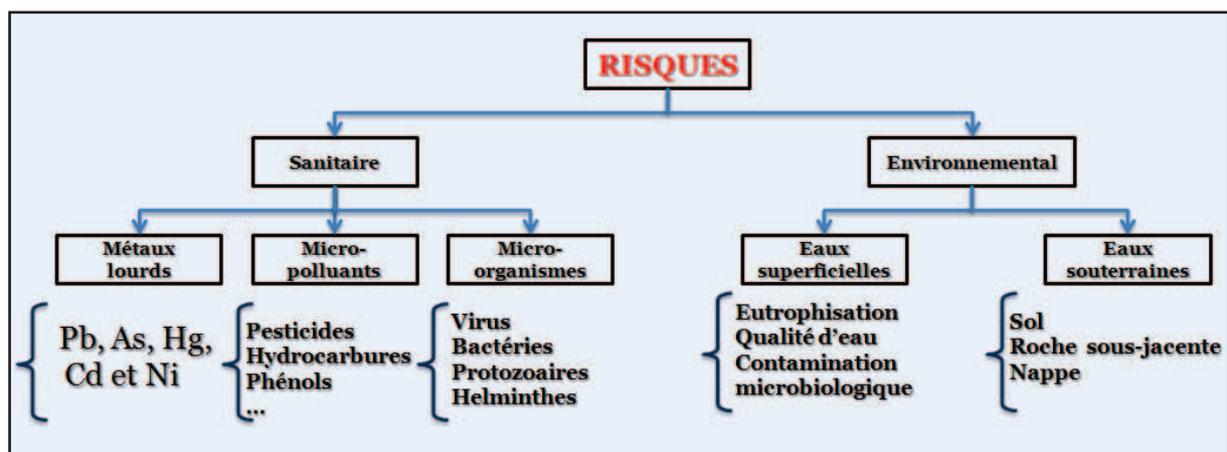


Figure IV.1: Classement des risques

## Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées

Les concentrations limites des substances nocives, concernant le sujet de réutilisation, sont décrites par des normes internationales (OMS et FAO) et des normes nationales (cf. Annexes VI, VII, VIII).

### IV.3. CRITERES DE QUALITE DES EAUX USEES POUR L'IRRIGATION

**Tableau IV.1.** Les paramètres utilisés pour évaluer une eau usée destinée à l'irrigation [55]

Paramètres	Symbole	Unité
<b>Physique</b>		
Total des solides dissous	TDS	mg/l
Conductivité électrique	CE	dS/m
Température	T	°C
Couleur/Turbidité		NTU/JTU
Dureté	TH	me. CaCO <sub>3</sub> /l
Sédiments		g/l
<b>Chimique</b>		
Acidité/Alcalinité	pH	
<b>Type et concentration des anions et cations:</b>		
Calcium	Ca <sup>++</sup>	me/l
Magnésium	Mg <sup>++</sup>	me/l
Sodium	Na <sup>+</sup>	me/l
Carbonate	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	me/l
Bicarbonate	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	me/l
Chloride	Cl <sup>-</sup>	me/l
Sulfate	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	me/l
Sodium adsorption ratio	SAR	
Bore	B	mg/l
<b>Eléments traces</b>		
Métaux lourds		mg/l

## Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées

Nitrate-Nitrogène	NO <sub>3</sub> -N	mg/l
Phosphate Phosphore	PO <sub>4</sub> -P	mg/l
Potassium l	K	mg/

### IV.3.1. Salinité [56]

Contenu total en sel soluble. Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca<sup>2+</sup>), de magnésium (Mg<sup>2+</sup>), de sodium (Na<sup>+</sup>), les chlorures (Cl<sup>-</sup>), les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) et les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). 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. La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en milli siemens/centimètre (mS/cm). 1 desiemens par mètre (dS/m) égale en moyenne, à 640 ppm de sel.

### IV.3.2. Sodisation [57]

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (SAR). (I. COUTURE, 2004)

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Na^{2+})/2}} \quad (me/l)$$

### IV.3.3. Alcalinité et dureté [58 et 59]

L'alcalinité mesure les concentrations d'ions de bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), de carbonate (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et d'hydroxyde; elle est exprimée en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>).

La dureté d'une eau exprime sa concentration en minéraux dissous, plus particulièrement en ions calcium (Ca<sup>2+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>). Plus la concentration de ces minéraux est élevée, plus l'eau est dure.

## Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées

---

**Tableau IV. 2:** Degré relatif de dureté de l'eau selon la quantité de carbonate de calcium (I.COUTURE, 2004).

Dureté (ppm CaCO <sub>3</sub> )	Degré relatif de dureté
0-50	Très douce
50-100	Douce
100-200	Modérément douce
200-300	Dure
300 et plus	Très dure

### IV.3.4. Eléments toxiques [60]

Parmi les éléments toxiques on distingue : Hg, Cd, As, Cr total, Cu, Zn, Se, CN, Ni, etc. les normes fixes les concentrations limites pour chaque élément que se soit pour un rejet direct en milieu naturel soit pour un sujet de réutilisation (irrigation).

### IV.4. STOCKAGE [61]

Après un traitement préalable, les eaux épurées sont stockées selon deux modes de stockage à savoir :

- **Recharge des nappes aquifères :** par
  - Injection directe par l'intermédiaire d'un forage ;
  - Techniques de surface ; épandage et infiltration-percolation.
- **Réservoir de stabilisation :**  
Ils ont une profondeur variable de 5.5 à 15 m, le stockage se fait sur de longue durée.

## ***Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées***

---

### **IV.5. REGLEMENTATIONS**

Les paramètres de pollution font l'objet des normes, recommandations, règlements, directives, etc. on distingue :

- Les normes internationales :
  - Les normes de l'OMS ;
  - Les normes de FAO ;
- Les normes nationales :

Certains pays ont élaborés leurs propres normes comme les Etats Unies USEPA (United States Environmental Protection Agency) qui a publié, en 1992 en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la réutilisation des eaux usées épurées.

La France applique les recommandations du CSHP (Conseil supérieur d'hygiène publique de France), inspirées à partir de celles de l'OMS, afin de protéger la santé publique.

Les pays, comme l'Algérie, qui n'ont pas des normes propres à eux utilisent celles de l'OMS et de FAO.

- **Cadre réglementaire en Algérie**

Actuellement, il est judicieux de se référer aux normes internationales de l'OMS qui fixent la qualité microbiologique des eaux épurées, tandis que l'arrêté interministériel, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, validé et signé en Mars 2011, est en cours de publication par le Ministère des ressources en eau.

Par ailleurs, un projet d'élaboration de normes Algériennes et d'un guide technique pour les bonnes pratiques de la REUE pour des fins agricoles et industrielles et municipales est en cours d'approbation par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR).

### IV.6. LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES DANS LE MONDE

La réutilisation des eaux usées épurées a deux types d'usage à savoir : l'usage potable et l'usage non potable. L'usage potable lui-même classée en usage direct après traitement poussé de type membranaire par exemple (osmose inverse), et indirect après que ces eaux rejoigne le milieu naturel (recharge des nappes aquifères). L'usage non potable concerne essentiellement les domaines d'agriculture (irrigation), le secteur urbain (arrosage des jardins, lavage des rues et routes, etc.) et l'industrie (refroidissement, industrie textile, papeteries, etc.).

La figure suivante montre la répartition des eaux réutilisées par secteur.

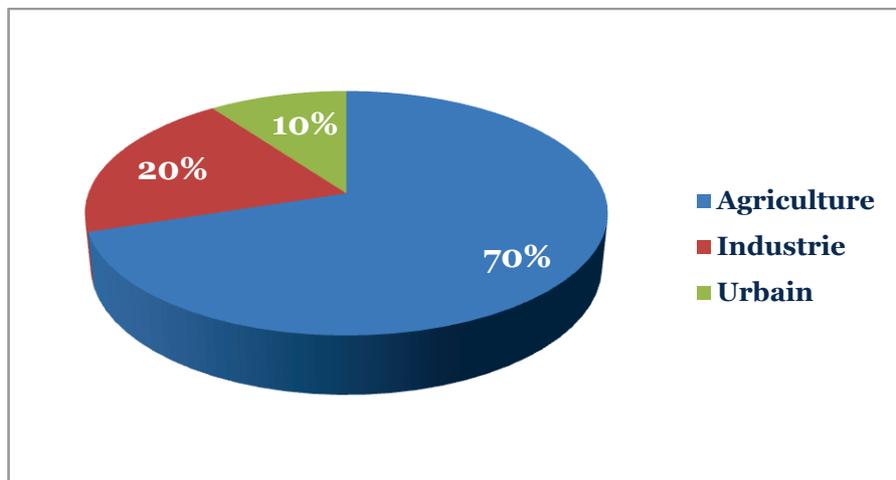


Figure IV.2: Répartition de la réutilisation des eaux usées par secteur au niveau mondial

#### IV.6.1. Exemples de réutilisation dans le monde [54]

##### IV.6.1.1. États-Unis

34 états disposent de réglementations concernant l'usage agricole des eaux usées. La Californie fait office de précurseur. Sa réglementation sur la qualité des eaux et leur utilisation, dénommée «Title 22 », est une référence au niveau international. Respectivement 63 % (570.000 m<sup>3</sup>/j) et 34 % (340.000 m<sup>3</sup>/j) des eaux usées épurées des états de Californie et de Floride sont réutilisées pour l'agriculture.

##### IV.6.1.2. Tunisie

La Tunisie a développé un programme de réutilisation des eaux usées épurées dès les années soixante. Dans ce pays, l'augmentation de la population et du niveau de vie

## ***Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées***

---

ont accru à la fois les besoins en eau et les rejets d'eaux épurées dans le milieu naturel. Les politiques se sont donc trouvées face à une crise économique et écologique dans certaines régions. La première utilisation d'eaux épurées a eu lieu aux alentours de Tunis, pour irriguer 600 ha de citronniers.

La nappe qui alimentait autrefois les circuits d'irrigation avait été surexploitée et commençait à être envahie par l'eau de mer. Il a donc fallu trouver une solution alternative. Puis, à partir des années quatre-vingt, une politique ambitieuse de réutilisation a été mise en place. En 1993, 6 400 ha de terres agricoles étaient irrigués avec des eaux épurées, et ce chiffre devait atteindre 20 à 30 000 ha dans les années suivantes (Asano, 1998). Le traitement préconisé est le bassin de maturation, le plus adapté aux conditions techniques et économiques locales. Les restrictions d'utilisation ne concernent que les légumes destinés à être consommés crus ou cuits, selon la réglementation tunisienne établie en 1989 (Puil, 1998).

### **IV.6.2. Situation en Algérie [62, 63 et 64]**

L'intérêt porté par l'Algérie à la réutilisation des eaux usées en irrigation a pour origine des besoins en eau en forte augmentation (le ratio entre les superficies irriguées et irrigables est de 0,20). Un bilan de la situation de la réutilisation des eaux usées est présenté (pour un taux de couverture du réseau de 85 %, 20 % des eaux usées sont traitées, puis rejetées sans objectif de réutilisation) puis la stratégie de développement de cette option est discutée. Les potentialités de la réutilisation des eaux usées (1/3 des volumes d'eaux usées est proche des périmètres irrigués) et les exigences de salubrité sont clairement mises en évidence dans le cadre de la modernisation de l'agriculture irriguée.

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale. L'extension de la réutilisation des eaux épurées est donc l'un des défis à relever afin d'approcher ces dimensions.

## ***Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées***

---

### ***IV.6.2.1. Potentiel actuel***

#### ***IV.6.2.1.1. Utilisations agricoles***

Sur les 75 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 43 wilayas, 14 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en **agriculture**.

A fin 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 Millions de m<sup>3</sup>/an, pour ces 14 STEP concernées par la REUE ; afin d'irriguer plus de 10 000 ha de superficie agricoles, il s'agit de :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla ;
- Guelma ;
- Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Hachem, Sehaouria, Tizi et Mohamadia ;
- Boumerdes.

Pour les autres usages de l'eau usée épurée, l'ONA a connu quelques expériences à savoir :

#### ***IV.6.2.1.2. Utilisations municipales***

La protection civile récupère un volume de 18 763 m<sup>3</sup>/mois d'eau usée épurée de la STEP de Tipaza, pour la lutte contre les incendies, et la STEP de Boumerdes cède un volume épuré estimé à 12 m<sup>3</sup>/mois pour le nettoyage de la ville.

#### ***IV.6.2.1.3. Utilisation industrielle***

La STEP de Jijel cède un volume de 15 000 m<sup>3</sup>/mois d'eau usée épurée au profit de la tannerie de Jijel.

### ***IV.6.2.2. Perspectives***

Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative d'environ 17 Millions de m<sup>3</sup> en 2011 à environ 200

## ***Chapitre IV: Réutilisation des eaux usées***

---

millions de m<sup>3</sup> en 2014, et le nombre de stations concernées par la REUE sera de 25 STEP à l'horizon 2014.

Les STEP gérées par l'ONA concernées par les projets de REUE en cours d'étude ou de réalisation, sont au nombre de 12, pour l'irrigation de plus de 8 000 hectares de terres agricoles, parmi ces projets on note à titre d'exemple : Sedrata, Chelghoum Laid, Tipaza, Ouargla, Saida et Chleff.

Un plan d'action ONA/ONID est en cours d'étude, pour définir les possibilités réelles d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées des STEP exploitées par l'ONA pour l'irrigation des grands périmètres d'irrigation –GPI- gérés par l'ONID au niveau des cinq (05) bassins hydrographiques à l'échelle nationale.

### **IV.7. CONCLUSION**

La réutilisation constitue une véritable alternative qui peut compenser le déficit existant dans le domaine des ressources en eaux conventionnelles. Cela est un point très intéressant surtout dans un pays semi-aride et aride comme l'Algérie, qui souffre de la rareté de cette ressource vitale et qui dispose d'un volume considérable en matière des eaux usées évalué à 440 millions de m<sup>3</sup> à l'horizon 2014 selon l'estimation du directeur du développement des zones arides et semi-arides auprès du ministère de l'agriculture et du développement rural, Mr. N. RADJEL (le soir d'Algérie, 27-09-2009).

**CHAPITRE V**

**VALORISATION DES**

**SOUS-PRODUITS DE**

**L'EPURATION**

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

## **V.1. INTRODUCTION**

Les filières de traitement ne génèrent pas seulement une eau propre mais aussi des déchets. Afin de rester dans le cadre du respect de l'environnement, on doit trouver un moyen pour optimiser leur gestion et en faire des produits valorisables dans plusieurs domaines notamment l'agriculture.

## **V.2. DEFINITIONS DE BASE**

### **V.2.1. Définition des déchets [65, 66]**

Le Déchet peut être défini comme « tout résidu de production, de transformation et d'utilisation, toute substance, tout matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble que son propriétaire abandonne ou destine à l'abandon ».

Cependant, cette définition devrait être revue : en effet, un résidu recyclé n'est plus un déchet. Quand un déchet devient-il un déchet et quand cesse-t-il de l'être ? Pour répondre à cette question, voici quelques définitions pour éclaircir cette ambiguïté :

- Valorisation : « réemploi, recyclage, ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie ».
- Déchets industriels spéciaux : « déchets qui, en raison de leurs propriétés dangereuses, figurent sur une liste fixée par la législation et ne peuvent pas être déposés dans des installations de stockage recevant d'autres catégories de déchets».
- Déchet ultime : « déchet résultant ou non du traitement d'un déchet et qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant et dangereux ».

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

## **V.2.2. Autres définitions usuelles**

- Récupération : « sortir un déchet de son circuit traditionnel de collecte et de traitement ». La récupération est en amont de la valorisation et suppose une collecte séparée.
- Recyclage : « réintroduction directe d'un déchet dans le circuit de production dont il est issu, en remplacement total ou partiel de la matière première » (cas du verre ou de l'aluminium).
- Régénération : « procédé physique ou chimique qui permet de redonner à un déchet les caractéristiques permettant de l'employer à la place d'une matière première neuve » (cas du désencrage des papiers).
- Réemploi : « nouvel emploi pour un déchet, analogue à celui qu'il avait initialement » (cas des bouteilles consignées).
- Réutilisation : « utiliser un déchet pour un usage différent de son premier emploi » (exemple de la bouteille plastique dont on a découpé le fond pour en faire un entonnoir, ou des boues de l'épuration en agriculture).

## **V.3. HISTORIQUE DE LA GESTION DES DECHETS**

L'activité humaine a, de tout temps, été génératrice de déchets et chaque époque a eu son mode de traitement et ses problèmes spécifiques. Le vrai problème s'est accru un peu plus tard, dans les civilisations antiques. Les Romains, par exemple, mirent en place dans la plupart de leurs villes des systèmes d'égouts, comme le Cloaca Maxima de Rome, qui étaient un embryon de traitement des déchets, au moins pour la rue puisque l'ensemble était finalement déversé dans le Tibre.

Or, malgré cette évolution dont les populations ultérieures auraient pu hériter, les ordures ménagères du moyen-âge étaient simplement jetées hors des maisons, dans la rue, éventuellement dans la rivière. À cette époque elles étaient, dans leur immense majorité, biodégradables, mais elles attiraient en ville toutes sortes de vermines et un cortège de maladies. On sait par exemple que cette habitude, favorisant la propagation des rats, a sa part de responsabilité dans la propagation de la Grande Peste de 1348, qui décima près d'un tiers de la population française d'alors. Depuis

## ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

un passé récent, l'époque industrielle a généré des déchets de plus en plus nombreux et présentant une problématique nouvelle : leur volume considérable, la non-biodégradabilité ou la toxicité de certains d'entre eux, leur durée de vie et leur impact sur l'environnement.

### **V.4. LEGISLATION ALGERIENNE [66, 67 et 68]**

En Algérie, le décret 84 – 378 du 15 décembre 1984, fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains stipule que « l'Assemblée populaire organise, dans les conditions définies par le présent chapitre, sur son territoire, soit directement, soit en association par l'intermédiaire d'organismes intercommunaux et / ou appropriés, un service de collecte et d'élimination des déchets solides urbains, à l'exclusion de certains déchets ».

Conformément aux dispositions de la loi N°90 – 08 et à la loi 19 – 01, la gestion des déchets ménagers et assimilés est à la charge de l'assemblée populaire communale qui organise sur son territoire, un service public en vue de satisfaire les besoins de ses citoyens en matière de collecte, de tri, de transport, de valorisation ou d'élimination de ces déchets.

L'assemblée populaire communale peut concéder la gestion des déchets ménagers et assimilés à des tiers, mais elle reste toujours responsable de son exécution. Aussi les assemblées communales de deux ou plusieurs communes peuvent s'associer pour la gestion des déchets.

D'autres textes de loi viennent renforcer la volonté du pouvoir de protéger l'environnement :

- **Loi** N°90-08 du 18/03/1990 portant code communal
- **Loi** N°03-10 du 19/07/2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- **Décret exécutif** n° 02-175 de la 20/05/2002 portant création de l'Agence Nationale des déchets.
- **Décret exécutif** n° 02-372 du 11/11/2002 relatif aux déchets d'emballages.
- **Décret exécutif** n° 04-199 du 19/07/2004 fixant les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement et de valorisation des déchets d'emballages « ECO-JEM ».
- **Décret exécutif** N°04-210 du 28/07/2004 définissant les modalités de détermination des caractéristiques techniques des emballages destinés à

## ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

contenir directement des produits alimentaires ou des objets destinés à être manipulés par les enfants.

- **Décret exécutif** n° 04-410 du 14/12/2004 fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations.
- **Décret exécutif** 07-205 du 30/06/2007 fixant les modalités et procédures d'élaboration, de publication et de révision du schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés.
- **Arrêté interministériel** du 06/04/2004 fixant les caractéristiques techniques des sacs plastiques destinés à contenir directement des produits alimentaires.

### **V.5. SOUS-PRODUITS**

#### **V.5.1 Déchets grassex [11, 69]**

Les déchets grassex sont connus pour leur caractère hydrophobe. Leur densité est généralement inférieure à 1, les graisses sont donc facilement séparables de l'eau par flottation. On obtient à la sortie du déshuileur un déchet grassex qui contient au final environ 50% de la matière sèche en graisse.

En moyenne, la production de graisse sur une STEP urbaine (à la sortie du dégraisseur) est de l'ordre de 5 l/Eq.hab/an. Les analyses qualitatives montrent que les acides gras prédominants dans les déchets grassex sont essentiellement des graisses issues de l'alimentation humaine d'où la nécessité d'améliorer la collecte des graisses alimentaires avant rejet au réseau afin de diminuer les tonnages de ces sous-produits en station d'épuration et donc les potentielles perturbations de fonctionnement : colmatage, corrosion, odeurs, perturbation des traitements biologiques (développement d'organismes filamenteux et réduction du transfert d'oxygène dans l'eau).

# Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration

---



Figure V.1: Déchets graisseux de l'épuration

La valorisation des graisses en agriculture devient théoriquement possible dès lors que les graisses ont fait l'objet d'un traitement enrichissant en azote et phosphore comme le compostage. Cependant, cette technique ne possède pas que des aspects positifs. L'installation d'une unité de compostage en milieu urbain nécessite des surfaces importantes compte tenu des quantités à traiter, les volumes de graisses mis en jeu restent faibles par rapport aux co-produits ajoutés, et les nuisances olfactives ne sont pas négligeables durant la phase de fermentation des déchets graisseux.

Il existe de différents autres procédés afin de traiter les graisses :

## **V.5.1.1. Le traitement biologique [69]**

Que ce soit en aérobie ou anaérobie, les méthodes sont multiples. Ces filières sont préférentiellement installées sur le site d'une station d'épuration afin de permettre aux résidus issus de ces traitements de rejoindre directement les circuits d'épuration classiques.

### **V.5.1.1.1. En aérobie**

Le principe consiste à transformer les lipides en biomasse bactérienne et à la création de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'eau. C'est un traitement simple à mettre en œuvre qui se fait dans un bassin unique mais il nécessite des conditions strictes afin de se réaliser de manière optimale :

- Température : l'hydrolyse biologique est dépendante de la température du milieu,
- PH : l'absorption optimale des acides gras par la biomasse se situe à un pH de 7 à 8,
- Concentration en nutriments : les graisses sont pauvres en azote et phosphore, c'est pourquoi il faut compléter le milieu,

# Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration

- Oxygène : les réactions sont assurées par des micro-organismes aérobies.

Cette technique génère des boues biologiques qui peuvent être évacuées sur la filière « eau » et donc rejoindre les boues issues du traitement des effluents dégraissés.

## V.5.1.1.2. En anaérobie

Il s'agit de la méthanisation. Alternative à l'incinération, cette technique permet de réduire la pollution biodégradable et de produire du biogaz composé en majorité de méthane, valorisable énergétiquement. En outre, elle permet de réduire la production de boues biologiques issues de la dégradation bactérienne des graisses, et le biogaz qu'elle produit peut participer à la production d'électricité, à la production de chaleur (maintient en température du digesteur par exemple), ou aux deux à la fois (cogénération). Méthode très intéressante car les graisses disposent d'un pouvoir méthanogène élevé.

Les résidus retournent au milieu agricole soit par épandage des digestats, soit directement sous forme liquide, soit après déshydratation mécanique pour les unités les plus importantes.

La méthanisation comporte trois phases :

- La phase d'hydrolyse ;
- La phase d'acidogénèse ;
- La phase méthanogène.

Les conditions optimales des réactions se situent vers un pH entre 6 et 8 et une température entre 30 et 40°C.

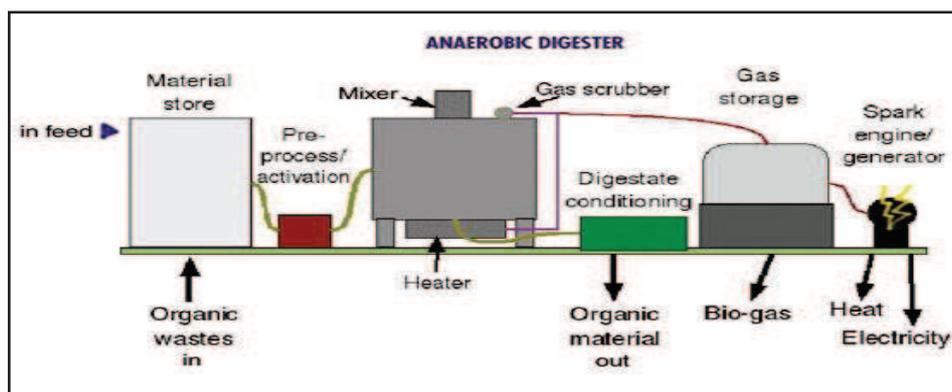


Figure V.2 : Schéma d'un digesteur anaérobie des graisses

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

## **V.5.1.2. La valorisation thermique**

Elle peut être réalisée spécifiquement ou conjointement avec des ordures ménagères ou des boues de stations d'épuration. La siccité obtenue est relativement faible (environ 20% pour une incinération spécifique), ce qui nécessite une déshydratation préalable.

Les graisses possèdent un PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) élevé (90 à 95 % du fioul), ce qui nous donne une bonne combustion.

## **V.5.1.3. Le traitement physico-chimique**

C'est également une voie utilisable. Le principe étant l'ajout d'un coagulant (un polymère en général) afin de récupérer la matière grasse qui décante et renvoyer les effluents recyclables en tête de la STEP.

## **V.5.2. Les refus de dégrillage [11, 69]**

Ceux sont des débris extraits en général simplement égouttés. Ils sont apparentés à l'échelle macroscopique (papiers, chiffons, plastiques, bois...) et sont à fort caractère fermentescible et de nature très organique (70 à 95 %). Le volume obtenu est en fait variable selon la nature du réseau de collecte, le type de grille et surtout l'espacement entre les barreaux, les valeurs suivantes ont été observées :

40 mm : 2 à 5 l/Eq.hab/j

20 mm : 5 à 10 l/Eq.hab/j

6 mm : 10 à 15 l/Eq.hab/j

On peut également estimer que 100 m<sup>3</sup> des eaux usées urbaines produisent en moyenne 3 à 10 kg de refus à 20 – 40 % de siccité. La teneur en eau du produit égoutté est de l'ordre de 80 à 90 % avec une densité apparente comprise entre 600 et 1200 kg/m<sup>3</sup> et un pouvoir calorifique inférieur de l'ordre de 12 000 kJ/kg.

La composition des débris de dégrillage peut être estimée comme suit :

- 25 à 70% de chiffons, papiers, cartons et végétaux,
- 7 à 27% de résidus plastiques,
- 2 à 3% de sables et graviers.

Il n'y a que deux façons d'élimination possibles :

- mise en décharge avec les ordures ménagères,
- Incinération.

# Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration



Figure V.3: Refus de dégrillage

## V.5.3. Les refus de dessablage :

Normalement, les produits récupérés par l'opération de dessablage ne devraient être que des sables. Malheureusement, les matières issues des décanteurs sont très hétérogènes, avec une certaine proportion organique. Ces produits récupérés sont des particules de granulométrie supérieure à 0.2 mm. Le volume produit dépend du type de réseau (unitaire ou séparatif) et du type de dessableur. On considère en moyenne une production de sable de l'ordre de 5 à 12 l/Eq.hab/an et densité de 1,5.

Tableau V.1 : Les caractéristiques des sables avant et après lavage

	Teneur en eau	Teneur en MO	Densité
Avant lavage	20 à 65 %	20 à 70 %	1
Après lavage	20 à 30 %	<30%	1,4 à 1,7

En moyenne, la concentration d'extraction est de l'ordre de 20 g/l et de 400 g/l après égouttage. La littérature avance en outre une moyenne de 10 à 100 kg de sable à 40– 50 % pour 100 m<sup>3</sup> des eaux usées urbaines traitées.

Les sables font l'objet d'un traitement de lavage/essorage qui peut faire intervenir :

- un hydrocyclone, avec ou sans classificateur à vis,
- un classificateur à vis d'Archimède,
- un classificateur à râteaux.

# Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration



Figure V.4: Refus de dessablage

## V.5.4. Les produits de curage de réseau

Comme pour les sables, les produits issus du curage des réseaux sont caractérisés par une composition très hétérogène, ce qui rend leur traitement délicat. Cette hétérogénéité se traduit par la présence en quantité variable de sables, d'encombrants et graviers, de boues, mais aussi d'une forte teneur en eau (environ 60 à 70% du produit). Toutefois, les matières de curage perdent en moyenne 45% de leur volume une fois égouttées.

**Tableau V.2** : Composition des sables et matières de curage selon l'origine

(Source : Essais Sogéa-station de douai1996)

Curage réseau	Sédiments des réseaux avec macro déchets : boîtes alu...	60 à 70% en MS dont 10 à 15% de matières volatiles
Dessableur	Sables récupérés avec pépins (citron, tomates...), éclats de verre...	30 à 40% en MS dont 50 à 60% de matières volatiles
Balayeuses	Sédiments des caniveaux, feuilles mortes, éclats de verre, mégots, papier, aluminium...	60 à 80% en MS dont 10 à 15% de matières volatiles
Curage réseau	Sédiments des réseaux avec macro déchets : boîtes alu...	60 à 70% en MS dont 10 à 15% de matières volatiles

La plupart du temps, les sables issus du dessablage ainsi que les boues de curage de réseau sont traités ensemble car de composition plus ou moins similaire. Ces produits subissent un traitement visant à améliorer leur qualité en isolant la fraction sableuse susceptible d'être valorisée et en éliminant la fraction fine souvent chargée en polluants. Dans un premier temps, on procède par criblage afin d'éliminer la partie non minérale, puis lavage. Et pour terminer, égouttage et séchage, ce qui permet d'aboutir au produit fini, valorisable.

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

## **V.5.5. Les boues [5, 71]**

Les boues d'épuration ont 3 origines principales :

- Les boues de curage des lagunes ;
- Les boues de filtres plantés de roseaux ;
- Les stations de traitement type boues activées.

Elles varient essentiellement par leur siccité (5 à 10 % pour les premières, à partir de 0,6 % pour les dernières).

Ces boues peuvent contenir une très grande variété d'organismes, mais la plupart d'entre eux n'ont pas d'importance médicale ou vétérinaire. Les procédés de traitement biologique des eaux usées sont fondés sur l'activité d'une biomasse épuratrice constituée d'organismes saprophytes, c.à.d. vivant et se reproduisant de manière autonome dans le milieu extérieur en y puisant leur énergie et leurs nutriments.

Les procédés de traitement des eaux usées concentrent dans les boues la charge microbiologique contenue initialement dans les effluents bruts reçus en station d'épuration. Cette concentration intervient au cours des phases de séparation eaux/boues en raison de la capacité de ces organismes à s'adsorber sur les matières particulaires ou à décanter (cas des parasites du type helminthe).

Dans l'absolu, les organismes pathogènes potentiellement présents dans les boues peuvent être très nombreux : ils traduisent les caractéristiques du réseau d'assainissement, des diverses activités raccordées et l'état de santé des populations.

Quel que soit le mode d'épuration des eaux, les boues sont initialement constituées d'eau (99%), Leur charge en matière organique représente 35 à 85 % de la matière sèche et elle est constituée essentiellement de cadavres de bactéries et leurs substances toxiques. Les boues de lagunes sont plus « minérales » et donc moins riches en éléments fertilisants.

Les objectifs principaux de traitement des boues sont :

- Réduire leur teneur en eau est ceci dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction de la matière organique facilement décomposable ;
- Stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire au moins et supprimer les mauvaises odeurs ;
- les hygiéniser si nécessaire en détruisant les micros organismes pathogènes.

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

En premier lieu, le traitement de boues consistera essentiellement en une stabilisation de ces sous-produits, afin de réduire une partie de la matière organique.

## ***V.5.5.1. Stabilisation des boues***

C'est l'une des premières étapes du traitement des boues, elle a pour but la diminution de la teneur en matières organique de la boue qui peut évoluer plus vite avec la prédominance de la fraction volatile en raison de l'activité des microorganismes anaérobies qui causent l'émission de mauvaises odeurs. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'avoir recours des fois à la stabilisation des boues.

### ***V.5.5.1.1. Stabilisation Anaérobie***

Son but est l'obtention d'une réduction pondérale de matières organiques fermentescibles sous l'action de microorganismes anaérobies. Cette réduction est suivie d'une transformation biochimique des matières organiques. Le principe de fonctionnement des microorganismes se fait par la voie d'enzymes extracellulaires, qui aident la dégradation de la matière organique complexe présente sous forme soluble ou à l'état solide, la transformant en éléments plus simples à l'état liquide.

Différents types d'installations sont utilisés pour la digestion anaérobie, la plus courante c'est la fosse Imhof qui réunit dans un même ouvrage, en superposition, les fonctions de décantation primaire et digestion. Les autres systèmes peuvent être classifiés comme suit :

- Digesteurs de charges différentes,
- Digesteurs chauffés et non-chauffés,
- Digesteurs en un ou plusieurs stades.

### ***V.5.5.1.2. Stabilisation Aérobie***

Au contraire de la précédente, son principe de stabilisation se fait par l'activité des cultures bactériennes aérobies placées dans des conditions de désassimilation.

La stabilisation des boues primaires et secondaires conduit à une minéralisation du milieu liquide, ainsi qu'à une importante oxydation de la matière cellulaire.

Pour des boues urbaines domestiques dont la formule symbolique ( $C_5 H_7 NO_2$ ), l'apport d'Oxygène sans appoint de nouveau substrat biodégradable permet d'obtenir les produits de désassimilation  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ , Selon une réaction du type :

## ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---



Suivie d'une importante nitrification :



### **V.5.5.2. Conditionnement des boues**

Le conditionnement s'agit de la destruction plus ou moins complète de la structure colloïdale et la modification des forces de cohésion interne de la boue. C'est une opération préalable qui facilite la libération de l'eau liée aux particules et indispensable avant l'application des procédés de réduction de volume. Sa réussite s'apprécie au regard de la résistance spécifique à la filtration de la boue avant et après son traitement, on cherche à obtenir la valeur la plus basse possible de ce paramètre.

Le conditionnement peut être chimique ou thermique :

#### ***V.5.5.2.1. Le conditionnement chimique***

Son principe est la déstabilisation des particules colloïdales et il est identique au mécanisme physique de coagulation-floculation des eaux usées. Son efficacité dépend des sels minéraux et polymères utilisés, parmi eux (le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique, le sulfate ferreux), on utilise aussi la chaux comme adjuvant de coagulation et correcteur de PH).

#### ***V.5.5.2.2. Le conditionnement thermique***

Son but est de rompre les liaisons entre l'eau et les matières colloïdales afin de faciliter la déshydratation. Le principe est d'élever la température à 180°C pendant un temps précis sous une pression supérieure à celle de la vapeur saturante afin d'éviter l'évaporation d'eau de constitution et l'émission d'odeurs nauséabondes.

L'élévation de température des boues agite thermiquement et perturbe la structure hydrophile des boues en accélérant ainsi les réactions chimiques du milieu (hydrolyse, cracking...). Ce qui conduit à rompre la stabilité colloïdale de la suspension et diminuer ainsi la résistance spécifique à la filtration et solubiliser aussi une partie de MES.

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

## ***V.5.5.3. Réduction de volume [69]***

L'augmentation des performances des stations d'épuration conduisent à un gisement de boues qui s'accroît et donc des volumes, du fait de leur faible siccité, toujours plus important. Cela a des conséquences sur leur transport et choix du traitement, quel que soit la solution envisagée, le traitement coûte cher. C'est pourquoi il faut réduire les coûts liés à la gestion de ces déchets avec, par ordre croissant d'efficacité et de coût : l'épaississement, la déshydratation et le séchage.

### ***V.5.5.3.1. L'épaississement***

Il a pour objectif d'augmenter la siccité des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de celles-ci. 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 7 % en moyenne et se situe plutôt vers 5 à 6 %. Généralement, le procédé gravitaire est fréquent en zone rurale et concerne les petites stations d'épuration (inférieure à 2000 équivalents habitants). L'épaississement dynamique (ou mécanique) est plus fréquent pour les stations de taille comprise entre 2 000 et 5 000 équivalents habitants.



**Figure V.5: Epaississeur**

### ***V.5.5.3.2. La déshydratation***

Elle correspond à une augmentation importante de siccité, qui modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues plutôt pâteuses en raison de performances de déshydratation modestes, qui plafonnent à 18-20 % de siccité pour la première famille de matériels, et 20-25 % de siccité pour la seconde. Les filtres presses produisent par contre des boues de structure solide (30 à 35 % de siccité) car conjuguant un conditionnement au lait de chaux et des pressions élevées. Cette

## ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

technique est réservée aux installations les plus importantes (plus coûteuse et plus contraignante à mettre en œuvre que les filtres à bandes et les centrifugeuses).

### ***V.5.5.3.3. Le séchage***

Il élimine en grande partie ou en totalité l'eau par évaporation, soit par voie naturelle (lits de séchage), soit par voie solaire, soit par voie thermique.

-La technique des lits de séchage peut se pratiquer à l'air libre en combinant évaporation naturelle et drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable et de graviers. Ce système extensif donne des boues solides à 35-40 % de siccité mais reste extrêmement dépendant des conditions météorologiques.



**Figure V.6 : Lit de séchage des boues**

- **Séchage grâce à l'énergie solaire**

Dans ce cas, les boues sont installées dans une serre (augmentation de la température par effet de serre), sont régulièrement retournées (optimisation du contact entre les boues humides et l'air de séchage), l'air est désaturé grâce à une extraction mécanique. Les boues sont de siccité avoisinant les 60 à 65% de MS, sur une période de séchage d'environ 1 mois. Ce système peut être amélioré par le couplage avec un plancher chauffant, permettant d'obtenir des boues à 80% de siccité.

# Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration

---

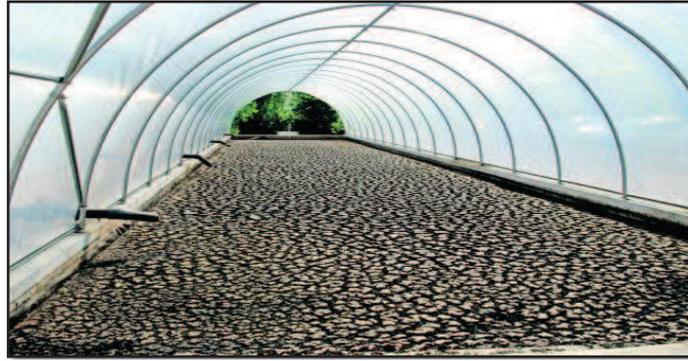


Figure V.7: Séchage à l'énergie solaire

- **Le séchage thermique**

Il permet une élimination quasi totale de l'eau (siccité d'environ 95%).

Il peut être :

- Direct : les boues sont alors mises en contact avec un fluide caloporteur.
- Indirect : la chaleur est transmise aux boues par une paroi chauffée.
- Mixte : avec une combinaison du séchage thermique direct et indirect. En raison des coûts énergétiques, ce procédé de séchage thermique reste très peu utilisé, malgré son intérêt manifeste sur la réduction des volumes à manipuler.

#### **V.5.5.4. Les voies de valorisation de la boue [71, 72]**

Les principales voies d'élimination et/ou de valorisation se limitent donc à la mise en décharge, l'incinération et la valorisation agricole.

##### ***V.5.5.4.1. La mise en décharge***

Cette méthode n'est en rien écologique, car il est responsable de dégagement gazeux toxiques et à effet de serre. Les « jus » peuvent percoler dans les nappes phréatiques. Les boues doivent avoir une teneur minimale de 30 % de MS pour être stockées en décharge.

##### ***V.5.5.4.2. L'incinération***

Ce procédé est très coûteux, il peut être réalisé avec ou sans valorisation énergétique et concerne les grosses agglomérations, les collectivités où l'épandage des boues est concurrencé par l'épandage des déchets organiques d'origine agricole et les collectivités à caractère touristique. Son bilan écologique n'est pas intéressant, car il est à l'origine de pollution atmosphérique. Plusieurs types d'incinérations coexistent dont l'incinération spécifique et la Co-incinération. Cette dernière consiste à incinérer des boues usées urbaines et des ordures ménagères.

# **Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration**

---

## **V.5.5.4.3. L'épandage agricole**

Ce procédé de valorisation est optimal pour une élimination totale de la pollution engendrée par l'épuration des eaux ; en effet la valorisation agricole consiste en un épandage des boues, pour un apport en éléments fertilisants et de matières organiques pour les sols appauvrit en ces éléments.

La valorisation des boues d'épuration en agriculture est une pratique très écologique, du fait que les déchets d'épuration ne sont pas rejetés mais utilisés comme apport de matières organiques et d'éléments fertilisants. L'aspect économique de l'opération est important car les boues d'épuration peuvent apporter des quantités non négligeables en éléments fertilisants.

### **✓ Les matières organiques**

Le terme matière organique regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale : des débris en cours de décomposition issus de la végétation (sarments, feuilles, racines, herbe) qui constituent la litière du sol, jusqu'à l'humus stable solidement fixé aux particules d'argile qui garantit la pérennité structurale. Il est ainsi plus juste de parler des matières organiques du sol (MOS). Les MOS sont essentiellement localisés dans l'horizon superficiel du sol (0-20 cm).

### **✓ Les matières fertilisantes**

Les éléments fertilisants représentent une part importante dans la croissance et le développement des plantes. Les éléments sont présents dans le sol sont : l'azote, le phosphore et le potassium principalement mais aussi certains moins importants en terme de quantité comme le calcium, le magnésium, le sodium et le soufre.

- **Les éléments principaux :** (l'azote, le phosphore et le potassium) interviennent dans des réactions complexes dans le processus de croissance et développement des plantes
- **Les éléments secondaires :** le magnésium, le calcium, sodium et soufre sont des nutriments certes pas primordiaux mais néanmoins d'une importance relative qui apporte un plus à la croissance des plantes.
- **Les oligo-éléments :** comme le bore, chlore, cuivre, fer, manganèse, molybdène, zinc, sont utiles en petite quantité pour toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans la plante tout au long de l'année.

## ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---



**Figure V.8: Epandage agricole**

### ***V.5.5.5. Les avantages d'un épandage organique sur les terres agricoles par des boues d'épurations***

L'épandage agricole des boues d'épuration permet d'enrichir le sol en matière organique et en éléments fertilisants. Les avantages de l'utilisation de la matière organique dans le sol sont multiples :

✓ ***Fournisseur de nutriments à effet fertilisant***

Les boues d'épuration séchées contiennent en moyenne, une quantité plus importante de nutriments minéraux essentielles aux plantes.

✓ ***Valorisation des sols par apport de matières organiques***

vis à vis de la qualité physique du sol, les matières organiques sont le liant des particules minérales (argiles, limons et sables) à travers le complexe argilo-humique, et de ce fait, participent à la qualité de la structure du sol et à sa stabilité vis à vis des agressions extérieures (pluie, compaction entraînées par le passage d'engins agricoles, etc.).

- Le complexe argilo-humique, dont la structure est en feuillet, possède une charge négative qui a la capacité de fixer les cations présents dans la solution du sol ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , etc.),

- les matières organiques assurent le stockage et la mise à disposition pour la plante, par minéralisation, des éléments dont elle a besoin,

- les matières organiques stimulent l'activité biologique du sol,

- les matières organiques ont un rôle fondamental au niveau environnemental en retenant les micropolluants organiques et les pesticides. L'augmentation de leur temps de passage dans le sol permet d'améliorer leur dégradation par les micro-organismes. Elles participent au maintien de la qualité du sol.

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

- ***Ménagement des ressources globales***

Les réserves en phosphore (mines) sont surexploitées, ce qui amènerait à leur épuisement d'ici 80 ans, alors que des réserves souterraines (sous les mers) sont disponibles mais leur exploitation serait très coûteuse et l'extraction du phosphore est presque impossible. En ce qui concerne l'azote et le potassium, la situation est moins critique mais la préservation des ressources est néanmoins une bonne chose.

- ***Avantage économique***

La fertilisation avec des boues d'épuration permet de contribuer à la réduction des coûts des engrais et des nutriments (fertilisants industriels). Cela permettra aussi de diminuer les volumes des déchets mis en décharge ou incinérés.

### ***V.5.5.6. Les contraintes limitant l'utilisation des boues en agriculture***

L'application des boues d'épuration, même traitées, sur des terres agricoles représente un risque de contamination du sol. Appliquée pendant des années et inadéquatement, la fertilisation peut conduire à une pollution de eaux de surfaces (par drainage ou par érosion) ainsi que des eaux souterraines et de source. D'autre part, les polluants s'accumulent dans le sol, ce qui entraîne à long terme une diminution de la fertilité du sol (réduction de la diversité et de l'activité microbienne), de la qualité des plantes cultivées ainsi que du rendement de culture. De plus, les polluants peuvent atteindre la chaîne alimentaire et avoir des répercussions négatives sur les êtres humains et les animaux d'élevage.

#### ***V.5.5.6.1. Le risque des métaux lourds***

Les boues d'épuration contiennent des métaux lourds. La présence de ces derniers naturellement dans le sol, peut provoquer un vrai risque d'accumulation dans le sol dans le cas du non-respect des normes d'utilisation des boues dans l'agriculture.

#### ***V.5.5.6.2. Les polluants organiques***

Ces polluants organiques, qui sont très peu ou pas toxiques pour les plantes (ils ne sont pas assimilables ou partiellement assimilable), se retrouvent comme contaminants superficiels dans les pâturages, prairies, etc. et représentent donc un vrai risque de toxicité pour les humains et les animaux d'élevage.

# ***Chapitre V : Valorisation des sous-produits de l'épuration***

---

## ***V.5.5.6.3. Les agents pathogènes***

Les boues d'épuration peuvent être porteuses d'agents pathogènes car même après une digestion, les boues ne doivent pas être mises en contact directe avec des végétaux susceptibles d'être consommés crus. Les agents pathogènes les plus probables de trouver dans des boues sont : des bactéries (Salmonelles), des virus (l'Hépatite B), des protozoaires (Entamibes) et des helminthes (Ascaris). Une hygiénisation à la chaux permet de réduire considérablement le nombre de pathogène et ainsi minimiser les risques de contamination.

## ***V.5.5.7. Situation En Algérie [73]***

L'ONA développe un réseau de stations d'épuration des eaux d'égout. Ces stations produisent environ 2 000 tonnes par mois de boues résiduelles (chiffres site ONA). Le secteur agricole est très demandeur de ces boues comme amendement organique. Il s'agit d'organiser ces transferts afin d'éviter les problèmes sanitaires: éventuels métaux lourds quand il y a des usines polluantes en amont de la station, germes pathogènes.

En perspective, l'ONA songe à poser quelques conditions pour contourner ces risques :

- Eviter l'épandage de ces boues sur les terres à maraîchage,
- les composter car la chaleur tue les germes,
- les analyser afin d'avoir une cartographie des risques éventuels.

## **V.6. CONCLUSION**

Adéquatement gérés, les sous-produits de l'épuration peuvent rapporter énormément de bénéfices dans de différents domaines, notamment l'agriculture. Mais il faut cependant bien les caractériser afin d'éviter les risques habituels de contamination des cultures ou autres. Une bonne valorisation passe par plusieurs stades permettant le traitement et la réduction du volume des déchets afin d'en obtenir un produit fini et utilisable.

**CHAPITRE VI**  
**HYGIENE ET SECURITE**  
**DU PERSONNEL**  
**D'UNE STEP**

# ***Chapitre VI : Hygiène et sécurité du personnel d'une STEP***

---

## **VI.1. INTRODUCTION**

Le rôle principal d'une station d'épuration est de protéger l'environnement et pour cela elle contient des installations assez complexes et des produits chimiques qui peuvent être une véritable source de dangers pour le personnel y travaillant comme pour son voisinage. Pour cela, il existe des précautions à prendre pour prévenir le danger ou diminuer sa gravité.

## **VI.2. GESTION DES RISQUES PRESENTS DANS LA STEP [5]**

Parmi les risques présents sur la STEP, on trouve :

### **VI.2. 1. Risque de circulation**

Les chutes sont l'un des accidents les plus fréquents. Elles sont dues à : l'absence de balustrades, l'étroitesse des abords des bassins, l'éclairage insuffisant, le port de bottes ou de chaussures à semelles glissantes et trop souvent à la négligence et au mauvais entretien. Les projeteurs sont souvent indifférents à ces problèmes, qu'ils maîtrisent mal faute d'une insuffisance d'information et de sensibilisation à ce type de risques.

Les chutes dans les bassins (bassins d'aération, bassin à boues, décanteurs) sont toujours des incidents graves. Des accès commodes munis de garde-corps devront être étudiés pour faciliter les opérations de visite et d'entretien. Fréquemment le personnel en est réduit à emprunter les cloisons pour procéder au nettoyage des zones difficiles à atteindre. Des câbles seront tendus autour ou en travers des bassins à 10 cm au dessus de l'eau et des échelons de sortie seront scellés dans la paroi des cuves. Des bouées seront disposées en bordure. Des dispositifs de court-circuit installés à proximité des bassins pour permettre d'arrêter les aérateurs mécaniques. Le port de gilets de sauvetage doit être toujours recommandé.

Les glissades seront évitées par la mise en place de sols antidérapants, le nettoyage des sols, l'élimination des flaques d'eau ou de boues et des taches de lubrifiants, l'évacuation des eaux, le port de chaussures antidérapantes et un bon éclairage.

### **VI.2. 2. Risque de manutention**

La manutention est à l'origine de nombreux accidents, notamment le levage et la remise en place des trappes de fermeture des regards .C'est pour cela qu'on préférera aux plaques en béton, des plaques métalliques pleines, plus légères et mieux équipée. En outre, les plaques rondes ne risquent pas de se mettre en travers de l'orifice et échapper pour tomber au fond du regard, comme les plaque carrées dépourvues d'un dispositif à charnière.

### **VI.2. 3. Risque d'incendie et d'explosion**

Le risque d'incendie est très réduit sur les stations ou il n'existe pas de stockage de gaz de digestion. Seule la défaillance simultanée de l'ensemble des dispositifs de protection électrique pourrait entraîner l'apparition d'un feu de ce type. Si les gaz de digestion sont accumulés en vue d'une réutilisation, le risque d'explosion l'emporte sur celui d'incendie : le digesteur et ses annexes relèvent alors de la réglementation des installations classées. Ils comportent un limiteur de pression, un système antiride avec système d'alarme, une sécurité anti retour de flamme, une torchère, un équipement électrique antidéflagrant .Les locaux seront ventilés (ventilation forcée pour les locaux de moteurs à gaz) et contrôlés à l'aide d'un explosimètre .Les canalisations de gaz seront repérées, les lieux de leurs passage ventilés, artificiellement pour ceux qui seraient situés en souterrain.

Lors de la vidange d'un digesteur pour réparation intérieure, on pratiquera une ventilation forcée suffisante, après avoir éliminé autant que possible toutes les matières organiques assez consistantes pour subsister après la vidange et susceptibles de poursuivre leur fermentation en produisant des gaz risquant de s'accumuler dans l'ouvrage. Mais des fermentations peuvent survenir ou il y a accumulation de matière organique (portions de canalisations ou le curage n'est pas assuré, soit par insuffisance de vitesse ou par formation de zones mortes).Il faut aussi prendre garde au danger résultant de l'introduction dans le réseau de liquides volatils (solvant organiques, essence ...etc.)Les incidents seront prévenus par une ventilation efficace et l'exploration à l'explosimètre avant la mise en marche de tout appareil susceptible de provoquer une déflagration (poste de soudure par exemple).

### **V.2. 3. Risque d'intoxication**

Ce risque peut apparaître à la suite du déversement de substances toxiques, les incidents les plus fréquents tiennent à l'Hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S, produit par les digesteurs. Il possède la propriété de sidérer l'odorat, ce qui limite les possibilités de détection par l'odeur. Sa présence peut être détectée par exposition d'un papier imbibé d'une solution d'acétate de plomb, qui noircit immédiatement. Il faut alors prendre des précautions spéciales dans les zones suspectes : port d'un masque à oxygène, port d'un harnais protecteur et il faut surtout signaler au chef de station toute odeur anormale ou sensation inhabituelle.

### **V.2. 4. Risques mécaniques**

Les risques mécaniques (choc, cisaillement, coupure) qui résultent d'organes en mouvement sont prévenus par la mise en place d'écrans ou de grilles, fixes ou mobiles. Les protections mobiles ne doivent pas être ouvertes avant d'arrêter l'organe qu'elles couvrent. Une attention particulière est portée aux chaînes de dégrilleurs, bandes de transmission, entraînement des systèmes de raclage ....etc.

### **V.2.5. Risques dus aux réactifs**

Certains réactifs utilisés pour conditionner les boues ou les traitements physico-chimiques d'effluents ou encore la décontamination avant rejet sont fortement corrosifs (chaux, chlore et ses dérivés) .Les poussières de chaux atteignent le système respiratoire, les yeux et même aussi la peau. Tous les produits pulvérulents, la chaux en particulier, doivent être manipulée en atmosphère calme ou encore en circuit clos. La protection des yeux et de la bouche doit être assurée par des lunettes et un masque, celle du corps et des mains par des équipements adaptés et des gants.

Les dangers du chlore sont plus redoutables, une inhalation d'un mélange d'air et de chlore à 10<sup>-3</sup> (en volume) suffit à entraîner une mort immédiate par suffocation. Il faut alors imposer quelques contraintes pour le dépôt de chlore : limitation des quantités stockées, emplacement, matériaux, aménagement du local et du stockage, possibilité d'évacuation rapide, masques à gaz, réserve d'une solution alcaline neutralisante, etc....).

## ***Chapitre VI : Hygiène et sécurité du personnel d'une STEP***

---

### **V.2. 6. Risque électrique**

Ce risque peut être accentué par l'ambiance humide des stations. C'est pour cela qu'il faut des mesures de prévention radicales : utilisation de très basse tension de sécurité, isolation des parties actives, protection par des barrières, utilisation d'outils à manche isolant et des échelles isolantes...etc.

### **V.I2. 7. Risque infectieux**

C'est l'un des risques spécifiques sur les STEP, il résulte soit d'un contact direct avec l'eau et les boues ou de l'inhalation des aérosols émis ou il y a agitation de l'eau, surtout dans les bassins d'aération. Ce risque est toujours existant même s'il peut être réduit, c'est pour cela que des mesures préventives s'imposent telles que :

- des couvertures vaccinales (tétanos, tuberculose, typhoïde, poliomyélite...);
- le port permanent de vêtements de travail dans la STEP et les laver séparément du reste du linge ;
- Interdiction de consommer de la nourriture ou des boissons ou de fumer sur le poste de travail ;
- L'installation, dans le cadre du possible, d'un vestiaire chauffé avec une douche chaude dans la STEP.

**Figure VI.1 : Les différentes étiquettes et pictogrammes pour la prévention des dangers**

## Chapitre VI : Hygiène et sécurité du personnel d'une STEP

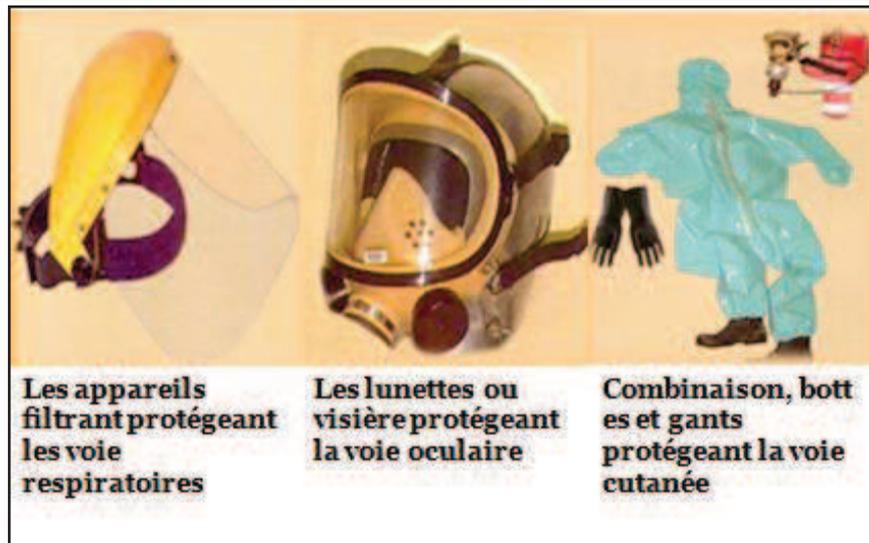


Figure VI.2 : Appareils de protection individuelle

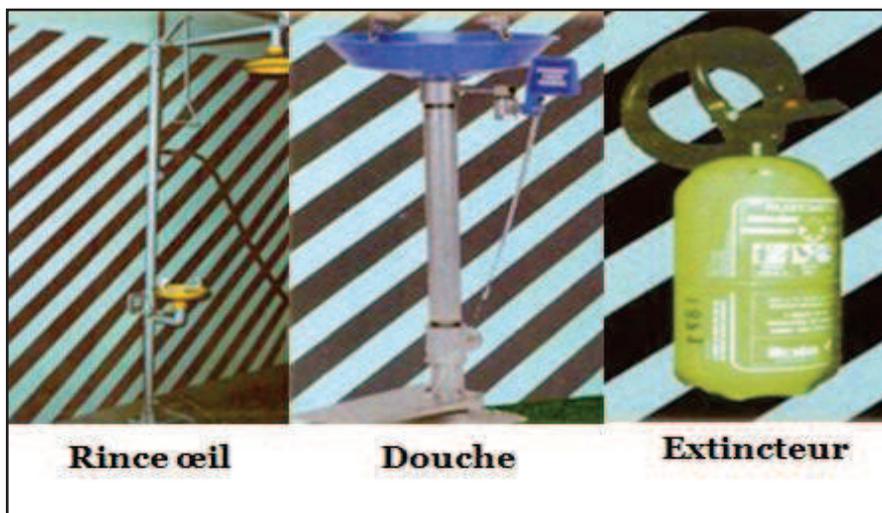


Figure VI.3: Appareils de secours

### VI.3. CONCLUSION

La STEP peut être une vraie source de danger, les risques qui y existent peuvent être mécaniques, chimiques, électriques, etc. Ils peuvent donc provoquer de sérieux accidents. C'est pour cela que la STEP doit mettre à la disposition de son personnel des moyens de protection, de prévention et de secours au cas où le dégât est inévitable.

**CHAPITRE VII**

**PRESENTATION**

**DE LA STEP DE KOLEA**

### **VII.1 : PRESENTATION DE LA VILLE**

#### **VII.1.1 : Situation géographique de la ville**

La ville de Koléa se situe entre deux ensembles bien distincts, le Sahel au nord et la plaine de Mitidja au sud. Sa surface est d'environ 37HA limitée :

- Au nord par les communes de Fouka et Douaouda ;
- A l'ouest par la commune de Chaiba ;
- Au sud par la route nationale : R.N 69 ;
- A l'est par l'oued Mazafran.

Le chef lieu est un point de rencontre dans le domaine agricole et commercial de l'ensemble de la population des communes avoisinantes.

#### **VII.1.2 : Evolution de la population**

A la différence des autres communes avoisinantes qui voient leurs population se répartir dans les zones rurales et urbaines pour Koléa, la population se rencontre au niveau du chef lieu avec 90% environ ; la caractéristique qui se manifeste est que la commune de Koléa est d'ordre semi urbain (environ 50% de la population habite le centre ville). Le nombre d'habitant actualisé en 2004 est de 58. 000 hab. On remarque que le nombre d'habitant de la ville de Koléa augmente sans cesse, ce qui entraîne automatiquement une augmentation des besoins en eau.

#### **VII.1.3 : Besoins et ressources en eau**

En matière d'alimentation en eau potable, pour une population estimée à 58. 000 hab, les besoins potentiels de la ville sont évalués à 8 200 m<sup>3</sup>/j (la dotation actuelle n'est que 5 500 m<sup>3</sup>/j soit un déficit de 3 700 m<sup>3</sup>/j et un taux de satisfaction égal à 62%).

Ces 5 500m<sup>3</sup>/j disponibles sont obtenus exclusivement à partir des eaux souterraines produites par des forages implantés dans le champ de captage de Koléa, à proximité de l'oued Mazafran.

## **Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa**

---

Donc, les eaux souterraines sont produites par sept (07) forages, collectées, pompées et refoulées vers quatre (04) réservoirs de capacité globale 9250 m<sup>3</sup>.

Enfin un réseau en A/ciment et en fonte assure la distribution vers la population de la ville de Koléa ainsi que celle de Fouka.

### **VII.2 : PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DE LA VILLE DE KOLEA**

La station de la ville de Koléa reçoit et épure les eaux usées par le processus **boue activée avec une aération prolongé** afin d'éliminer les Pollutions : Azotées, et Carbonées.

La ville de Koléa est dotée d'une station d'épuration qui comporte deux filières de traitement ;

Une ancienne conçue pour **50 000** équivalents habitants, avec un débit journalier moyen de **7310 m<sup>3</sup>/j**, et une extension qui prendra en charge l'évolution de la population jusqu'à l'horizon 2020 soit **75000** équivalents habitants et un débit journalier moyen de **3600 m<sup>3</sup> /j**.

#### **VII.2.1 : Réalisation**

Le projet de construction de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Koléa a été lancé en 1983.

Le génie civil a été réalisé par la société « l'E.N.I.T.E.C » d'EL-HARRACH en collaboration avec la société Belge : « PASSAVANT- western » concernant l'étude (dimensionnement) et fourniture des équipements.

Le montage de ces équipements a été assuré par l'E.N.I.T.E.C, la réception de la station a été prononcée et la station a été mise en service en Septembre 1986.

## Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

### VII.2.2 : Implantation

La station d'épuration des eaux usées résiduaires est implantée au bas de la ville de Koléa, à proximité d'oued Mazafran. Elle s'étend sur un terrain de 180m sur 150m soit 27 000 m<sup>2</sup> (2,7 Hectares).

Il est à noter que le choix du site a été très difficile du fait que les terrains prospectés sont tous agricoles et certains productifs.

En effet, une commission de la wilaya du choix du terrain a été installée dont la présence du représentant de l'agriculture a été nécessaire.

### VII.2.3 : Données de base

La ville de Koléa est dotée d'une station d'épuration conçue pour 50 000 eq.hab. Le module d'extension prendra en charge l'évolution de la population jusqu'à l'horizon 2020 soit 75 000 eq.hab.

#### VII.2.3.1 : Capacité de la STEP

##### Débit à traiter

- Equivalent habitants : **75764**
- Débits d'eaux usées par jour : **10910 m<sup>3</sup>/j**

**Tableau VII.1 : Valeurs nominales**

Paramètre	Unité	Caractéristiques de l'influent	Charges Kg/j	Caractéristiques de l'effluent
DBO <sub>5</sub>	mg/l	194	2130	≤ 30
DCO	mg/l	389	4260	≤ 90
MES	mg/l	326	3570	≤ 30
pH	mg/l	6,5 - 8,5		6,5 - 8,5
Conductivité	µs/cm	/		≤ 1250
température	°C	Selon la saison		≤ 30
Oxygène dissous	mg/l	/		5

# Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

## VII.3. Description des filières de traitement

### *Poste de relevage PR1*

Une chambre d'arrivée des eaux dotée d'une pompe de débit 644 m<sup>3</sup>/h. Elle transmet les eaux usées vers le PR2.

### *Poste de relevage PR2*

Un bassin qui comporte trois pompes de relevage avec un débit de 82 l/s. ces pompes sont chargées d'envoyer les eaux brutes vers la poste de prétraitement.

### *Le prétraitement*

Il est destiné à éliminer les matières grossières ainsi que les sables. Il comporte :



Figure VII.1: Dégriilleur

**Le dégrillage :** il est assuré par une grille à grappin de 1.2 m de longueur, 20mm d'espacement entre les barreaux et avec une puissance de  $P= 0.55$  KW. Le refus est régulièrement évacué à l'aide d'un tapis transporteur.

**Le dessablage :** l'opération de dessablage est assurée par deux dessableurs circulaires dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-après.



Figure VII.2 : Dessableur



Figure VII.3 : Bassin d'aération

**Le traitement biologique :** il existe deux bassins d'aération pour l'ancien module et un autre pour l'extension dont les caractéristiques sont mentionnées dans le tableau VII.4.

Les eaux sont ensuite envoyées vers les clarificateurs.



Figure VII.4 : Clarificateur

## Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

**Chloration** : avant de regagner le milieu naturel, l'eau épurée est mis en désinfection par le chlore dans les chicanes qui sont équipées par un débitmètre.

**La filière boue** : une partie des boues sont envoyées vers le bassin d'aération pour maintenir une concentration suffisante en bactéries alors que les boues en excès rejoignent les deux épaisseurs.

Après l'épaississement, elles sont déshydratées par une presse à bande dans une salle occupée pour cette mission. Ensuite, elles sont séchées avant qu'elles soient mises en décharge.

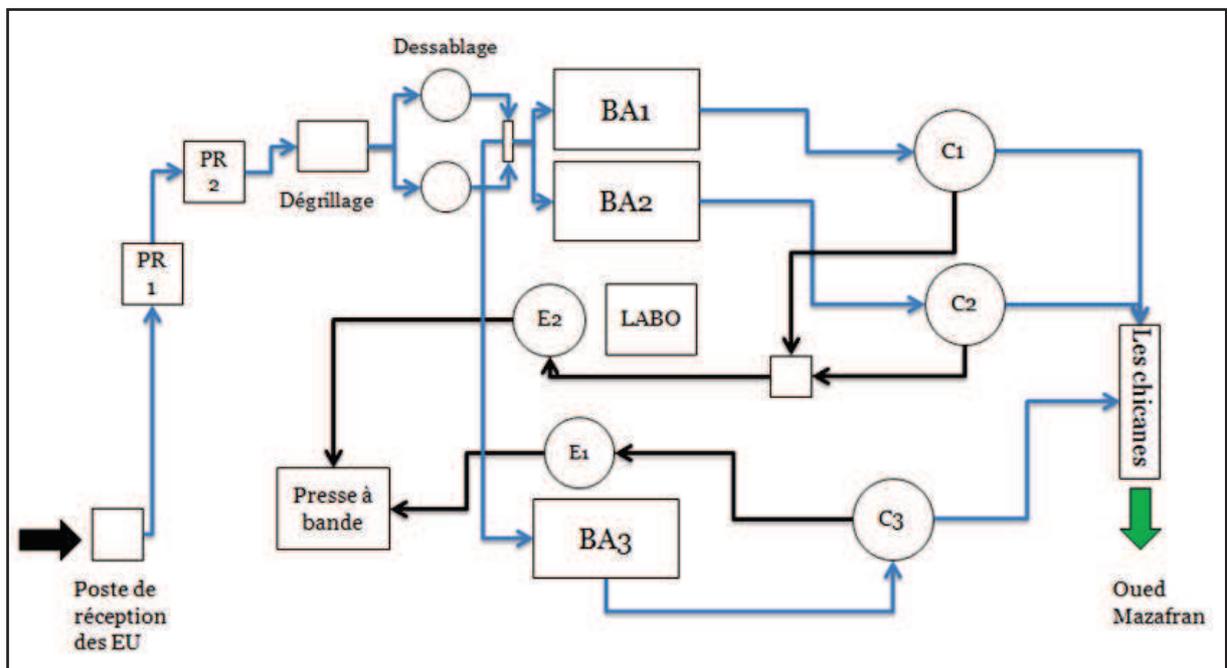


Figure VII.5: Synoptique de la STEP de Koléa

## Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

### VII.4. Laboratoire d'analyse

Les résultats des analyses sont écrits dans un registre consacré pour cette mission dont lequel on indique la date, l'heure et le climat et cela se fait quotidiennement.

**Tableau VII.2 :** Forme du tableau des résultats journaliers

	Eau brute	Bassin biologique		Boue de retour	Eau épurée
		B 1	B 2		
T (°C)					
pH					
OD (ppm)					
Cond (µs/cm)					
MES (g/l)					
Dec 1/2 h (ml/l)	-				-
IB (ml/g)	-			-	-

Ces paramètres sont mesurés quotidiennement.

La DBO<sub>5</sub>, la DCO, le NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, le NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, le NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et le PO<sub>4</sub><sup>-</sup> font l'objet d'une mesure hebdomadaire.

**Tableau VII.3 :** Forme du tableau des résultats hebdomadaires

	Eau brute	Eau épurée	Rendement
DCO 5 (mg/l)			
DBO <sub>5</sub> (mg/l)			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)			
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)			

Ces paramètres sauf la DBO<sub>5</sub> sont mesurés dans la station de Tipaza (Chenoua) selon un planning décrit par la SEAAL.

#### **Personnels du laboratoire**

- Un chef laboratoire qui est un ingénieur.
- Un technicien supérieur.



Figure VII.6: Laboratoire d'analyse de la STEP (Koléa)

Il est à noter que les analyses effectuées dans le laboratoire de la station de Koléa sont les MES, DBO<sub>5</sub>, l'indice de molhman, la décantabilité pendant une demi heure (déc.1/2 h). Les autres paramètres NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, DCO sont mesurés dans le laboratoire de la station de Chenoua à Tipaza. Les métaux lourds sont mesurés une fois par mois (normalement) au niveau de la SEAAL à Kouba. Une observation microscopique des boues est effectuée de temps en temps.

### **Mesures et appareils**

- **MES** : l'eau polluée est versée dans des petits tubes en verre de capacité déterminée, puis elle est introduite dans une centrifugeuse pour séparer l'eau de la matière particulaire et, par suite le culot est pesé à l'aide d'une balance de précision. On introduit ce culot dans l'étuve (105°C) pour faire échapper l'eau interstitielle et on le pèse pour donner le poids sec P1. Le poids de la tare est Po. Alors, le poids des MES se calcule facilement par la relation suivante: P1-Po (mg). Pour calculer la concentration on introduit le volume d'eau initialement versé dans le tube.
- **MVS** : après avoir calculé les MES, on les introduit dans un four à moufle (550°C) les MVS se gazéifient. On pèse les MM et on note P2. Le poids des MVS égale à P1-P2. Et la concentration se calcule par rapport au volume versé précédemment pour le calcul des MES. Il est à noter que le four à moufle vient d'être introduit (Juin 2013).

## Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

- **DBO<sub>5</sub>** : la mesure de la DBO<sub>5</sub> se fait à l'aide d'un DBOmètre. Dans des flacons spéciaux, on met de l'eau polluée. On pose sur le bouchon intérieur l'hydroxyde de lithium pour piéger le CO<sub>2</sub>. On les introduit dans l'appareil et on attend cinq jours. On verse un volume dans les tubes et on fait la mesure à l'aide du spectrophotomètre qui donne la concentration en mg/l.
- **Déc.1/2 h** : on verse un litre de la boue secondaire dans une éprouvette graduée. on la laisse décanter pendant une demi-heure. On note le volume occupé par la boue. La décantabilité pendant 1/2 heure est égale à ce volume ainsi noté par rapport à un litre de la boue versée initialement (ml/l).
- **IB** : si la concentration de la boue dans l'éprouvette dépasse les 900 ml, on fait une dilution. On agite et on prélève 500 ml. On complète par de l'eau du clarificateur. On obtient ainsi l'indice de boue qui est le volume occupé par un gramme de boue décantée (ml/g).
- **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, DCO** : la mesure de ces paramètres se fait par un mode opératoire prescrit dans les boites des produits commerciaux utilisés à cette fin comme le montre la figure suivante :



Figure VII.7: Boîte des produits commerciaux

## Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

**Tableau VII.4 :** Caractéristiques techniques des ouvrages de la STEP de Koléa

Grille	Type	A grappin
	Nettoyage	Automatique
	Longueur	1.2 m
	Espacement	20 mm
Grille de by-pass	Nombre	1
Dessableur	Forme	Cylindro-conique
	Nombre	2
	Diamètre	4.2 m
	Volume unitaire	23 m <sup>3</sup>
Bassin d'aération	Nombre	3
	Volume unitaire	3200 m <sup>3</sup>
	Profondeur	4 m
	Nombre d'aérateur par bassin	2
	Type	Aérateur de surface
	Puissance unitaire	45 kW
	Dose unitaire d'oxygène	75 kg O <sub>2</sub> / h
Clarificateur	Nombre	3
	Diamètre	26 m
	Volume unitaire	1215 m <sup>3</sup>
Canal de désinfection	Volume	230 m <sup>3</sup>
	Dose du chlore gazeux	5 à 8 mg/l
Epaississeur	Type d'épaississement	Mécanique
	Volume	143 m <sup>3</sup>
	Pompe d'extraction de	86 m <sup>3</sup> /h (×2)
	Concentration moyenne de sortie	30-40 g/l
Filtre à bande	Caractéristique générale	Presseuse
	Largeur de la bande	1 m
	Capacité unitaire	226 kg MS/m / h
	Temps de fonctionnement/jour	12 h
	Concentration moyenne de polymère	8-10 Kg/j
	Siccité des boues déshydratée	20 à 22 %
	Masse journalière des boues sèches produite	1-2 T/j
Pompe à boue	De recirculation :	
	*Nombre	3
	*Débit	216 à 325 m <sup>3</sup> /h
	*Puissance	5.25 kW
	En excès :	
	*Nombre	2
*Débit	58 m <sup>3</sup> /h	
*Puissance	58 m <sup>3</sup> /h	

## Chapitre VII : Présentation de la STEP de Koléa

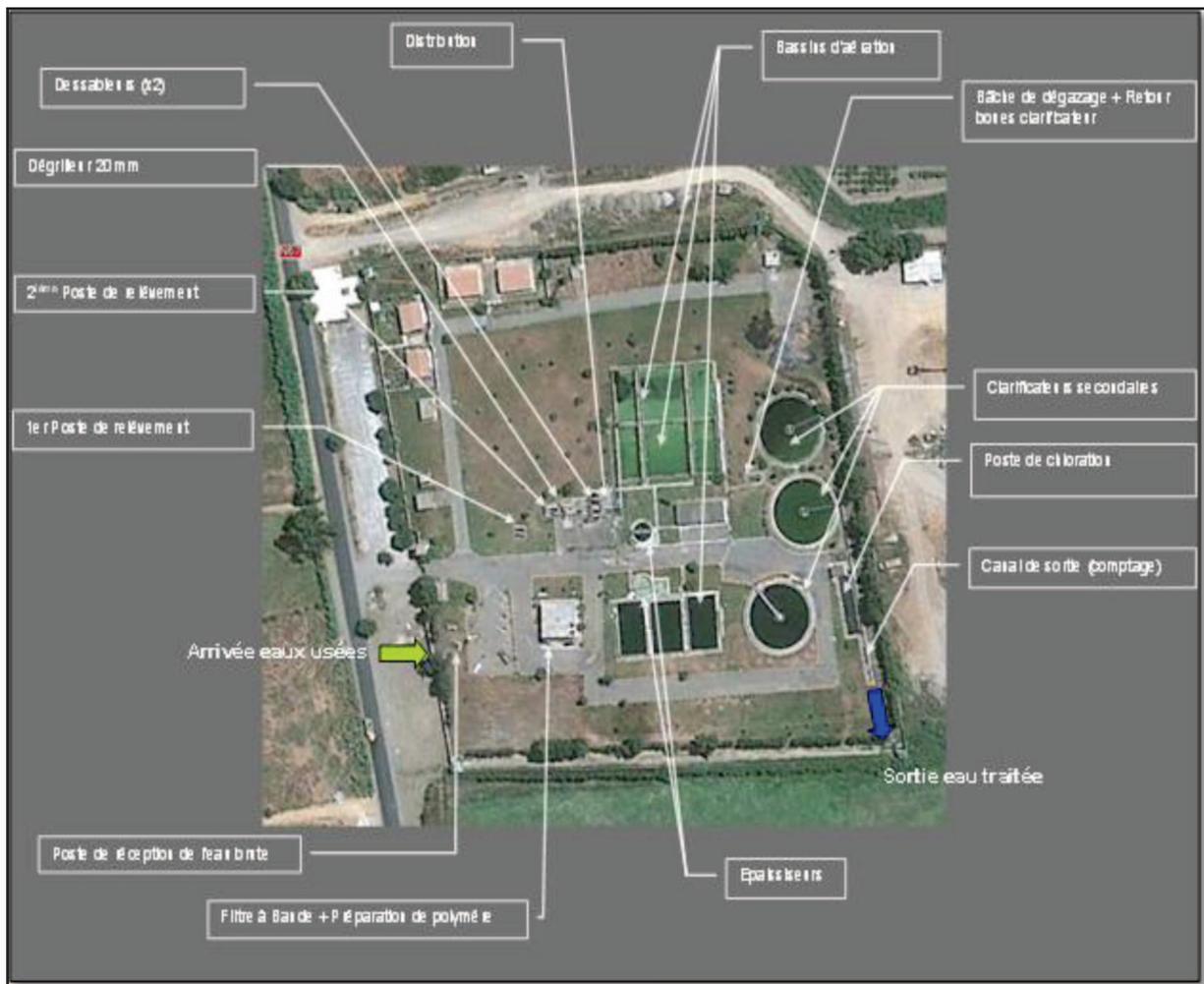


Figure VII.8: Image de la STEP via Google Earth

**CHAPITRE VIII**  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## **Chapitre VIII : Résultats et discussions**

### **VIII.1. INTRODUCTION**

Dans ce chapitre nous présentons les résultats mensuels d'analyse des différents paramètres caractérisant la pollution mesurée au sein du laboratoire de la STEP de Koléa durant la période Juin 2010 jusqu'à Mars 2011. Ensuite nous calculons les ratios de diagnostic de la STEP afin d'évaluer ces performances épuratoires. En outre, nous avons effectué un bilan énergétique.

### **VIII.2. FILE EAU**

Le tableau suivant est un récapitulatif des valeurs minimales, moyennes et maximales des paramètres globaux.

**Tableau VIII.1 :** Paramètres globaux en entrée et en sortie de la STEP, de Juin 2010 jusqu'à Mars 2011.

Paramètres	Valeurs minimales		Valeurs moyennes		Valeurs maximales		Rendement (%)
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	
Débit (m <sup>3</sup> /j)	1568	1307	2121	1768	2437	2031	
Température (°C)	15.18	14.33	20.13	19.68	25.87	25.91	
pH	7.6	7.36	8.31	8.28	8.87	9.06	
Conductivité (μS/cm)	946	837	1080	1001	1292	1206	
MES (mg/l)	317	8.74	416	16.51	525	8.74	95.35
MES (kg/j)	497	11.42	882	29.19	1279	17.75	
DCO (mg/l)	100	14	444	35	816	62	88.75
DCO (kg/j)	156.8	18.30	941.7	61.88	1988.6	125.9	
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	89	11	192	13	400	21	91.92
DBO <sub>5</sub> (kg/j)	139.6	14.4	407	23	974.8	42.7	
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	12.35	0.29	25.23	1.30	26.75	3.70	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	15.93	0.38	32.55	1.68	60.31	4.77	91.44
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1.34	0.17	1.47	0.23	1.60	0.29	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.74	5.95	1	6.51	1.27	7.07	
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.04	0.01	0.08	0.03	0.19	0.05	

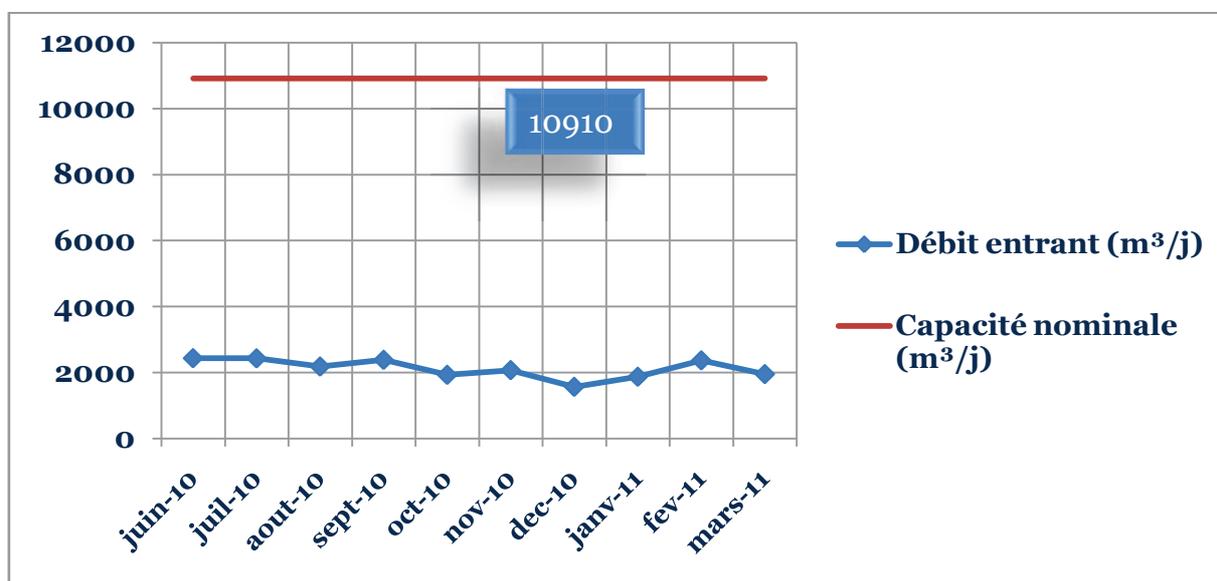
## Chapitre VIII : Résultats et discussions

NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.12	0.04	0.25	0.09	0.61	0.18	62.79
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	4.93	1.32	9.78	6.16	12.42	9.35	45.26
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (kg/j)	7.73	1.73	20.74	10.89	30.27	18.99	
O <sub>2</sub> dissous (mg/L) (BA)	BA1 4.73	BA2 4.61	BA1 9.54	BA2 9.7	BA1 13.16	BA2 14.76	

**Tableau VIII.2.** Paramètres supplémentaires

Paramètre	Valeur minimale		Valeur moyenne		Valeur maximale	
MS (mg/l)	36.49		43,29		50.21	
IB (ml/g)	BA1	BA2	BA1	BA2	BA1	BA2
	23.22	25.75	57.50	58.29	80.90	81.83
Concentration moyenne en polymère (kg/j)	8		9		10	

### VIII.2.1. Evolution de la charge hydraulique



**Figure VIII.1:** Evolution du débit d'entrée de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

A l'entrée de la STEP, le débit est très variable. On remarque une baisse de la charge hydraulique pour les mois d'Octobre, Novembre, Décembre 2010 et Janvier 2011, ayant pour origine les By-pass effectués pendant cette période.

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

La valeur maximale est de 2437 m<sup>3</sup>/j, mesurée en Juin 2010, ce débit représente 22.34% de la capacité nominale de la STEP. La valeur moyenne oscille autour de 2121 m<sup>3</sup>/j représentant 19.44% de la capacité nominale ; ayant pour cause principale un faible taux de raccordement de la région au réseau d'assainissement.

Il est à noter que la nouvelle filière n'est pas exploitable car le débit ne dépasse pas la capacité de l'ancienne filière qui est de 7310 m<sup>3</sup>/j.

**Note :** actuellement le débit entrant atteint les 8000 m<sup>3</sup> /j à cause de la construction et de la mise en service du nouveau réseau d'assainissement et au raccordement de l'hôpital sur ce dernier.

### Taux de dilution

Le taux de dilution représente la quantité des eaux indésirables s'infiltrant au réseau d'assainissement et arrivant à la STEP. C'est eaux dénommées « eaux claires parasites » vont diluer les concentrations des différents paramètres de la pollution. Le taux de dilution représente le pourcentage de volume de ces eaux parasites par rapport au volume des eaux usées domestiques évalué à partir de la charge entrante de DBO<sub>5</sub> (kg/j) en considérant une dotation de 150 l/j/habitant, avec 50 g DBO<sub>5</sub> /j et par équivalent habitant.

**Tableau VIII.3.** Taux de dilution

Date	Eau Brute m <sup>3</sup> /j	Charge entrante kg DBO <sub>5</sub> /J	Charge entrante(EH) 1EH=50g DBO <sub>5</sub> /j	Volume EU domestique 150l/EH/j	Volume eaux claires parasites m <sup>3</sup> /j	Taux de Dilution %
27-Juin-10	3151	693.22	13860	2079	1072	51
10-Aout-10	3294	625.86	12515	1877	1416	75
02-Oct-10	2858	514.44	10284	1543	1314	85
06-Nov-10	3580	429.60	8592	1288	2292	156
31-Déc-10	2964	385.32	7706	1155	1808	85
23-Jan-11	3019	543.42	10868	1630	1388	203
17-Fév-11	3744	411.84	8237	1235	2508	233
03-Mars-11	3334	333.40	6668	1000	2333	93
<b>Moyenne</b>	3243	437.68	9841	1475	1766	122

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

La courbe suivante représente le taux de dilution pendant la période d'étude.

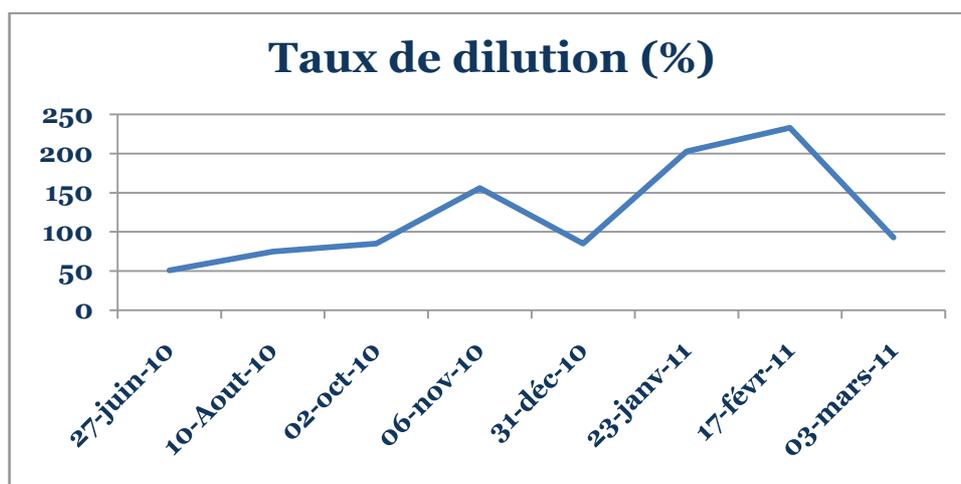


Figure VIII.2: Taux de dilution de la charge hydraulique à l'entrée de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

On mesure les pointes brusques de charges hydrauliques ; la surcharge hydraulique est imprévisible et peut détériorer durablement les performances de traitement de la station.

La station a reçu des dépassements de volume des eaux usées à plusieurs reprises entre Juin 2010 et Mars 2011 avec un taux moyen de dilution de 122 % et un taux de dilution maximal, enregistré le 17 Février 2011 égal à 233 %. Les eaux claires parasites ont représenté un total d'environ 14131 m<sup>3</sup> durant la période étudiée. Ceci est à relier à des événements pluvieux importants et à la nature du réseau (unitaire) et son vieillissement qui le rend vulnérable aux eaux claires parasites qui peuvent, dans le cas général, avoir des conséquences techniques assez désagréables :

- Epuisement des postes de relevage ;
- Augmentation de la consommation d'énergie par pompage ;
- La surcharge hydraulique peut mener au rejet direct d'une partie du flux polluant dans le milieu naturel surtout dans notre cas où le déversoir d'orage est absent;
- Nuisance à l'efficacité épuratoire à cause de la difficulté de l'élimination de la pollution de l'effluent dilué.

Cependant, malgré la présence gênante de ces eaux claires parasites, le débit maximal que la STEP a reçu ne représente que 21 % de la capacité nominale de la STEP (10910 m<sup>3</sup>/j). Il est vrai que tant que la capacité nominale n'est pas atteinte, de

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

telles pointes de charges devraient pouvoir être absorbées sans problème par l'installation, mise à part pour le cas de la nitrification, ou une « mise en condition » de l'installation est nécessaire pour préserver la nitrification lors de l'arrivée de la pointe de charge.

### VIII.2.2. Evolution des paramètres physico-chimiques

#### VIII.2.2.1. Température

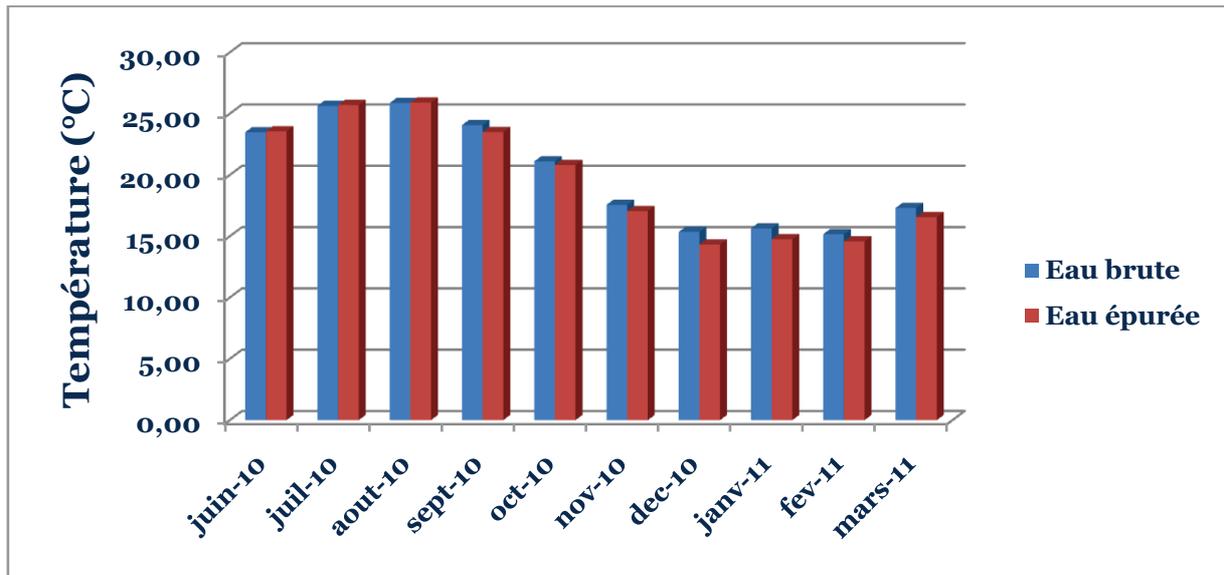


Figure VIII.3: Evolution de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa  
(Juin 2010 à Mars 2011)

La température des eaux brutes est comprise entre 15,18°C et 25,87°C comme valeurs minimale et maximale enregistrées respectivement pour Février 2011 et Aout 2010, avec une moyenne de 20,13°C.

On remarque que pendant la période estivale, la température oscille aux alentours de 24°C et que pendant la période hivernale, elle est d'une moyenne de 14,5°C.

Les variations d'environ 1°C sont observées pour les eaux épurées par rapport aux eaux brutes.

Les températures sont toutes inférieures à la valeur limite de la température de rejet dans le milieu récepteur qui est de 30°C. De même, ces valeurs de température sont inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation (Normes marocaines, bulletin officiel 2002).

### VIII.2.2.2. pH

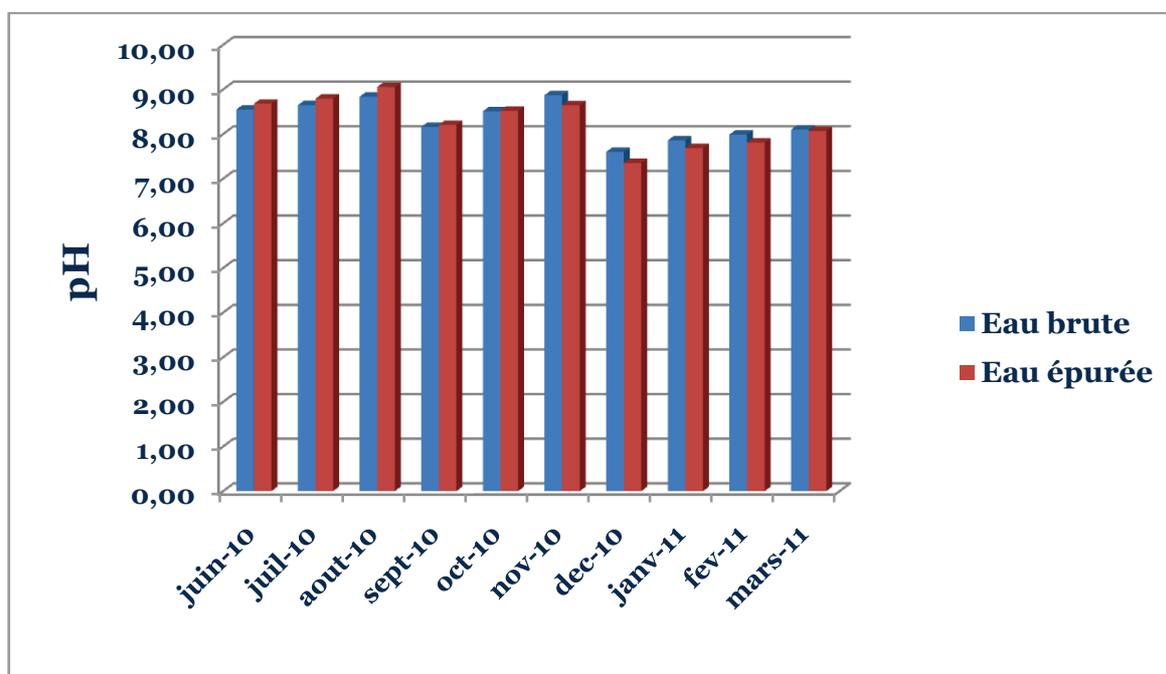


Figure VIII.4: Evolution du pH à l'entrée et à la sortie de le STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

Le pH varie entre 7.6 et 8.87 à l'entrée de la STEP avec une valeur moyenne de 8.31. L'effluent est alors neutre à légèrement basique pendant la période Janvier 2010 à Mars 2011.

En sortie de station la valeur moyenne du pH est de 8.28 et l'intervalle de variation s'étale de 7.36 à 9.06.

Le pH de l'effluent est directement relié au phénomène de corrosion au niveau des canalisations, mais notre réseau est en PVC et ce problème ne se pose donc pas.

Les normes fixées par l'OMS concernant le pH sont délimitées par l'intervalle [6.5-7.5]. On remarque que la moyenne pour les eaux brutes ou épurées se situe en dehors de cet intervalle.

#### **Note :**

Lorsque le pH >8, l'ammoniac se présente sous forme de  $\text{NH}_3$  (ion ionisé), très toxique pour la vie aquatique (association des produits forestiers du Canada 2008).

### VIII.2.2.3. Oxygène dissous

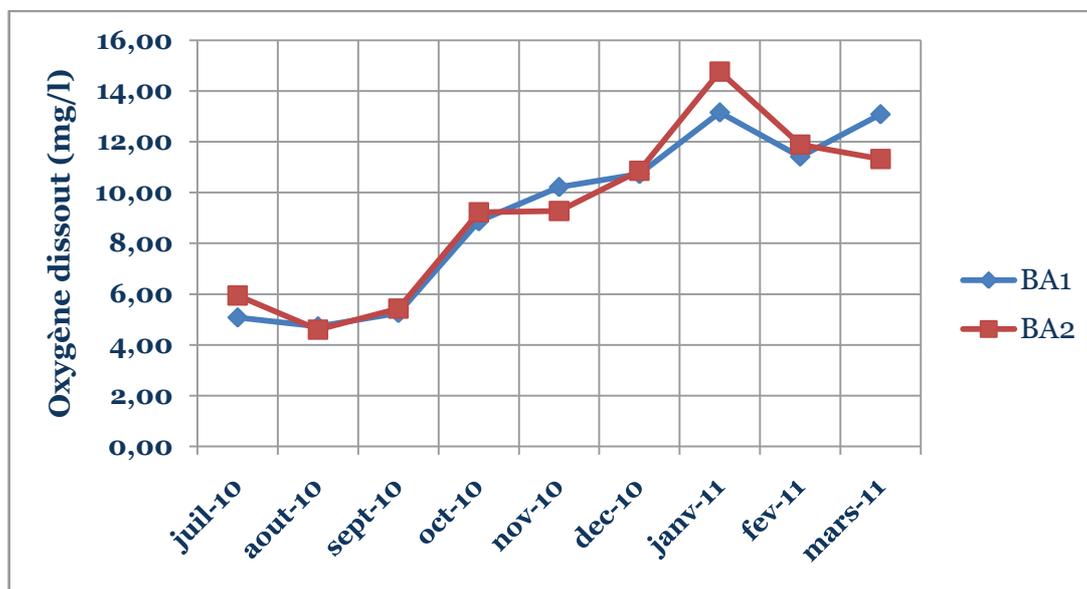


Figure VIII. 5: Evolution de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa  
(Juillet 2010 à Mars 2011)

D'après ce graphe, les valeurs de Oxygène dissous varient entre 4.61 mg/l et 13.61 mg/l pour le premier bassin et entre 4.61 mg/l et 14.76 mg/l pour le deuxième bassin avec des moyennes respectives de 9.54 mg/l et 9.7 mg/l. L'évolution de l'oxygène dissous dans les deux bassins est donc similaire.

En outre, on remarque une hausse importante de la concentration en OD pendant la période hivernale qui est due aux fortes précipitations et à la diminution de la demande biologique en Oxygène pendant ces mois (diminution de l'activité des microorganismes).

Les concentrations en Oxygène dissous sont supérieures à la limite d'aération qui est de 2.5. Cette sur-aération peut provoquer la remontée de gaz au clarificateur et la formation d'une couche flottante, surtout dans notre cas où il y a absence de déshuilage. En plus, elle peut éventuellement produire un excès de nitrates à la sortie du traitement.

### VIII.2.2.4. Conductivité électrique

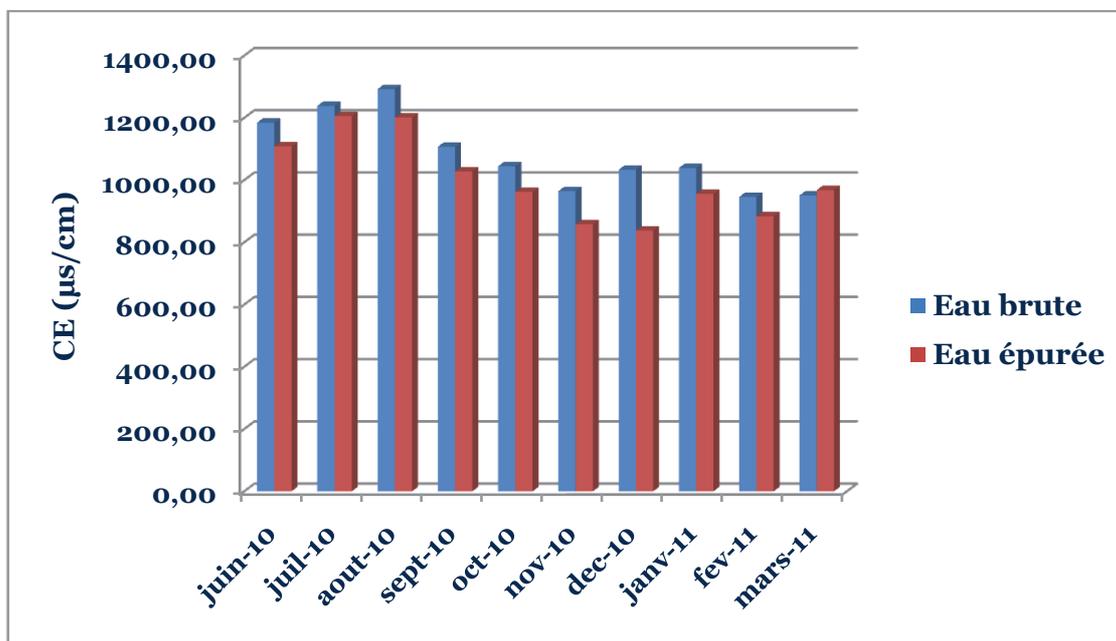


Figure VIII.6: Evolution de la CE à l'entrée et à la sortie de le STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

La conductivité électrique de l'eau brute varie entre 946 µs/cm enregistrée au mois de Février 2011 et 1292 µs/cm enregistrée en Aout 2010, avec une moyenne de 1080 µs/cm.

En sortie de station les variations sont comprises entre 837 µs/cm pour Décembre 2010 et de 1206 µs/cm au mois de Juillet 2010 avec une moyenne de 1001 µs/cm.

Les valeurs de conductivité des eaux brutes pour la période allant de Juin à Septembre dépassent 1000µs/cm, ceci s'explique par la présence d'une minéralisation élevée probablement due à un apport massif de détergents apportés par les eaux usées domestiques (RODIER et al, 2005 [74]). En revanche on constate une légère diminution de ces valeurs dans les eaux épurées qui résulte des différentes étapes de traitement.

Ces valeurs sont inférieures à 2700 µs/cm, considérée comme valeur limitée par l'OMS pour le milieu récepteur par et sont aussi inférieures à la limite fixée par les normes algériennes pour l'irrigation qui est de 3000 µs/cm (cf. Annexe VII).

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

---

### VIII.2.2.5. Ratio d'adsorption de sodium (SAR)

**Tableau VIII.4.** Concentrations en ions Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>

Elément mesuré	mg/l	meq/l
Na <sup>+</sup>	85	4.13
Mg <sup>++</sup>	32	1.32
Ca <sup>++</sup>	91	2.28

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Na^{2+})/2}} = 2.75 \text{ meq/l}$$

L'eau avec un SAR se situant entre 0 et 6 peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec peu de problème d'accumulation de sodium (I. COUTURE, 2004 [56]). En combinant ce ratio avec la CE qui est de moyenne égale à 1001 µs/cm, nous nous trouvons dans les normes (SAR 0-3 avec CE < 2000 µs/cm) (Normes OMS). Nous expliquons cette valeur faible par l'absence de raccordement d'industries au réseau de collecte.

### VIII.2.3. Paramètres de la pollution particulaire (MES)

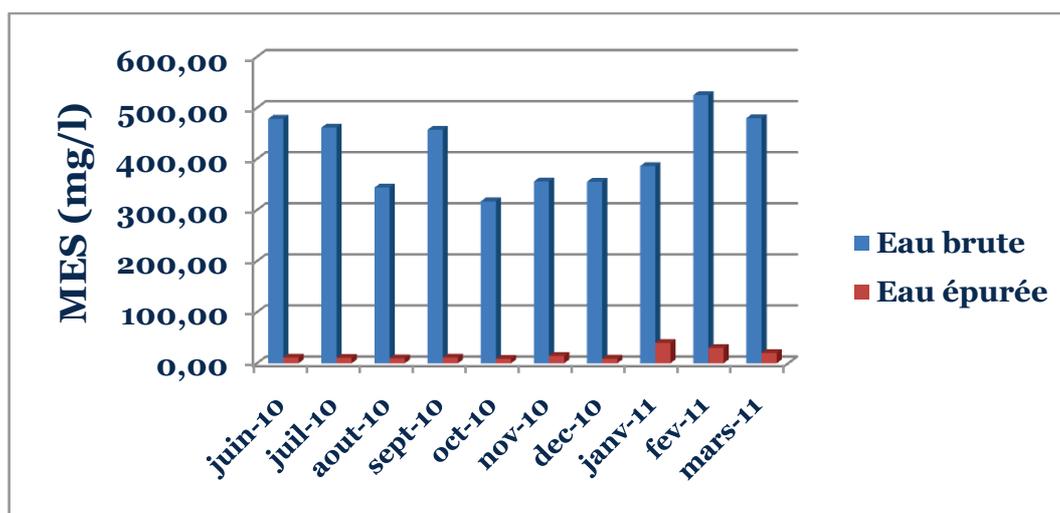


Figure VIII.7: Evolution des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

À l'entrée de la STEP, la concentration moyenne est de 416 mg/l en MES, avec une concentration maximale de 525 mg/l et une concentration minimale de 317 mg/. Les valeurs enregistrées sont en moyenne supérieures à la valeur nominale de la STEP qui est de 326 mg/l.

Cependant, à la sortie de la STEP, nous enregistrons un très bon rendement d'élimination d'une moyenne de 95,35 % avec une concentration moyenne de MES en sortie égale à 16,51 mg/l. Cependant, la valeur du mois de Janvier 2011 (40 mg/l) dépasse la valeur nominale de la STEP qui est de 30 mg/l. Cela est dû au phénomène de lessivage du bassin versant et en temps de pluie entraînant la remise en suspension des dépôts sédimentaires dans les collecteurs.

La valeur moyenne à la sortie de station est conforme à la norme de rejet fixée par l'OMS qui est de 20 mg/l, à l'exception de deux dépassements (40 mg/l en Janvier et 30 mg/l en Février). Ces valeurs restent également inférieures à la norme algérienne qui est de 35 mg/l (à l'exception de celle de Janvier) et sont très loin de la norme fixée pour l'irrigation qui est de 2000 mg/l (RANCHET J.M, PHILIPPE J.P, 1982).

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

### VIII.2.4. Evolution des paramètres organiques globaux

#### VIII.2.4.1. DCO

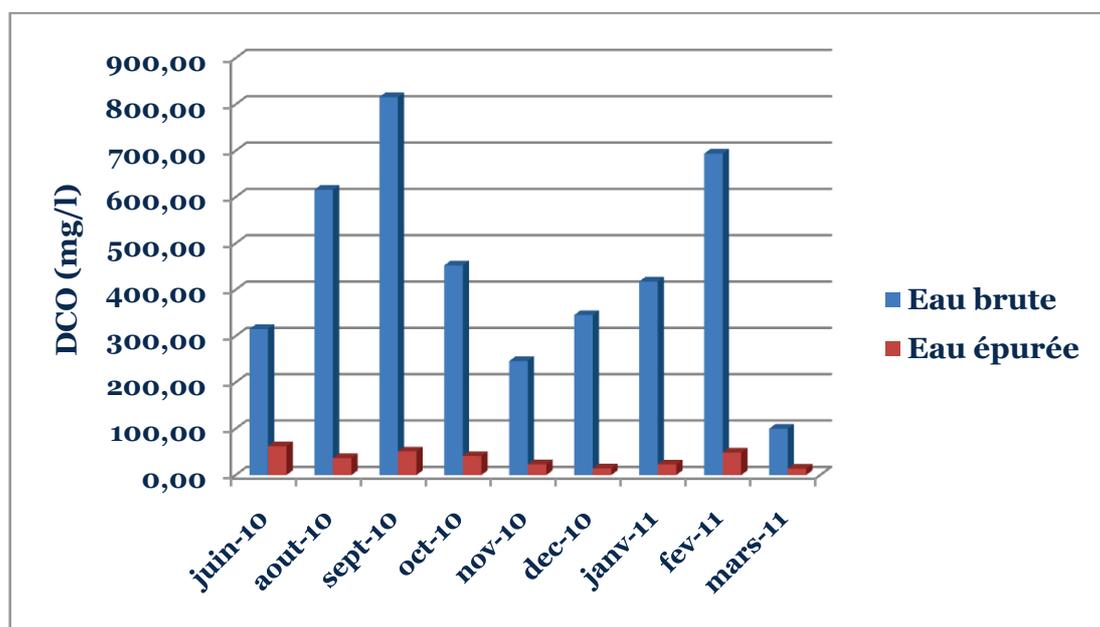


Figure VIII.8: Evolution de la DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

Les valeurs de DCO enregistrées à l'entrée de la STEP varient entre 100 mg/l et 816 mg/l avec une moyenne de 444 mg/l.

A la sortie, ces concentrations varient entre 14 mg/l et 62 mg/l avec une moyenne d'environ 35 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à 90 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet direct fixée par l'OMS, De même, elle est inférieure à 120 mg/l (norme de DCO prescrite dans le journal officiel de la république algérienne).

Le degré d'abattement de la DCO varie entre 62 % et 94 % avec une moyenne 88%.

La diminution observée en sortie de station, notamment aux mois de Janvier et Mars est à relier à l'augmentation des MES observée pendant ces deux mois.

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

### VIII.2.4.2. DBO<sub>5</sub>

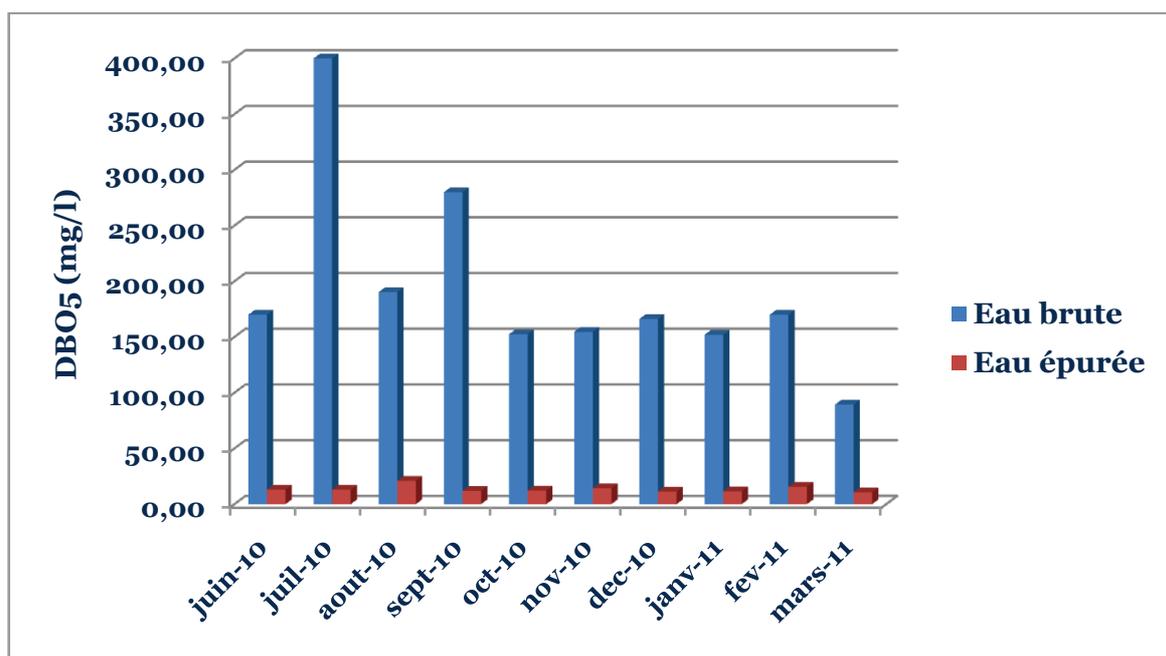


Figure VIII.9: Evolution de la DBO<sub>5</sub> à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

A l'entrée de la station, les valeurs de la DBO<sub>5</sub> se situent entre 89 mg/l et 400 mg/l comme valeurs extrêmes avec une moyenne de 192 mg/l.

En sortie de station les valeurs de la DBO<sub>5</sub> varient entre 10 mg/l et 21 mg/l avec une moyenne de 13 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à 30 mg/l considérée comme valeur limite de rejet direct fixée par l'OMS et sont également inférieures à 35 mg/l (Norme algérienne).

Le degré d'abattement de la DBO<sub>5</sub> varie entre 88 % et 96 % avec une moyenne de 91%.

### VIII.2. 5. Evolution des paramètres de pollution dissoute

#### VIII.2.5.1. Ammonium

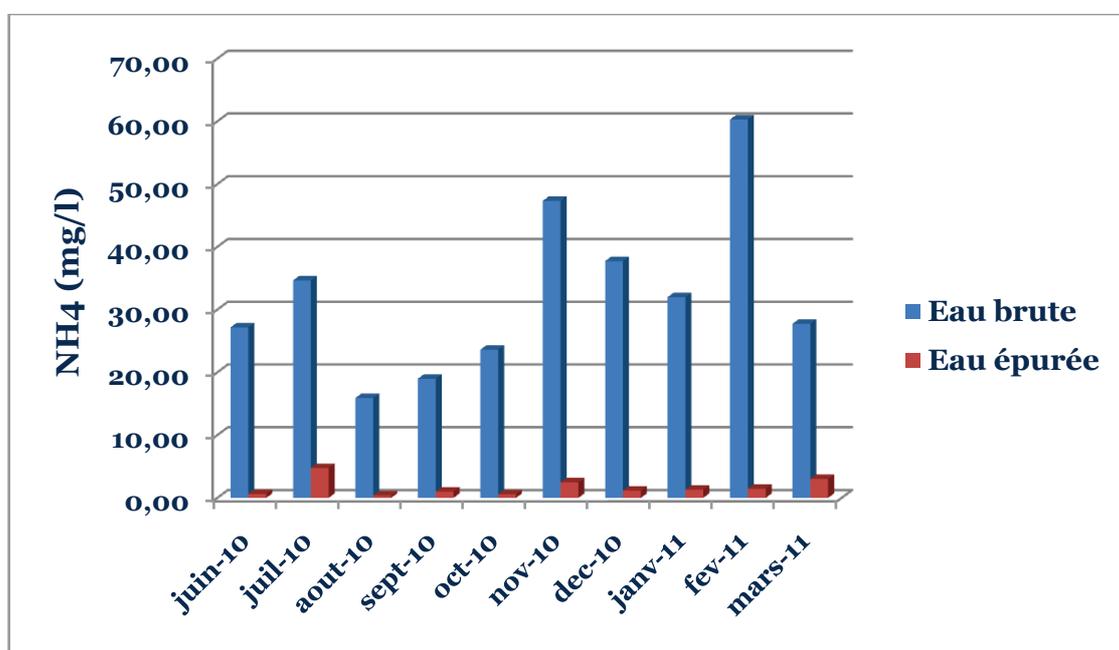


Figure VIII.10: Evolution de l'ammonium à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa  
(Juin 2010 à Mars 2011)

A l'entrée de la station, les concentrations d'ammonium varient entre 16 mg /l et 60 mg/l avec une moyenne de 32 mg/l.

En sortie de station ces concentrations varient entre 0.38 mg/l et 4.77 mg/l avec une moyenne d'environ 2 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à 5 mg /l fixée par l'OMS.

Pendant cette période, on constate un bon degré de nitrification confirmé par un rendement d'élimination de  $\text{NH}_4^+$  en moyenne égal à 91%.

En Juillet 2010, nous avons enregistré une valeur extrême pour les eaux épurées de 4.77 mg/l, ayant pour origine la forte charge organique, enregistrée pour ce mois en tête de STEP, qui est responsable de l'inhibition du processus de nitrification.

### VIII.2.5.2. Nitrites et nitrates

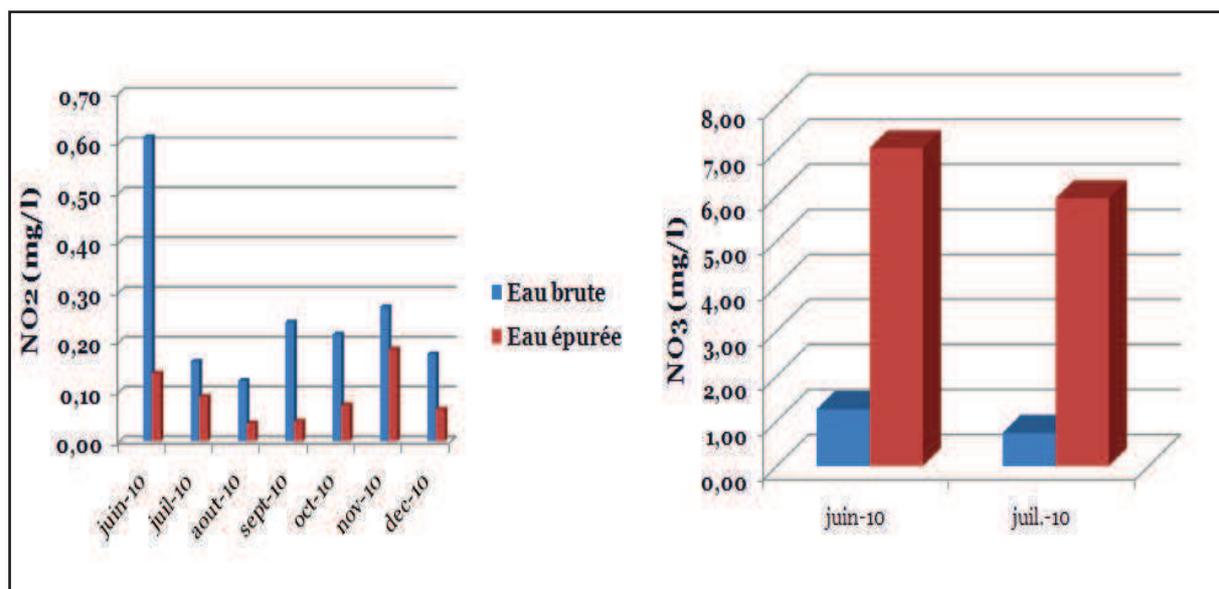


Figure VIII.11: Evolution des nitrites et des nitrates à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Décembre 2011 et Juin et Juillet 2010 pour les nitrates)

Pour les nitrites, les valeurs enregistrées pour les eaux brutes varient entre 0,12 mg/l et 0,61 mg/l avec une moyenne de 0,26 mg/l.

Pour les eaux épurées, ces concentrations sont presque nulles et s'étalent de 0,04 mg/l à 0,18 mg/l. On enregistre un rendement moyen de 62 %.

Par contre, les valeurs de nitrates enregistrées à la sortie sont de 7,07 mg/l en Juin et 5,95 mg/l en Juillet. Elles sont bien inférieures à 10 mg/l considérée comme valeur limite acceptable d'un rejet direct (Journal officiel de la république Algérienne), et sont donc aussi inférieures à 50 mg/l, ce qui permet de dire que ces effluents sont acceptables pour l'irrigation (Bulletin officielle du Maroc).

### VIII.2.5.3. Orthophosphates

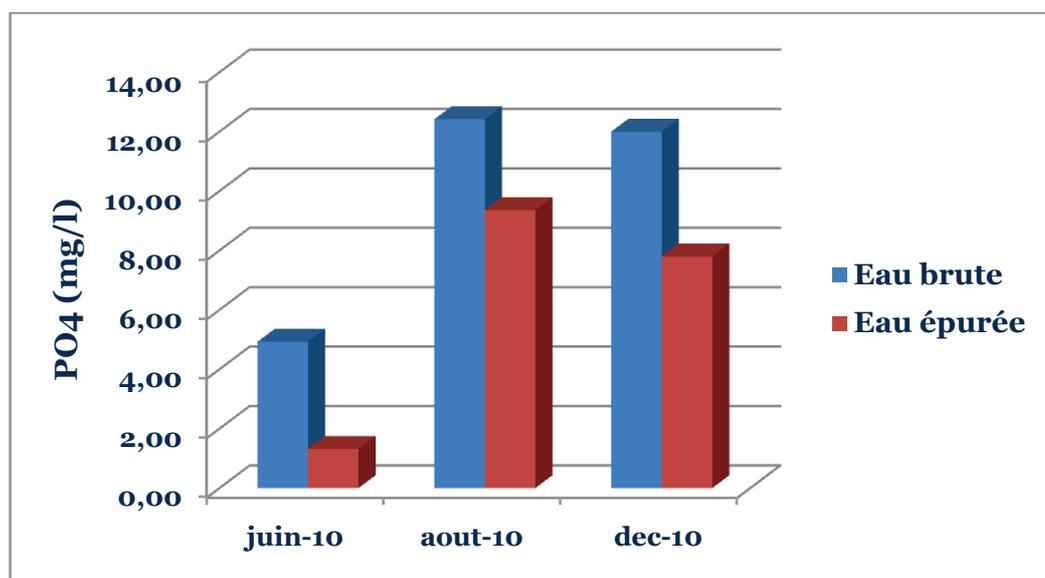


Figure VIII.12: Evolution de l'orthophosphates à l'entrée et à la sortie de la STEP de Koléa (Juin, Aout et Décembre 2010)

A l'entrée de la station, les valeurs varient entre 5 mg/l et 12 mg/l, avec une moyenne de 9 mg /l.

Les valeurs enregistrées pour l'eau épurée s'étalent de 1.32 mg/l à 9.35 mg/l avec une moyenne de 6 mg/l. Ces valeurs sont très élevées par rapport à la limite tolérable de 0.1 mg/l en phosphore total pour les rejets d'effluents dans un milieu sensible à l'eutrophisation (AYERS et WESCOT, 1985). Elles sont supérieures à 3 mg/l comme étant une valeur limite acceptable de phosphore total d'un rejet direct dans le milieu récepteur (Normes OMS).

Le rendement d'abattement est faible, avec une valeur moyenne égale à 47%. Ceci s'explique par l'absence d'une zone anoxique qui devrait stimuler l'élimination du Phosphore.

### VIII.3. FILE BOUE

#### VIII.3.1. Indice de boue

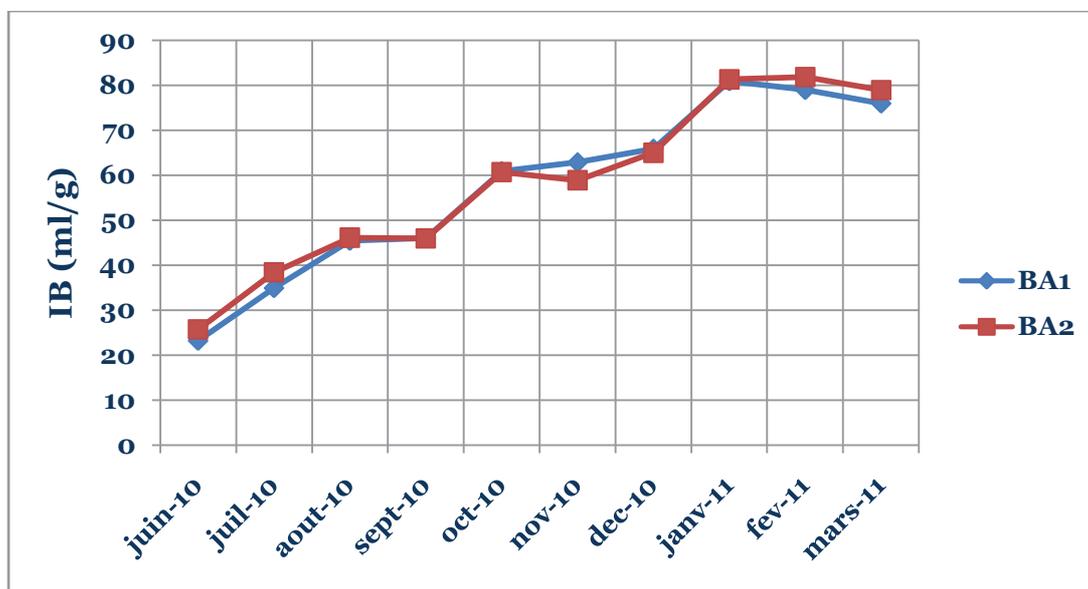


Figure VIII.13: Evolution de l'indice de boue pour la STEP de Koléa (Juin 2010 à Mars 2011)

On remarque que l'indice de boues s'étale de 23,22 ml/g à 80,90 ml/g pour le premier bassin et de 25,75 ml/g à 81,83 ml/g pour le deuxième bassin avec des moyennes de 57,50 ml/g et 58,29 ml/g. Cet indice évolue similairement pour les deux bassins.

Les valeurs de cet indice restent <100 ml/g qui est l'intervalle idéal : les boues sédimentent facilement et sont le plus souvent bien minéralisées (MVS < 65 %) (FNDAE n°33 [75]).

### VIII.3.2. Eléments trace métalliques

**Tableau VIII.5.** Concentrations des eaux usées en éléments trace métalliques à la sortie de la STEP de Koléa

En mg/ kg de MS	Koléa	Norme NFU 44-041
Cadmium	1.6	20
Chrome	40.26	1000
Cuivre	157	1000
Nickel	27.4	200
Plomb	20	800
Zinc	967	3000
Mercure	—	10
Cr+Cu+Ni + Zn	1191.6	4000

Les concentrations de ces éléments sont très faibles vis-à-vis aux valeurs limites réglementaires (normes OMS). Cela signifie que les boues sont valorisables dans l'agriculture comme engrais naturel.

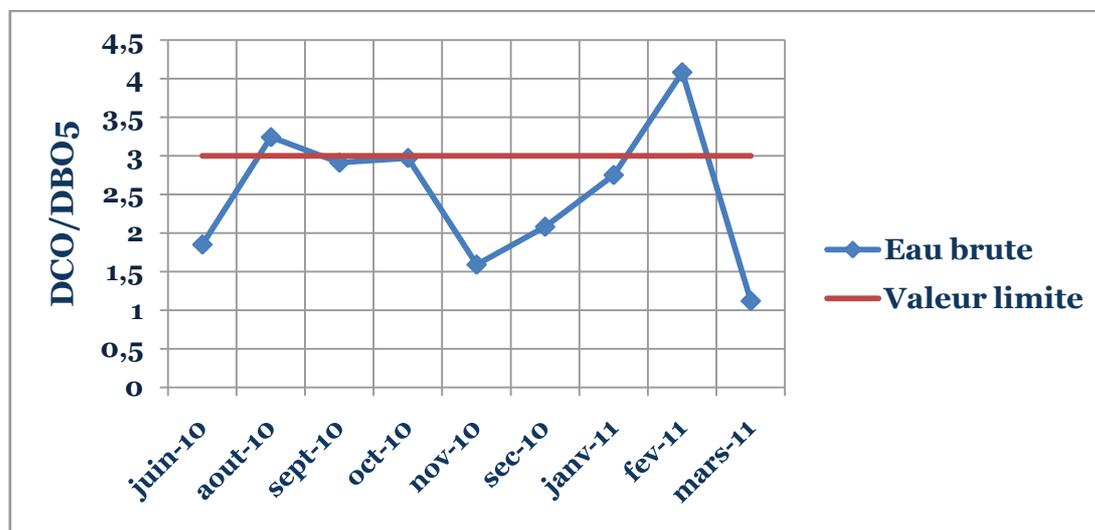
### VIII.3.3. Ratio C/N

Ce ratio a valeur égale à 13.29 avec une teneur en C égale à 32.3 % et en N égale à 2.43 %. Donc les boues sont susceptibles de provoquer un blocage temporaire d'azote en raison d'une stabilisation insuffisante ( $C/N > 12$ ) laissant un excès de carbone facilement fermentescible ( $C > 30$  %). Le pourcentage d'azote minéralisé atteint rarement 30 % (entre 0 et 25 %) et on peut observer une immobilisation plus ou moins longue de l'azote minéral du sol. (CHAUSSOD et al, 1981 [76]).

Cependant les températures élevées peuvent favoriser la continuité de la minéralisation des boues dans le sol, améliorant ainsi son potentiel organique.

### VIII.4. INTERPRETATION DES RATIOS

#### VIII.4.1. Ratio de biodégradabilité



**Figure VIII.14: Evolution du rapport de biodégradabilité à l'entrée de la STEP de Koléa  
(Juin 2010 à Mars 2011)**

Ce rapport représente la biodégradabilité de l'effluent. Leur évolution est très variable il se situe dans l'intervalle de 1.12 à 4.08 avec une moyenne de 2.26. Cependant, dans le cas d'une eau résiduaire urbaine le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est généralement compris entre 1,5 et 2,5 (RODIER, 2009 [27]). Ce qui montre la présence d'une forte proportion des matières moyennement biodégradables.

La chute brusque de ce ratio à 1.12 au mois de Mars indique le caractère fortement variable de la biodégradabilité de l'effluent.

#### VIII.4.2. Ratio DBO<sub>5</sub>/N-NH<sub>4</sub>/P-PO<sub>4</sub>

**Tableau VIII.6.** Evaluation du ratio C/N/P

	C/N/P		
Juin-10	100	12.40	0.95
Aout-10	100	6.49	2.13
Déc-10	100	17.60	2.36
Moyenne	100	13.11	1.66

Ce rapport représente les besoins métaboliques des bactéries. Il est de l'ordre 100/25/10 pour un effluent urbain (BECHAC, 1984 [5]) alors que l'équilibre

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

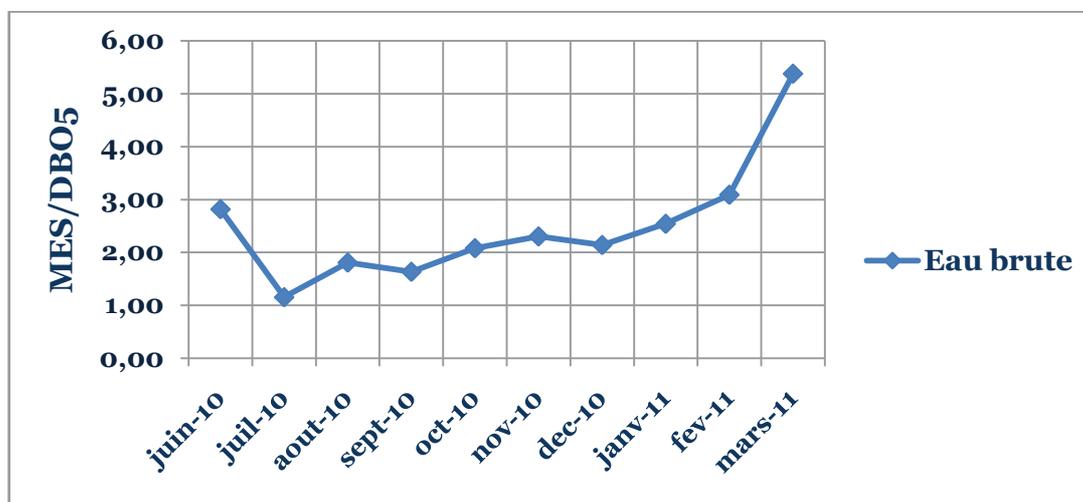
nutritionnel des micro-organismes est de 100/5/1, d'où on déduit qu'un excès considérable de ces deux éléments signifie un déséquilibre en nutriments qui constitue un handicap au niveau du traitement biologique.

**Tableau VIII.7.** Différences en azote et en phosphore (%)

	Différences en azote et phosphore (%)	
	N	P
Juin-10	148	-5
Aout-10	29	113
Déc-10	252	136
Moyenne	162	66

On remarque des excédents en azote d'une moyenne de 162 %, notamment pour les mois de Juin et Décembre qu'il faudra éliminer. Par contre en ce qui concerne le phosphore, on a en moyenne un excès de 66% mais il existe tout de même un déficit dans le mois de Juin.

### VIII.4.3. Rapport MES/DBO<sub>5</sub>



**Figure VIII. 15:** Evolution du rapport MES/DBO<sub>5</sub> à l'entrée de la STEP de Koléa  
(Juin 2010 à Mars 2011)

Ce rapport nous indique si la pollution est particulière ou bien dissoute. Dans notre cas il s'étale de 1.15 mg/l à 5,37 mg/l avec une moyenne de 2,49 mg/l, ce qui signifie qu'on a un effluent à caractère plutôt particulière. L'augmentation brusque observée du mois de Janvier à Mars est à relier au lessivage du bassin versant avec remise en suspension des sédiments dans les collecteurs.

### VIII.5. FILE ENERGIE

#### VIII.5.1. Energie totale consommée

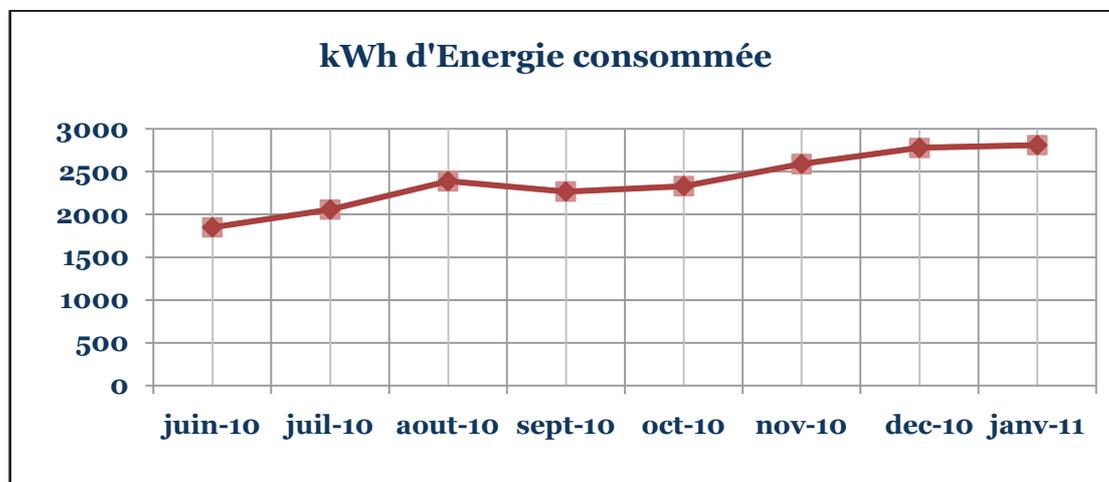


Figure VIII.16: Evolution de la consommation énergétique totale de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Janvier 2011)

Les valeurs moyennes de consommation électrique augmentent progressivement durant cette période de 1848 kWh à 2809 kWh avec une moyenne de 2383 kWh.

#### VIII.5.2. Efficacité énergétique hydraulique : Rapport kWh d'énergie consommée / m<sup>3</sup> d'eau traitée

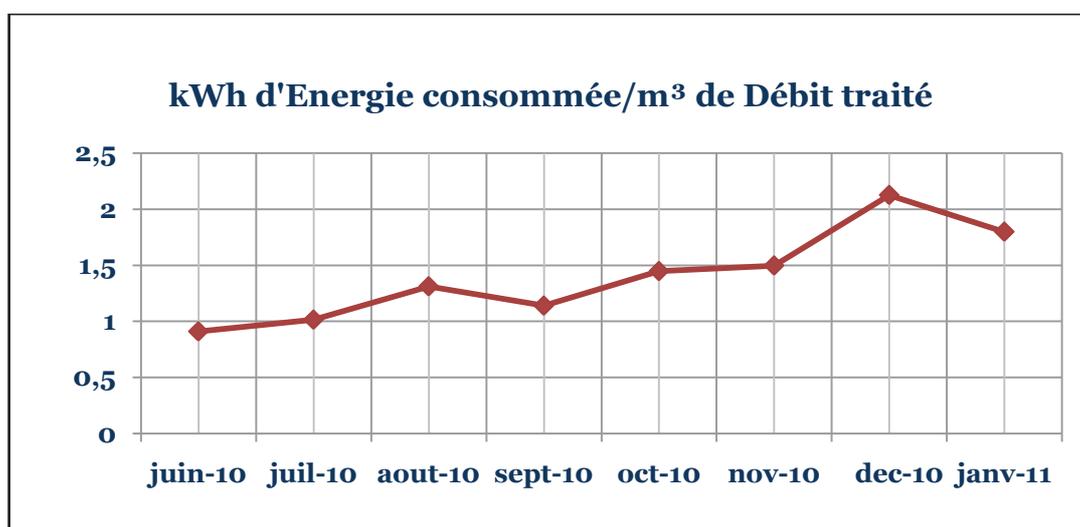


Figure VIII.17: Evolution de l'efficacité énergétique hydraulique de la STEP de Koléa (Juin 2010 à Janvier 2011)

Les valeurs moyennes de ce ratio s'étalent de 0.91 kWh/m<sup>3</sup> à 2.13 kWh/m<sup>3</sup> avec une moyenne de 1.41 kWh/m<sup>3</sup>.

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

On remarque une augmentation de l'efficacité énergétique hydraulique de 33 % durant la période Novembre 2010 à Janvier 2011 par rapport aux mois précédents et cela s'explique par les by-pass effectués et la consommation énergétique élevée durant ces mois.

### VIII.5.3. Ratio kWh /m<sup>3</sup> en comparaison avec la consommation totale d'énergie

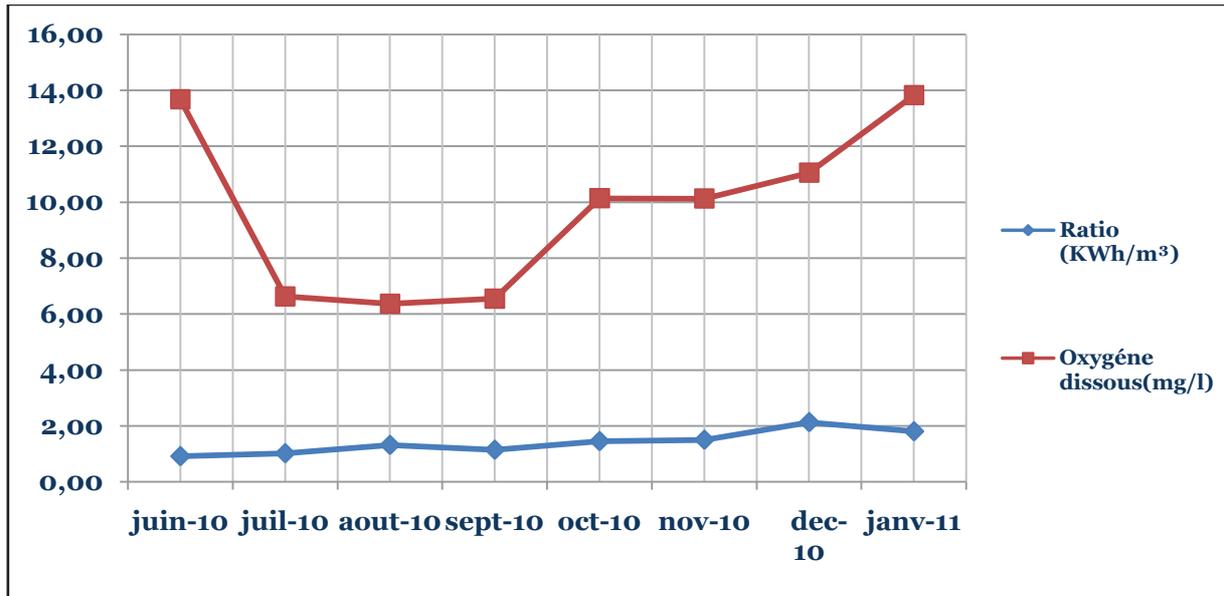


Figure VIII.18: Comparaison entre l'efficacité énergétique hydraulique et OD

On constate que l'évolution de la concentration de l'oxygène dissous est en rapport avec l'évolution de l'efficacité énergétique hydraulique car les aérateurs consomment une grande proportion de l'énergie totale consommée.

### VIII.5.4. kWh total consommés /kg DCO éliminées

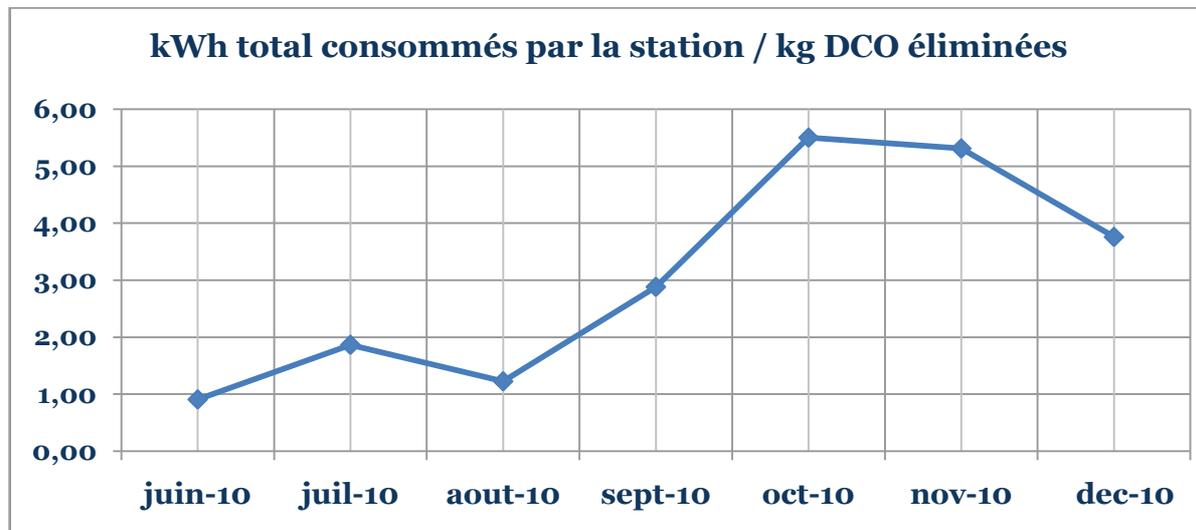


Figure VIII.19: Evolution du ratio kWh total consommés par la station / kg DCO éliminées pour la STEP de Koléa (Juin à Décembre 2010)

Nous remarquons une augmentation brusque de ce ratio à partir de mois d'Aout dépassant largement les valeurs de Juin en Octobre. La quantité moyenne d'énergie nécessaire pour éliminer 1 kg de DCO est de 3.06 kWh. Les valeurs requises pour le ratio (kWh total / DCO éliminée) sont habituellement comprises entre 0.9 et 1.2 (M.NAKIB). Il est très clair que nous sommes face à une sur-aération flagrante.

### VIII.5.5. Efficacité énergétique épuratoire : kWh total consommés /kg DBO<sub>5</sub> éliminées

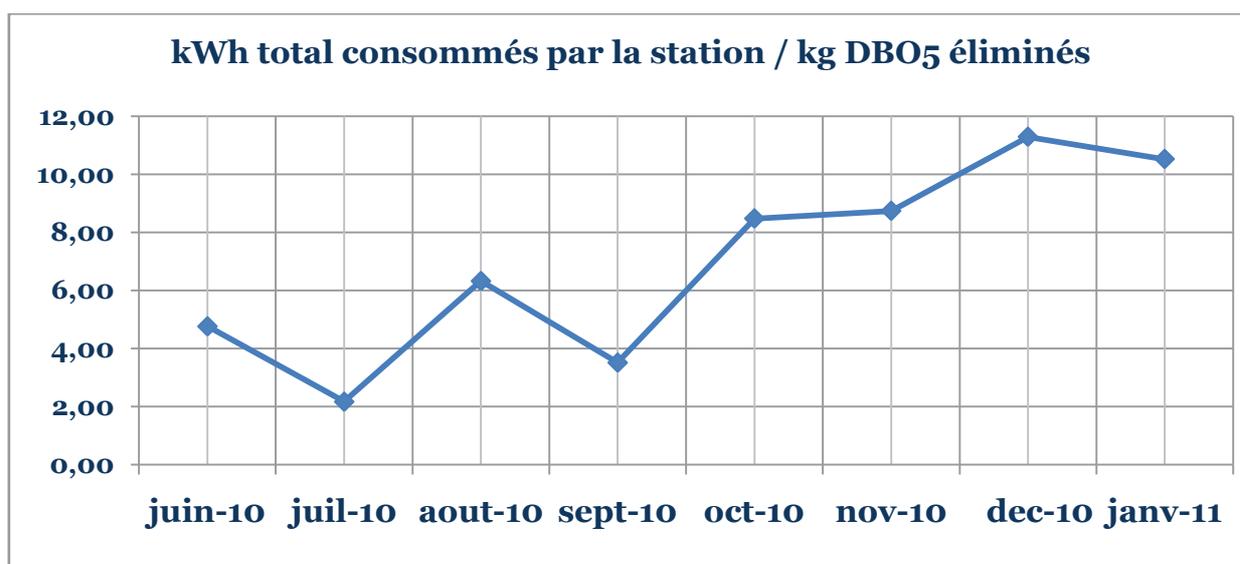


Figure VIII.20: Evolution du ratio kWh total consommés par la station / kg DBO<sub>5</sub> éliminés pour la STEP de Koléa (Juin 2010 à Janvier 2011)

## ***Chapitre VIII : Résultats et discussions***

---

Nous remarquons une évolution progressive de ce ratio à partir de Septembre atteignant une valeur maximale de 11.29 kWh total / kg DBO<sub>5</sub> éliminée en Décembre.

La quantité moyenne pour éliminer 1 kg de DBO<sub>5</sub> est de 6.98 kWh. Cette valeur montre une sur-aération trois fois plus forte par rapport à une STEP à boues activées à faible charge qui est de 2.5 kWh / kg DBO<sub>5</sub> traitée (A.HEDUIT & J.P. TABUCHI, 2012 [77]).

### **VIII.6. DISCUSSIONS**

Après avoir interprété et discuté les évolutions des différents paramètres de pollution de la file d'eau et boue, nous sortons avec les conclusions identificatrices suivantes de l'effluent et des boues produites de la STEP de Koléa pour la période qui s'étale de Juin 2010 jusqu'à Mars 2011.

- ✓ L'effluent est moyennement biodégradable ;
- ✓ A caractère particulière ;
- ✓ Il appartient à la classe 3 vis-à-vis de la conductivité électrique ;
- ✓ La STEP présente un degré élevé d'abattement de DBO<sub>5</sub>, DCO et MES ;
- ✓ Faible rendement d'élimination des orthophosphates pour un rejet dans un milieu naturel et surtout pour un milieu sensible à l'eutrophisation ;
- ✓ Bon rendement d'élimination de l'azote ammoniacal ;
- ✓ Présence de nitrates en sortie de la STEP ;
- ✓ La STEP marque la présence des eaux claires parasites avec un taux de dilution moyen de 122 % ;
- ✓ Les boues ne présentent aucune toxicité relative à la présence des éléments trace métalliques ;
- ✓ La STEP présente une sur-aération flagrante ;
- ✓ Elle présente une surconsommation énergétique.

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

### VIII.7. LES DYSFONCTIONNEMENTS DANS LA STEP DE KOLEA

La step de Koléa est sérieusement détérioré, plusieurs organes ont besoin d'une sérieuse réhabilitation, parmi les dysfonctionnements existants, nous avons:

**Tableau VIII.8:** Dysfonctionnements existants à la STEP de Koléa et leurs conséquences

Dysfonctionnement	Conséquences
Inexistence d'un bassin d'orage	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Nécessité d'effectuer des by-pass fréquemment, ce qui véhicule une partie du flux polluant directement au milieu naturel;</li><li>➤ L'eau usée arrivant avec un débit et vitesse élevés (vu la topographie pentue de la région) provoque le charriage et le transport solide ;</li><li>➤ Surcharge hydraulique permanente dans la période pluviale qui diminue les performances épuratoires de la STEP.</li></ul>
Dessableur et pompe du dessableur en panne	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Difficulté de gestion des sables dans les prochaines étapes de traitement ;</li><li>➤ Abrasion des pompes ;</li><li>➤ Epuisement des installations ;</li><li>➤ Perturbation de l'aération biologique au moment de brassage ;</li><li>➤ Bouchages récurrents des pompes ;</li><li>➤ Présence de dépôts et filasses dans les ouvrages à l'aval.</li></ul>
Absence de dégraisseur	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Présence gênante de graisses dans toutes les étapes de traitement ;</li><li>➤ Colmatage des pompes ;</li></ul>

## **Chapitre VIII : Résultats et discussions**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Epuisement des installations ;</li> <li>➤ Perturbation du transfert d'Oxygène en surface même après épuration.</li> </ul>
Absence du décanteur primaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diminution du rendement d'élimination de MES ;</li> <li>➤ Baisse du rendement d'élimination de la partie des orthophosphates qui sont fixés sur les MES.</li> </ul>
Arrêt du bassin d'aération n°1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Surcharge du deuxième bassin ;</li> <li>➤ Vieillessement des boues dans ce bassin qui seront difficile à gérer par la suite ;</li> <li>➤ Baisse du rendement de l'épuration biologique.</li> </ul>
Sur-aération dans le bassin biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Risque d'eutrophisation du milieu récepteur ;</li> <li>➤ Consommation énergétique élevée.</li> </ul>
Absence d'un bassin d'anoxie	Inhibition du processus de dénitrification, ce qui explique les flottants de couleur marron clair dans notre clarificateur (FNDAE n°33 [75]).
Inexistence de plusieurs appareils de mesure (NTK, NGL, Pt, turbidité, etc.) au laboratoire d'analyses.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Caractérisation incomplète de l'effluent à traiter ;</li> <li>➤ Mauvaise connaissance des performances de la station ;</li> <li>➤ Mauvaise connaissance de la qualité des sous-produits ;</li> <li>➤ Incapacité de choisir le traitement adéquat ;</li> <li>➤ Rejet au milieu récepteur sans avoir une idée précise sur le degré de toxicité.</li> </ul>
Déshydratation : presse en panne	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Faible siccité obtenue ;</li> <li>➤ Caractère liquide de la boue ;</li> <li>➤ Difficulté de gestion ;</li> <li>➤ Augmentation du cout de leur transport.</li> </ul>

## **Chapitre VIII : Résultats et discussions**

### **VIII.8. DETECTION VISUELLE DES ANOMALIES**

A chaque étape du traitement, une observation visuelle ou une perception par l'odorat peut nous donner une indication sur la présence d'une anomalie à laquelle on doit remédier. L'analyse de ces observations peut nous donner une idée sur les lacunes dans le fonctionnement de step.

**Tableau VII.9:** Bilan visuel pour la détection des anomalies de la STEP de Koléa

Lieux	Observations	Interprétations
Entrée de la STEP	Très forte Odeur	Présence de H <sub>2</sub> S
	Effluent marron foncé	Charriage surtout en temps de pluie
	Mousse blanchâtre	Présence de détergents tensioactifs et graisses flottantes.
Dessableur	Aspect trouble	Panne du dessableur
Bassin biologique	Mousse blanchâtre surtout aux coins	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Présence de graisses hydrophobes</li> <li>➤ Présence de détergents tensioactifs.</li> <li>➤ Zones mortes aux coins vu la forme rectangulaire du bassin</li> <li>➤ Prolifération de germes filamenteux due à un déséquilibre nutritionnel ou un âge élevé de la boue (POLLUTEC 94 [78])</li> </ul>
Clarificateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mauvaise Odeur</li> <li>➤ Présence de flottants de couleur marron clair</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Flottation des graisses</li> <li>➤ Présence de sulfures et méthane</li> </ul>

## Chapitre VIII : Résultats et discussions

		➤ Dénitrification incomplète (FNDAE n°33 [75])
Épaississeur	Aucune anomalie visuelle	/
Déshydratation	/	Déshydratation en panne

### VIII.9. RECOMMANDATIONS

Afin que les performances de la STEP de Koléa soient améliorées, il lui faut quelques corrections et améliorations, nous en proposons quelques-unes :

#### 1. Mise en place d'un bassin d'orage

Afin de stabiliser et laisser décanter la partie de charge polluante qui ne peut pas être traitée immédiatement.

#### 2. Mise en place d'un débitmètre à l'entrée

Afin d'évaluer la charge entrante avec plus de précision.

#### 3. Réhabilitation du dessableur et de sa pompe

Afin d'éviter l'abrasion des ouvrages dans les prochaines étapes du traitement et les dépôts gênants dans les pompes. En outre, on obtiendra une eau plus claire.

#### 4. Réhabilitation de la pompe de recirculation

Ceci permettra la rénovation des boues. Il faudra ensuite une récupération et évacuation des mousses, aspersion d'eau de Javel en surface afin d'inhiber les microorganismes filamenteux. [79]

#### 5. Récupération fréquente de l'écume grasseuse

Ceci permettra d'éliminer le problème de flottation par la suite et ainsi l'asphyxie du milieu naturel par la couche flottante.

### **6. Réhabilitation du laboratoire**

Pour de meilleures mesures des paramètres des files eau et boue. Ceci permettra de régulariser les excès et les déficits dans les différents paramètres azotés et phosphorés.

### **7. Mise en place d'un traitement anoxique**

Pour une bonne dénitrification et une bonne déphosphatation avant le rejet au milieu naturel.

### **8. Remédiation à la sur-aération**

En optimisant l'énergie consommée selon les besoins en O<sub>2</sub> du milieu. C'est pour cela qu'il faudra disposer de tous les appareils de mesure nécessaires.

### **9. Réhabilitation de la presse afin d'augmenter la siccité de la boue avant de la réutiliser en agriculture ou autre.**

## **VII.10. CONCLUSIONS**

Dans cette partie de notre travail, nous avons fait un diagnostic de la STEP de Koléa selon les points suivants :

- Evaluation
  - Collecte des données ;
  - Traçage des courbes/ histogrammes ;
  - Lecture des tracés (MIN, MOY, MAX).
- Identification
  - Comparaison aux normes de rejet et de réutilisation.
- Résultats
  - Anomalies ;
  - Recommandations.

# CONCLUSION GENERALE

## ***Conclusion générale***

---

Dans une vision globale de lutte contre la pollution pour protéger l'environnement et d'utiliser les ressources non conventionnelles afin de combler le déficit existant, le but recherché est la remise en cause des anomalies et des dysfonctionnements enregistrés, afin d'améliorer le fonctionnement de la station d'épuration.

Dans cette étude nous avons établi un diagnostic du fonctionnement de la station de Koléa, en commençant par le suivi des évolutions des différents paramètres de pollution puis, nous avons calculé et interprété des ratios concernant les files : eau et boue. Notre deuxième volet est l'examen de la possibilité de valoriser les sous-produits d'épuration dans l'agriculture.

Notre étude nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

➤ ***Les paramètres physico-chimiques***

- ✓ La température, le pH et la conductivité électrique ne posent aucun problème ;
- ✓ Une forte aération représentée par une teneur élevée de l'oxygène dissous ;
- ✓ La salinité est acceptable (combinaison entre SAR et CE) ;
- ✓ La concentration en ions Na<sup>+</sup> est de 85 mg/l, elle est supérieure à 69 mg/l la limite admissible pour pratiquer une irrigation en surface des cultures sensibles et largement supérieur à la valeur limite pour une irrigation par aspersion qui est de 9 mg/l (Normes marocaines [80]).

➤ ***Les rendements épuratoires***

- ✓ Nous remarquons des bons rendements d'élimination des MES, DCO et DBO<sub>5</sub> ;
- ✓ Les rendements d'élimination de l'azote et du phosphore sont aussi conformes aux normes sauf dans le cas d'un milieu sensible à l'eutrophisation, les orthophosphates dépassent la limite de (<0.1 mg/l).

## *Conclusion générale*

---

### ➤ **Les boues**

- ✓ Les boues sédimentent facilement mais sont susceptibles de provoquer un blocage temporaire d'azote en raison d'une stabilisation insuffisante ;
- ✓ Pas de problème de toxicité.

### ➤ **Les ratios calculés**

- ✓ DCO/DBO<sub>5</sub> : l'effluent présente une biodégradabilité très variable ;
- ✓ C/N/P : un excès en azote et en phosphore ;
- ✓ MES/DBO<sub>5</sub> : la pollution est d'origine particulaire.

### ➤ **File énergie**

- ✓ Nous remarquons une surconsommation énergétique.

Il est vrai que les paramètres physico-chimiques de la STEP ayant pu être mesurés sont conformes aux normes d'irrigation. Cependant, la concentration en sodium dépasse la limite fixée par les normes d'irrigation marocaine qui est de 69mg/l [80].

Avant que l'eau épurée de la STEP puisse être réutilisée en irrigation on doit s'assurer que :

- ✓ Les analyses des sels minéraux sont toutes disponibles et sont toutes conformes aux normes (B, Cl,...).
- ✓ Des analyses sur les métaux lourds sont effectuées et comparées avec les normes.
- ✓ Des analyses sur les carbonates et les bicarbonates sont mesurées et comparées aux normes car leur mesure nous informe sur l'alcalinité de l'eau.
- ✓ Une quantification exacte de tous les paramètres microbiologiques notamment les nématodes intestinaux et les coliformes fécaux est effectuée et une comparaison complète avec les normes est faite (cf. annexe VI).
- ✓ Il existe une convenance réglementaire entre le choix de la culture à irriguer et l'eau épurée (cf. annexe VI, annexe VIII annexe XV).

## *Conclusion générale*

---

En ce qui concerne les boues, les analyses des métaux lourds montrent une conformité aux normes (NFU 44-041).

Le rapport C/N est de 13.29 peut provoquer un blocage temporaire de l'azote mais par suite de température élevée induisant une minéralisation de la matière organique, un lessivage de l'azote nitrique est à craindre après arrosage.

Afin de réduire les pertes de nitrates par percolation nous recommandons d'apporter la boue pendant la période de croissance des plantes.

## ANNEXES

**Annexe I :** Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres physico-chimiques de la pollution de l'eau (Source OMS).

Paramètre	Norme et méthode de mesure	Norme de rejet
Température	<p>Détermination au moyen de trois appareillages: oxymètre, conductimètre, et pH-mètre. La valeur prise étant la moyenne des trois températures mesurées.</p> <p>NF EN 25667 (ISO 5667)</p>	<p>➤ 30°C : valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur [OMS et JORA1993]</p> <p>➤ 35°C : valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation</p>
Oxygène dissous	<p>réalisée soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ par titrage (méthode Winkler 1888)</li> <li>➤ Grâce à une électrode sensible à l'oxygène dissous.</li> </ul> <p>AFNOR NF EN 25813 et AFNOR NE EN 25814</p>	
Ph	<p>La mesure du pH peut être réalisée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH-mètre</li> <li>- procédé électrométrique à l'électrode de verre.</li> </ul> <p>AFNOR NF T 90-008</p>	6.5<PH<8.5 [OMS]
Conductivité	<p>Détermination par conductimètre : basée sur une mesure électrochimique de résistance.</p> <p>AFNOR EN 27888</p>	Conductivité <2700µS/cm [OMS]

**Annexe II : Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres de la pollution particulaire de l'eau (Source OMS)**

Paramètre	Norme et méthode de mesure	Norme de rejet
MES	<p>Il existe deux méthodes normalisées d'analyse des MES :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la méthode par filtration sur filtre en fibres de verre (NF EN 872)</li> <li>- la méthode par centrifugation (NF T 90-105-2).</li> </ul>	<p>MES &lt; 20 mg/l [OMS]</p>
MVS	<p>-Calcination des matières organiques dans un four à moufle à 550 °C. La différence de masse, exprimée en mg.l-1, entre les MES et les matières résiduelles (minérales) représente les MVS. (Baumont S, Camard JP, Lefranc A, Franconi A. 2004)</p> <p>AFNOR NF T 90-105</p>	<p>En Basse Saison, la valeur basse doit être supérieure à 1 à 1,5 g de MVS/l (J.O.R.A. 1996)</p>
Turbidité	<p>-Mesure de la réduction de l'intensité lumineuse d'un rayon traversant un liquide contenant des matières en suspension. (FAO)</p> <p>(NF EN ISO 7027)</p>	<p>Turbidité &lt; 5 NTU</p>

**Annexe III : Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres de la pollution organique de l'eau (Source OMS)**

Paramètre	Norme et méthode de mesure	Norme de rejet
DCO	-mesure par des DCO-mètres : l'analyse se fait généralement suivant la norme (NFT 90-101) et la mesure peut s'effectuer soit par titrimétrie, soit par colorimétrie	DCO<90mg/l [OMS]
DBO <sub>5</sub>	<p><b>Les méthodes normalisées de mesure :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- méthode par dilution et ensemencement avec apport d'allyle thio-urée (NF EN 1899-1)</li> <li>- méthode pour les échantillons non dilués (NF EN 1899-2).</li> <li>-méthode par mesure de la quantité d'oxygène consommée (NF-T-90-103)</li> </ul> <p><b>Les méthodes commerciales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mesure respirométrique ou manométrique,</li> <li>-mesure de la consommation d'oxygène (Rodier J., .2005)</li> </ul>	DBO <sub>5</sub> <30 mg/l [OMS]
COT	-Détection infrarouge du CO <sub>2</sub> formé lors de la combustion d'un échantillon d'eau à 680 °C NF EN 13137	

Annexe IV : Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres de la pollution dissoute de l'eau (Source OMS)

Paramètre	Norme et méthode de mesure	Norme de rejet
<p>Les composés Azotés</p>	<p>-Méthode normalisée de mesure d'Azote Kjeldhal (N-NTK) AFNOR NF T</p> <p>-Méthode normalisée de mesure d'Azote ammoniacal (NNH<sub>4</sub><sup>+</sup>) AFNOR T 90-015-2 (2000)</p> <p>-Méthode normalisée de mesure des nitrites : NF EN 26777</p> <p>-Méthode normalisée de mesure des nitrates : NF EN ISO 13395,</p> <p>-Méthodes continues de mesure des nitrates :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ méthodes colorimétriques,</li> <li>➤ méthode spectrophotométrique directe,</li> <li>➤ méthode par électrode à ion spécifique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ NTK &lt; 6 mg/l</li> <li>➤ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> &lt; 5 mg/l</li> <li>➤ NO<sub>2</sub><sup>-</sup> &lt;10 mg/l</li> <li>➤ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> &lt;10 mg/l</li> </ul> <p>[OMS]</p>

<p>Les composés phosphorés</p>	<p>-Méthode de mesure normalisée du phosphore total : NF EN ISO 6878</p> <p>-Méthode commerciale : le phosphore total est dosé après minéralisation et en général par colorimétrie.</p> <p>-Méthode de mesure normalisée de l'Ortho-phosphates (P-PO<sub>4</sub>-3) NF EN 1189 (1997)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> &lt; 1mg/l</li><li>➤ PT &lt; 3 mg/l [OMS]</li></ul>
--------------------------------	---	--

**Annexe V : Normes internationales de mesure et de rejets sur les paramètres toxique de l'eau (Source OMS)**

<b>Paramètre</b>	<b>Norme et méthode de mesure</b>	<b>Norme de rejet</b>
<b>Les tensioactifs</b>	Dosage des agents de surface anioniques par mesure de l'indice au bleu de méthylène. (SABM NF EN 903) (EPNAC)	
<b>Les hydrocarbures</b>	-Mesure par la méthode de dosage des hydrocarbures totaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hydrocarbures Totaux : AFNOR T90-203</li> <li>➤ Halogénés : AFNOR EN ISO 10301</li> <li>➤ Aromatiques : AFNOR EN ISO 1568</li> </ul>	HC < 20 mg/l [OMS]

**Annexe VI : Les Spécifications Des Eaux Usées Epurées Utilisées A Des Fins D'irrigation- Paramètres biologiques (Source : MRE)**

<b>Groupes De cultures</b>	<b>Paramètres microbiologiques</b>	
	<b>Coliformes Fécaux (CFU /100 ml) (moyenne géométrique)</b>	<b>Nématodes intestinaux (œufs / l) (moyenne arithmétique)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Irrigation non restrictive</li> <li>➤ Culture des produits pouvant être consommés crus</li> </ul>	<100	Absence
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Légumes qui ne sont pas consommés que cuits</li> <li>➤ Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire</li> </ul>	<250	<0,1
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Arbres fruitiers <sup>(1)</sup></li> <li>➤ Cultures et arbustes fourragers <sup>(2)</sup></li> <li>➤ Cultures céréalières</li> <li>➤ Cultures industrielles <sup>(3)</sup></li> <li>➤ Arbres Forestiers</li> <li>➤ Plantes florales et ornementales<sup>(4)</sup></li> </ul>	Seuil recommandé < 1000	<1
Les cultures du groupe précédent (CFU / 100 ml) utilisant l'irrigation localisée <sup>(5) (6)</sup>	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 maîtrise la gestion de l'irrigation localisée.

**Annexe VII:** Les Spécifications Des Eaux Usées Epurées Utilisées A Des Fins D'irrigation- Paramètres physico-chimiques (Source : MRE)

	Paramètres	Concentration maximale admissible
Physiques	pH	[6.5 ; 8.5]
	MES	30 mg/l
	CE	3 ds/m
	Infiltration le SAR= 0-3 CE	0.2 ds/m
	3-6	0.3 ds/m
	6-12	0.5 ds/m
	12-20	1.3 ds/m
	20-40	
Chimiques	DBO <sub>5</sub>	30 mg/l
	DCO	90 mg/l
	Chlorure (Cl)	10 meq/l
	Azote (NO <sub>3</sub> -N)	30 mg/l
	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	8.5 meq/l
Eléments	Aluminium	20
	Arsenic	2
	Béryllium	0.5
	Bore	2
	Cadmium	0.05

Toxiques(*)	Chrome	1
	Cobalt	5
	Cuivre	5
	Cyanures	0.5
	Fluor	15
	Fer	20
	Phénols	0.002
	Plomb	10
	Lithium	2.5
	Manganèse	10
	Mercure	0.01
	Molybdène	0.05
	Nickel	2
	Sélénium	0.02
	Vanadium	1
Zinc	10	

(\*) Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

**Annexe VIII : La Liste Des Cultures Pouvant Etre Irriguées Avec Des Eaux Usées Epurées.**

Groupes De Cultures pouvant être irriguée par des eaux usées épurées.	Liste des Cultures
Les arbres fruitiers <sup>(1)</sup>	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Les agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Les cultures fourragères <sup>(2)</sup>	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce, et luzerne.
Culture industrielle	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, Coton, le tabac, le lin.
Les cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine
Les cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petits pois.
Les arbustes fourragers	Acacia et l'Atriplex.
Les plantes florales à sécher ou à usage industriel.	Le rosier, l'iris, le jasmin, la marjolaine et le romarin.

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

**Annexe IX : Arrêté ministériel fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées**

Le Ministre des ressources en eau ;

Le ministère de l'agriculture et du développement rural ;

Le ministère de la santé, de la population et de la réforme hospitalière.

-Vu le décret présidentiel n°10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du gouvernement ;

-Vu le décret exécutif n°05-464 du 3 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 06 Décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

-Vu le 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 affèrent.

Arrêtent :

**Article 1 :** En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n°07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.

**Article 2 :** Le présent arrêté sera publié au journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire ;

Fait à Alger, le 02 Janvier 2012

**Annexe X : Bilans mensuels des analyses : File eau.**

**I. Charge hydraulique :**

<b>Mois</b>	<b>Débit Entrant (m3 /j)</b>	<b>Débit Sortant (m3/j)</b>	<b>Débit /capacité nominale (%)</b>
juin-10	2437	2031	22,34
juil-10	2432	2027	22,30
Aout-10	2184	1820	20,02
sept-10	2387	1989	21,88
oct-10	1932	1610	17,71
nov-10	2075	1729	19,02
Dec-10	1568	1307	14,38
janv-11	1874	1562	17,18
Fev-11	2371	1976	21,73
mars-11	1955	1629	17,92

**II. Paramètres physico-chimiques :**

	<b>Température (°C)</b>		<b>pH</b>		<b>OD (mg/l)</b>		<b>Conductivité (µs/cm)</b>	
	Eau Brute	Eau Epurée	Eau Brute	Eau Epurée	Eau Brute	Eau Epurée	Eau Brute	Eau Epurée
juin-10	23.49	23.56	8.55	8.68	12.24	13.67	1184	1108
juil-10	25.65	25.71	8.65	8.80	4.78	6.62	1238	1206
Aout-10	25.87	25.91	8.84	9.06	3.48	6.36	1292	1201
sept-10	24.08	23.50	8.16	8.21	5.08	6.54	1107	1027

oct-10	21.11	20.82	8.51	8.52	7.96	10.13	1044	962
nov-10	17.57	17.05	8.87	8.65	9.75	10.13	964	858
Dec-10	15.36	14.33	7.60	7.36	10.27	11.05	1033	837
janv-11	15.65	14.76	7.86	7.69	12.84	13.82	1039	956
Fev-11	15.18	14.59	7.99	7.81	11.92	12.07	946	884
mars-11	17.31	16.56	8.1	8.07	12.76	11,94	950	968

### III. Paramètres de pollution globale et particulaire :

Mois	DCO (mg/l)		DBO <sub>5</sub> (mg/l)		MES (mg/l)	
	Eau Brute	Eau Epurée	Eau Brute	Eau Epurée	Eau Brute	Eau Epurée
juin-10	315,33	62,33	170,00	13,00	0,48	0,01
juil-10	/	/	400,00	13,00	0,46	0,01
Aout-10	616,00	36,83	190,33	21,00	0,34	0,01
sept-10	816,00	51,00	280,00	12,00	0,46	0,01
oct-10	452,75	41,13	152,50	12,25	0,32	0,01
nov-10	246,33	23,33	154,67	14,33	0,36	0,01
Dec-10	345,50	14,28	166,25	11,25	0,36	0,01
janv-11	418	23	152	11,5	0,386	0,04
Fev-11	694,00	48,75	170,00	15,60	0,525	0,03
mars-11	100	14	89,33	10,67	0,48	0,02

### IV. Composés azotés et phosphorés :

Mois	Composés azotés (mg/l)						Composés phosphorés (mg/l)	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
juin-10	27.19	0,64	0,61	0,14	7,07	1,27	4,93	1,32
juil-10	34.67	4,77	0,16	0,09	5,95	0,74	/	/
Aout-10	15.93	0,38	0,12	0,04	/	/	12,42	9,35
sept-10	19.00	1,01	0,24	0,04	/	/	/	/
oct-10	23.62	0.59	0,21	0,07	/	/	/	/
nov-10	47.33	2.48	0,27	0,18	/	/	/	/
Dec-10	37.75	1.18	0,18	0,06	/	/	12,00	7,80
janv-11	32	1,3	/	/	/	/	/	/
Fev-11	60.31	1.47	/	/	/	/	/	/
mars-11	27.75	3.02	/	/	/	/	/	/

#### V. Indice de boue (IB)

BA1	BA2
23,22	25,745
34,93	38,42
45,43	46,12
46,00	45,95
60,89	60,72
62,85	58,89
65,88	64,99
80,9	81,3
78,95	81,83
75,95	78,95

## VI. Ratios de paramètres

Mois	DCO / DBO <sub>5</sub>		C/N/P		MES / DBO <sub>5</sub>
	EB	EE	EB	EE	EB
juin-10	1,85	4,79	100/12,40/0,95	100/0,19/0,17	0,0028
juil-10	0,00	0,00			0,0012
Aout-10	3,24	1,75	100/6,49/2,13	100/0,04/0,43	0,0018
sept-10	2,91	4,25			0,0016
oct-10	2,97	3,36			0,0021
nov-10	1,59	1,63			0,0023
Dec-10	2,08	1,27	100/17,60/2,36	100/0,91/2,54	0,0021
janv-11	2,75	2,00			0,0025
Fev-11	4,08	3,13			0,0031
mars-11	1,12	1,31			0,0054

## VII. Consommation électrique

MOIS	Consommation électrique totale (KWh)	Efficacité énergétique hydraulique (KWh / m <sup>3</sup> )	Efficacité énergétique hydraulique /kg DCO éliminée	Efficacité énergétique hydraulique /kg DBO <sub>5</sub> éliminée
juin-10	1848	0,91	0,91	4,77
juil-10	2057	1,01	/	2,17
Aout-10	2387	1,31	1,87	6,32
sept-10	2266	1,14	1,23	3,52
oct-10	2330	1,45	2,88	8,48
nov-10	2588	1,50	5,50	8,74
Dec-10	2777	2,13	5,31	11,29
janv-11	2809	1,80	3,76	10,52

**Annexe XI : Réalisation de 34 stations d'épurations avec une capacité totale de 4000000 EH**

<b>Stations</b>	<b>Capacités nominales</b>	<b>Stations</b>	<b>Capacités Nominales</b>
Aflou	92000 EH (10365 m <sup>3</sup> /j)	Boufarik	375 000 EH (60 00 m <sup>3</sup> /j)
Biskra	330000 EH (55000 m <sup>3</sup> /j)	Sidi-Aich	65 000 EH (10400 m <sup>3</sup> /j)
Djanet	16000 EH (2500 m <sup>3</sup> /j)	Mohammadia	95 000 EH (14 000 m <sup>3</sup> /j)
Ouacif	11000 EH (1320 m <sup>3</sup> /j)	Mostaganem	350 000 EH (56 000 m <sup>3</sup> /j)
Ain El Hammam	15500 EH (1860 m <sup>3</sup> /j)	Ain M'lila	117 000 EH (16820 m <sup>3</sup> /j)
Ouadhia	215000 EH (2580 m <sup>3</sup> /j) Boues activées	Fedjioua-Ain beida	80 000 EH (9600 m <sup>3</sup> /j)
Mechtras	25000 EH (4453 m <sup>3</sup> /j)	Zeghaia-Oued- endja	38 000 EH (4500 m <sup>3</sup> /j)
Boughardai ne	7500 EH (900 m <sup>3</sup> /j)	Rouached	19 000 EH (2250 m <sup>3</sup> /j)
Ali Mendjeli	200000 EH Boues activées	Timimoun	42113 EH (13 476 m <sup>3</sup> /j)
Adrar	155000 EH	Ténès	62 000 EH (8 500 m <sup>3</sup> /j)
Bechar	300 000 EH	Tébessa	300 000 EH (48 000 m <sup>3</sup> /j)
Boudouaou	150 000 EH	Marset Ben	80 000 EH

		M'Hidi	
Ouargla	/	Irdjen 1	15 000 EH (1800 m <sup>3</sup> /j)
Akbou	100 000 EH (16000 m <sup>3</sup> /j)	Irdjen 2	11 200 EH (1344 m <sup>3</sup> /j)
Barika	200 000 EH (26000 m <sup>3</sup> /j)	Beni Mered	383 000 EH (52000 m <sup>3</sup> /j)
Bou Ismail	230 000 EH (32000 m <sup>3</sup> /j)	Arris	63 000 EH (9400 m <sup>3</sup> /j)
Oum EL Bouaghi	145 000 EH (20 000 m <sup>3</sup> /j) Boues activées faible charge	Collecteurs acheminant les eaux usées vers la STEP de Sidi Merouane en projet.	/

**Annexe XII : Les virus dans les eaux usées**

<b>Agent pathogène</b>	<b>Symptômes, maladie</b>	<b>Nbre pour 1l d'eau usée</b>	<b>Voies de contamination principales</b>
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Adénovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, vomissement, diarrhée		Ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion / inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée		Ingestion
<b>Entérovirus :</b>			
Poliovirus	Paralysie, méningite, fièvre	182 à 492 000	Ingestion
Coxsackie A	Méningite, fièvre, pharyngite, maladie respiratoire		Ingestion
Coxsackie B	Myocardite, anomalie congénitale du cœur (si contamination pendant la grossesse), éruption cutanée, fièvre, méningite, maladie respiratoire		Ingestion
Echovirus	Méningite, encéphalite,		Ingestion

	maladie respiratoire, rash, diarrhée, fièvre		
Entérovirus 68-71	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, conjonctivite hémorragique aiguë, fièvre		Ingestion

Source : Site Internet du ministère de la Santé du Canada ([www.hc-sc.gc.ca](http://www.hc-sc.gc.ca))

### Annexe XIII : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées

<b>Agent pathogène</b>	<b>Symptômes, maladie</b>	<b>Nbre pour 1l d'eau usée</b>	<b>Voies de contamination Principales</b>
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite		Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite		Ingestion
Campylobacter	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
Vibrio	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
Leptospira	Leptospirose		Cutanée/Inhalation/Ingestion
Legionella	Légionellose		Inhalation
Mycobacterium	Tuberculose		Inhalation

**Annexe XIV : Les parasites pathogènes dans les eaux usées**

<b>Agent pathogène</b>	<b>Symptômes, maladie</b>	<b>Nbre pour 1l d'eau usée</b>	<b>Voies de contamination Principales</b>
<b>Protozoaires</b>			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 100000	Ingestion
Balantidium coli	Diarrhée bénigne, ulcère du colon	28-52	Ingestion
Cryptosporidium	Diarrhée	3 à 122	Ingestion
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre		Inhalation/ Ingestion
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids		Ingestion
Microsporidium	Diarrhée		Ingestion
<b>Helminthes</b>			
Ascaris	Ascariadiase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
Ancylostoma	Anémie	6 à 188	Ingestion/ Cutanée
Necator	Anémie		Cutanée
Tænia	Diarrhée, douleurs Musculaires		Ingestion de viande mal cuite
Trichuris	Diarrhée, douleur Abdominale	10 à 41	Ingestion
Toxocora	Fièvre, douleur Abdominale		Ingestion
Strongyloïdes	Diarrhée, douleur		Cutanée

	abdominale, nausée		
Hymenolepis	Nervosité, troubles digestifs, anorexie		Ingestion

**Annexe XV :** Les normes microbiologiques révisées de l’OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (Source:MRE)

<b>Catégorie</b>	<b>Condition De réutilisation</b>	<b>Groupes Exposés</b>	<b>Nématodes intestinaux</b>	<b>Coliformes Fécaux</b>	<b>Traitement recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique</b>
<b>A</b>	Irrigation sans restriction A1 pour les cultures maraichères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics.	Travailleurs, consommateurs, publics.	$\leq 0,1$	$\leq 10$	Série de bassin de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement équivalent (ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d’un lagunage tertiaire. Soit d’une filtration et d’une désinfection)
<b>B</b>	Irrigation restreinte.	<b>B1 :</b> Travailleurs	$\leq 1$	$\leq 10^5$	Série de bassin de rétention

	Céréales, cultures industrielles, Fourragères, pâturage et Forêt	(mais pas les enfants < 15 ans), population alentour			dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration)
		B2 : comme B1	$\leq 1$	$\leq 10^5$	Comme pour la catégorie A
		B3 travailleurs dont les enfants < 15 ans. Population Alentour	$\leq 0.1$	$\leq 10^5$	Comme pour la catégorie A
<b>C</b>	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Pas de norme	Pas de norme	Prés traitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

**Annexe XVI : Fiche technique de la step de Koléa**

*Données générales*

Wilaya	Tipaza
Commune	Koléa
Etat de fonctionnement	En marche
Nature des eaux épurées	Urbaines
Lieu de rejet	Oued Mazafran
Date de réalisation	1983
Entrprise / génie civil	Passavant/formyd
Entreprise / équipement	Passavant /ENITEC
Date de mise en service	1986



*Gestion / exploitation*

Organisme gestionnaire	ONA (1986) puis SEAAL depuis 2012
Mode de gestion	Marché (DHW)

*Paramètres de pollution de conception :*

*Réseau d'assainissement concerné:*

	Entrée	Sortie
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	197	30
DCO (mg/l)	395	90
MES (mg/l)	330	30

Ville	Koléa
Type	Unitaire

*Caractéristiques techniques de conception :*

Procédé d'épuration	Boues activées à faible charge	
Capacité d'épuration	75000	Eq.hab.
Débit installé	10910	M <sup>3</sup> /j

*Impact*

	Barrage	Nappe	Oued
Protection			x

*Réutilisation*

- Eau épurée :

Pas de réutilisation

- Boues :

*Stations de relevage en amont de la step :*

Nombre de station de relevage	2
-------------------------------	---

Dépôt	Décharge	Agriculture
	x	

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Dictionnaire Larousse, Bibliorom, édition 2009.
- [2] : Office International De L'eau, Conception/ Dimensionnement, Caractérisation Des Eaux Usées.
- [3] : <http://premiumorange.com/renard/travaux/Sciences/eau/use.htm>
- [4] : Encyclopédie Encarta, édition 2009.
- [5] : J.P.BECHAC & P.BOUTIN & B.MERCIER & P.NUER, Edition EYROLLES, Traitement des eaux usées, 1984.
- [6] : Kaouther MEDARBEL & Sara AMROUCHE, Mise en place d'indicateurs de suivi et d'optimisation de la station d'épuration de Réghaia, PFE, juin 2012.
- [7] : [http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/drinking\\_water\\_20120306/fr/](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/drinking_water_20120306/fr/) (site de l'OMS).
- [8] : A. O. ABDELHAFID & A. BENHABIB & B. TAIBI, Colloque International Sur Les Usages Ecologiques, Economiques Et Sociaux De L'eau Agricole En Méditerranée : Quels Enjeux Pour Quels Services ? , Université De Provence, Marseille, 20-21 Janvier 2011.
- [9] : Office international de l'eau, Afrique du nord, Algérie, février 2008.
- [10] : <http://www.djazairess.com/fr/lefinancier/6362>
- [11] : E. ADLER, Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, ACONSULT, Cours sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement – ENTPE, avril 2005.
- [12] : [http://www.memoireonline.com/06/11/4587/m\\_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s1.html](http://www.memoireonline.com/06/11/4587/m_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s1.html)
- [13] : W.W.ECKENFELDER, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, technique et documentation Lavoisier, 1982.
- [14] : GRAIE (Groupe de recherche Rhône-Alpes pour l'infrastructure et l'eau) – préfecture de l'AIN, Journée d'information départementale, Décembre 2005.

- [15] : J.C. BOEGLIN, Analyse des eaux résiduaires –Mesure de la pollution, techniques de l'ingénieur.
- [16] : R. MOLETTA : L'eau, sa pollution, et son traitement.
- [17] : Latifa AZZOUZ, Traitement des lixiviats de la décharge d'Oued Smar par couplage, thèse de magister, Juin 2011.
- [18] : Hichem SIBOUKEUR, Contribution à la production du biogaz à partir des boues de la station d'épuration de la ville de Hassi R'mel, thèse de magister, Février 2010.
- [19] : J. LESAVRE, Epuration des eaux résiduaires urbaines : nature et paramètres de pollution, Eau Seine-Normandie.
- [20] : L'élimination de la pollution azotée des eaux résiduaires urbaines, GLS, Memotec n° 24, Janvier 2006.
- [21] : G.DERONZIER & S.SCHETRITE & Y.RACAULT & J.CANLER, A.LIENARD, A.HEDUIT, P.DUCHENE, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche de France, Document technique FNDAE n° 25, Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités.
- [22] : Yacine AIT AMIRI, Etude Des Indicateurs De Performance De La Station D'épuration De Baraki, PFE Juin 2012.
- [23] : C. ASSOUN, Métaux lourds et toxiques, Genève le 20.08.2007.
- [24] : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général.
- [25] : R.THOMAZEAU, Stations d'épurations : eaux potable-eau usées (précis théorique & technologique), TEC & DOC, 1981.
- [26] : A. DEMBA N'DIAYE & M. OULD SID & A. OULD KANKOU & K. IBNO NAMR, Evaluation de la qualité physicochimique des effluents d'une Société de Mise en Bouteille à Nouakchott (Mauritanie), science lib, 02.01.2012.
- [27] : J. RODIER & B. LEGUBE & N. MERLET et coll. L'analyse de l'eau, 9° édition, Dunod, 2009.
- [28] : A.G.SADOWSKI, Méthodes de calcul d'une filière de traitement « boue activée très faible charge-nitrification et dénitrification- traitement du phosphore, SHU-ENGEES, Mars 2002.

[29] : A.E. STRICKER & A. HEDUIT, phosphore des eaux usées état des lieux et perspectives, ONEMA & CEMAGREF, Mars 2010.

[30] : L. MERCOIRET, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, Cemagref et ONEMA, Novembre 2010.

[31] : L. MERCOIRET, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités, Cemagref et ONEMA, Novembre 2010.

[32] : H.GUERREE & C.GOMELLA, Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales, tome 1 ; la collecte, EYROLLES 2<sup>o</sup> édition, 1982.

[33] : J. WETHE, Gestion des ouvrages d'eau et d'assainissement, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, aout 2008.

[34] : Les bassins d'orage sur les réseaux d'assainissement, FNDAE N°6, mars 1988.

[35] : M. DESHAYES, Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés, INSA de Strasbourg, Spécialité Génie Civil, PFE 2007-2008.

[36] : L'assainissement des agglomérations : techniques d'épuration actuelle et évolution, Document réalisé par les agences de l'eau et le ministère de l'environnement-France, avril 1994.

[37] : H.GUERREE & C.GOMELLA, Les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales, tome 2 ; le traitement, EYROLLES, 1978.

[38] : A. KETTAB, Traitement des eaux, office des publications universitaires.

[39] : A. TOSUN-BAYRACTAR, Traitement des eaux usées-traitement physico-chimique.

[40] : Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées, mise en œuvre de la directive du conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines et résiduaires, commission européenne.

[41] : L. FLORE & M. CAROLINE & J. CONSTANCE, la biofiltration les principaux biofiltres brevetés en France, ISIM et office international de l'eau, janvier 2003.

[42] : <http://www.hqe.guidenr.fr/cible-s-hqe/filtre-infiltration-percolation-traitement-eaux-usées>

[43] : Les filtres plantés de roseaux, le lagunage naturel et leurs associations comment? Pour quoi ? CEMAGREF, 2007.

[44] : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Lagunage>

[45] : A.GAID, Traitement des eaux résiduaires, technique de l'ingénieur.

[46] : Réduction de l'azote et du phosphore dans les eaux usées urbaines, document réalisé par les agences de l'eau et le ministère de l'environnement-France.

[47] : M. DAUMER, Analyse des transformations du phosphore lors du stockage et du traitement biologique et physico-chimique des lisiers de porc en vue d'un recyclage, l'Université de Toulouse-Génie des Procédés de l'Environnement, 23 octobre 2007.

[48] : C. DELAMARE & D. FAUGEROUX & E. GOUSSOT & M. ZHOU, Adaptation de la STEP d'Envermeu au traitement du phosphore – INIP 2010 – AgroParisTech.

[49] : Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, Section des eaux, Octobre 1995.

[50] : <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/problematique.htm>

[51] : <http://www.une-eau-pure.com/monde-de-leau/conference-internationale-sur-lavenir-de-leau-greenwin-avec-erik-orsenna.html>

[52] : E. GENOUD & J. PERROT, expertise paru dans Le Journal des Fluides N° 38 – Mai-Juin 2010.

[53] : P. LE CLOIREC & J. FANLO & C. GRACIAN, traitement des odeurs ; procédés curatifs, technique de l'ingénieur.

[54] : S. BAUMONT (stagiaire) & J.P. CAMARD & A. LEFRANC (chargés d'études à l'ORS) & A. FRANCONI (chargé d'études à l'IAURIF), Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT).

[55] : Salah KAREF, Etude des indicateurs de performance de la station de Médéa et des possibilités de valorisation des sous-produits d'épuration dans l'agriculture, thèse de magistère université de Djelfa, 2011-2012.

[56] : I. COUTURE, Analyse d'eau pour fin d'irrigation, MAPAQ Montérégie-Est, AGRI-VISION 2003-2004.

[57] : <http://www.lenntech.fr/applications/irrigation/sar/irrigation/sar-risque-pour-eau-irrigation.htm#ixzz2WJkWm82u>

[58] : [www.gov.ns.ca/nse/water/](http://www.gov.ns.ca/nse/water/), 09.2008.

[59] : [http://www.futura-sciences.com/fr/question-reponse/t/eau/d/pourquoi-dit-on-quune-eau-est-dure\\_1116/](http://www.futura-sciences.com/fr/question-reponse/t/eau/d/pourquoi-dit-on-quune-eau-est-dure_1116/)

[60] : Norme de qualité ; eau destinée à l'irrigation, Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement-Maroc, 2007.

[61] : G. MONCHALIN, Note sur le thème de la réutilisation des eaux usées, juillet 1999.

[62] : T. HARTANI, La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie, Institut national agronomique, Alger, Algérie, Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée Rabat, du 19 au 23 avril 2004.

[63] : <http://www.ona-dz.org/REUE.html>

[64] : <http://www.ona-dz.org/article/programme-de-developpement-2011.html>

[65] : J. BALET, Aide-mémoire-Gestion des déchets, Dunod 2ème édition ,2008.

[66] : M. TABOUCOUNT, Traitement des lixiviats du C.E.T d'Ouled Fayet par la combinaison des Procédés : boues activée et oxydation Fenton, thèse de fin d'étude, Juin 2009.

[67] : Ministère de l'aménagement du territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET), Le guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets ménagers et assimilés, 2008.

[68] : Ministère de l'aménagement du territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET), Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise", 2006.

[69] : M. TAUVERON, Journée technique sur Problématiques des sous-produits de l'assainissement, Association des collectivités comtoises pour la maîtrise des déchets et de l'environnement, 25 mai 2010.

[70] : I. FEIX & J. WIART, Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales, FNDAE, 1998.

[71] : Sabrina ATI, Etude de l'effet des boues résiduaires sur sol cultivé : Dynamique du phosphore et son utilisation en zone semi – aride, Université El Hadj Lakhdar Batna, mémoire de magister, 2009-2010.

[72] : Amel FERDI, Diagnostic concernant la possibilité de valorisation des sous-produits d'épuration : Cas de la STEP de Réghaia, thèse de fin d'études, Juin 2010.

[73] : WWW. ONA. Dz.

[74] : N. BENMENSOUR & A. ZERKAOUI, évaluation de l'efficacité du traitement biologique à boues activées dans l'épuration des eaux résiduaires urbaines au sein de la ville de Koléa

[75] : J.P. CANLER, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions?, FNDAE n°33.

[76] : L. GRIMAUD, La valorisation des boues d'épuration en agriculture. Mém. D.U. "Eau et Environnement", D.E.P. UNIV. PICARDIE, AMIENS, 1996.

[77] : A. HEDUIT & J.P. TABUCHI, Note de contexte vers une plus grande économie énergétique des stations d'épuration ?, sciences eaux & territoires N° (Set-revue. Fr), 2012.

[78] : P. DUCHENE, Dysfonctionnement dans les stations d'épuration à boues activées, CEMAGREF –POLLUTEC, 14 Octobre 1994.

[79] : <http://cemadoc.cemagref.fr>.

[80] : Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation, secrétariat d'état auprès du ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau et de l'environnement-Maroc,2007.