

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique – Alger
Département de Génie Chimique



Projet de Fin d'Etudes
pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat
en Génie Chimique

**Evaluation de la consommation de l'énergie
électrique de la STEP de Tipaza en vu de sa
substitution par l'énergie renouvelable**

Présenté par :

A.ADJRAD

M.A HABCHI

Soutenu le 30 Juin 2010 devant le jury composé de :

Mr E.H. BENYOUSSEF, Professeur ENP
Mr A.CHOUIKH, Directeur Exploitation et Maintenance ONA
Mr A.DEBI, Directeur de la STEP de Tipaza
Mr S.IGOUD, Chargé de Recherche UDES
Mme A.MEFTI, Maître de Conférences ENP
Mme F.MOHELLEBI, Maître de Conférences ENP
Mr M.NAKIB, Maître Assistant ENP
Mme F.SOUAHI, Professeur ENP

Président
Invité
Invité
Directeur du Mémoire
Directrice du Mémoire
Examinatrice
Examineur
Directrice du Mémoire

Promotion 2010

Remerciements

Nous tenons à témoigner notre profonde reconnaissance à Mme F.SOUAHI, professeur, et Mme A. MEFTI Maître de Conférences à l'ENP pour nous avoir confié ce sujet, pour leur disponibilité, mais aussi pour leurs conseils sans lesquels ce travail n'aurait pas pu aboutir.

D'autre part, nous remercions Mr S. IGOUD qui a été présent tout au long de l'avancement du mémoire, il nous a donné de son temps et ses conseils et son expérience nous ont été d'une très grande aide.

Nos remerciements s'adressent également au Directeur de la station d'épuration de Tipaza Mr A.DEBI, au responsable des opérations Mr Toufik Medjiah et à l'ensemble du personnel pour nous avoir accueilli et bien intégré dans leur structure en nous faisant partager leur mode de travail et de fonctionnement.

Enfin, nous tenons à remercier :

Le Professeur E-H. BENYOUSSEF, qui nous fait l'honneur de présider le jury,

Mme F. MOHELLEBI, Maître de Conférences, M. M. NAKIB, Maître Assistant, et M. A. CHOUIKH, Directeur Exploitation et Maintenance ONA d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents,
Je le dédie également à ma grande mère, Amil, Kamé et Kenza ainsi qu'à
toute ma famille et mes amis d'enfance.*

Mo

Je dédie ce travail

A mes chers parents, qui m'ont soutenu dans les moments les plus durs

Je ne les remercierais jamais assez...

A mon frère : Merouane

A mes tantes et oncles particulièrement ma tante ROSA

A mes cousins et cousines spécialement ma cousine ASSIA

AMINE

Résumé / Abstract / ملخص

الموضوع: تقييم الطاقة الكهربائية المستهلكة في محطة معالجة مياه الصرف تيبازة في غرض استبدالها بالطاقة المتجددة

ملخص

هذه الدراسة عبارة عن تقييم لميزانية الطاقة الكهربائية المستهلكة، التكلفة، والانبعاثات الكربونية الناجمة عن تشغيل محطة معالجة مياه الصرف تيبازة .

تتمثل الطريقة في تحديد استهلاك الطاقة الكهربائية والتكاليف وانبعاثات الكربون الخاصة بكل مرحلة تشكل عملية الحماة المنشطة، المبنى الإداري، المخبر والإضاءة الخارجية.

والنتيجة المستخلصة تمكننا النظر في حلول بديلة باستخدام الطاقة المتجددة لتلبية جزء من الاحتياجات الطاقوية لمحطة تيبازة ، خفض التكاليف وحماية البيئة ، وهو مفهوم لا مفر منه الآن.

الكلمات المفتاحية

محطة معالجة مياه الصرف – عمليات تطهير – استهلاك الكهرباء – ميزانية الكربون – التكلفة – ترشيد الطاقة

Thème : Evaluation de la consommation de l'énergie électrique de la STEP de Tipaza en vue de sa substitution par l'énergie renouvelable

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation de la consommation électrique, du coût et des émissions de carbone engendrés lors du fonctionnement de la station d'épuration de Tipaza.

L'approche consiste à déterminer la consommation électrique, son coût ainsi que les émissions de carbone de chaque étape composant la chaîne d'épuration à boues activées employée par la STEP, du bâtiment administratif, du laboratoire et de l'éclairage extérieur.

Le constat établi permet d'envisager des solutions alternatives utilisant entre autres les énergies renouvelables pour couvrir une partie des besoins énergétiques de la STEP, réduire les coûts et protéger l'environnement, concept devenu aujourd'hui incontournable.

Mots- Clés :

Station d'épuration des eaux usées – Procédés d'épuration – Consommation électrique – Bilan carbone – Coût – Rationalisation énergétique.

Topic: Evaluation of Electricity consumption Sewage plant in order to its substitution by renewable energy

Abstract

This study focuses on assessment balance sheet of electrical power, cost and carbon emissions caused by the operation of the sewage plant of TIPAZA.

The approach is to determine the contribution of power consumption and the cost of each step in the sequence of activated sludge process of sewage plant, administrative building, laboratory and outdoor lighting.

The established fact to consider alternative solutions using renewable energy to supply part of the energy needs of the STEP, reduce costs and protect the environment, is nowadays a compelling concept.

Key Words:

Sewage plant – Electricity consumption – Purification processes – Carbon balance – Cost – Energy rationalization

Sommaire :

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : L'eau source de vie

I.1 L'eau un besoin vital	3
I.2 Caractéristique de l'eau	3
I.3 L'eau dans le monde	3
I.4 Le cycle de l'eau	5

Chapitre II : Les eaux usées

II.1 Définition des eaux usées	8
II.2 Caractéristiques des eaux usées	8
II.2.1 Les eaux usées domestiques	8
II.2.2 Les eaux industrielles	9
II.2.3 Les eaux pluviales	9
II.3 Les sources de pollutions	9
II.4 La mesure de matières polluantes	10
II.5 La collecte des eaux usées	12
II.5.1 Structure du réseau d'assainissement	12
II.5.2 Les principaux types de réseaux	12

Chapitre III : Le traitement des eaux usées

III.1 Définition de l'assainissement	15
III.2 Objectifs de l'assainissement.....	15
III.3 Techniques et procédés de traitement des eaux usées	15
III.3.1 Le lagunage	16
III.3.2 Les boues activées	18
III.3.3 Comparaison entre les deux méthodes	21
III.4 Le traitement des boues	21

III.4.1 Épaississement	22
III.4.2 Déshydratation	22

Chapitre IV : L'eau en Algérie

IV.1 Les ressources hydriques en Algérie	25
IV.1.1 Les eaux superficielles	25
IV.1.2 Les eaux souterraines	25
IV.2 Economie et gestion de l'eau	26
IV.3 Les eaux usées en Algérie	26
IV.4 Les capacités d'épuration en Algérie	27
IV.5 Les procédés d'épuration en Algérie	28

Chapitre V : Station d'épuration de Tipaza

V.1 Localisation	30
V.2 Caractéristiques de la STEP	30
V.2.1 Technique d'épuration	30
V.2.2 Débit journalier	35
V.2.3 La charge polluante	36
V.3 Evaluation de la consommation électrique et du coût de fonctionnement	37
V.3.1 Chaine d'épuration	39
V.3.2 Bâtiment	65
V.3.3 Eclairage extérieure	68
V.3.4 Synthèse des résultats	70
V.4 Bilan carbone du fonctionnement de la STEP	74
V.4.1 Méthode de calcul	74
V.4.2 Résultats et discussion	74
V.5 Proposition de réduction de la consommation électrique et du bilan carbone	76
V.5.1 Eclairage extérieur	76
V.5.2 Valorisation des boues	79

Conclusion.....	81
Bibliographie.....	83
Annexes.....	84

Liste des tableaux

Chapitre II : Les eaux usées

Tableau II-1: Les sources et les effets de la pollution des eaux usées sur l'écosystème 10

Chapitre III : Le traitement des eaux usées

Tableau III-1 : Tableau comparatif entre la technique du lagunage et celle de boues activées
..... 21

Chapitre IV : L'eau en Algérie

Tableau IV-1: Disponibilité en eau potable pour la période 1962-2020 25

Tableau IV-2: Les procédés d'épuration utilisés par l'ONA 28

Chapitre V : Station d'épuration de Tipaza

Tableau V-1 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des pompes de relevage entre février 2009 et mars 2010 40

Tableau V-2 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des pompes de relevage 40

Tableau V-3 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du dégrilleur 41

Tableau V-4 : Consommation électrique journalière et coût journalier du groupe tournant .. 42

Tableau V-5 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du surpresseur air lift 43

Tableau V-6 : Consommation électrique journalière et coût journalier du surpresseur déshuileur 43

Tableau V-7 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du calibreur de sable 45

Tableau V-8 : Consommation électrique et coût de la collecte et du prétraitement 45

Tableau V-9 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des aérateurs de la ligne 1 46

Tableau V-10 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des aérateurs de la ligne 2 47

Tableau V-11 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des six aérateurs 49

Tableau V-12 : Consommation électrique et coût du traitement biologique 49

Tableau V-13 : Consommation électrique journalière et coût journalier des ponts racleurs ..	50
Tableau V-14 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des pompes de recirculation.....	51
Tableau V-15 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des pompes de recirculation (« 1 »).....	52
Tableau V-16 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des pompes de recirculation (« 2 »).....	52
Tableau V-17 : Consommation électrique global et coût journalier global des pompes de recirculation.....	53
Tableau V-18 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompes d'extraction	54
Tableau V-19 : Consommation électrique et coût de la clarification.....	55
Tableau V-20 : Consommation électrique journalière et coût journalier de l'épaississeur	55
Tableau V-21 : Consommation électrique et coût du groupe épaisseur	56
Tableau V-22 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe à boue	57
Tableau V-23 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe de lavage.....	58
Tableau V-24 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du doseur de polymère	59
Tableau V-25 : Consommation électrique journalière et coût journalier des mélangeurs de polymères	60
Tableau V-26 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe doseuse	61
Tableau V-27 : Consommation électrique journalière et coût journalier du mélangeur réacteur	61
Tableau V-28 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du filtre à bande.....	62
Tableau V-29 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du compresseur.....	63
Tableau V-30 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des bandes transporteuses et du granulateur	64
Tableau V-31 : Consommation électrique et coût de la déshydratation	65
Tableau V-32 : Consommation électrique journalière des équipements de bureau.....	66

Tableau V-33 : Coût de la consommation électrique journalière des équipements de bureau	66
Tableau V-34 : Consommations électriques journalière des équipements du laboratoire	67
Tableau V-35 : Coût de la consommation électrique journalière des équipements du laboratoire.....	67
Tableau V-36 : Consommation électrique et coût des équipements de bureau et du laboratoire	68
Tableau V-37 : Puissance des ampoules d'éclairage extérieur	68
Tableau V-38 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de l'éclairage extérieur.....	69
Tableau V-39 : Consommation électrique et coût de l'éclairage extérieur.....	70
Tableau V-40 : Consommation électrique mensuelle de la STEP de Tipaza.....	70
Tableau V-41 : Coût de la consommation électrique mensuelle de la STEP.....	72
Tableau V-42 : Estimation du bilan carbone de la consommation électrique de la station d'épuration de Tipaza entre Mars 2009 et Février 2010	75
Tableau V-43 : Comparatif énergétique et environnemental entre les deux types de lampes	77
Tableau V-44 : Comparatif des coûts des deux types de lampes	77
Tableau V-45 : Économie financière réalisée suite à la substitution des lampes.....	79

Liste des figures

Chapitre I : L'eau source de vie

Figure I-1 : Disponibilité mondiale en eau douce en 2000	4
Figure I-2 : L'évolution de la consommation d'eau dans le monde (1900-2004)	5
Figure I-3 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature	6

Chapitre III : Le traitement des eaux usées

Figure III-1 : Le procédé du lagunage	16
Figure III-2 : Procédé de boue activée.....	18
Figure III-3 : Le prétraitement des eaux usées	19
Figure III-4 : Décanteur circulaire avec raclage de boues	20
Figure III-5 : Filtre à bande	23

Chapitre IV : L'eau en Algérie

Figure IV-1 : Répartition de la capacité d'épuration des eaux usées par zone géographique..	27
--	----

Chapitre V : Station d'épuration de Tipaza

Figure V-1 : Synoptique de la STEP de Tipaza	30
Figure V-2 : Dégrilleur grossier	31
Figure V-3 : Dégrilleur fin	31
Figure V-4 : Dessableur-déshuileur	32
Figure V-5 : Classificateur de sable	32
Figure V-6 : Déversoirs.....	32
Figure V-7 : Bassin biologique (deux lignes)	33
Figure V-8 : Clarificateur	33
Figure V-9 : Recirculation des boues vers le bassin biologique	34
Figure V-10 : Ouvrage d'épaississement	34
Figure V-11 : Réacteur cylindrique.....	35
Figure V-12 : Débit mensuel moyen d'eaux usées entre mars 2009 et février 2010	36
Figure V-13 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des pompes de relevages entre mars 2009 et février 2010.....	39
Figure V-14 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle du compresseur air lift entre mars 2009 et février 2010	42

Figure V-15 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle du calibre de sable entre mars 2009 et février 2010	44
Figure V-16 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des aérateurs (ligne1) entre mars 2009 et février 2010	46
Figure V-17 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des aérateurs (ligne2) entre mars 2009 et février 2010	47
Figure V-18 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des pompes de recirculation entre mars 2009 et février 2010.....	50
Figure V-19 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe d'extraction entre mars 2009 et février 2010	53
Figure V-20 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe à boue entre mars 2009 et février 2010	56
Figure V-21 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe de lavage entre mars 2009 et février 2010	57
Figure V-22 : Temps de fonctionnement mensuel du doseur de polymère entre mars 2009 et février 2010	58
Figure V-23 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe doseuse entre mars 2009 et février 2010	60
Figure V-24 : Temps de fonctionnement mensuel du filtre à bande entre mars 2009 et février 2010.....	62
Figure V-25 : Temps de fonctionnement mensuel du compresseur entre mars 2009 et février 2010.....	63
Figure V-26 : Temps de fonctionnement mensuel du granulateur entre mars 2009 et février 2010.....	64
Figure V-27 : Durée d'obscurité moyenne mensuelle.....	69
Figure V-28 : Répartition de la consommation électrique totale de la station d'épuration de Tipaza entre mars 2009 et février 2010.....	71
Figure V-29 : Répartition des émissions de carbone liée aux consommations électriques annuelles de la station d'épuration de Tipaza entre mars 2009 et février 2010	75
Figure V-30 : Comparatif de coût de fonctionnement entre la lampe actuelle et la lampe SHP	78

Liste des abréviations :

Abréviations	
°C	Degré Celsius
g	Grammes
t	Tonnes
m ³	Mètres cubes
min	Minutes
h	Heures
kW h	Kilowattheures
DA	Dinars
cDA/kWh	Centimes de dinars par kilowattheures
Lm/W	Lumens par watt
tep	Tonne équivalent pétrole
t C	Tonnes de carbone
t CO ₂	Tonnes de dioxyde de carbone
STEP	Station d'épuration des eaux usées
CO ₂	Dioxyde de carbone
EH	Equivalent-Habitant
MES	Matières en suspension
DBO	Demande biochimique en oxygène
DBO5	Demande biochimique en oxygène sur cinq jours.
DCO	Demande chimique en oxygène
PVC	Polychlorure de vinyle
SHP	Sodium Haute Pression
ONA	Office National d'Assainissement
SEAAL	Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger
SEACO	Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine
SEAOR	Société des Eaux et de l'Assainissement d'Oran.
SEATA	Société des Eaux et de l'Assainissement d'El Tarf et Annaba.
ISO	Organisation Internationale de Normalisation

Introduction

Progrès, développement et consommation sont les termes qui caractérisent le mieux notre vie actuelle. Ainsi, l'amélioration de notre mode de vie à travers l'industrialisation de notre société a engendré des pollutions qui fragilisent et détruisent notre environnement vital.

Cette situation alarmante a heureusement suscité une prise de conscience universelle relative à la protection et à la sauvegarde de notre milieu naturel.

L'épuration des eaux de rejet avant leur déversement dans la nature constitue un moyen efficace pour la lutte contre la pollution. La nécessité de construire des stations d'épuration et d'améliorer les procédés d'épuration est devenue un impératif majeur pour tous les pays.

En Algérie, le secteur de l'assainissement a connu un essor considérable ces dernières années. En effet, la capacité d'épuration n'a cessé de s'accroître et ce, à travers la réalisation de nouvelles infrastructures et la réhabilitation d'anciennes stations d'épuration. Actuellement la capacité d'épuration installée est de 237 millions de mètre cube par an.

D'autre part, la majeure partie des STEP atteint les rendements épuratoires escomptés conformément aux normes établies. Il semblerait toutefois que pour ce faire, les consommations électriques et les dépenses financières soient colossales. Selon les chiffres communiqués par l'ONA le traitement (lagunage, boues activées) d'un mètre cube d'eaux usées consomme 0,3 kilowattheure.

Compte tenu des exigences électriques que suscite la gestion d'une station d'épuration à boues activées et de la nécessité de les rationaliser, notre étude consiste à évaluer la consommation électrique, le coût et les émissions de carbones générées au cours de chaque étape composant la chaîne d'épuration à boue activée de la station de Tipaza.

À partir de ce constat nous pourrions envisager des solutions utilisant l'énergie renouvelable pour couvrir une partie des besoins énergétiques de la STEP, réduire son coût de fonctionnement et son bilan carbone. Cela, pour converger vers un modèle de développement durable et protéger l'environnement, concept aujourd'hui incontournable.

Chapitre I :

L'eau source de vie



I.1 L'eau un besoin vital:

L'eau est l'élément de la nature qui illustre le mieux les liens étroits qui existent entre l'homme et son environnement. Elle joue un rôle considérable dans la vie sur terre, c'est un élément indispensable à toute forme de vie et c'est le principal composant de la matière vivante.

Chez l'homme, l'eau est l'élément dont l'organisme a le plus besoin. Elle constitue approximativement les deux tiers du poids du corps et représente les trois quarts du poids des tissus actifs, tels que les muscles.

Les besoins en eau se multiplient avec l'accroissement des populations, l'urbanisation, le développement économique, industriel et agricole. L'accès aisé à l'eau est un facteur d'amélioration de la santé publique et un instrument du progrès social. L'absence ou l'insuffisance d'eau saine est une cause majeure d'altération de la santé.

Les besoins en eau sont variés, indispensable pour la boisson, l'eau est nécessaire également pour la cuisson des aliments, pour le lavage et tous les besoins domestiques. De grandes quantités sont également nécessaires pour l'élevage, l'agriculture et de plus en plus pour le fonctionnement des usines.

I.2 Caractéristique de l'eau:

La définition classique de l'eau est bien connue : liquide incolore, transparent, inodore, insipide et dont la molécule est formée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H₂O).

On peut dire aussi que l'eau est formée par la combinaison de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène ou en masse que l'union de 2 grammes d'hydrogène et de 16 grammes d'oxygène produit 18 grammes d'eau.

Malgré ces données bien établies l'eau présente quelques anomalies dont certaines posent encore des questions et attendent des explications.

On remarque ainsi que l'eau possède un point de fusion élevé. Il en est de même de son point d'ébullition et ce, par rapport à ce que son poids moléculaire relativement peu élevé (18 g/mol) laisserait prévoir.

I.3 L'eau dans le monde:

Sur terre, sous terre, dans l'atmosphère, l'eau ne manque pas sur la planète, elle y est même très abondante. On estime son volume total à 1400 millions km³. Mais ce chiffre élevé est trompeur car, environ 97,2% de cette eau est salée, l'eau douce ne représente que 2,8 % du

total ; soit 39,2 millions de km³. Le volume d'eau douce présent sous forme de lacs, de cours d'eau (fleuves, rivières) et de nappes souterraines où l'homme peut puiser n'est plus, au final, que de 14 millions de km³, car il faut ôter l'eau immobilisée dans les glaces des pôles.

L'eau qui circule à la surface de la terre ne représente qu'une infime partie de toute l'eau sur la planète. En théorie, cela devrait suffire pour donner à boire aux 6 milliards d'hommes qui y vivent, mais cette ressource vitale est inégalement répartie.

Dans le monde, neuf pays seulement se partagent 60% des réserves d'eau douce : le Brésil, la Russie, les Etats-Unis, la Chine, le Canada. Leurs ressources mobilisables s'élèvent à plusieurs milliards de mètres cubes par an.

Face à eux, certains pays, principalement situés dans des régions arides, souffrent cruellement de manque d'eau comme l'Algérie, le Maroc, le Koweït et Singapour. Leurs ressources sont comprises entre 15 et 900 millions de mètres cubes [1].

La figure suivante représente la disponibilité mondiale en eau douce en 2000.

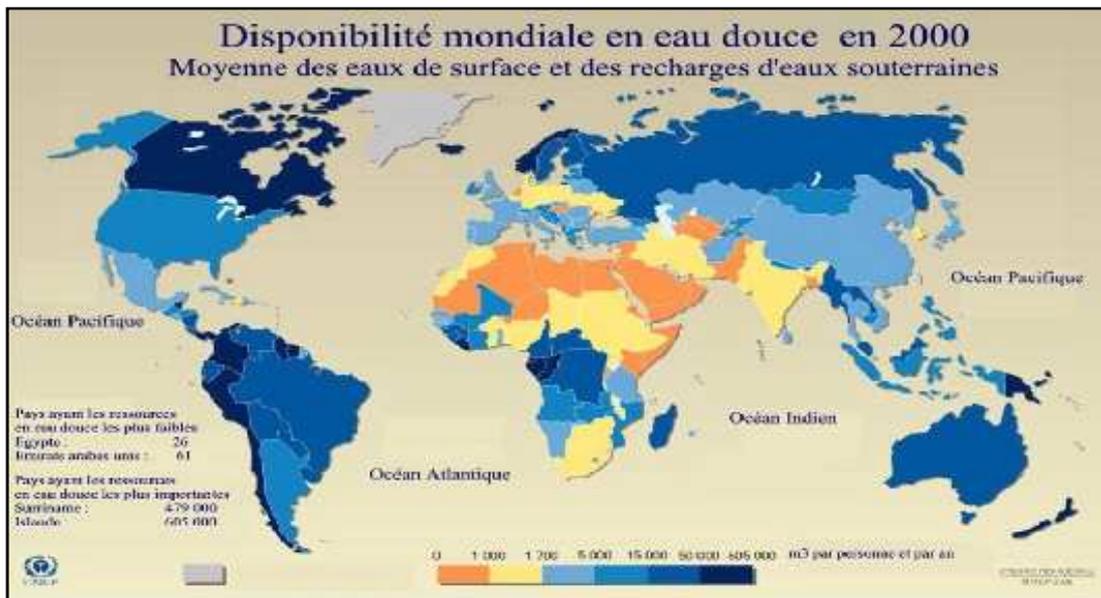


Figure I-1: Disponibilité mondiale en eau douce en 2000 [2].
(Source : carte de l'Unesco)

La figure suivante représente l'évolution de la consommation d'eau dans le monde dans les secteurs d'activité industrielle, agricole et domestique urbain

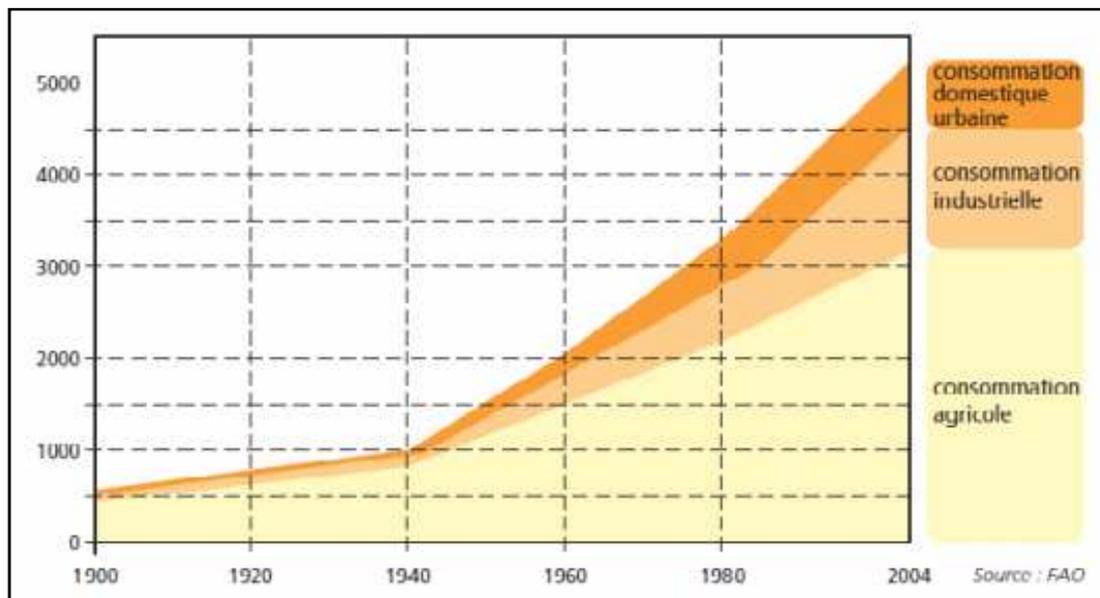


Figure I-2: L'évolution de la consommation d'eau dans le monde (1900-2004) [3]
(Source FAO)

La lecture du graphique permet de constater que la consommation mondiale d'eau a été multipliée par 10, passant de 500 km³ en 1900 à plus de 5000 km³ en 2004.

L'agriculture est le secteur qui consomme le plus d'eau avec un peu moins de 70% du total, l'industrie représente environ 20% du total et la consommation domestique à peu près 10%. Cette part importante de l'agriculture dans la consommation mondiale d'eau est liée au développement de l'agriculture irriguée. Les surfaces irriguées représentent 15% des surfaces cultivées dans le monde et près d'un quart de la production agricole mondiale.

L'industrie, pour sa part, consomme l'eau essentiellement pour le refroidissement, des réacteurs nucléaires par exemple. La consommation domestique reste modeste, mais elle progresse au fur et à mesure que se transforment les modes de vie et que le confort domestique s'améliore.

I.4 Le cycle de l'eau :

L'eau n'est pas immobile. Elle circule, s'évapore, se change en glace ou se liquéfie et nourrit ainsi inlassablement ce qu'on appelle le cycle de l'eau.

L'eau a différents aspects. En fonction de la pression et de la température, on la rencontre à l'état liquide solide (neige, glace) ou gazeux (vapeur). Cette capacité à se

transformer fait d'elle une éternelle voyageuse. Depuis la création du monde, la même eau circule sur terre, entraînée dans un mouvement incessant.

La figure I-3 illustre les étapes du cycle de l'eau :



Figure I-3 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature [4]

L'eau commence par s'évaporer au dessus des océans, des lacs et des forêts, elle devient par la suite, condensée sous forme de nuages puis transportée dans le ciel par les vents.

Dans le ciel, les nuages se condensent sous forme de vapeur d'eau, puis tombent en précipitations sous forme de pluie ou de neige.

Une fois sur le sol, l'eau de pluie s'infiltré dans les nappes souterraines et s'écoule dans les rivières et les fleuves rejoignant ainsi les mers et les océans.

Ainsi l'eau termine son cycle et se retrouve au point de départ.

Chapitre II :

Les eaux usées



II.1 Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées.

Elles sont parfois qualifiées d'eaux grises quand il s'agit d'eaux peu chargées en matières polluantes par exemple les eaux d'origine domestique, résultant du lavage des assiettes, des mains, des bains ou des douches, et d'eaux noires lorsqu'elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que matières fécales, produits cosmétiques, ou tous types de sous-produits industriels mélangés à l'eau.

Dans la plupart des pays et en particulier dans les milieux urbanisés, les eaux usées sont collectées et acheminées par un réseau d'égout (aussi appelé réseau d'assainissement), soit vers une station de traitement soit sur un site autonome de traitement.

II.2 Caractéristiques des eaux usées :

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales.

II.2.1 Les eaux usées domestiques :

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

La pollution journalière produite par une personne utilisant 150 à 200 litres d'eau contient [5]:

- Entre 70 à 90 grammes de matières en suspension,
- Entre 60 à 70 grammes de matières organiques,
- Entre 15 à 17 grammes de matières azotées,
- 4 grammes de phosphore,
- plusieurs milliards de germes.

II.2.2 Les eaux industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à une autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et 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.

II.2.3 Les eaux pluviales :

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), en ruisselant sur des résidus déposés sur 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.

II.3 Les sources de pollutions:

Les sources de pollution des eaux usées sont diverses et variées, elles dépendent de la nature des substances rejetées dans les réseaux d'assainissement.

Le tableau suivant représente les sources et les effets de la pollution des eaux usées sur l'écosystème.

Tableau II-1: Les sources et les effets de la pollution des eaux usées sur l'écosystème [5].

Substances	Origines	Effets
Hydrocarbures Essences, huiles, fioul	Transports routiers, industries, accidents pétroliers, fuites lors des déchargements des pétroliers, lessivage par la pluie des zones urbaines (parking, route)	Altération des mécanismes physiologiques de tous les organismes vivants
Métaux lourds	Transports routiers, industries métallurgiques et pétrochimiques, peinture et carénage des bateaux	Affectent surtout les animaux Ralentissement de la croissance Altération des organes Classement par ordre de nocivité croissante : Hg>Ag>Cu>Cd>Zn>Pb>Cr>Ni>Co
Pesticides et Insecticides	Utilisation domestique, agriculture	Trouble du métabolisme et du système neurologique Altération des processus enzymatiques
Composés azotés et phosphatés	Agriculture, aquaculture, industries agroalimentaires, eaux usées domestiques	Phénomène d'anoxie et d'eutrophisation
Détergents	Eaux usées domestiques, industries	Affectent les plantes et les algues Effet amplifié si combinaison avec des hydrocarbures
Matières en suspension MES	Eaux usées domestiques, lessivages des sols, industries	Diminution apport de lumière

II.4 La mesure de matières polluantes :

Trois principaux paramètres mesurent les matières polluantes des eaux usées :

- Les matières en suspension (MES) exprimées en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques.
- La demande biochimique en oxygène (DBO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présente dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommé au bout de cinq jours. C'est la DBO5, demande biochimique en oxygène sur cinq jours.

- La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables, ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières.

D'autres substances polluantes doivent être mesurées pour un meilleur traitement des eaux usées tels que :

- La teneur en azote et en phosphore. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau, ce phénomène se caractérise par la prolifération d'algues et la diminution de l'oxygène dissous.
- Les contaminants microbiologiques, bactéries, virus pathogènes et parasites.

Pour évaluer la traitabilité d'une eau usée par voie biologique on prend en compte :

- Le ratio DCO/DBO5 qui ne doit pas excéder 3, au delà de cette valeur, la fraction représentée par la DCO « dure » (non biodégradable) est trop importante par rapport à la fraction de la DCO biodégradable (mesurée par la DBO5).
- Le ratio C/N/P qui, idéalement, doit être 100/5/1 pour une digestion optimale de la pollution par les biomasses épuratrices.

Pour quantifier globalement les matières polluantes contenues dans les eaux usées domestiques (et assimilées), on utilise comme unité de mesure l'EH (Equivalent-Habitant).

La notion d'Equivalent-Habitant est utilisée pour quantifier la pollution émise par une agglomération à partir de la population qui y réside et des autres activités non domestiques. Selon la définition de la directive européenne du 21 mai 1991 "relative au traitement des eaux urbaines résiduaires", un Equivalent-Habitant représente une DBO5 de 60 g d'oxygène par jour.

A titre d'illustration, la quantité de matières polluantes produite par la ville de Paris représente 13,4 millions d'Equivalents-Habitants par jour. Cette notion sert aussi à déterminer la capacité de traitement d'une station d'épuration urbaine [5].

II.5 La collecte des eaux usées:

II.5.1 Structure du réseau d'assainissement :

Le réseau d'assainissement des eaux usées d'une agglomération a pour fonction de collecter ces eaux pour les conduire à une station d'épuration.

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques, (et éventuellement industrielles ou pluviales) dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelés aussi collecteurs.

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait en général par gravité c'est-à-dire sous l'effet de leur poids, il peut parfois s'effectuer par refoulement, sous pression ou sous dépression.

Les canalisations sont en ciment, parfois en fonte ou en PVC, plus rarement en grès ou en acier. Lorsque la configuration du terrain ne permet pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées, on fait appel à différents procédés (pompage et stations de relèvement) pour faciliter leur acheminement.

La protection du réseau contre l'encrassement et la corrosion est assurée en premier lieu par le prétraitement de certaines eaux industrielles avant leur rejet dans le réseau.

Divers ouvrages, en amont, protègent les réseaux d'assainissement contre l'intrusion de matières indésirables : citons les "boîtes à graisse" sur les branchements des restaurants ou les séparateurs à hydrocarbures dans les stations-service ou dans les aéroports

La régulation du flux, lorsque les eaux usées et les eaux pluviales sont mélangées, est assurée par des équipements destinés à retenir temporairement des arrivées d'eau importantes et soudaines, elle permet de ne pas perturber le bon fonctionnement des stations d'épuration et de limiter les risques d'inondation [5].

II.5.2 Les principaux types de réseaux :

S'il est relativement facile de prévoir et de contrôler les volumes d'eaux usées domestiques, il en va tout autrement des eaux pluviales. Il existe deux types de réseaux de collecte.

1 *Les réseaux unitaires :*

Ce sont des réseaux qui évacuent dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales, ils cumulent les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (toute erreur de branchement est exclue, par définition) ; mais nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement.

2 *Les réseaux séparatifs :*

Ils collectent les eaux domestiques dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre.

Ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut, il permet de mieux maîtriser le flux et sa concentration en pollution et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration.

Chapitre III :

Le traitement des eaux usées



III.1 Définition de l'assainissement :

L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles.

Les divers procédés d'épuration des eaux usées actuels entraînent une production plus ou moins importante de boues résiduelles.

La matière solide de ces résidus contient à la fois des éléments naturels valorisables et des composés toxiques en relation avec la nature des activités, raccordées au réseau d'assainissement, industrielles ou domestiques.

III.2 Objectifs de l'assainissement:

L'assainissement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants.

Les ressources en eau ne sont pas inépuisables, leur dégradation, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner des risques de pénurie.

La pollution de l'eau peut par ailleurs avoir des conséquences sur la santé de l'homme. Les maladies provenant de l'eau polluée tuent encore aujourd'hui des millions de personnes chaque année. Il s'agit de maladies provoquées par l'absorption de cette eau polluée ou dues à un simple contact de la peau avec cette eau.

Il est donc nécessaire de nettoyer les eaux usées pour limiter le plus possible la pollution de nos réserves en eau : rivières, lacs et nappes souterraines.

III.3 Techniques et procédés de traitement des eaux usées :

Il existe deux techniques d'épuration des eaux usées : extensives et intensives.

Les techniques *extensives* consistent à faire intervenir l'ensemble des processus de dégradation présents naturellement dans un écosystème, on reproduit ainsi le principe de l'auto-épuration du milieu naturel. L'appellation « extensive » provient du fait que ces techniques nécessitent de grandes surfaces pour être pratiquées. Les procédés utilisant cette technique sont : le lagunage et le lit plantés.

Les techniques *intensives* exploitent les propriétés des bactéries aérobies pour épurer les eaux usées. Le principe consiste à intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Ces techniques sont particulièrement utilisées dans le traitement des effluents des agglomérations de plus de 2000 équivalents-habitants (EH). Les procédés utilisant cette technique sont : les boues activées et les disques biologiques.

En ce qui nous concerne nous nous intéresserons au lagunage et aux boues activées, ces procédés étant les plus utilisés en Algérie.

III.3.1 Le lagunage :

a. Principe générale :

Le lagunage est une technique d'épuration extensive. C'est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries.

Les bassins de lagunage sont généralement aux nombres de trois. Ils sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur.

Un bassin de lagunage, s'il est assez simple dans sa réalisation et dans son aspect extérieur, est en réalité un système d'épuration où entrent en jeu toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques extrêmement complexes.

Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète. Il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants : les algues et les bactéries.

L'écosystème est très complexe car l'action des êtres vivants est dépendante de très nombreux facteurs non maîtrisables : la température, l'ensoleillement [5].

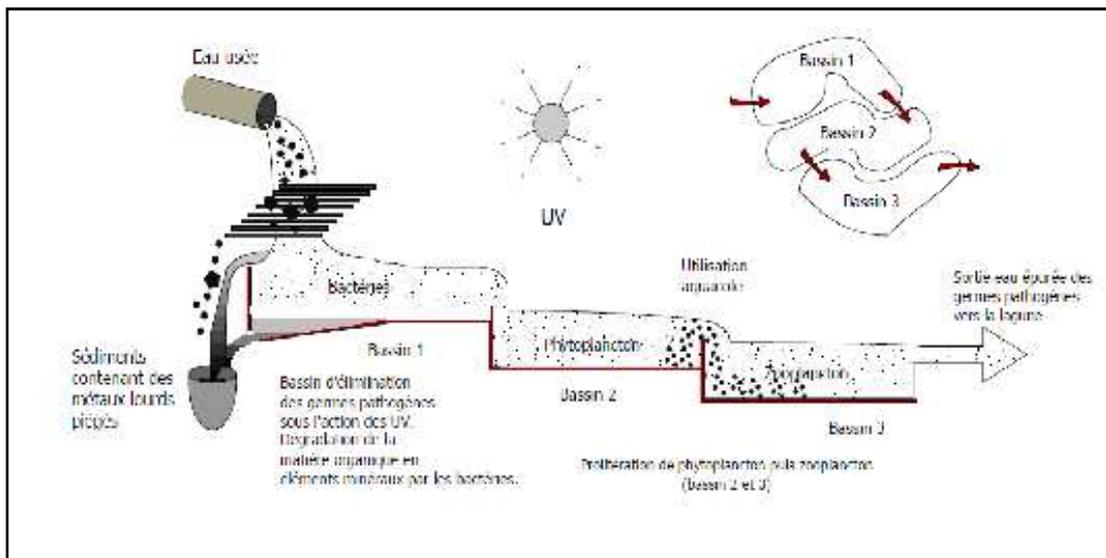


Figure III-1: Le procédé du lagunage [5]

- **Bassin 1 :**

Ce sont les bactéries qui jouent le rôle principal dans l'épuration des eaux en éliminant la matière organique par un processus connu sous le nom de minéralisation : Cela consiste à dégrader de la matière organique complexe en composés minéraux simples grâce à l'activité d'un enchaînement de micro-organismes essentiellement constituée de bactéries.

- **Bassin 2 :**

Les nutriments présents (sels minéraux, dérivés des lessives et dans une moindre mesure des engrais minéraux issus de l'agriculture) et le CO₂ (déchet de la respiration de certaines bactéries) vont être assimilés par les plantes pour permettre leur croissance. Ces organismes autotrophes vont transformer, directement grâce à l'énergie solaire, les différents sels minéraux et le CO₂ en tissu organique (sucres) pour la plante et en oxygène évacué dans le milieu extérieur : c'est le phénomène de la photosynthèse.

- **Bassin 3 :**

Le rôle du zooplancton est d'assurer la finition de l'épuration des eaux. Ils vont jouer un rôle important comme consommateur de micro algues, et donc comme régulateur de ces populations phytoplanctoniques [6].

b. Les différents types de lagunage :

Les principaux types de lagunages sont les suivant :

- **Le lagunage naturel (aérobie) :**

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matière vivante par les chaînes alimentaires aquatiques (chaînes trophiques).

L'épuration des effluents est réalisée essentiellement par des bactéries aérobies dont l'oxygénation est assurée par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique.

- **Le lagunage aéré :**

Contrairement au lagunage naturel où l'oxygène est fourni par la photosynthèse et le transfert à l'interface eau-atmosphère, dans le cas du lagunage aéré, l'oxygène est produit artificiellement (aérateurs mécaniques, insufflation d'air...)

A la différence des "boues activées", il n'y a pas de recirculation de la culture bactérienne. C'est donc un procédé intermédiaire entre le lagunage naturel et les procédés biologiques traditionnels.

Le traitement se compose de deux types de lagunes : lagune d'aération et lagune de décantation [5].

III.3.2 Les boues activées :

Le procédé d'épuration par boues activées est une technique intensive de traitement des eaux usées.

La **figure III-2** représente les étapes de traitement des eaux usées par boues activées:

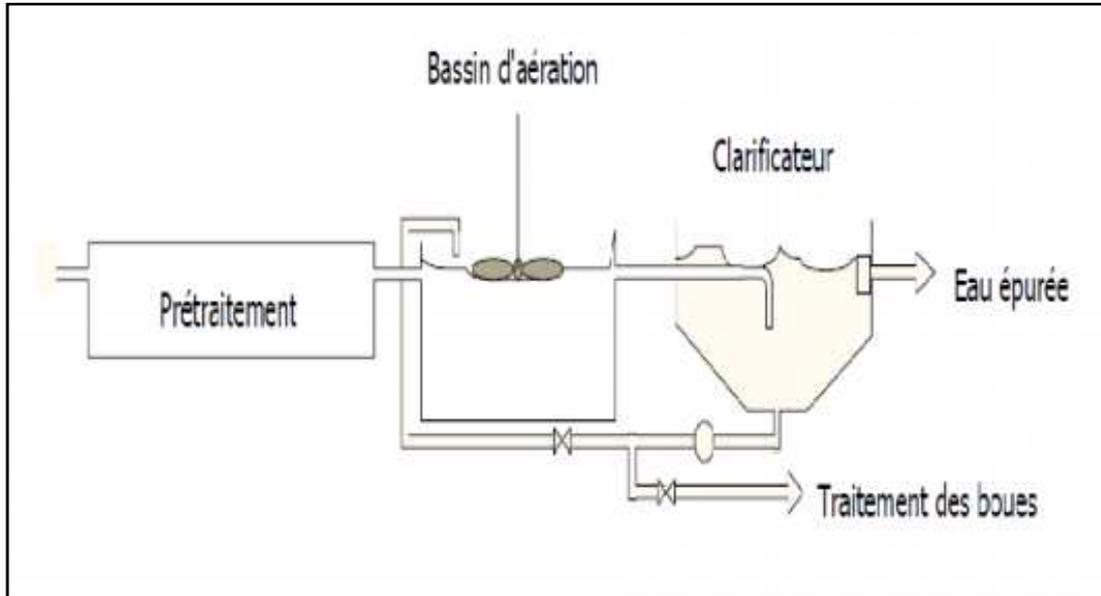


Figure III-2: Procédé de boues activées [5]

Le traitement des eaux usées par boue activée est classifié généralement selon trois niveaux suivants :

a. Le prétraitement :

Le dispositif de prétraitement est présent dans toutes les stations d'épuration, Il a pour but d'éliminer les éléments solides ou particulaires les plus grossiers susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements.

Ce prétraitement comporte trois opérations : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage.

- Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers.

Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères.

Le tamisage, qui utilise des grilles de plus faible espacement, peut parfois compléter cette phase de prétraitement.

- Le dessablage et le déshuilage-dégraissage consistent ensuite à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de vitesse d'écoulement fait se déposer les sables et flotter les graisses. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface.

Ainsi le prétraitement permet d'enlever de l'eau les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns, ainsi que les graisses et matières flottantes [7].

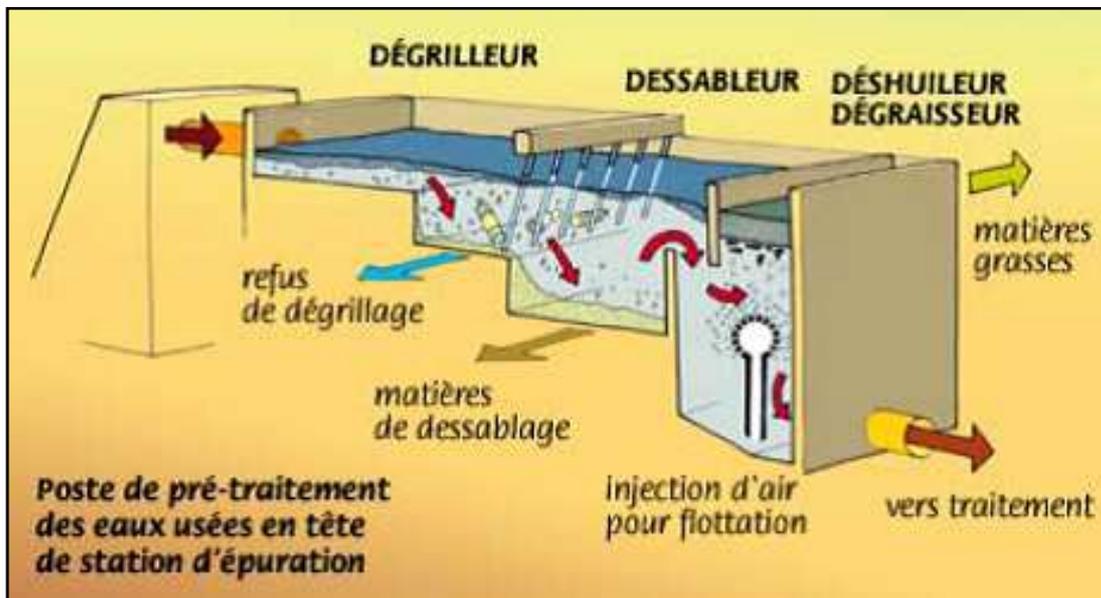


Figure III-3: Le prétraitement des eaux usées [7]

b. Le traitement biologique :

Le traitement biologique consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux.

La dégradation se réalise alors par voie aérobie (en présence d'oxygène), elle consiste à transformer les impuretés grâce à l'action de la biomasse. Les bactéries digèrent la matière organique à condition de régler convenablement la quantité d'oxygène dissous dans l'eau par rapport à la concentration de la biomasse. On provoque le développement d'une culture bactérienne libre sous forme de flocons dans un bassin brassé et aéré et alimenté en eau à épurer.

Un brassage est réalisé en surface au moyen de turbine, ou en fond de bassin par diffusion de bulles d'air, il a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens et de l'eau usée. L'aération qui se fait à partir de l'oxygène de l'air a pour but de dissoudre l'oxygène dans l'eau et de répondre ainsi aux besoins des bactéries épuratrices aérobies.

Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone (sous la forme de dioxyde de carbone – CO₂) sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés sont appelés "boues".

Le temps de contact eau usée - biomasse est de l'ordre de 6 à 10 heures.

Une équation simplifiée du traitement secondaire peut s'écrire :

Eau usée + biomasse + oxygène \longrightarrow **eau épurée + accroissement de la biomasse + gaz.**

Une partie des boues formées sera recyclée dans le bassin d'aération pour en assurer le réensemencement en micro-organismes, on qualifie cette opération de "recirculation des boues".

Ce recyclage d'une partie des boues produites par le système d'épuration permet de maintenir la masse de bactéries contenue dans le bassin d'aération à un niveau compatible avec les performances épuratoires attendues.

Les traitements par boues activées éliminent de 85% à 95 % de la DBO₅, selon les installations [5].

c. La clarification :

La clarification est un procédé qui permet de séparer les éventuelles boues légères persistantes de l'eau épurée par décantation. Les matières en suspension, organiques ou non, se déposent dans le fond du bassin simplement par gravité. Elles sont raclées et évacuées.

L'eau débarrassé de la pollution est reprise par le haut du bassin et renvoyé dans le milieu naturel.

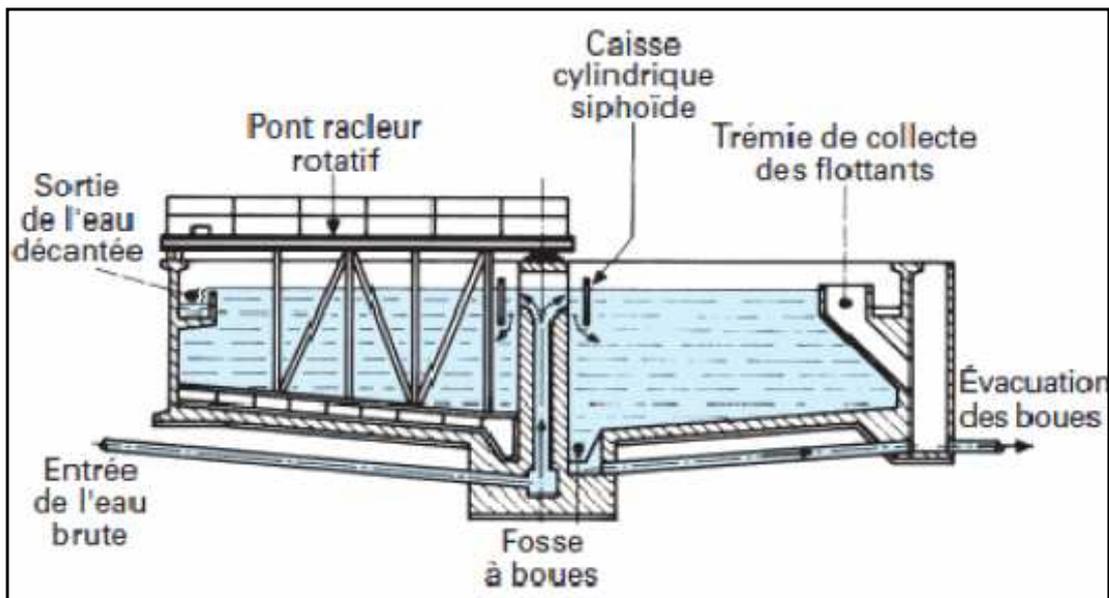


Figure III-4 : Décanteur circulaire avec raclage de boues [8]

III.3.3 Comparaison entre les deux méthodes :

Le tableau suivant représente un comparatif entre la technique du lagunage et celle de boue activée

Tableau III-1 : Tableau comparatif entre la technique du lagunage et celle de boues activées

Lagunage	Boues activées
Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement.	Coûts d'investissement et d'exploitation élevés
Nécessite une surface importante par Equivalent-Habitant	Faible surface par Equivalent-Habitant
Temps de séjours des eaux usées extrêmement important (de 5 à 10 jours).	Temps de séjour compris entre 20 à 50 heures
Élimination moyenne de la pollution organique	Filière performante sur tous les paramètres
Non compatible avec les besoins d'une grande agglomération en termes de flux quotidiens à traiter.	Compatible avec les besoins d'une grande agglomération.

III.4 Le traitement des boues :

Les boues brutes peuvent subir divers traitements spécifiques, adaptés d'une part à leur nature, mais également à leur destination finale.

Les traitements appliqués aux boues "brutes" ont plusieurs objectifs. Ils visent à réduire leur volume, leur pouvoir de fermentation lié à leur teneur en matière organique, ou éventuellement à les hygiéniser, c'est-à-dire en éliminer les bactéries et parasites présents.

Ces traitements permettent :

- De limiter les nuisances olfactives
- De limiter les risques sanitaires,
- De faciliter leur stockage, avant leur élimination ou leur valorisation.

Deux premières étapes se succèdent généralement :

III.4.1 *Épaississement* :

Dans un procédé de dépollution par voie biologique, les boues en excès sont prélevées au fond du décanteur secondaire. En général, dans ce type d'ouvrage, les boues ne sont concentrées que d'un facteur 2 ou 3 et la concentration en MES des boues extraites du décanteur est en général comprise entre 10 et 15 g L⁻¹.

À ce stade, les boues contiennent donc plus de 98 % d'eau.

La première phase du traitement va donc consister à concentrer les boues issues de la décantation secondaire afin de diminuer leur volume et de réduire la taille des installations suivantes éventuellement utilisées dans le cas de la mise en place d'une filière de traitement des boues plus complexe. L'épaississement peut être réalisé principalement par les trois procédés suivants (La siccité obtenue varie selon les techniques utilisées entre 3% et 8%) [9].

- **Épaississement statique** : par décantation naturelle des boues dans des cuves (cylindriques le plus souvent) ou silos à boues. Le taux de concentration dépend du type de boues traitées et couramment, des concentrations en MES de 30 g L⁻¹ peuvent être obtenues avec des boues biologiques issues d'un traitement par boues activées.
- **Épaississement par flottation** : par injection d'air sous forme de microbulles. Cette technique convient bien à la concentration des boues activées et des concentrations en MES de 35 à 50 g L⁻¹ peuvent être obtenues.
- **Épaississement par drainage** : sur des grilles, des tambours ou des poches filtrantes après ajout d'un produit flocculant. En boues biologiques, des concentrations en MES de 50 à 80 g L⁻¹ peuvent être atteintes.

III.4.2 *Déshydratation* :

Afin de diminuer encore le volume des boues avant leur évacuation finale, le traitement des boues peut être complété par une étape de déshydratation.

Ce procédé nécessite un conditionnement préalable des boues, généralement par un réactif flocculant permettant d'agglomérer les matières solides et de favoriser ainsi la séparation liquide / solide. L'un des procédés les plus utilisés est le filtre à bande.

○ **Le filtre à bande :**

Avant de subir une déshydratation par filtre à bande les boues subissent un conditionnement : floculation par des polyélectrolytes.,

Les filtres à bandes sont classés en basse, moyenne et haute pression selon la pression appliquée, variant de 1,5 à 5 bars.

Les boues sont préalablement conditionnées, après passage dans une zone d'égouttage pour évacuer la plupart des eaux interstitielles, elles sont ensuite prises entre deux toiles filtrantes qui circulent à une vitesse comprise entre 1 et 10 m/min entre plusieurs rouleaux dont la disposition et la taille décroissante font croître progressivement la pression de pressage qui assure la siccité finale du gâteau.

Pour des boues à dominante biologique, la durée de vie des toiles est de l'ordre de 1 à 2 ans. Les toiles sont nettoyées en continu à l'eau claire sous une pression de 7 à 8 bars. Enfin, compte tenu de la similitude de fonctionnement entre une table d'égouttage et un filtre à bande, les deux appareils sont souvent associés au sein d'une même machine, permettant de diminuer la consommation globale de polymère et de faciliter la conduite [10].



Figure III-5: Filtre à bande [7]

Chapitre IV :

L'eau en Algérie



IV.1 Les ressources hydriques en Algérie :

L'Algérie est un pays dont le climat a une dominance aride en été et tempéré humide en hiver. La tranche de pluviométrie varie entre 200 à 400 mm/an selon les régions.

Les ressources en eau sont faibles, irrégulières et localisées dans la bande côtière, l'apport total des précipitations serait de l'ordre 100 milliards de m³ d'eau par an [11].

Le tableau suivant représente la disponibilité en eau potable pour la période 1962-2020

Tableau IV-1: Disponibilité en eau potable pour la période 1962-2020 [11]

Année	1962	1990	1995	1998	2000	2020
Disponibilité en eau (m ³ /hab)	1500	720	680	630	500	430

Les ressources hydriques se divisent en deux catégories :

IV.1.1 Les eaux superficielles :

Ce sont des eaux qui se trouvent à la surface de la terre, telle que les lacs, les rivières, les fleuves, les étangs ou les sources. Ces eaux se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique.

Le volume d'eau superficielle en Algérie est estimé à 12,4 milliards de m³ et seuls 6 milliards de m³ sont mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (Hydrologie, topographie, géologie).

IV.1.2 Les eaux souterraines :

Les nappes d'eau souterraines sont des nappes phréatiques, contenues dans les espaces interstitiels des particules de roches sédimentaires et dans les fissures des roches compactes.

Les nappes phréatiques revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde. Le volume d'eau souterrain en Algérie est estimé à 6,7 milliards de m³.

Au sud du pays, au Sahara, l'essentiel des ressources souterraines est constitué par le système hydrogéologique des eaux fossiles qui sont des eaux non renouvelables.

Leur quantité a été évaluée à plus de 4900 milliards de m³ [12].

IV.2 Economie et gestion de l'eau :

L'analyse globale des modes de gestion des ressources hydriques dans notre pays permet de souligner que la gravité du problème de l'eau devra inciter l'ensemble des organismes chargés directement ou indirectement de la gestion de l'eau à considérer maintenant cette richesse naturelle, comme une ressource épuisable, au même titre que les différents minerais et doit donc être gérée et utilisée rationnellement.

En agriculture, il est possible de produire d'avantage avec moins d'eau, en améliorant tout simplement l'efficacité de l'irrigation par le goutte-à-goutte ou par l'application du système d'arrosage par précision et à faible énergie et en réutilisant les eaux usées des agglomérations après épuration.

En industrie, il faut favoriser des méthodes de production qui réutilisent et recycle l'eau ou qui utilisent des techniques de manière à réduire le volume d'eau nécessaire par unité de production.

Pour les besoins domestiques et dans les services publics il nécessaire d'avoir une bonne gestion de l'offre et de la demande en eau.

Parmi les mesures susceptibles de réduire la demande en eau dans les agglomérations, on recommande actuellement :

- L'augmentation du nombre d'appareils ménagers qui permettent d'économiser l'eau
- Des systèmes de récupération des eaux de pluie.
- Introduire des programmes d'éducation à l'eau

IV.3 Les eaux usées en Algérie :

Durant les dernières décennies, la forte croissance démographique, l'urbanisation massive et le développement des activités industrielles, en Algérie, ont généré une production importante d'eaux usées, surtout dans les centres urbains.

Les réseaux d'assainissement totalisent 17000 km (11500 en milieu urbain et 5500 km en milieu rural) en 1994. Le taux de raccordement en milieu urbain est supérieur à 80%. Les volumes des eaux usées rejetés sont estimés à 750 millions de m³/an [11].

IV.4 Les capacités d'épuration en Algérie:

Les stations d'épurations de l'office national d'assainissement (ONA) ont traité plus de 60 millions de m³ d'eaux usées (jusqu'au 3^{ème} trimestre 2009) dont :

- 18 millions de m³ au 1^{er} trimestre 2009
- 20 millions de m³ au 2^{ème} trimestre 2009
- 22 millions de m³ au 3^{ème} trimestre 2009

Ce volume représente un taux moyen d'utilisation des capacités nominales installées de 38 %. Le taux d'épuration à fin septembre 2009 est de 22 % pour un volume collecté de 227 millions de m³.

La capacité globale d'épuration des stations gérées par l'ONA est évaluée à 654 883 m³/j. La figure suivante représente la répartition de la capacité de traitement des eaux usées (ONA) par zone géographique [13].

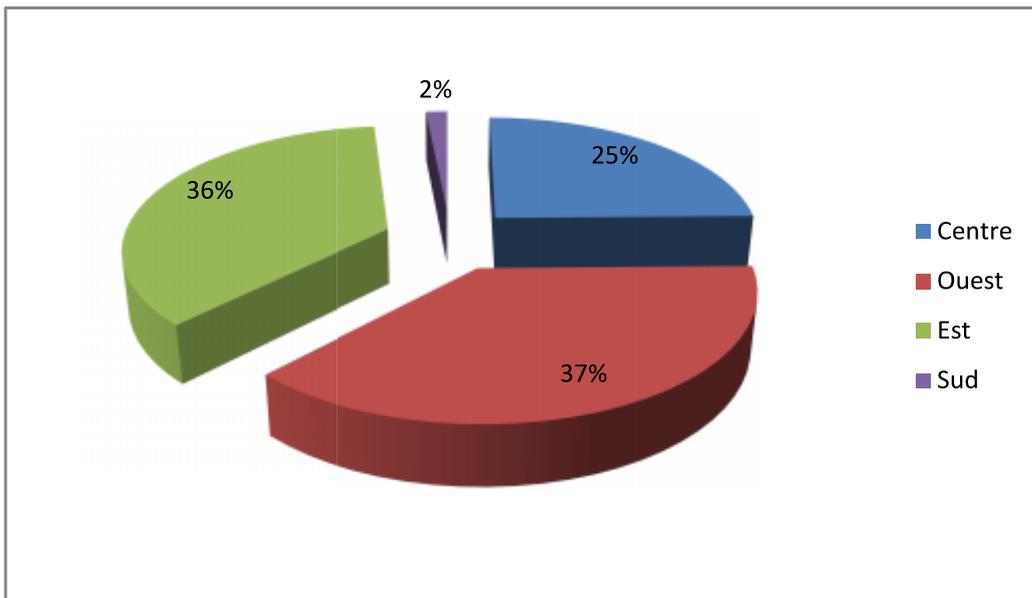


Figure IV-1: Répartition de la capacité d'épuration des eaux usées par zone géographique

IV.5 Les procédés d'épuration en Algérie :

L'Algérie dispose de 68 STEP (2009) dont 60 gérées par l'office national de l'assainissement (ONA), ces stations utilisent différentes technique d'épuration, le tableau suivant représente les procédés d'épurations utilisé par l'ONA.

Tableau IV-2: Les procédés d'épuration utilisés par l'ONA [13]

Procédés d'épuration	Nombre de stations
Lagunage aéré	7
Lagunage naturel	16
Boues activées	34
STEP monobloc	2
Lagunage (expérimentale)	1
Total	60

Remarque : Les huit stations d'épurations restantes sont gérées par les sociétés suivantes : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL), Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine (SEACO), Société des Eaux et de l'Assainissement d'Oran (SEAOR), Société des Eaux et de l'Assainissement d'El Tarf et Annaba (SEATA) .

Chapitre V :

Station d'épuration de Tipaza



V.1 Localisation :

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Tipaza est administrativement localisée dans la daïra et la wilaya de Tipaza. Elle est géographiquement située dans la région de Chenoua à environ 70 kilomètres à l'ouest de la wilaya d'Alger.

Mise en service en janvier 2008, la STEP a pour missions de collecter et d'épurer les eaux usées industrielles et domestiques des communes de Tipaza et de Nador.

Après la réalisation et la mise en service de la station d'épuration des eaux usées de Hadjout et suite à la réhabilitation de la STEP de Koléa, le projet de la station d'épuration de la ville de Tipaza a été lancé.

Cette réalisation s'inscrit dans le prolongement des nombreuses actions menées par la ville de Tipaza en faveur du développement durable.

Depuis 2008, la station d'épuration de Tipaza est certifiée ISO 14001 /2004.

V.2 Caractéristiques de la STEP :

V.2.1 Technique d'épuration :

La station d'épuration de Tipaza a été dimensionnée pour traiter des eaux usées d'une charge nominale organique de 70 000 Equivalent-habitants (EH) et un débit $467 \text{ m}^3/\text{h}$.

La STEP utilise le procédé d'épuration à boues activées à faible charge avec aération prolongée (cf chap. III.3).

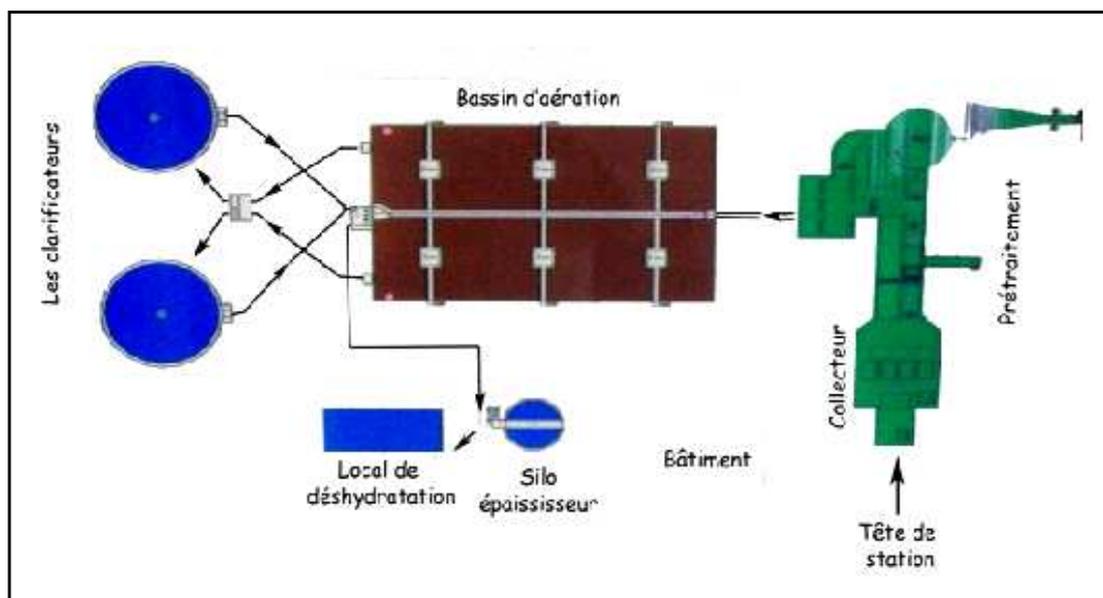


Figure V-1: Synoptique de la STEP de Tipaza [14].

Le procédé d'épuration se compose **des ouvrages de traitement** suivants :

○ **Collecteur**

Les eaux usées arrivent en tête de station dans un puisard de 45 m³ constitué d'un :

Dégrilleur grossier :

Il est de type barreaux plats (à nettoyage manuel). Les barreaux sont inclinés à 70° et se caractérisent par une largeur de 1,5 centimètres et un écartement de 5 centimètres (maille de 5x5 cm). Il consiste à retenir les déchets solides de grosse taille.



Figure V-2 : Dégrilleur grossier

Poste de relevage : Il assure le passage gravitaire de l'eau dans les différents ouvrages de traitement. Ce compartiment d'aspiration de 30 m³ est équipé de quatre pompes de type submersibles dont 3 sont en services et 1 est de réserve.

○ **Ouvrages prétraitement**

Dégrilleur fin : C'est une grille fine à nettoyage mécanisé, inclinée à 15°. L'écartement des barres est de 20 mm. Les déchets retenus au niveau de la grille sont soulevés par l'intermédiaire d'une benne inclinée. Une bande transporteuse prend le relais afin d'évacuer le rebus vers un conteneur de stockage.

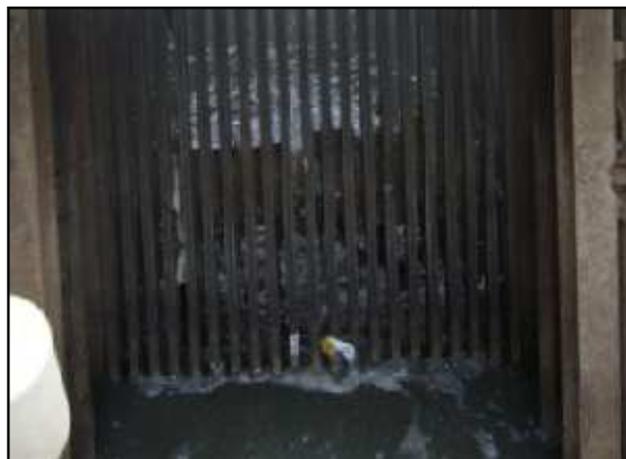


Figure V-3 : Dégrilleur fin

Par mesure de sécurité, un chenal by-pass équipé d'une grille à nettoyage manuel, permet la continuité du fonctionnement de la station en cas d'arrêt du dégrilleur automatique. Les déchets solides amassés au niveau du conteneur, sont stockés au niveau du centre d'enfouissement technique (C.E.T) de Sidi Rached.

Dessableur–Déshuileur :

C'est un ouvrage en béton armé de forme conique d'un diamètre de 5 m .Sa capacité de traitement est de 1167 m³/h. Il comprend les éléments suivants :

Un groupe tournant : qui permet de donner au liquide la vitesse adéquate pour la sédimentation des sables.



Figure V-4 : Dessableur-déshuileur

Une conduite d'alimentation de type air lift : qui permet d'évacuer le sable déposé au fond de l'ouvrage.

Par ailleurs les graisses et les écumes sont collectées à la surface du bassin. Elles seront évacuées dans un réservoir de stockage de graisse équipé d'une cloison siphonide qui piège la graisse dans le réservoir et fait circuler l'eau vers l'entrée de la station. Les graisses et les écumes amassées sont déchargées périodiquement et manuellement.

Classificateur de sable :

Transporté par l'**air lift**, le sable est lavé partiellement puis déshydraté. Une vis d'Archimède d'une longueur de **5 m** remonte les sables et permet leur assèchement par drainage gravitaire. Le sable est alors stocké avant évacuation vers le C.E.T dans une benne de stockage.



Figure V-5 : Classificateur de sable

La chambre de distribution :

Située en aval du dessableur – déshuileur elle permet une répartition équitable des débits.

Cette chambre est dimensionnée pour un débit de 1176 m³/h .Elle répartit ce débit en trois parties égales dans trois



Figure V-6 : Déversoirs

compartiments par déversoirs identiques. Deux d'entre eux desservent les deux couloirs du bassin biologique, le troisième est prévu pour une future extension de la station.

○ **Bassin biologique :**

Le bassin est composé de deux compartiments d'un volume de 6 000 m³ chacun, à la surface desquels sont disposés trois turbines d'aération.

Le traitement biologique est appliqué par digestion aérobie dans lequel

les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques contenues dans les eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.



Figure V-7 : Bassin biologique (deux lignes)

L'apport de l'oxygène est optimisé grâce aux six aérateurs de surface. Cette aération avec le maintien d'une concentration constante de boues fraîches permet d'activer l'action de digestion d'où l'appellation de « boues activées ».

Après un séjour suffisamment long de l'ordre de deux jours, cette liqueur mixte est envoyée vers les deux clarificateurs pour assurer la séparation solide liquide par décantation.

○ **Les clarificateurs :**

La station est dotée de deux clarificateurs dimensionnés pour un débit moyen de 467 m³/h (soit 234 m³/h pour chaque décanteur).

Chaque ouvrage est équipé d'une vanne télescopique pour régler le niveau de l'eau, et une vanne manuelle pour vidanger le décanteur dans le poste de reprise des boues en cas de nécessité.



Figure V-8 : Clarificateur

La décantation a pour but de séparer et traiter les matières dont la densité est supérieure à un. Les boues décantées au fond du clarificateur sont évacuées par l'intermédiaire du pont racleur.

Ces décanteurs secondaires ne retiennent exclusivement que les boues floculeuse, constituées par les matières organiques contenues dans l'effluent. Parallèlement les eaux clarifiées s'évacuent en périphérie par les lames déversantes (en forme de dents de scie).

○ **Poste de reprise de boues**

Situé en aval des décanteurs (filière boue), il est équipé :

- De trois pompes immergées (dont 1 de réserve), elles assurent la **recirculation** des boues contenant la culture bactérienne épuratrice des

pollutions carbonées et azotées contenues dans le bassin biologique.

- De deux pompes immergées (1 en service) d'un débit de 30m³/h chacune, elles permettent l'**évacuation** des boues en excès vers l'épaisseur.



Figure V-9 : Recirculation des boues vers le bassin biologique

○ **Epaississeur**

Les boues en excès sont épaissies par gravité dans cet ouvrage. Un mécanisme de rotation augmente l'efficacité du processus d'épaississement et ainsi le contenu des matières solides.

Caractéristiques de l'ouvrage

Diamètre : 11m

Hauteur : 4 m

Siccité des boues épaissies : 3,5% (35 Kg/m³)

Production des boues : 130 m³/jour



Figure V-10 : Ouvrage d'épaississement

Temps de séjour de la boue : 3 jours.

○ **Déshydratation**

Les boues épaissies sont déshydratées par un filtre à bandes. Il permet aux boues d'atteindre une siccité de 20%. Son débit d'entrée est évalué à $10,8 \text{ m}^3/\text{h}$ (3,5%)

Conditionnement des boues :

Le polymère est ajouté à la boue pour améliorer ses caractéristiques de déshydratation. Il permet d'augmenter les concentrations en matière sèche.

Le dosage moyen du polymère est de 4 à 6 kg par tonne de boue sèche.

Le conditionnement des boues en polymère (après préparation) s'opère dans un réacteur cylindrique situé en amont du filtre à bandes.



Figure V-11 : Réacteur cylindrique

Préparation du polymère :

Ce polymère se présente sous forme de poudre à dissoudre dans une concentration de 0,1%. Une unité de préparation automatique est prévue au niveau de la station. Les bacs de préparation sont alimentés en eau (dilution) par l'intermédiaire d'une pompe dite « de lavage ». Un doseur injectera la quantité de polymère adéquate. Le mélange ainsi préparé ralliera le réacteur cylindrique via une pompe dite « doseuse » [15].

V.2.2 Débit journalier :

L'histogramme ci-dessous représente le débit d'eaux usées moyen mensuel pour la période allant de mars 2009- février 2010.

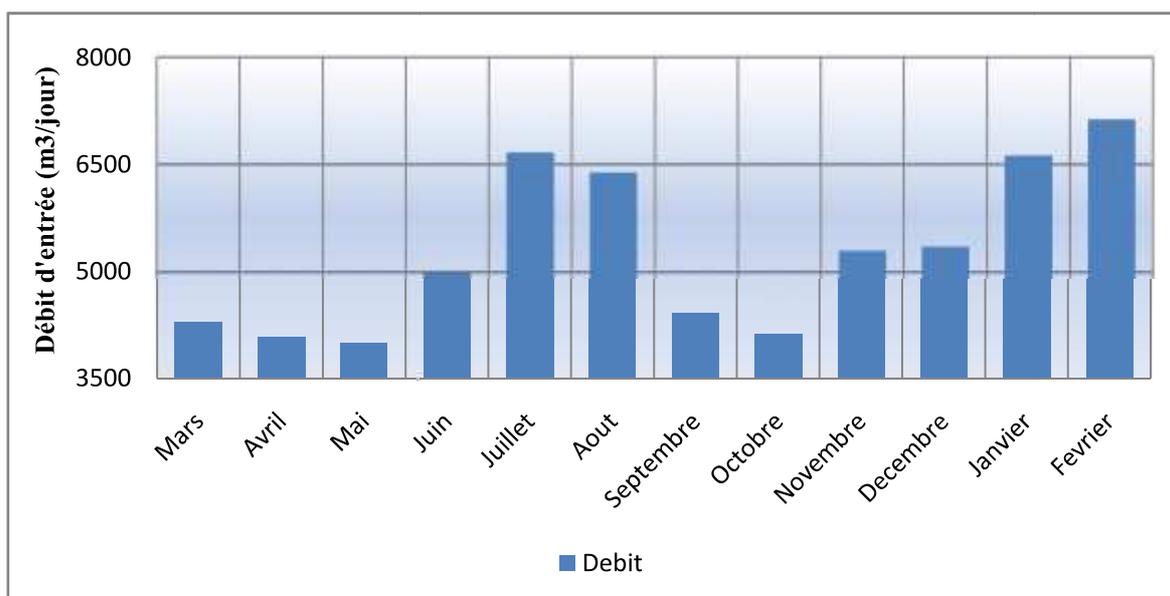


Figure V-12 : Débit moyen mensuel d’eaux usées entre mars 2009 et février 2010

On constate sur l’histogramme ci-dessus des variantes saisonnières :

Pendant la période **estivale** (Juin - Aout) ; où le débit journalier atteint 6668 m³ pour le mois de Juillet. Cette hausse s’explique par une augmentation de la consommation en eau en cette période ainsi qu’a un accroissement de la population due à la présence des estivants.

Pendant la période **hivernale** (Novembre – Décembre).L’accroissement du débit d’entrée est dû aux précipitations (pluie), le réseau étant unitaire.

Quant aux pics observés à partir du mois janvier, ils concordent avec le raccordement de nouvelles habitations au réseau d’assainissement de la station.

V.2.3 La charge polluante :

Les opérateurs de la station d’épuration effectuent des prélèvements réguliers a l’entrée et à la sortie de la station pour déterminer les matières polluantes existantes dans les eaux usées.

L’effluent d’entrée est caractérisé par les concentrations suivantes (moyenne annuelle) :

- DCO : 336,67 mg/l
- DBO₅ : 174,44 mg/l
- MES : 302,29 mg/l

Le rapport DCO/DBO₅ est de **1,93** soit compris entre 1,9 et 2,5. L’effluent est donc d’origine domestique.

V.3 Evaluation de la consommation électrique et du coût de fonctionnement :

Méthodologie de Travail :

Les démarches utilisées pour évaluer la consommation électrique et de son coût au niveau de la station d'épuration sont les suivantes :

- Identification des différents équipements consommateurs d'électricité au niveau de la STEP,
- Classification des éléments en trois grandes catégories : Chaîne d'épuration, Bâtiment et Eclairage extérieur,
- Relevé des puissances électriques de chaque équipement,
- Saisie des relevés des compteurs horaires journaliers de chaque équipement durant la période qui s'étale de mars 2009 -février 2010,
- Exploitation des données pour le calcul des consommations et des coûts.

Méthode de calcul :

Les formules mathématiques utilisées pour calculer la consommation électrique et son coût sont les suivantes :

○ **Durée de fonctionnement :**

- Temps de fonctionnement moyen mensuel =
$$\frac{\Sigma \text{ Temps de fonctionnement journaliers}}{\text{Nombre de jour de fonctionnement dans mois}}$$

- Temps de fonctionnement journalier moyen sur une année =
$$\frac{\Sigma \text{ Temps de fonctionnement journaliers}}{\text{Nombre de jour de fonctionnement dans l'année}}$$

○ **Consommation électrique :**

- La consommation électrique journalière d'un équipement pour un poste horaire (pleine/pointe/creuse) (*CEJ*) est calculée à partir de la puissance de l'équipement (*P*), du nombre d'équipement (*N*) et de la durée de fonctionnement journalière de celui-ci en heures (pleine/pointe/creuse) (*D*).

On obtient la formule mathématique suivante : **CEJ = P x N x D.**

- La consommation électrique journalière totale d'un équipement (*CEJT*) est la somme des consommations électriques journalières de chaque poste horaire (pleine/pointe/creuse).

On obtient la formule mathématique suivante : **CEJT = CEJple + CEJpte + CEJcse.**

- La consommation électrique mensuelle d'un équipement (*CEM*) est calculée à partir de la consommation électrique journalière (*CEJ*), de la fréquence de fonctionnement (*Fr*) et du nombre de jours par mois en moyenne (*Nbre jr/m*).

On obtient la formule mathématique suivante : **$CEM = CEJ \times Fr \times Nbre\ jr/m$** .

- La consommation électrique annuelle d'un équipement (*CEA*) est calculée à partir de la consommation électrique mensuelle (*CEM*) et du nombre de mois dans l'année (*Nbre mois/an*).

On obtient la formule mathématique suivante : **$CEA = CEM \times Nbre\ mois/an$** .

○ **Coût de la consommation électrique :**

- Le coût de la consommation électrique journalière pour un poste horaire (*CCEJ*) est calculé à partir de la consommation électrique journalière du poste horaire (*CEJ*) et du prix unitaire de l'énergie active pour le poste horaire (pleine/pointe/creuse) (*PUEA*).

On obtient la formule mathématique suivante : **$CCEJ = CEJ \times PUEA$** .

- Le coût de la consommation électrique journalière total (*CCEJT*) est la somme des coûts de consommation électrique journalière de chaque poste horaire. On obtient la formule mathématique suivante : **$CCEJT = CCEJ_{ple} + CCEJ_{pte} + CCEJ_{cse}$** .

- Le coût de la consommation électrique mensuelle (*CCEM*) est calculé à partir du coût de la consommation journalière (*CCEJ*), de la fréquence de fonctionnement (*Fr*) et du nombre de jours par mois en moyenne (*Nbre jr/mois*).

On obtient la formule mathématique suivante : **$CCEM = CCEJ \times Fr \times Nbre\ jr/mois$** .

- Le coût de la consommation électrique annuelle (*CCEA*) est calculé à partir du coût de la consommation électrique mensuelle (*CCEM*) et du nombre de mois dans l'année (*Nbre mois/an*).

On obtient la formule mathématique suivante : **$CCEA = CCEM \times Nbre\ mois/an$** .

La présentation des résultats pour chaque partie étudiée suit l'enchaînement suivant :

1-Chaine d'épuration

2-Bâtiment

3-Eclairage extérieur

V.3.1 Chaîne d'épuration :

1 Collecte et prétraitement :

a. Pompes de relevage :

- Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :

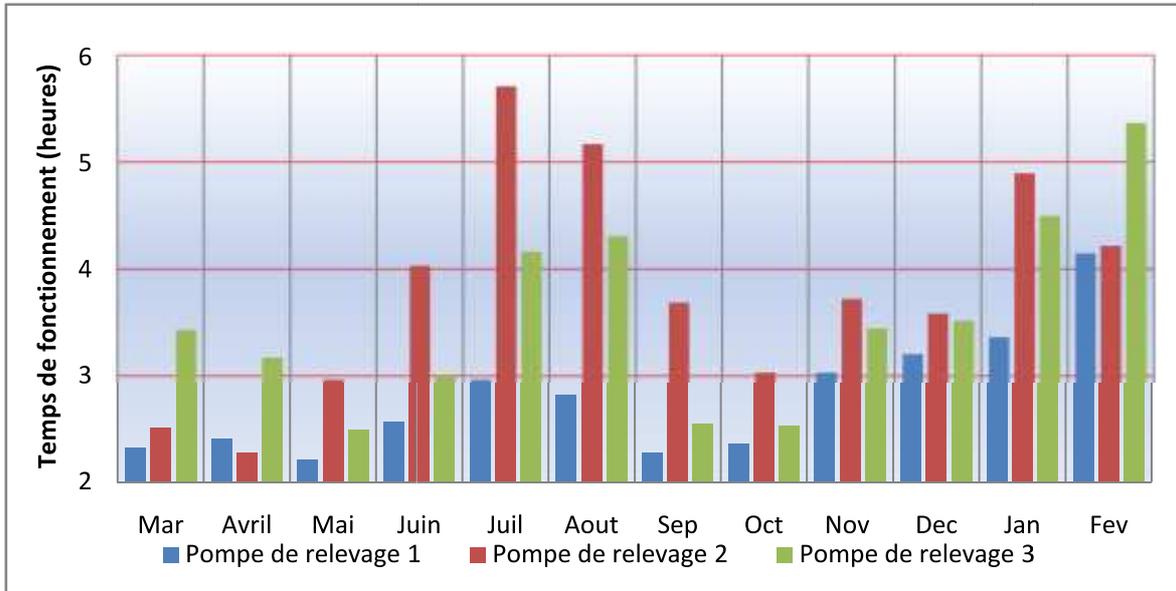


Figure V-13 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des pompes de relevage entre mars 2009 et février 2010

Les trois histogrammes ci-dessus représentent le temps de fonctionnement journalier moyen des pompes de relevage pour chaque mois.

On observe des variantes saisonnières :

Pendant la période **estivale** (Juin - Aout) ; ou la durée de marche atteint 12,85 heures pour le mois de Juillet. Cette augmentation s'explique par une hausse du débit d'entrée due à l'importante consommation d'eau en cette période ainsi qu'à la présence des estivants.

Pendant la période **hivernale** (Novembre – Décembre). L'accroissement du débit d'entrée est dû aux précipitations (pluie), le réseau étant unitaire.

Les pics observés à partir du mois janvier correspondent aux raccordements de nouvelles habitations au réseau d'assainissement de la station.

La durée de fonctionnement journalière moyenne pour la période mars09-fev10 des pompes de relevage est représentée dans le tableau suivant :

Tableau V-1 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des pompes de relevage entre février 2009 et mars 2010

Pompes	Pompe de relevage 1	Pompe de relevage 2	Pompe de relevage 3	Total
Durée (heures : minutes)	2:48	3:49	3:33	10:10

D'après le tableau on constate que le temps de fonctionnement journalier pour les pompes de relevage est de : 10,17 heures.

- **Puissance réelle absorbée : 14,40 kW**
- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance d'une pompe de relevage est de 14,4 kW. Ces pompes fonctionnent 10,17 heures par jour. Ce temps de fonctionnement est réparti de manière à inclure les habitudes de consommations d'eau des habitants de la ville de Tipaza conformément aux observations des opérateurs de la STEP.

- *Heures de pointe : 3 heures.*
- *Heures pleines : 7,17 heures.*

Le tableau suivant représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement journalier des pompes de relevage :

Tableau V-2 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des pompes de relevage

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
3,00	7,17	0	43,20	103,25	0	146,45	313,93	166,72	0	480,65

b. Degrilleur fin automatique :

- **Estimation du temps de fonctionnement journalier :**

Il a été estimé à 1 heure par l'opérateur.

- **Puissance :**
 - *Benne mécanique* : 0,50 kW
 - *Bande transporteuse* : 1,50 kW

- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance du dégrilleur est de 2,05 kW. Son fonctionnement à lieu pendant les heures administratives ce qui correspond en termes de tarification d'électricité, aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du dégrilleur automatique :

Tableau V-3 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du dégrilleur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0,00	1,00	0,00	0,00	2,05	0,00	2,05	0	3,31	0	3,31

c. Groupe tournant :

- **Temps de fonctionnement journalier :**

Le groupe tournant fonctionne en permanence soit 24h/24.

- **Puissance :** 3,00 kW

- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance du groupe tournant est de 3 kW. Son temps de fonctionnement est de 24 heures, il est réparti de la manière suivante :

- *Heures de pointe* : 4 heures.
- *Heures pleines* : 12,5 heures.
- *Heures creuses* : 7,5 heures.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du groupe tournant :

Tableau V-4 : Consommation électrique journalière et coût journalier du groupe tournant

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4,00	12,50	7,50	12,00	37,50	22,50	72,00	87,20	60,55	19,20	166,95

d. Surpresseur Air lift :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

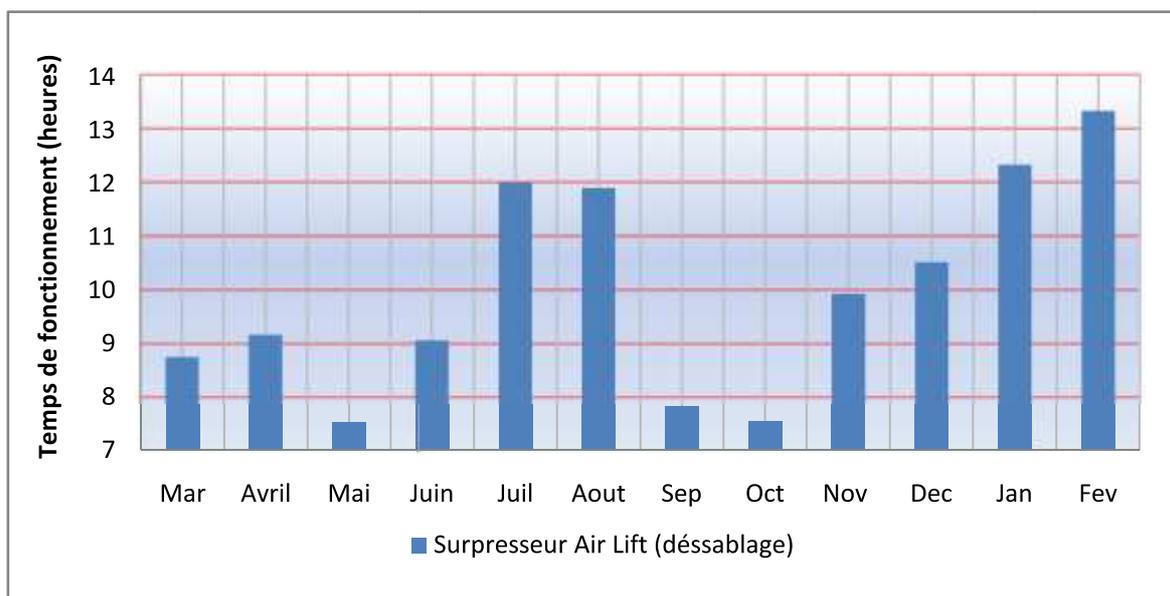


Figure V-14 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle du surpresseur air lift entre mars 2009 et février 2010

L'allure de l'histogramme du surpresseur est analogue à celle des pompes de relevage. Ceci résulte du fonctionnement en parallèle de ces deux éléments.

La durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année du surpresseur air lift est de 10 heures.

- **Puissance : 7,50 kW**
- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance du surpresseur air lift est de 7,5 kW, son temps de fonctionnement journalier est de 10 heures, celui-ci est réparti de la manière suivante :

- *Heures de pointe* : 3 heures.
- *Heures pleines* : 7 heures.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du surpresseur ait lift :

Tableau V-5 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du surpresseur air lift

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
3,00	7,00	0,00	22,50	52,50	0,00	75,00	163,50	84,77	0	248,27

e. Surpresseur déshuilage :

○ **Temps de fonctionnement journalier :**

Le groupe tournant fonctionne en permanence 24h/24.

○ **Puissance : 3,00 kW**

○ **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance du surpresseur déshuileur est de 3 kW, son temps de fonctionnement est de 24heures, il est réparti de la manière suivante :

- *Heures de pointe* : 4 heures.
- *Heures pleines* : 12,5 heures.
- *Heures creuses* : 7,5 heures.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du surpresseur déshuileur :

Tableau V-6 : Consommation électrique journalière et coût journalier du surpresseur déshuileur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4,00	12,50	7,50	12,00	37,50	22,50	72,00	87,20	60,55	19,2	166,95

f. Calibreur de sable :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

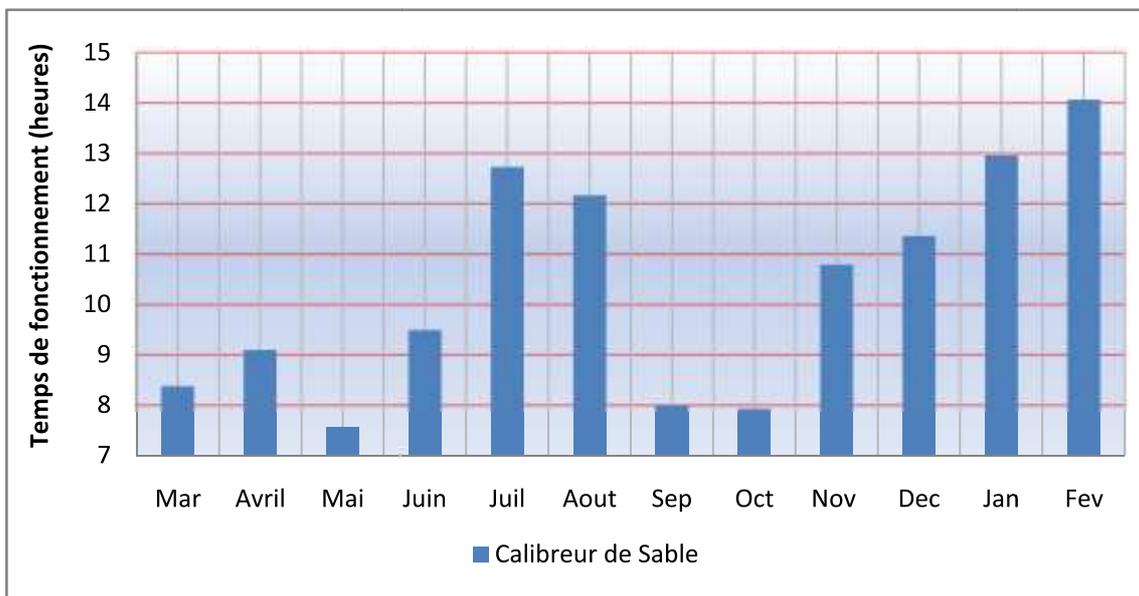


Figure V-15 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle du calibreur de sable entre mars 2009 et février 2010

L'allure de l'histogramme du calibreur est elle aussi analogue à celle des pompes de relevage. Ceci résulte du fonctionnement en parallèle de ces deux éléments.

À partir de l'histogramme on peut calculer la durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année pour le calibreur de sable (10,4 heures).

- **Puissance :** 1,50 kW

- **Consommation et coût énergétiques :**

La puissance du calibreur de sable est de 1,5 kW, son temps de fonctionnement est de 10,40 heures, il est réparti de la manière suivante :

- *Heures de pointe :* 3 heures.
- *Heures pleines :* 7,4 heures.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du calibreur :

Tableau V-7 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du calibre de sable

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
3,00	7,40	0,00	4,50	11,10	0,00	15,60	32,70	17,92	0	50,62

Tableau de synthèse - collecte et prétraitement :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement des équipements de la collecte et du prétraitement :

Tableau V-8 : Consommation électrique et coût de la collecte et du prétraitement

Collecte et prétraitement	Consommation électrique			Coût		
	Journalière (kWh)	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Journalier (DA)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Pompes de relevage	146,45	4453,54	53442,48	480,65	14616,57	175398,84
Dégrilleur automatique	2,05	62,35	748,20	3,31	100,66	1207,92
Groupe tournant	72,00	2189,52	26274,24	166,95	5076,95	60923,4
Air lift	75,00	2280,75	27369,00	248,27	7549,89	90598,68
Suppresseur déshuileur	72,00	2189,52	26274,24	166,95	5076,95	60923,4
Calibreur	15,60	474,40	5692,80	50,62	1539,35	18472,2
Total	383,10	11650,08	139800,96	1116,75	33960,37	407524,44

2 Traitement biologique :

Aérateurs :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

Aérateurs ligne 1 :

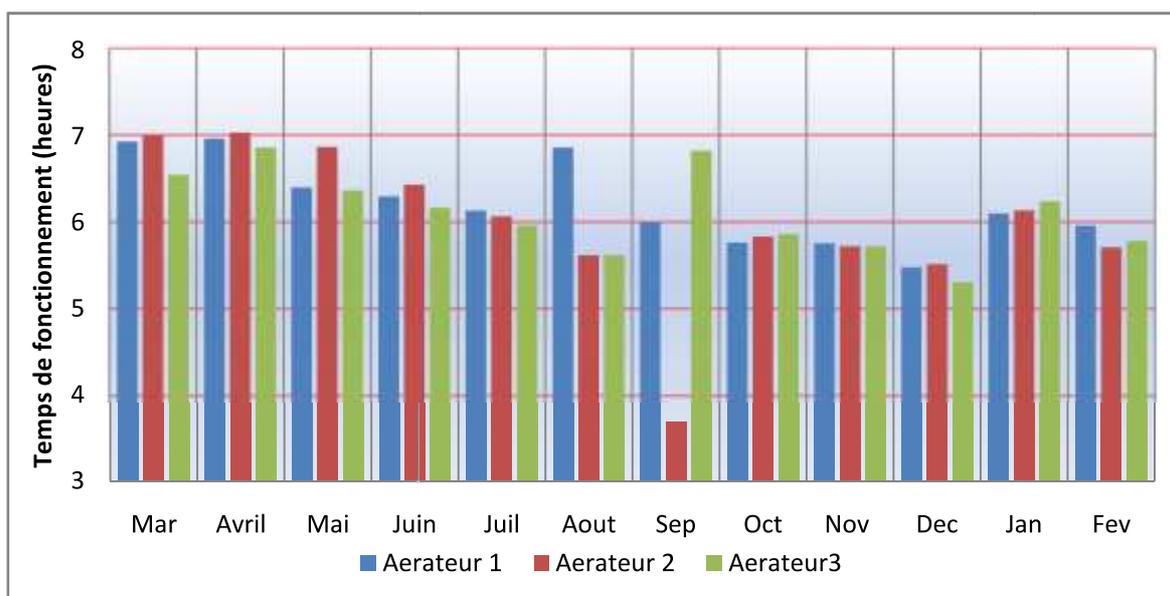


Figure V-16 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des aérateurs (ligne1) entre mars 2009 et février 2010

L'allure des histogrammes traduit la constance de la durée de fonctionnement total des trois aérateurs autour de 18 heures. Ceci s'explique par le maintien des paramètres opératoires constants (Boues fraîches, volume) à l'intérieur du bassin (indépendamment des débits et charge de pollution d'entrée).

La durée de fonctionnement journalière moyenne pour la période mars09-fev10 des aérateurs de la ligne 1 est représentée dans le tableau suivant

Tableau V-9 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des aérateurs de la ligne 1

Aérateurs	Aérateur 1	Aérateur 2	Aérateur 3	Total
Durée (h : mn)	6:13	5:58	6:06	18:17

D'après le tableau on constate que le temps de fonctionnement journalier des aérateurs de la ligne 1 est de : 18,28 heures.

Aérateurs ligne 2 :

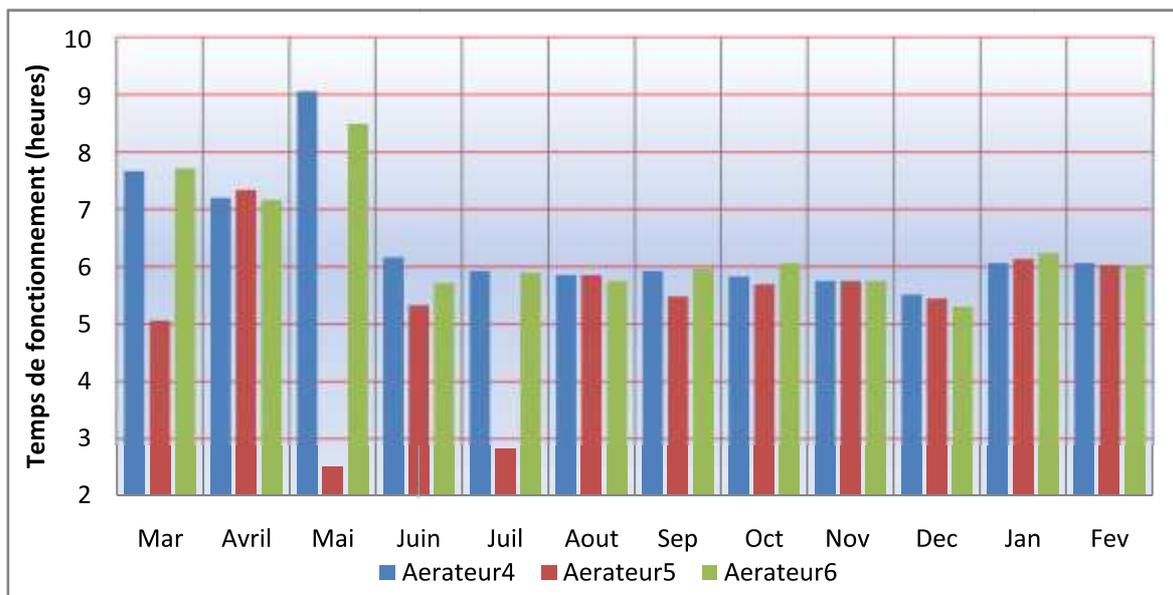


Figure V-17 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des aérateurs (ligne2) entre mars 2009 et février 2010

L'allure des histogrammes traduit la constance de la durée de fonctionnement total des trois aérateurs autour de 18 heures. Ceci s'explique par le maintien des paramètres opératoires constants (Boues fraîches, volume du bassin).

Note : La régression du temps de fonctionnement de l'aérateur 5 par rapport à la normale (6 heures) a été causée par des défaillances techniques. Ceci s'est d'ailleurs répercuté sur les deux autres aérateurs amenés à fonctionner plus longtemps afin de compenser ce déclin.

La durée de fonctionnement journalière moyenne pour la période mars09-fev10 des aérateurs de la ligne 2 est représentée dans le tableau suivant

Tableau V-10 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des aérateurs de la ligne 2

Aérateurs	Aérateur 4	Aérateur 5	Aérateur 6	Total
Durée de marche en moyenne par jour sur l'année (h : mn)	6:25	5:17	6:20	18:03

D'après le tableau on constate que le temps de fonctionnement journalier des aérateurs de la ligne (2) est de : 18,05 heures

- **Puissance réelle absorbée :** 66,00 kW

- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

Les trois aérateurs fonctionnent par alternance : le premier fonctionne en moyenne 13,9 minutes s'ensuit un temps d'arrêt moyen de 2,9 minutes pour que le second aérateur démarre (même temps de fonctionnement et d'arrêt) et ainsi de suite.

Chaque ligne fonctionne en moyenne 18,17 heures.

Note : L'opérateur observe un arrêt de marche quotidien de deux heures pendant la période de pointe. Ainsi la durée de fonctionnement des aérateurs par jour est répartie sur 22 heures.

Définition d'un cycle : Le cycle représente le temps de fonctionnement continu d'un aérateur au quel on ajoute le temps d'arrêt = 13,8+2,9=16,7 minutes.

$$\left. \begin{array}{l} 16,7 \text{ mn} \quad \rightarrow \text{Un cycle.} \\ 22\text{h (1320mn)} \rightarrow \text{Nombre de cycle ?} \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Nombre de cycle} = 1320/16,7 = \mathbf{79 \text{ Cycles}}$$

Répartition des cycles par tranche :

- **Heure creuses :** 7 heures et 30 minutes

$$\left. \begin{array}{l} 16,7 \text{ mn} \rightarrow \text{Un cycle.} \\ 450 \text{ mn} \rightarrow \text{Nombre de cycle ?} \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Nombre de cycle} = 450/16,7 = \mathbf{27 \text{ cycles}}$$

- **Heures pleines :** 12 heures et 30 minutes ; ce qui équivaut à **45 cycles** (De la même manière que précédemment)
- **Heures de pointe :** 2 Heures ; ce qui équivaut à **7 cycles**.

Répartition des durées de fonctionnement par tranche :

- **Heure creuses :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{Un cycle} \rightarrow 13,8 \text{ mn (fonctionnement)} \\ 27 \text{ cycles} \rightarrow \text{Durée de fonctionnement ?} \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Durée de fonctionnement} = 13,8 * 27 = \mathbf{6 \text{ heures et } 13 \text{ minutes}}$$

- **Heure pleines :** De la même manière

Durée de fonctionnement = **10 heures et 21 minutes**.

- **Heure de pointe :** De la même manière

Durée de fonctionnement = **1 heures et 36 minutes**.

Le tableau suivant représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement journalier des six aérateurs :

Tableau V-11 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des six aérateurs

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
1,61	10,35	6,21	106,26	683,10	409,86	1199,22	772,17	1103,00	349,73	2224,90

Tableau de synthèse - traitement biologique :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement des équipements du traitement biologique :

Tableau V-12 : Consommation électrique et coût du traitement biologique

Traitement biologique	Consommation électrique			Coût		
	Journalière (kWh)	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Journalier (DA)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Aérateurs ligne 1	1199,22	36468,28	437619,36	2224,9	67659,21	811910,52
Aérateur ligne 2	1199,22	36468,28	437619,36	2224,9	67659,21	811910,52
Total	2398,44	72936,56	875238,72	4449,80	135318,42	1623821,04

3 Clarification :

a. Ponts racleurs :

- **Temps de fonctionnement journalier**

Les ponts racleurs fonctionnent en permanence soit 24h/24.

- **Puissance : 0,92 kW**
- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance des deux ponts racleurs est de 0.92 kW chacun. Leurs temps de fonctionnement est de 24heures, il est réparti de la manière suivante :

- *Heures de pointe : 4 heures.*

- *Heures pleines* : 12,5 heures.
- *Heures creuses*: 7,5 heures.

Le tableau suivant représente la consommation électrique journalière moyenne et le coût journalier moyen des deux ponts racleurs :

Tableau V-13 : Consommation électrique journalière et coût journalier des ponts racleurs

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4,00	12,50	7,50	7,36	23,00	13,80	44,16	53,48	37,14	11,78	102,40

b. Pompes de recirculation:

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

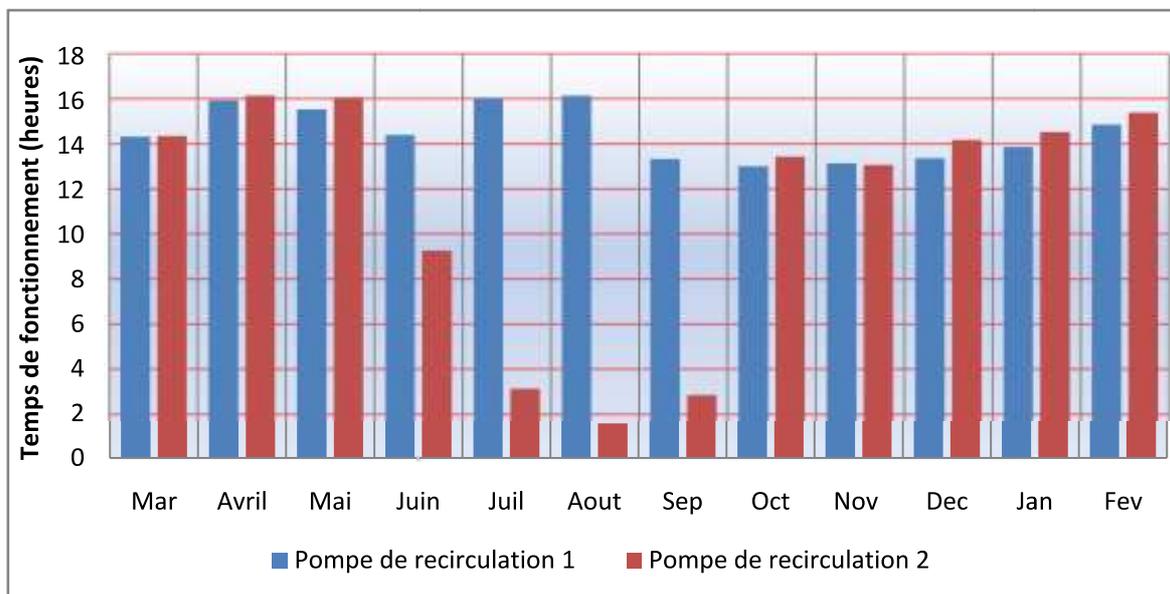


Figure V-18 : Durée de fonctionnement moyenne mensuelle des pompes de recirculation entre mars 2009 et février 2010

Les deux histogrammes ci-dessus représentent la durée moyenne de fonctionnement des pompes de recirculation par mois.

En théorie les deux pompes doivent fonctionner en alternance pendant 24 heures, cependant on remarque que pendant 8 mois le temps de marche dépasse les 24 heures, ceci

s'explique par le fait que les pompes ont fonctionné simultanément à cause d'un mauvais ajustement du niveau des boues dans le puisard.

On observe une variante saisonnière pendant l'été (juin, juillet, août, septembre) où la durée de marche diminue jusqu'à 16h (mois de septembre). Ce phénomène s'explique par une forte prolifération des bactéries pendant l'été, en conséquence le bassin d'aération ne nécessite pas un apport supplémentaire de boue.

La durée de fonctionnement journalière moyenne pour la période mars09-fev10 des pompes de recirculation est représentée dans le tableau suivant.

Tableau V-14 : Durée de fonctionnement journalière moyenne sur une année des pompes de recirculation

Pompes de recirculation	Pompe de recirculation 1	Pompe de recirculation 2	Total
Durée (h)	14,49	11,16	25,66

D'après le tableau on constate que le temps de fonctionnement journalier des pompes de recirculation est de : 25,66 heures

- **Puissance réelle absorbée:** 6,60 kW
- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La durée de fonctionnement journalière moyenne des pompes de recirculation est de : 25,66 heures.

C'est-à-dire que sur les 24 heures, les pompes ont pratiquement fonctionnées en alternance, sauf durant 1,66h où l'une des pompes s'est alliée à l'autre, vraisemblablement afin de corriger une hausse importante de niveau.

Le calcul de la consommation sera donc scinder en deux étapes :

- Le premier calcul (« 1 ») comprendra : la consommation totale de l'une des pompes plus la consommation de l'autre pompe lors de son fonctionnement en alternance avec la première.

- Le deuxième calcul (« 2 ») se portera sur la consommation de la deuxième pompe lorsqu'elle a fonctionné simultanément avec la première.

- Calcul de la consommation électrique et de son coût des pompes de recirculation (« 1 ») :

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier des pompes de recirculation en alternance (« 1 »)

Tableau V-15 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des pompes de recirculation (« 1 »)

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4,00	12,50	7,50	26,40	82,50	49,50	158,40	191,84	133,21	42,24	367,29

- Calcul de la consommation électrique et des coûts des pompes de recirculation (« 2 ») :

Le temps de fonctionnement des pompes en simultanée est de 1,66h, nous avons réparti cette durée sur les trois tranches horaires selon le pourcentage qu'occupe chaque plage horaire dans la journée.

- *Heures pleines* 12,5h ce qui représente 52,08% de la journée —————> 0,86h
- *Heures de pointe* 4h, ce qui représente 16,7% de la journée —————> 0,28h
- *Heures creuses* 7,5h ce qui représente 31,22% de la journée —————> 0,52h

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier des pompes de recirculation en simultanée. (« 2 »)

Tableau V-16 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des pompes de recirculation (« 2 »)

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0,28	0,86	0,52	1,85	5,68	3,43	10,96	13,44	9,17	2,93	25,54

- Consommation électrique et coût global des pompes de recirculation 1 et 2 :

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier global des pompes de recirculation, ce résultat regroupe le fonctionnement en alternance et en simultané des pompes de recirculation : (« 1 ») + (« 2 »).

Tableau V-17 : Consommation électrique global et coût journalier global des pompes de recirculation

Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
28,25	88,18	52,93	169,36	205,28	142,38	45,17	392,83

c. Pompe d'extraction:

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

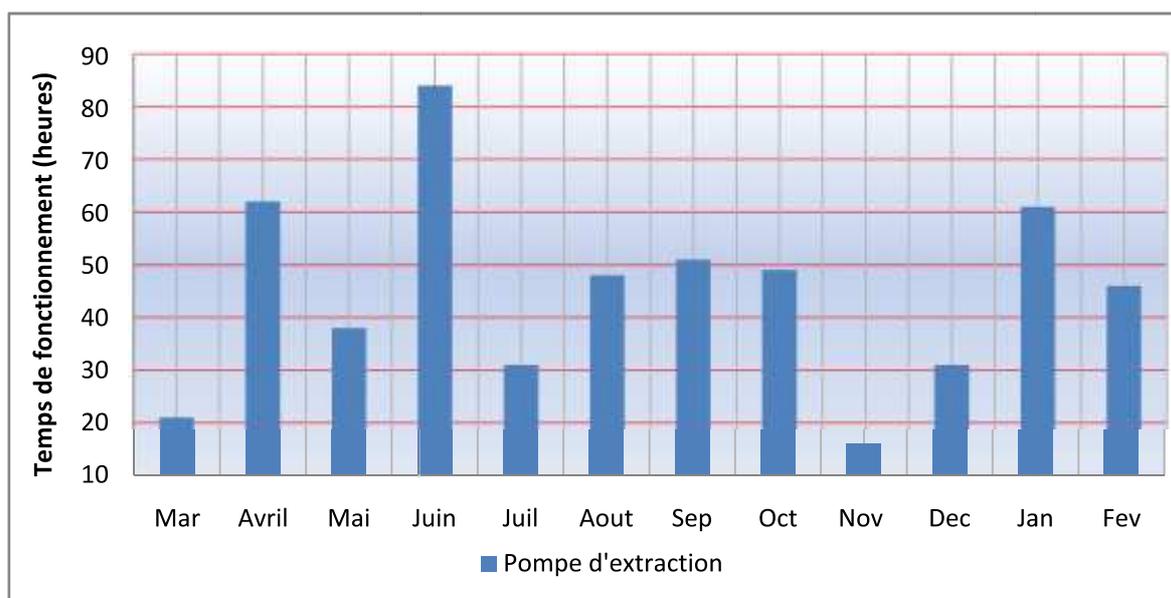


Figure V-19 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe d'extraction entre mars 2009 et février 2010

L'histogramme ci-dessus représente la durée de fonctionnement mensuelle d'une pompe d'extraction sur une année.

Le fonctionnement de la pompe est conditionné par la présence de boue en excès dans le bassin d'aération (concentration de boue)

- Calcul du temps de fonctionnement journalier moyen :

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de : 45,60 heures

Fréquence de fonctionnement de la pompe d'extraction = $\frac{\text{Nombre de jour de fonctionnement}}{\text{Nombre de jour dans l'année}}$

Application : La fréquence de fonctionnement de la pompe d'extraction est de :

$$\frac{182}{365} = \frac{1}{2}, \text{ soit un jour sur deux.}$$

Le temps de fonctionnement journalier moyen de la pompe d'extraction est égal à la durée de fonctionnement mensuelle moyenne divisé par Fréquence divisé par le Nombre de jour dans le mois en moyenne.

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de : $\frac{45,6}{1/2 \times 30,4} = 3$ heures.

- **Puissance** : 3,00 kW
- **Consommation et coût de l'énergie électrique** :

La puissance de la pompe d'extraction est de 3 kW, elle fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier de la pompe d'extraction.

Tableau V-18 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe d'extraction

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	3,00	0	0	9,00	0	9,00	0	14,53	0	14,53

Tableau de synthèse - clarification :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement des équipements de la clarification :

Tableau V-19 : Consommation électrique et coût de la clarification

Clarification	Consommation électrique			Coût		
	Journalière (kWh)	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Journalier (DA)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Pont Racleur (1 et 2)	44,16	1342,90	16114,80	102,40	3113,98	37376,00
Pompe de Recirculation (1 et 2)	169,36	3581,69	42980,28	392,83	11945,96	143382,95
Pompe d'extraction (1 et 2)	9,00	136,85	821,10	14,53	441,86	2651,73
Total	/	6629,99	78738,78	/	15501,80	183410,68

4 Epaisseur :

Groupe épaisseur :

- **Temps de fonctionnement journalier :**

Il fonctionne en permanence soit 24h/24

- **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance de l'épaisseur est de 0.185 kW. Le temps de fonctionnement de celui-ci est de 24heures, il est réparti de la manière suivante

- *Heures de pointe* : 4 heures.
- *Heures pleines* : 12,5 heures.
- *Heures creuses*: 7,5 heures.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier de l'épaisseur :

Tableau V-20 : Consommation électrique journalière et coût journalier de l'épaisseur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4,00	12,50	7,50	0,74	2,31	1,39	4,44	5,38	3,73	1,19	10,30

Tableau de synthèse – Epaisseur :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement de l'épaisseur :

Tableau V-21 : Consommation électrique et coût du groupe épaisseur

Epaisseur	Consommation électrique			Coût		
	Journalière (kWh)	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Journalier (DA)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Epaisseur	4,44	135,02	1620,24	10,30	313,22	3758,64

5 Déshydratation :

La déshydratation s'effectue pendant les heures administratives avec une fréquence de travail évaluée à 3 jours sur 5 (nombre de jour de fonctionnement par nombre de jour dans l'année soit 219/365).

Le temps de séjour des boues au niveau de l'épaisseur étant modulé, la production des boues déshydratées ne reflétera pas les quantités de boues extraites à partir du bassin biologique.

a. Pompe à boue :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

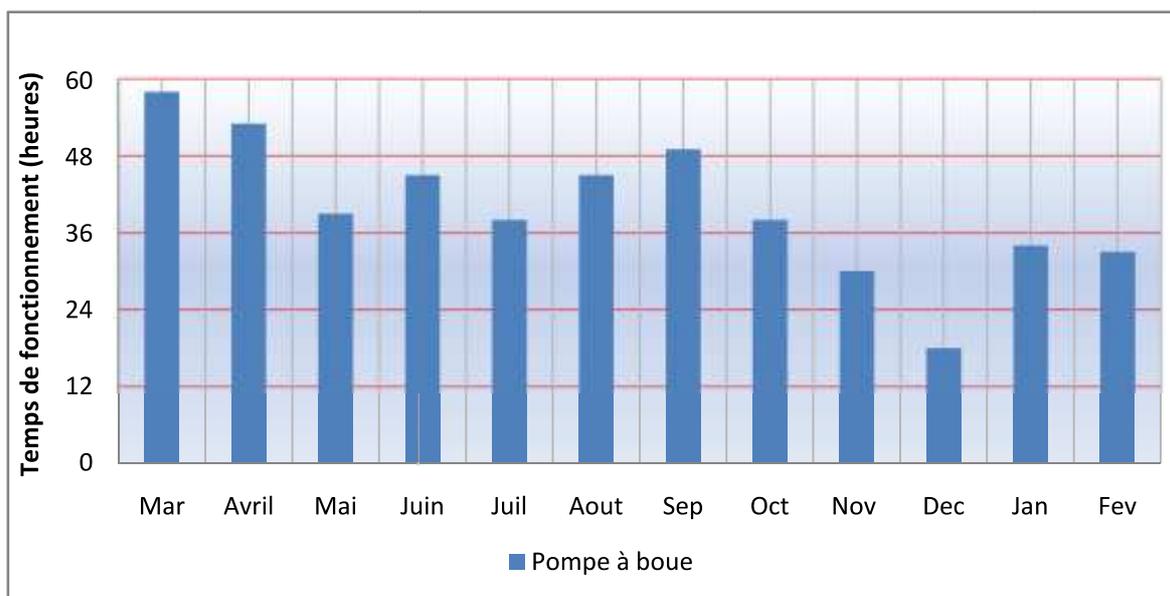


Figure V-20 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe à boue entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de 40,13 heures.

Le temps de fonctionnement journalier moyen est égal à la durée de fonctionnement mensuelle divisé par fréquence divisé par le nombre de jour dans le mois en moyenne

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de :

$$\frac{40,13}{3 / 5 \times 30,41} = 2,20 \text{ heures.}$$

- **Puissance** : 3,00 kW
- **Consommation et coût de l'énergie électrique** :

La puissance de la pompe à boue est de 3 kW, elle fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier de la pompe à boue :

Tableau V-22 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe à boue

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	2,20	0	0,00	6,60	0,00	6,60	0,00	10,66	0	10,66

b. Pompe de lavage :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010** :

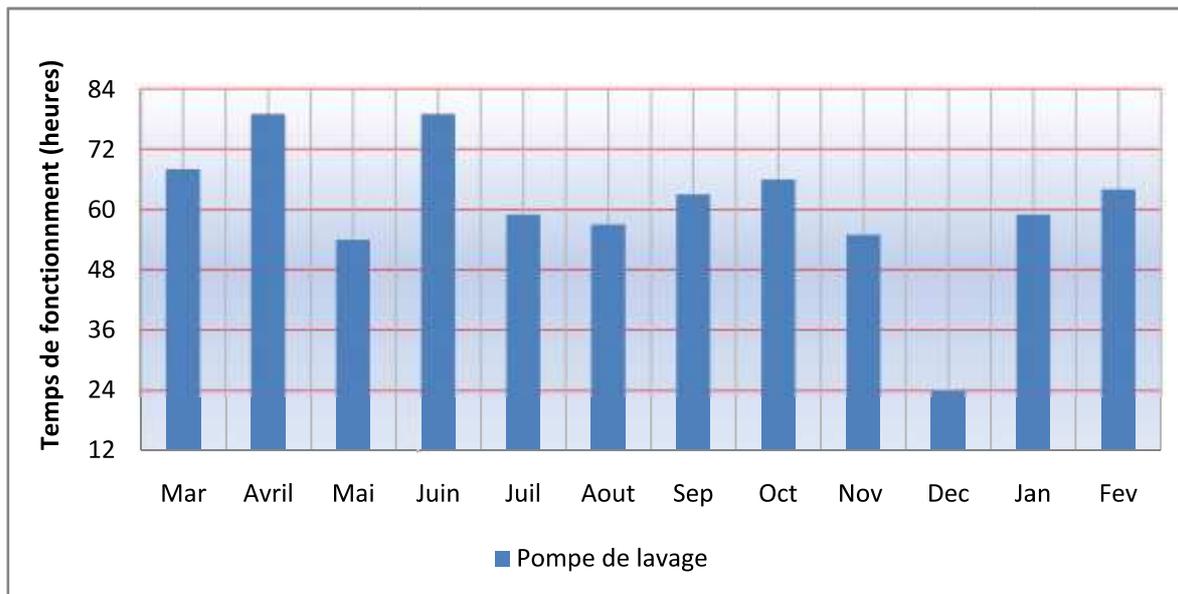


Figure V-21 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe de lavage entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de 60,20 heures

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de :

$$\frac{60,2}{3/5 \times 30,41} = 3,3 \text{ heures.}$$

- **Puissance** : 4,00 kW
- **Consommation et coût de l'énergie électrique** :

La puissance de la pompe de lavage est de 4 kW, elle fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier de la pompe de lavage.

Tableau V-23 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe de lavage

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	3,30	0	0,00	13,20	0,00	13,20	0,00	21,31	0	21,31

c. Doseur polymère :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010** :

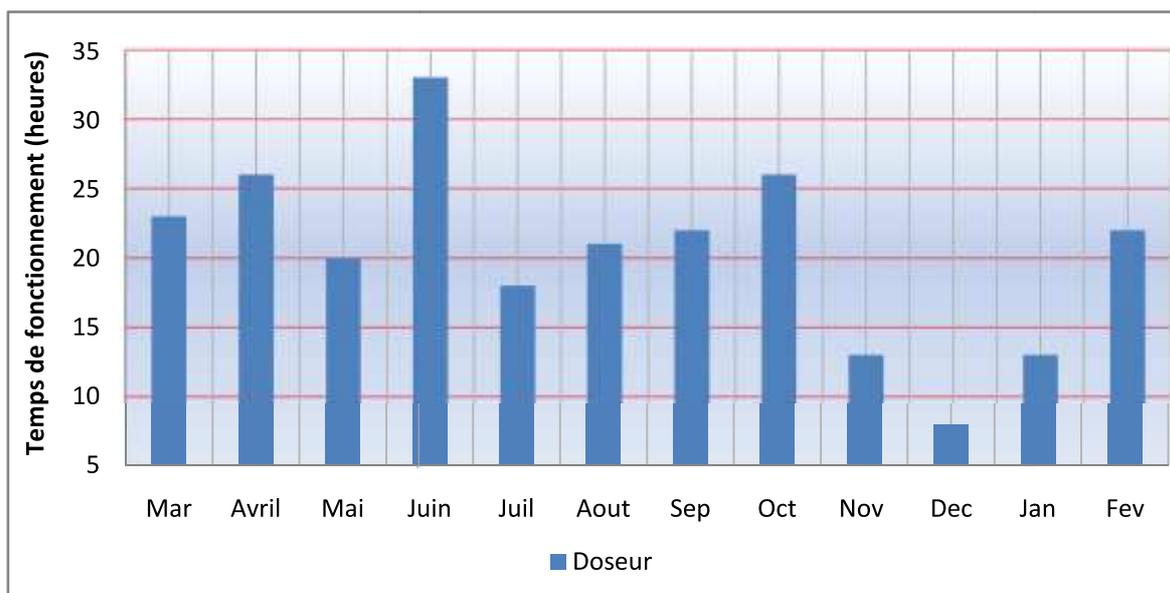


Figure V-22 : Temps de fonctionnement mensuel du doseur de polymère entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de 24,62 heures.

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est donc égal à :

$$\frac{24,62}{3/5 \times 30,41} = 1,35 \text{ heures.}$$

- **Puissance** : 0,12 kW
- **Consommation et coût de l'énergie électrique** :

La puissance du doseur polymère est de 0,12 kW, elle fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du doseur de polymère :

Tableau V-24 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du doseur de polymère

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	1,35	0	0,00	0,16	0,00	0,16	0,00	0,26	0	0,26

d. Mélangeurs polymères (Horizontale et verticale) :

- **Temps de fonctionnement journalier** :

Les mélangeurs fonctionnent quotidiennement et en permanence soit 24h/24.

- **Puissance de chaque mélangeur** : 0,222 kW
- **Consommation et coût énergétique** :

La puissance des mélangeurs polymère (Horizontale et verticale) est de 0,222 kW chacun, ils fonctionnent pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier des mélangeurs polymère :

Tableau V-25 : Consommation électrique journalière et coût journalier des mélangeurs de polymères

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4	12,5	7,5	1,78	5,55	3,33	10,66	12,93	8,96	2,84	24,73

e. Pompe doseuse :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

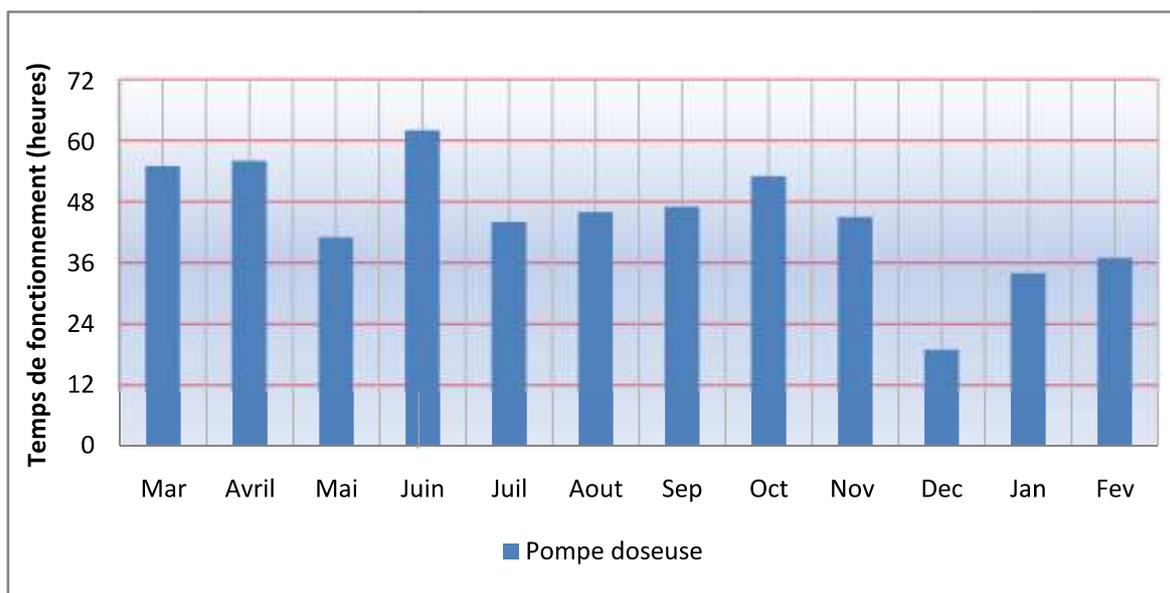


Figure V-23 : Temps de fonctionnement mensuel de la pompe doseuse entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de 45,05 heures

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de :

$$\frac{45,05}{3/5 \times 30,41} = 2,47 \text{ heures.}$$

- **Puissance : 0,63 kW**
- **Consommation et coût énergétique :**

La puissance de la pompe doseuse est de 0,63 kW, elle fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier de la pompe doseuse :

Tableau V-26 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de la pompe doseuse

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	2,47	0	0,00	1,56	0,00	1,56	0,00	2,52	0	2,52

f. Mélangeur réacteur :

○ **Temps de fonctionnement journalier :**

Le mélangeur fonctionne quotidiennement et en permanence soit 24h/24.

○ **Puissance : 0,222 kW**

○ **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance du mélangeur réacteur est de 0,222 kW, il fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du mélangeur réacteur :

Tableau V-27 : Consommation électrique journalière et coût journalier du mélangeur réacteur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
4	12,5	7,5	0,89	2,78	1,67	5,34	6,47	4,49	1,43	12,39

g. Filtre à bande :

○ **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

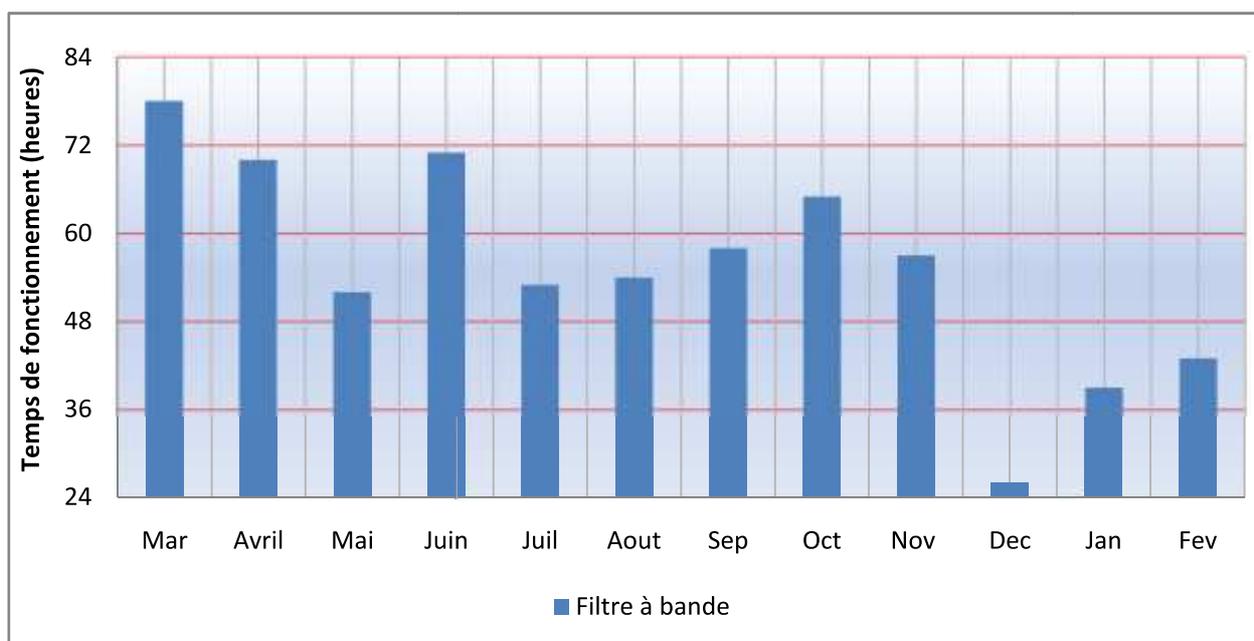


Figure V-24 : Temps de fonctionnement mensuel du filtre à bande entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de : 54,72 heures

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de : $\frac{54,72}{3/5 \times 30,41} = 3$ heures.

○ **Puissance** : 0,90 kW.

○ **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance du filtre à bande est de 0,9 kW, il fonctionne pendant les heures administratives, qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du filtre à bande :

Tableau V-28 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du filtre à bande

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	3,00	0	0,00	2,70	0,00	2,70	0,00	4,36	0	4,36

h. Compresseur :

○ **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

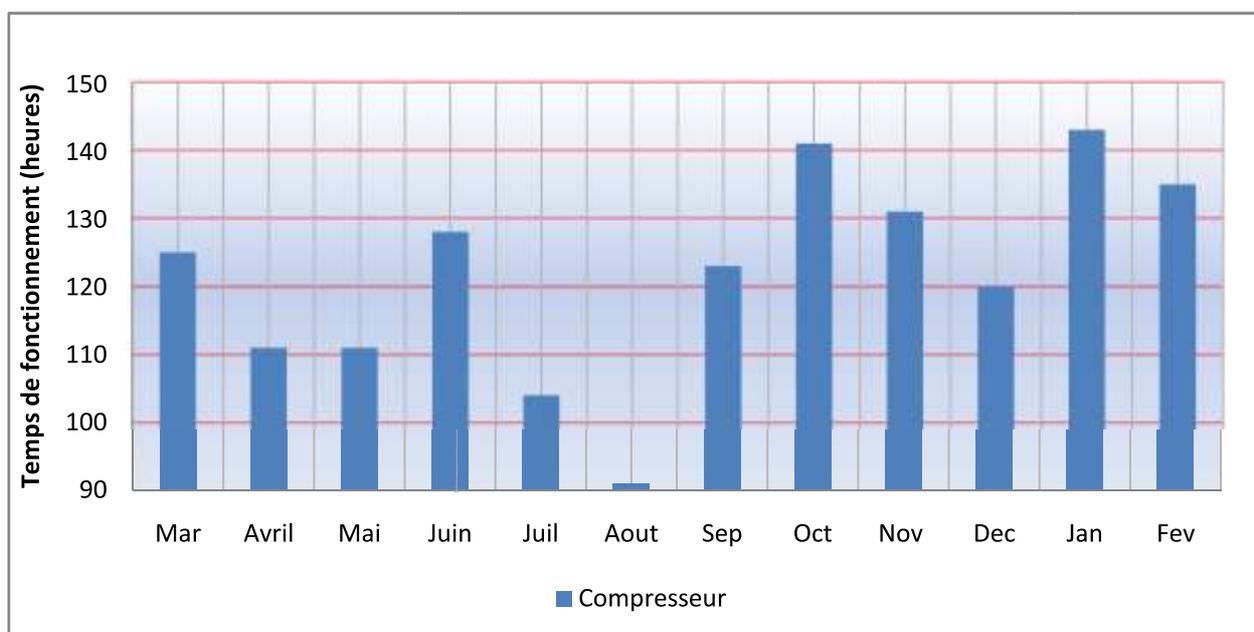


Figure V-25 : Temps de fonctionnement mensuel du compresseur entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de : 126,22 heures

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de :

$$\frac{126,22}{3/5 \times 30,41} = 6,92 \text{ heures.}$$

- **Puissance** : 1,10 kW
- **Consommation et coût de l'énergie électrique** :

La puissance du compresseur est de 1,1 kW, il fonctionne pendant les heures administratives qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier du compresseur :

Tableau V-29 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen du compresseur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	6,92	0	0,00	7,61	0,00	7,61	0,00	12,29	0	12,29

i. Bandes transporteuses et granulateur (boue déshydratée) :

- **Détermination du temps de fonctionnement journalier moyen entre mars 2009 et février 2010 :**

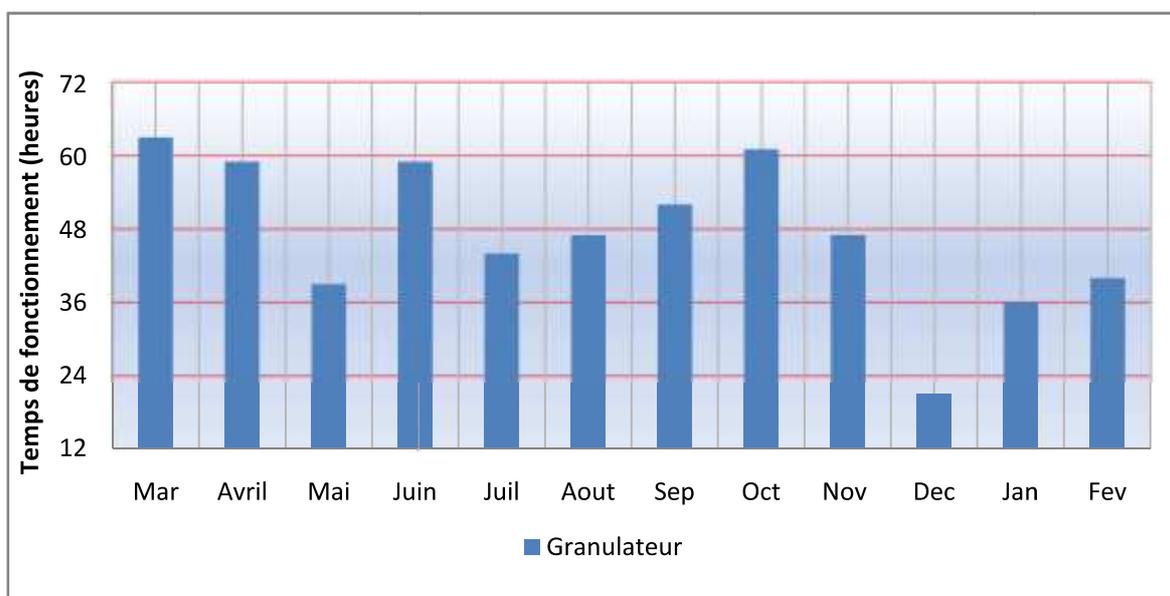


Figure V-26 : Temps de fonctionnement mensuel du granulateur entre mars 2009 et février 2010

La durée de fonctionnement mensuelle moyenne est de : 50,52 heures

Application : Le temps de fonctionnement journalier moyen est de :

$$\frac{50,52}{3/5 \times 30,41} = 2,77 \text{ heures.}$$

○ **Puissance :**

- Bande transporteuse : 3,00 kW
- Granulateur : 1,50 kW

○ **Consommation et coût de l'énergie électrique :**

La puissance des bandes transporteuses et du granulateur est de 1,5 kW chacun, le temps de fonctionnement de ces trois équipements (2 bande transporteuse, le granulateur) est de 2,77 heures, ces équipements fonctionnent pendant les heures administratives qui correspondent aux heures pleines.

Le tableau suivant représente la consommation électrique son coût durant le fonctionnement journalier des bandes transporteuses et du granulateur :

Tableau V-30 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen des bandes transporteuses et du granulateur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
0	2,77	0	0,00	12,47	0,00	12,47	0,00	20,14	0	20,14

Tableau de synthèse - déshydratation :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement des équipements du traitement de déshydratation des boues :

Tableau V-31 : Consommation électrique et coût de la déshydratation

Déshydratation	Consommation électrique			Coût		
	Journalière (kWh)	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Journalier (DA)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Mono à boue	6,60	120,42	1445,04	10,66	194,50	2334
Pompe lavage	13,20	240,85	2890,20	21,31	388,82	4665,84
Pompe doseuse	1,56	28,46	341,52	2,52	45,98	551,76
Mélangeurs polymère	10,66	324,05	3888,60	24,37	751,55	9018,6
Doseur	0,16	1,95	23,40	0,26	3,16	37,92
Mélangeur réacteur	5,34	162,02	1944,24	12,39	375,69	4508,28
Compresseur	7,61	138,85	1666,20	12,29	224,24	2690,88
Filtre à bande	2,70	49,26	591,12	4,36	79,55	954,6
Bandes transporteuses et Granulateur	12,47	227,53	2730,36	20,14	367,47	4409,64
Total	/	1293,39	15520,68	/	2430,96	29171,52

V.3.2 Bâtiment :

Le bâtiment regroupe les locaux administratifs ainsi que le laboratoire :

a. Les équipements de bureau :

Les équipements de bureau se composent de :

14 ordinateurs, 12 imprimantes, 2 photocopieurs, 1 climatiseur 18000 Btu/h, 4 climatiseurs 12000 Btu/h et de 176 lampes d'éclairage.

La fréquence de fonctionnement des équipements de bureau est de : cinq jour sur sept. Les climatiseurs sont utilisés pendant 5 mois (été, hiver) sur l'année.

Le tableau suivant représente l'évaluation de la consommation électrique journalière des équipements de bureau :

Tableau V-32 : Consommation électrique journalière des équipements de bureau.

Equipements de bureau	Puissance (kW)	Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)			
		Pleine	Pointe	Creuse	Pleine	Pointe	Creuse	Total
Ordinateur	0,25*14	8	0	0	28	0	0	28
Imprimante	0,01*12	8	0	0	0,96	0	0	0,96
Photocopieuse	0,11*2	8	0	0	1,76	0	0	1,76
Climatiseur 18000 Btu/h	1,95	8	0	0	15,60	0	0	15,60
Climatiseur 12000 Btu/h	1,425*4	8	0	0	45,60	0	0	45,60
Lampes d'éclairage	0,018*176	6	0	0	19,01	0	0	19,01

Le tableau ci-dessous représente l'évaluation du cout de la consommation électrique journalière des équipements de bureau :

Tableau V-33 : Coût de la consommation électrique journalière des équipements de bureau

Equipement de bureau	Prix de l'énergie active (cDA /kWh)			Coût (DA/Jour)			
	Pleine	Pointe	Creuse	Pleine	Pointe	Creuse	Total
Ordinateur	161,47	726,68	85,33	45,21	0	0	45,21
Imprimante	161,47	726,68	85,33	1,55	0	0	1,55
Photocopieuse	161,47	726,68	85,33	2,84	0	0	2,84
Climatiseur 18000 Btu/h	161,47	726,68	85,33	25,19	0	0	25,19
Climatiseur 12000 Btu/h	161,47	726,68	85,33	73,63	0	0	73,63
Eclairage	161,47	726,68	85,33	30,70	0	0	30,70

b. Les équipements du laboratoire :

Les équipements du laboratoire comprennent:

Un Thermo réfrigérateur pour DBO, un four à moufle, un microscope, un thermostat, une étuve, un spectrophotomètre, un DBO mètre, une Balance de précision, un distillateur, un réfrigérateur.

Le tableau suivant représente l'évaluation de la consommation électrique journalière des équipements du laboratoire :

Tableau V-34 : Consommations électriques journalière des équipements du laboratoire

Equipements du laboratoire	Puissance (W)	Fréquence	Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)			
			Pleine	Pointe	Creuse	Pleine	Pointe	Creuse	Total
Thermo réfrigérateur pour DBO	102	7/7	4,00	12,50	7,50	0,41	1,28	0,77	2,46
Four à moufle	4,4	2/7	2,00	0	0	0,01	0	0	0,01
Microscope	20	5/7	0,50	0	0	0,01	0	0	0,01
Thermostat	300	1/7	2,00	0	0	0,60	0	0	0,60
Etuve	1012	5/7	8,00	0	0	8,10	0	0	8,10
Spectrophotomètre	154	1/7	4,00	0	0	0,62	0	0	0,62
DBO mètre	990	7/7	4,00	12,50	7,50	3,96	12,38	7,43	23,77
Balance de précision	132	5/7	8,00	0	0	1,06	0	0	1,06
Distillateur	3520	1/7	2,00	0	0	7,04	0	0	7,04
Réfrigérateur	3000	7/7	4,00	12,50	7,50	12,00	37,50	22,50	72,00

Le tableau ci-dessous représente l'évaluation du coût de la consommation électrique journalière des équipements du laboratoire :

Tableau V-35 : Coût de la consommation électrique journalière des équipements du laboratoire

Equipement du laboratoire	Prix de l'énergie active (cDA /kWh)			Coût (DA/Jour)			
	Pleine	Pointe	Creuse	Pleine	Pointe	Creuse	Total
Thermo réfrigérateur pour DBO	161,47	726,68	85,33	0,66	9,30	0,66	10,62
Four à moufle	161,47	726,68	85,33	0,02	0,00	0,00	0,02
Microscope	161,47	726,68	85,33	0,02	0,00	0,00	0,02
Thermostat	161,47	726,68	85,33	0,97	0,00	0,00	0,97
Etuve	161,47	726,68	85,33	13,08	0,00	0,00	13,08
Spectrophotomètre	161,47	726,68	85,33	1,00	0,00	0,00	1,00
DBO mètre	161,47	726,68	85,33	6,39	89,96	6,34	102,69
Balance de précision	161,47	726,68	85,33	1,71	0	0	1,71
Distillateur	161,47	726,68	85,33	11,37	0	0	11,37
Réfrigérateur	161,47	726,68	85,33	19,38	272,51	19,20	311,09

Tableau de synthèse - bâtiment :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement des équipements de bureau et du laboratoire :

Tableau V-36 : Consommation électrique et coût des équipements de bureau et du laboratoire

Bâtiment	Consommation électrique		Coût	
	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Equipements de bureau	1575,69	18908,28	2544,29	30531,48
Equipements du laboratoire	3124,06	37488,72	12885,28	154623,36
Total	4699,75	56397,00	15429,57	185154,84

V.3.3 Eclairage extérieur :

Le tableau ci-dessous représente le nombre et les puissances des ampoules d'éclairage :

Tableau V-37 : Puissance des ampoules d'éclairage extérieur

Ampoules	Nombres	Puissance (kW)
	1	0,25
Eclairage extérieur	67	16,75

L'arrêt et la mise en marche de l'éclairage extérieur est régit par un système de **photocellule**, ainsi afin de déterminer la durée de fonctionnement de l'éclairage extérieur on se référera aux heures de coucher et de lever du soleil établit par les organes météorologique
On déduit une durée d'obscurité moyenne annuelle de : **11h48min/jour (voir Annexe n° 4)**

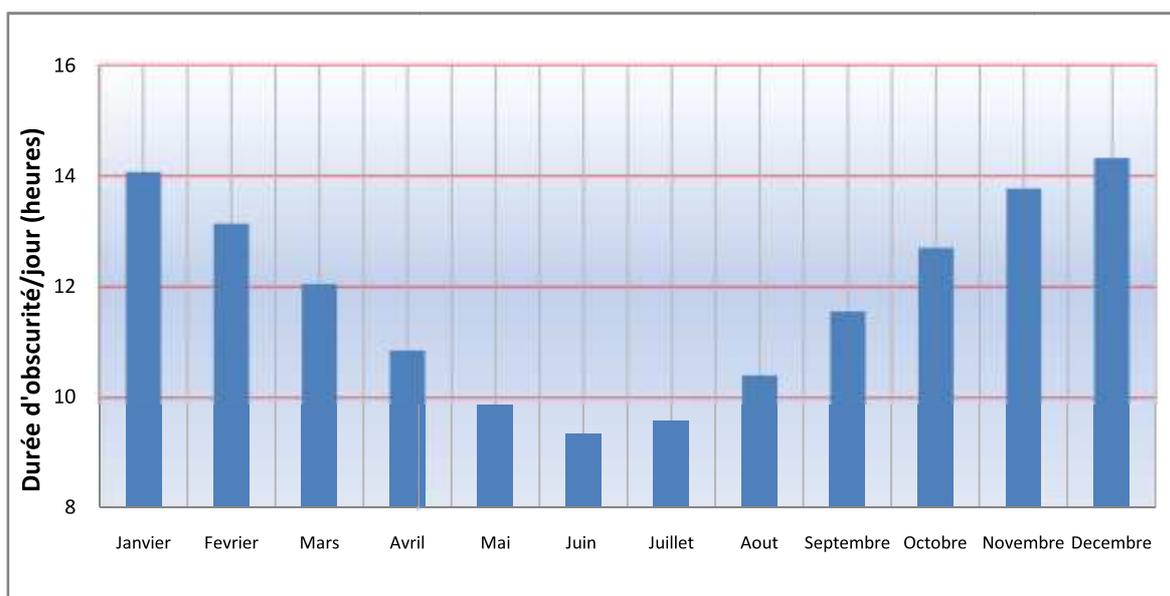


Figure V-27 : Durée d'obscurité moyenne mensuelle.
(Source : <http://fr.weather.com/>)

La durée d'obscurité journalière moyenne sur l'année s'étend de 18h54min à 6h42min (**voir Annexe n° 2**).

Conformément au système de tarification de l'énergie électrique **code 41** établi par Sonelgaz (**voir Annexe n° 3**), la durée de fonctionnement d'une ampoule d'éclairage extérieur est répartie comme suit :

- **Heures creuses** : 7 heures et 30 minutes soit 63% du total temps.
- **Heures pleines** : 2 heures et 12 minutes soit 19% du total temps.
- **Heures de pointe** : 2 Heures et 6 minutes soit 18% du total temps.

Tableau V-38 : Consommation électrique journalière moyenne et coût journalier moyen de l'éclairage extérieur

Temps de fonctionnement (h)			Consommation électrique (kWh /jour)				Coût (DA/jour)			
Pointe	Pleine	Creuse	Pointe	Pleine	Creuse	Total	Pointe	Pleine	Creuse	Total
2,10	2,20	7,50	35,18	36,85	125,63	197,66	255,65	59,50	107,2	422,35

Tableau de synthèse – éclairage extérieur :

Le tableau ci-dessous représente la consommation électrique et son coût durant le fonctionnement de l'éclairage extérieur :

Tableau V-39 : Consommation électrique et coût de l'éclairage extérieur.

Eclairage extérieur	Consommation électrique			Coût		
	Journalière (kWh)	Mensuelle (kWh)	Annuelle (kWh)	Journalier (DA)	Mensuel (DA)	Annuel (DA)
Total lampes	197,66	6010,84	72130,08	422,35	12843,66	154123,92

V.3.4 Synthèse des résultats :

1 Consommation électrique :

La consommation électrique mensuelle moyenne calculée pour chaque catégorie au niveau de la STEP de Tipaza est synthétisé dans le tableau suivant :

Tableau V-40 : Consommation électrique mensuelle de la STEP de Tipaza

Catégorie	Consommation mensuelle (kWh)
Chaine d'épuration	92645,04
Collecte et prétraitement	11650,08
Traitement biologique	72936,56
Clarification	6629,99
Traitement des boues	1428,41
Eclairage extérieure	6010,84
Bâtiment	4789,14
TOTAL	103445,02

La consommation électrique mensuelle globale de la STEP est de **103445,02kWh**.

La figure ci-dessous représente la répartition de la consommation électrique totale de la station d'épuration de Tipaza (entre mars 2009 et février 2010).

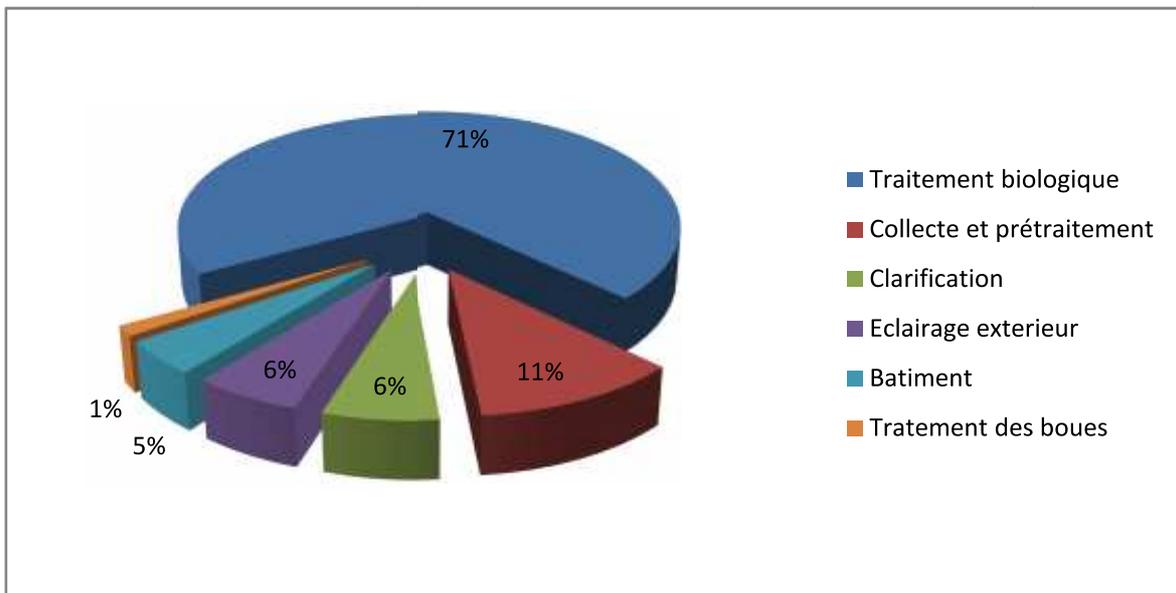


Figure V-28: Répartition de la consommation électrique totale de la station d'épuration de Tipaza entre mars 2009 et février 2010

Comme le montre la figure V-28, la majeure partie de l'énergie électrique utilisée par la STEP est consommée au niveau du traitement biologique des eaux usées soit **71%**.

Le reste de l'énergie électrique est consommée à hauteur de **11%** au niveau de la collecte et du prétraitement.

La clarification, l'éclairage extérieur, ainsi que le bâtiment consomment, quant à eux, pratiquement la même quantité d'énergie avec un pourcentage respectif de : **6%,6%** et **5%**. La plus faible quantité d'énergie électrique est consommée dans le traitement des boues (épaississement et déshydratation) ; en effet elle ne représente que **2%**.

○ **Calcul de l'erreur relative :**

La consommation électrique mensuelle de la STEP de Tipaza a été estimée à **103445 kWh**, en la comparant à la consommation électrique réelle (évaluée à partir des relevés de compteurs Sonelgaz sur la même période) qui est de **100351 kWh**, on trouve une surestimation de **3 %**.

$$\text{Erreur relative} = \left| \frac{\text{Consommation électrique réelle} - \text{Consommation électrique calculée}}{\text{Consommation électrique réelle}} \right|$$

Application :

$$\text{Erreur relative} = \left| \frac{103445 - 100351}{100351} \right| = 0.03 = 3\%.$$

L'évaluation de la consommation électrique qui a été réalisée est concluante avec une erreur relative de **3 %**.

Cette situation pourrait être due à deux éléments notables qui seraient à l'origine de cette surestimation :

- Un manque de rigueur dans l'estimation des temps et fréquences de fonctionnement des équipements du **bâtiment**, dû à l'absence de base de données (contrairement aux équipements de la chaîne pour lesquels nous avons eu accès à des relevés de compteurs horaires).
- L'impossibilité de l'estimation de la puissance absorbée par les équipements qui n'étaient pas équipés de compteurs énergies (Exemple : Surpresseur air lift) et pour lesquels, nous avons utilisé la puissance maximale indiquée par le constructeur. Cette dernière devrait être supérieure à celle consommée puisque la STEP ne fonctionne pas encore à plein régime.

2 Coût de la consommation électrique :

Le coût de la consommation électrique mensuelle moyen de la STEP est réparti comme suit :

Tableau V-41: Coût de la consommation électrique mensuelle de la STEP

Catégorie	Coût mensuelle (DA)	Ratio (DA/kWh)
Chaîne d'épuration	180732,70	1,95
Collecte et prétraitement	27168,30	2,33
Traitement biologique	135318,42	1,86
Clarification	15501,80	2,34
Traitement des boues	2744,18	1,92
Eclairage extérieur	12843,66	2,14
Bâtiment	15815,76	3,30
TOTAL	209392,12	2,02

La figure ci-dessous représente la répartition du coût global de la consommation électrique mensuelle totale de la station d'épuration de Tipaza (entre mars 2009 et février 2010)

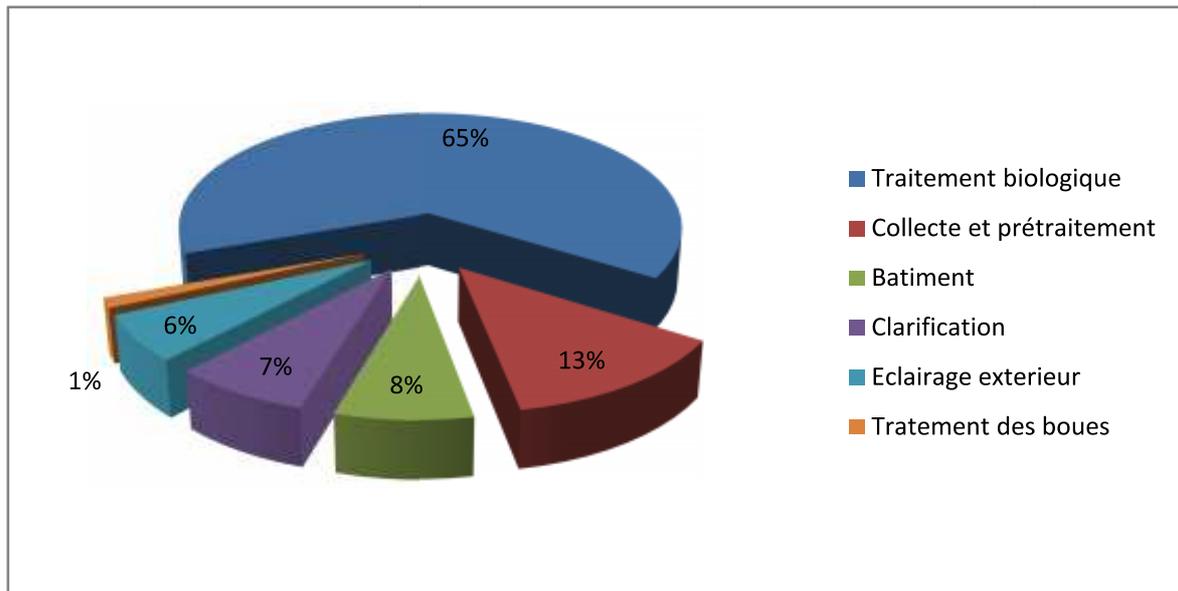


Figure V-42 : Répartition du coût de la consommation électrique mensuelle totale de la STEP de Tipaza entre mars 2009 et février 2010

Comme on le voit sur la figure V-42, le coût du traitement biologique arrive en tête avec 65 % soit plus de la moitié des dépenses engendrées par la consommation électrique de la STEP.

Le reste des coûts est consommé au niveau de la collecte et du prétraitement avec **13%**.

Le bâtiment, la clarification ainsi que l'éclairage extérieur consomment respectivement une part de **8%,7%** et **6%** des dépenses électriques, tandis que le traitement des boues (épaississement et déshydratation) n'en consomme que **1%**.

Le ratio de l'énergie électrique relatif au traitement biologique est le plus faible (1,86 DA/kWh) et ceci grâce à l'arrêt des aérateurs de surfaces sur une durée de deux heures pendant les heures de pointe. Cette mesure entre dans un plan de rationalisation des dépenses électriques suivie au niveau de la STEP. Cependant cette approche ne peut pas être généralisée à la totalité des équipements car certains d'entre eux doivent être maintenus en marche pour des raisons d'exploitation.

V.4 Bilan carbone du fonctionnement de la STEP:

V.4.1 Méthode de calcul :

L'énergie électrique en Algérie est produite exclusivement à partir du gaz naturel à 97,2 % selon les statistiques de la banque mondiale en 2009 (voir Annexe n °4).

L'électricité est produite à partir de centrale qui utilise des turbines à gaz et à vapeur (88% de l'électricité en Algérie est produite par l'intermédiaire de ces turbines). Leur rendement électrique est de 35% en moyenne (voir Annexe n °5).

À partir de ces données on peut calculer l'émission de carbone:

$$\begin{aligned} 1 \text{ tep} &= 11\,600 \text{ kWh [15]} \\ &= 1\,100 \text{ m}^3 \text{ de gaz naturel} \\ &= 651 \text{ kg Carbone} \\ &= 651 \times 3,66 \text{ kg CO}_2 \text{ [16]}. \end{aligned}$$

Soit 0,056 kg C /kWh calorifique.

Pour un rendement des turbines de 35% :

$$0,35 \text{ kWh électrique} \rightarrow 0,056 \text{ kg}$$

La production d' 1 kWh électrique générera donc : **0,16 kg de carbone.**

En CO₂ : 0,16 kg C / kWh électrique = 0,16×3,66 = 0,586 kg CO₂/kWh électrique.

Nous déterminerons les émissions carbonées liées aux consommations électriques de la station à partir de cette valeur.

V.4.2 Résultats et discussion :

Ci-dessous le tableau synthétique de l'évaluation des émissions de carbone dégagées lors de la consommation électrique au niveau de la chaîne d'épuration, du bâtiment et de l'éclairage extérieur de la Station d'épuration.

Tableau V-42 : Estimation du bilan carbone de la consommation électrique de la station d'épuration de Tipaza entre Mars 2009 et Février 2010

Catégorie	t C	t CO ₂
Chaine d'épuration	177,8	650,8
Collecte et prétraitement	22,4	82,0
Traitement biologique	140	512,4
Clarification	12,7	46,5
Traitement des boues	2,7	9,9
Eclairage extérieur	11,5	42,1
Bâtiment	9,2	33,7
Total	198,5	726,6

La figure ci-dessous représente la répartition des émissions de carbone dégagées lors de la consommation électrique annuelle de la station d'épuration de Tipaza :

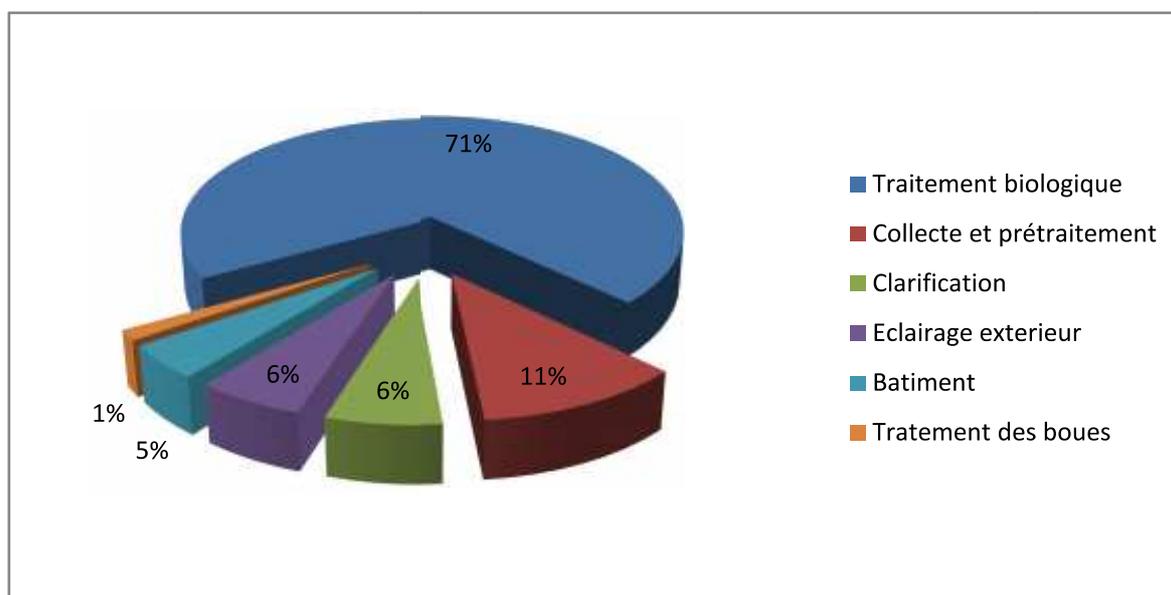


Figure V-29: Répartition des émissions de carbone liée aux consommations électriques annuelles de la station d'épuration de Tipaza entre mars 2009 et février 2010

La répartition des émissions de carbone est analogue à celle des consommations électriques (Une relation de proportionnalité de 0,586 kg CO₂/kWh les lie).

V.5 Propositions pour la réduction de la consommation électrique et du bilan carbone :

La station d'épuration de Tipaza se distingue par sa certification iso 14001/2004 [13]. Néanmoins pour rester aux normes de cette certification, des améliorations doivent être apportées ; c'est dans ce sens qu'un programme d'actions est entamé par la station.

Pour enrichir ce programme, nous proposons une approche qui a pour but la réduction de la consommation électrique et du bilan carbone.

V.5.1 Eclairage extérieur :

L'éclairage extérieur représente 6% de la consommation électrique globale de la STEP. Lors l'estimation de cette consommation, nous nous sommes rendu compte que les ampoules utilisées (de type à vapeur de mercure mixte) se caractérisent par une faible efficacité lumineuse estimée par le fabricant à 21,2 Lm/W [17].

A partir de ce constat nous proposons la substitution des lampes existantes par des lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP). En effet, elles sont plus économiques puisqu'elles se caractérisent par une meilleure efficacité lumineuse estimée à 85,7 Lm/W [18].

Cette proposition permettra de réduire la consommation électrique, son coût et son bilan carbone en maintenant le même flux lumineux.

Comparaison des deux types de lampes :

Le calcul du gain de la consommation électrique et par conséquent de la réduction du bilan carbone et du coût de l'éclairage est établi à partir des comparatifs suivants :

- **Comparatif de la consommation électrique et environnemental :**

Le tableau suivant représente un comparatif électrique et environnemental entre l'éclairage par des lampes à vapeur de mercure mixte et celui par des lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP).

Tableau V-43 : Comparatif énergétique et environnemental entre les deux types lampe

Puissance totale (W)	Eclairage actuel	Eclairage par lampes SHP	Réduction
		250*67	80*67
Consommation Electrique mensuelle (kWh)	6010,84	1923,47	4087,37
Consommation Electrique annuelle (kWh)	72130,08	23081,64	49048,44
Bilan Carbone annuel (t CO ₂)	42,1	13,5	28,6

D'après le tableau ci-dessus, la substitution des lampes permettrait une réduction annuelle de la consommation électrique évaluée à 49048,44 kWh et une réduction du bilan carbone évaluée à 28,6 tonnes de CO₂.

○ **Comparatifs des coûts d'utilisation:**

Le tableau suivant établit un comparatif des coûts des types de lampes

Tableau V-44 : Comparatif des coûts des deux types de lampes

Types de lampes	Lampe existante	Lampe de substitution (SHP)	
		Ampoule	Ballast
Puissance (W)	250	70	10
Prix unitaire (DA)	550	700	2000
Durée de vie (h)	8000	23000	60000
Coût de la consommation électrique (DA /kWh)	2,14	2,14	
Coût horaire de la consommation électrique (cDA/h) (*)	54	17	
Coût horaire d'utilisation (cDA/h) (*)	61	23	

(*) : **Détail des calculs**

Exemple : lampe à vapeur de sodium :

- Coût horaire de la consommation électrique :

$$\text{Durée de fonctionnement} = \frac{\text{Consommation électrique}}{\text{Puissance}}$$

Application : $\text{Durée de fonctionnement} = \frac{1000}{80} = 12,5 \text{ h}$

12,5 heure (1 kWh) → 2,14 DA	}	→	Coût horaire de la consommation électrique = $\frac{2,14}{12,5} = 17 \text{ cDA}$
1 heure → ? DA			

- Coût horaire d'utilisation :

$$\text{Coût horaire d'utilisation} = \frac{\text{Prix ampoule}}{\text{Durée de vie}} + \frac{\text{Prix ballast}}{\text{Durée de vie}} + \text{Coût horaire de la consommation électrique}$$

Application : $\text{Coût horaire d'utilisation} = \frac{700}{23000} \times 100 + \frac{2000}{60000} \times 100 + 17 = 23 \text{ cDA}$

Le Coût horaire d'utilisation de la lampe à vapeur de mercure étant de **61 cDA**, le gain monétaire obtenu serait de **38 cDA** soit une réduction de coût de **62,3%** par rapport à la situation actuelle.

Le graphe suivant représente un comparatif du coût de fonctionnement entre la lampe actuelle et la lampe à vapeur de sodium (SHP)

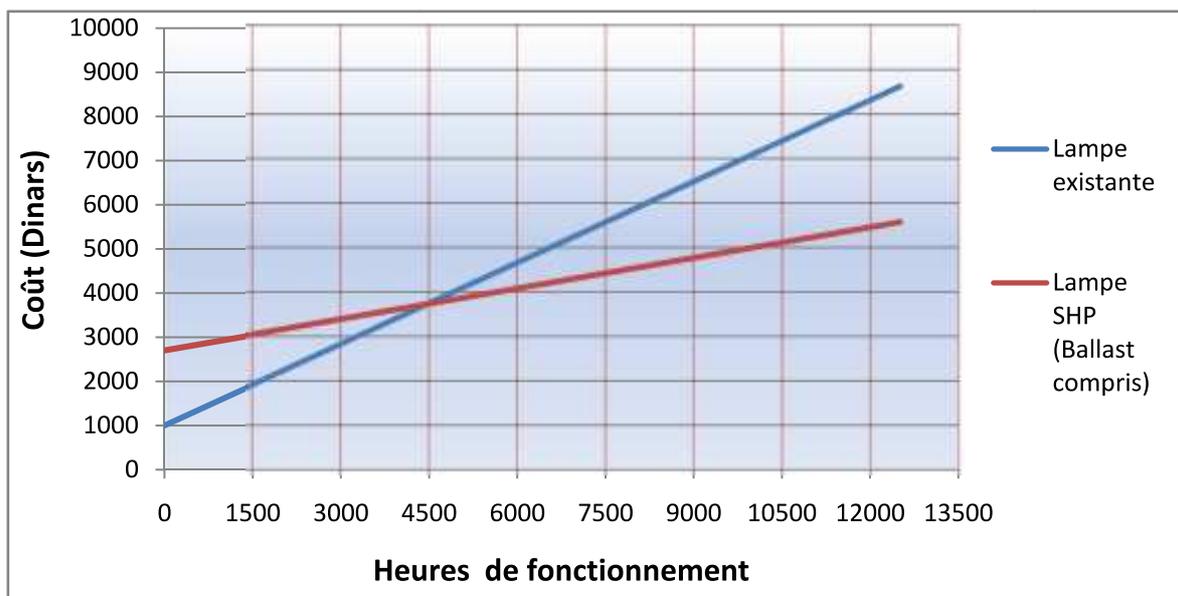


Figure V-30 : Comparatif de coût de fonctionnement entre la lampe actuelle et la lampe SHP

D'après le graphique, on constate que le remplacement de la lampe actuelle par une lampe à vapeur de sodium devient rentable à partir de 4500 heures (381 jours).

Le tableau suivant synthétise l'économie financière réalisée suite à la substitution des lampes :

Tableau V-45 : Économie financière réalisée suite à la substitution des lampes

Nombre	Eclairage unitaire	Eclairage extérieur de la STEP
	1	67
Gain sur une heure (DA)	0,38	25,46
Gain journalier (DA)	4,48	300,43
Gain mensuel (DA)	136,36	9136,02
Gain annuel (DA)	1636,30	109632,19

L'économie financière annuelle obtenue suite la substitution du type de lampes pour l'éclairage total de la STEP est estimée à **109632,19 DA**

V.5.2 Valorisation des boues :

Actuellement, la majorité des boues produites par la station de Tipaza sont évacuées vers le centre d'enfouissement de Sidi Rached.

Nous proposons, la valorisation énergétique des boues par méthanisation. Ce procédé permet de convertir la fraction organique des boues en biogaz par digestion anaérobie (en absence d'oxygène).

○ Potentiel de production de biogaz :

Le volume mensuel des boues **épaissies** produite par la station de Tipaza est évalué à 3040 m³.

Les boues **épaissies** de la station d'épuration se caractérisent par les paramètres suivants :

- Un taux de matière volatile (MV) de 41,23% (mesuré expérimentalement au niveau du laboratoire de la station d'épuration de Tipaza). (**voir Annexe n°1**)
- Une concentration en matière sèche (MS) de 0,0651 t /m³ (mesuré expérimentalement au niveau du laboratoire de la station d'épuration de Tipaza). (**voir Annexe n°1**)

La Quantité de matière volatile (QMV) est évaluée à partir du volume des boues épaissies mensuel (VB), de la concentration en matière sèche et du taux de matière volatile [19].

Application : $QMV = VB \times MS \times MV = 3040 \times 0,0651 \times 0,4123 = \mathbf{81,6 \text{ t de MSV}}$.

Le Taux d'abattement en matières volatile (TAMV) est de 30% pour des boues à aération prolongée à faible charge [19].

La Quantité de matière volatile dégradée (QMVD) est de :

$$QMVD = QMV \times TAMV = 81,6 \times 0,3 = 24,48 \text{ t}$$

Compte tenu du fait que la productivité en méthane est de 550 m^3 / par tonne de matière volatile dégradée, le volume mensuel de méthane pouvant être obtenu est de **13463,31 m³**

Application : **Volume mensuel CH₄ = $550 \times 24,48 = 13463,31 \text{ m}^3$**

Au niveau de la station d'épuration, cette approche permettrait de produire du biogaz valorisable par cogénération pour la production de l'électricité et de la chaleur. Ces énergies, localement produites, contribueraient à la diminution des consommations de la STEP.

Ainsi, le recours à l'électricité, autoproduite, durant les heures de pointe, réduirait le coût de consommation électrique et le bilan carbone. Cela, particulièrement si nous considérons l'évacuation des boues vers le centre d'enfouissement technique, le carburant utilisé, le coût de cette opération et le bilan carbone qui en résulte.

Conclusion

L'étude que nous avons réalisée au sein de la station d'épuration de Tipaza nous a permis de faire un bilan de la consommation électrique de la STEP, de son coût et de ses émissions de carbone.

Les principaux résultats obtenus indiquent que la consommation électrique pour la période comprise entre mars 2009 et février 2010 est de 1241340,24 kWh, pour un coût de revient de 2512705,44 DA (soit un ratio de 2,02 DA/kWh) et des émissions de CO₂ de 726,6 tonnes.

Nous avons constaté que le traitement biologique consomme la plus grande part d'électricité avec 875238,72 kWh soit 71% de la consommation totale, ce qui entraîne un coût de 1623821,04 DA et des émissions de CO₂ de 512,4 tonnes.

À partir de ces résultats, nous avons essayé de contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique de la station d'épuration de Tipaza notamment en proposant des solutions alternatives pour réduire la consommation électrique : valorisation des boues par la production de biogaz et substitution des lampes d'éclairage classique (à vapeur de mercure mixte) par des lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP) plus économiques.

Parallèlement à ces solutions il existe d'autres perspectives à travers :

- L'utilisation de l'énergie solaire qui constitue un moyen efficace de réduire la consommation électrique conventionnelle et les émissions de CO₂ de la STEP. En effet l'électricité produite à partir des panneaux photovoltaïques pourrait couvrir une partie des besoins électriques de la station.
- La valorisation thermique des eaux usées qui peuvent être utilisées pour chauffer ou pour refroidir les locaux de la STEP. En effet, des calculs de rentabilité et des contrôles des résultats obtenus par des installations réalisées, notamment en Suisse, montrent qu'il est devenu rentable et compétitif d'exploiter la chaleur des eaux usées, en particulier dans les bâtiments consommant beaucoup d'énergie : bâtiments administratifs, lotissements, locaux artisanaux, foyers, écoles et serres.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence la quantité des émissions de CO₂ engendrées par l'utilisation de l'énergie électrique conventionnelle d'une station d'épuration à boues activées, d'où la nécessité de s'orienter vers des sources d'énergies propres qui permettront aux stations d'épuration de préserver les ressources hydriques et énergétiques tout en étant respectueuses de l'environnement.

Bibliographie

- [1]: Véronique Le Marchand. "L'eau source de vie, source de conflits"
(Pages 4-63). LES ESSENTIELS MILAN éditions (2006)
- [2] : www.eduterre.inrp.fr
- [3] : www.academie-en-ligne.fr
- [4] : www.ga.water.usgs.gov
- [5]: Y. LIBES. "Les eaux usées urbaines et leur épuration"
(Pages 1-17). DUNOD édition (1999)
- [6] : www.merelittoral.com
- [7] : www.cours-genie-civil.com
- [8] : Abdelkader GAÏD. " Traitement des eaux résiduaires ", Technique de l'ingénieur,
Fasc. (c5220)
- [9] : René MOLETTA et Michel TORRIJOS. " Traitement des effluents de la filière laitière "
Technique de l'ingénieur, fasc. (F 1 501)
- [10] : Éric GUIBELIN. "Lutte contre la pollution des eaux Traitements des boues
d'épuration", Technique de l'ingénieur, fasc. (G1450).
- [11]: Ahmed KETTAB. "Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision"
Conference on Desalination Strategies in South Mediterranean Countries (2001)
pages (25–33)
- [12]: Mustapha BOUZIANI. " L'eau de la pénurie aux maladies"
(Pages 185-228) .IBN KHALDOUN édition (2000).
- [13] : www.ona-dz.org
- [14] : Capture d'écran logiciel SCADA
- [15] : manuel de la STEP de Tipaza
- [16] : www.manicore.com
- [17] : www.philips.fr
- [18] : www.energieplus-lesite.be
- [19] : www.solagro.org

Annexes

Annexe 1:

Définitions

Le biogaz : est le gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène.

La matière sèche (MS) : représente l'ensemble des matières organiques et minérales en suspension, ainsi que les sels dissous.

La matière volatile (MV) : correspond à la fraction biodégradable de la matière sèche, laquelle est transformée en méthane et gaz carbonique. Elle donne une évaluation approchée de la matière organique. Le taux de matière volatile contenue dans les boues est exprimé en % de la MS.

Le taux d'abattement des matières volatiles sèches : le taux d'abattement donne des indications sur la réduction des quantités de boues permise par la méthanisation.

Annexe 2 :

Durée d'obscurité en Algérie

Mois	Lever du soleil en moyenne	Coucher du soleil en moyenne	Durée d'obscurité
Janvier	08:00	17:55	14:05
Février	07:37	18:28	13:09
Mars	06:59	18:55	12:04
Avril	06:14	19:22	10:52
Mai	05:41	19:49	09:52
Juin	05:29	20:08	09:21
Juillet	05:41	20:07	09:34
Aout	06:05	19:40	10:25
Septembre	06:30	18:56	11:34
Octobre	06:55	18:12	12:43
Novembre	07:26	17:39	13:47
Décembre	07:53	17:33	14:20
Sur l'année	06:42	18:54	11:48

Annexe 3:

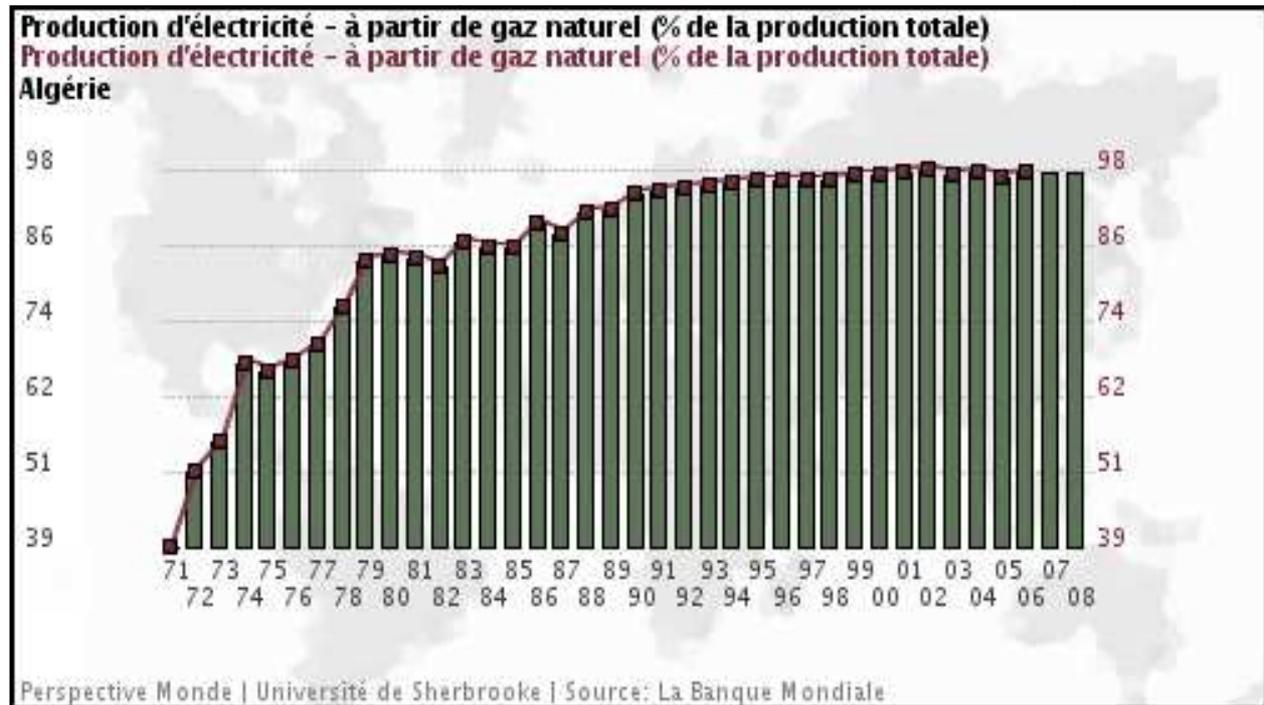
Tarification de l'électricité établie par SONELGAZ

Code tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance DA/ kW/mois		Prix de l'énergie active cDA/ kWh						Prix de l'énergie réactive cDA/kvarh
		Mise à disposition	Absorbée	Pointe	Pleine	Nuit	Hors Pointe	Jour	Poste Unique	
31	421 177,73	31,61	157,88	550,71	113,85	49,19	-	-	-	25,84
32	421 177,73	84,12	421,15	-	-	-	-	-	114,12	25,84
41	32 227,79	21,54	96,79	726,68	161,47	85,33	-	-	-	37,94
42	429,71	32,25	150,48	726,68	-	-	150,53	-	-	37,94
43	429,71	32,25	128,80	-	-	85,33	-	356,92	-	37,94
44	429,71	32,25	150,48	-	-	-	-	-	313,02	37,94
51	286,44	29,85	-	716,32	191,07	106,37	-	-	-	-
52	66,40	29,85	-	716,32	-	-	157,19	-	-	-
53	66,40	14,81	-	-	-	106,37	-	429,88	-	-
54-1	-	4,37	-	-	-	-	-	-	177,87	-

Remarque : Le système de tarification de l'électricité appliqué à la station d'épuration de Tipaza a pour code tarifaire le 41.

Annexe 4 :

Pourcentage de la production d'électricité à partir de gaz naturel en Algérie



Annexe 5:

Répartition des puissances installée suivant les différentes technologie en Algérie

