



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

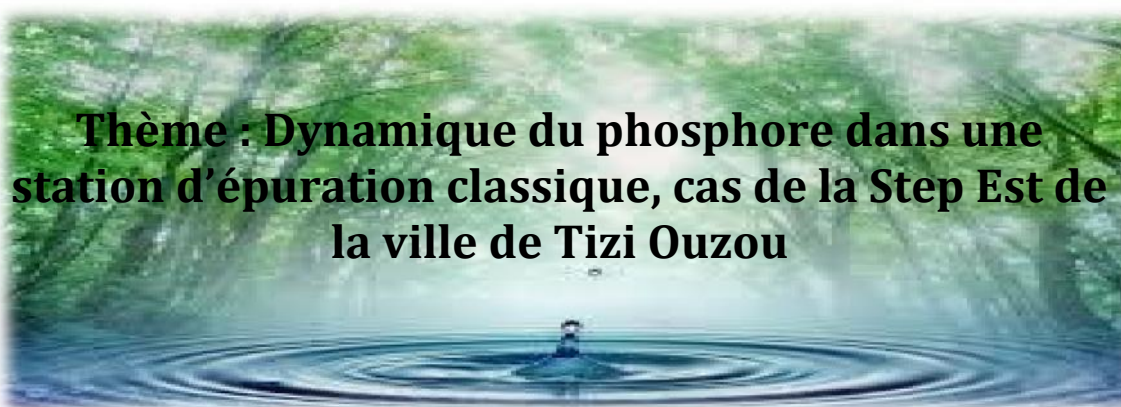
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

**Faculté des sciences biologiques et des sciences
agronomiques**

Département des sciences : Agronomiques

MEMOIRE

Présenter en vue d'obtention d'un diplôme Master



**Thème : Dynamique du phosphore dans une
station d'épuration classique, cas de la Step Est de
la ville de Tizi Ouzou**

Devant le jury:

Promoteur : M^r METAHRI.M.S

MCA UMMTO

President : M^r SI TAYEB

MCA UMMTO

Examinatrice : M^{me} BERROUANE. N

Prof à l'UMMTO

Présenter par :

Mlle : Dahmani Silya

Mlle : Ait Si Amer Hakima



Remerciements



- ❖ *Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.*
- ❖ *Nous remercions particulièrement mon promoteur Mr. Metahri M.S, pour ces orientations, ces conseils très bénéfiques et encourageants et son bon encadrement.*
- ❖ *Nous remercions Mm: Berrouane, pour ces orientations et ces aides très précieux.*
- ❖ *Nous remercions le personnel du laboratoire de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou pour leurs patiences et leurs soutient.*
- ❖ *Nous remercions le directeur et les employés de l'office national de l'assainissement de la wilaya de Tizi Ouzou. A tous mes profondes pensées de respect et de gratitude.*
- ❖ *Nous remercions nos collègues de la promotion TVRH, de la cité universitaire quiont rendu les années d'étude plus belles.*

Mes sincères remerciements à tous ceux et celles qui ont bien voulu m'aider de près ou de loin pour réaliser ce travail.



Dédicace

A la mémoire de ma grand-mère

A mes très chers parents

A mes sœurs ; salîma ; Fatma ; et Tînhînane

A mes frère, samîr et M'hand

A mon très chère chinoîs Saïd

*A mes sœurs de cœur Kahîna ; ztîta ; hakîma ; bîna ;
sabrîna ; sîlya*

A mes copîne de la cité

*A mes profs et camarades de la promo TVRH et à tous ceux
qui me connaissent de loin ou de près.*

Je vous dédie ce modeste travail en guise de reconnaissance

Sîlya



Dédicace



A la mémoire de mon père

A ma très chère mère

A mes sœurs et frères

A mes Amis

A mon très cher binôme Silya Dahmani.

*A mes profs et camarades de classe promo TVRHet à tous ceux qui me
connaissent de loin ou de près.*

*Je vous dédie ce modeste travail en guise de reconnaissance car vous
m'êtes si chers que je ne peux que vous offrir ce que j'ai appris de
mieux dans la vie.*



Àit Si Amer Hakima.

LISTE DES ABREVIATIONS

ADP:adénosine diphosphate

ADN: acide désoxyribonucléique

ARN: acide ribonucléique

ATP:adénosine triphosphate (molécule de stockage d'énergie chimique)

CE:conductivité électrique

CM: charge massique

CV:charge volumique

DBO:demande biologique en oxygène

DCO:demande biochimique en oxygène

EH: équivalent habitant

EPIC:établissement public national à caractère industriel et commercial

H :hectare

K :coefficient de biodégradabilité

MES:matières en suspension

MMS:matières minérales sèches

MO:matière organique

MVS: matières volatiles sèches

N :l'azote

OMS :organisation mondiale de la santé

ONA :office national d'assainissement

P :phosphore

PHA :poly-B-alcanoates (produit de réserve)

PH :potentiel d'hydrogène

STEP :station d'épuration

TDS :teneur en sels dissous.

LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRE	PAGE
01	Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées	06
02	Les valeurs de la DCO par rapport au type d'eau usée	11
03	Classification des procédés à boues activées	14
04	Les normes intentionnelles des rejets selon l'organisation mondiale de la santé (OMS)	16
05	Comparaison des avantages et des inconvénients entre les méthodes d'élimination du phosphore	30
06	Les caractéristiques techniques de la station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou	32
07	Différents ouvrages de traitement de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou	33
08	Caractéristiques du bassin de dessablage-déshuilage	35
09	Caractéristiques du bassin d'aération	36
10	Caractéristiques du clarificateur	38
11	Caractéristiques de stabilisateur	39
12	Caractéristiques de l'épaississeur	40
13		
13	Fréquences et résultats d'analyse	42
14	Echelle de mesure de la DBO	46
15	Fréquences et résultats d'analyse	50
16	Résultats des analyses quotidiennes	53
17	Résultats des analyses complémentaires	56
18	Résultats des analyses des boues	58

LISTE DES FIGURES

N°	TITRE	PAGE
01	Schéma générale d'une station d'épuration à boues activée	19
02	Schéma du cycle du phosphore dans le sol et dans l'eau	23
03	Réaction biochimique au sein d'une bactérie déphosphatante en conditions anaérobie et aérobie	28
04	Courbe de relargage et de réabsorption du phosphore	29
05	Situation géographique de la STEP Est de Tizi Ouzou	31
06	Soufflante de by-pass	33
07	Dégrilleur grossier	34
08	Dégrilleur fin	34
09	Bassin de déshuilage	35
10	Vis sans fin	35
11	2 ^{ème} soufflante de by-pass	35
12	Le bassin d'aération	36
13	Clarificateur	37
14	L'eau clarifiée	37
15	Bassin de stabilisation	38
16	l'épaississeur	39
17	Lits de séchage	40
18	Les boues récupérées	40
19	Echantillons à analyser	41
20	Thermomètre	43
21	Ph mètre	43
22	Conductimètre	44
23	Détermination des MES par spectrophotomètre	45
24	Détermination de la DBO	47
25	Détermination de la DCO	48
26	Détermination des orthophosphates	49
27	Teste de décantation	51

28	Evolution de la T° de la STEP de Tizi Ouzou	53
29	Evolution de PH de la STEP de T.O	54
30	Evolution de la turbidité de la STEP de T.O	54
31	Evolution de la conductivité de la STEP de T.O	55
32	Evolution des MES de la STEP de T.O	55
33	Evolution de la DCO de la STEP de T.O	56
34	Evolution de la DBO de la STEP de T.O	57
35	Evolution des ortho phosphates de la STEP de T.O	57
36	Evolution de l'indice des boues de la STEP de T.O	59

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION GENERALE.....	01
-----------------------------------	-----------

CHAPITRE (1) : GENERALITES SUR LES EAUX RESIDUAIRES.....

1- INTRODUCTION	03
2- CARACTERISTIQUES DES EAUX RESIDUAIRES.....	03
2-1 Définition de la pollution des eaux.....	03
2-2 Définition et nature d'une eau résiduaire.....	03
2-3 Système d'évacuation des eaux résiduaires.....	04
3- LES TYPES DE POLLUTION DES EAUX.....	04
3-1 La pollution chimique.....	05
3-2 La pollution organique.....	05
3-3 La pollution microbienne.....	05
3-4 La pollution thermique.....	06
3-5 La pollution radioactive.....	06
3-6 La pollution agricole.....	07
3-7 La pollution par les hydrocarbures.....	07
4- FACTEURS INFLUENÇANT LA POLLUTION.....	07
5- PARAMETRES DE QUALITE DE LA POLLUTION.....	08
5-1 Les paramètres physico-chimiques.....	08
a- La température.....	08
b- Les matières en suspension (MES).....	08
c- Le potentiel d'hydrogène (pH).....	09
d- La turbidité.....	09
e- La conductivité électrique (CE).....	09
5-2 Les paramètres organiques.....	10
a- La matière organique.....	10
b- La demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	10
c- La demande biochimique en oxygène (DCO).....	11
d- L'oxygène dissous.....	11
e- La biodégradabilité.....	12
f- Les nutriments.....	12
6- L'EPURATION DES EAUX RESIDUAIRE.....	13
1-6 Paramètres de fonctionnement d'une station d'épuration.....	13
a- La charge massique (CM).....	13
b- La charge volumique (CV).....	13
c- Age des boues.....	14
d- Système d'aération.....	14

2-6 Estimation de la pollution des eaux résiduaires.....	15
a- Définition de l'équivalent habitant (EH).....	15
b- Valeur de l'équivalent habitant.....	15
c- Normes de rejet.....	15
3-6 Le traitement des eaux usées.....	16
3-6-1 Les prétraitements.....	17
a- Dégrillage	17
b- Déshuilage dégraissage.....	17
c- Dessablage.....	17
3-6-2 Le traitement primaire.....	17
a- Décantation physique naturelle.....	18
b- Coagulation floculation.....	18
c- Filtration.....	18
3-6-3 Le traitement secondaire.....	18
4-6 Le traitement des boues et leur devenir.....	20
7- LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES.....	21
<u>CHAPITRE(2): LE PHOSPHORE DANS L'ENVIRONNEMENT.....</u>	
1- INTRODUCTION.....	22
2- ORIGINE DU PHOSPHORE.....	22
3- CYCLE DU PHOSPHORE.....	22
4- LES FORMES DU PHOSPHORE.....	24
a- Phosphore organique.....	24
b- Phosphore minérale.....	24
5- LE PHOSPHORE DANS LES EAUX NATURELLES.....	24
6- ORIGINE DU PHOSPHORE DANS LES EAUX RESIDUAIRES.....	25
7- LES INTERETS ET LES INCONVENIENTS DU PHOSPHORE.....	26
8- PROCÉDES D'ÉLIMINATION DU PHOSPHORE.....	27
a- Procédés Biologique.....	27
b- Procédés Physico-chimique.....	29
9- CONCLUSION.....	30

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE(3):PRESENTATION DE LA STEP EST DE LA VILLE DE TIZI OUZOU ET PERFORMANCES DE TRAITEMENT.....

1- INTRODUCTION.....	31
2- SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	31
3- TOPOGRAPHIE DU SITE.....	32
4- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA STEP	32
5- DESCRIPTION DES OUVRAGES DE LA STEP	33
6- TRAITEMENT DES BOUES.....	38

CHAPITRE(4): ANALYSES ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....

1- INTRODUCTION.....	41
2- DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DES EAUX BRUTES.....	43
2-1 ANALYSES QUOTIDIENNE.....	
2-1-1 DETERMINATION DE LA TEMPERATURE ET DU PH.....	43
2-1-2 DETERMINATION DE LA CONDUCTIVITE.....	44
2-1-3 DETERMINATION DE LA TURBIDITE.....	44
2-1-4 DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION	45
2-2 ANALYSE COMPLETE.....	46
2-2-1 DETERMINATION DE LA DBO.....	46
2-2-2 DETERMINATION DE LA DCO	47
2-2-3 DETERMINATION DES ORTHOPHOSPHATES.....	48
3- DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DE LA BOUE.....	49
3-1 DETERMINATION DES MATIERES SECHES.....	50
3-2 TESTE DE DECANTATION ET DETERMINATION DE L'INDICE DES BOUES.....	51
3-3 DETERMINATION DES MATIERES VOLATILES SECHES.....	52
4- INTERPRETATION DES RESULTATAS.....	52
5- CONCLUSION.....	59

CONCLUSION GENERALE.....	60
--------------------------	----

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est indispensable à la terre et à ses habitants, elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques, et la qualité de son environnement en dépend.

Depuis les années 1970, le statut de l'eau a profondément évolué dans le monde, considérée comme un instrument d'aménagement du territoire, elle est devenue un bien économique qu'il faut valoriser et distribuer au mieux, et par sa rareté et son inégale répartition elle est l'un des principaux éléments structurant de l'espace. Cependant elle est le réceptacle universel de tout type de pollution.

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques. La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Cette pollution est provoquée par le rejet d'eau salie par nos activités domestiques, et par de diverses activités industrielles et agricoles, nécessaires pour nous fournir les aliments et biens dont nous avons besoin.

Les volumes des rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation du niveau de vie de la population, ce volume a été estimé à 500 million de mètre cube en l'an 2000 et devrait atteindre 900 million de mètre cube à l'horizon 2020, Ce sont des quantités importantes et facilement localisables que le pays ne peut négliger. (ZEGHOUD, 2013).

Devant ces besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement de ces ressources naturelles conventionnelles, la recherche de moyens d'épuration adéquats et la réutilisation des effluents d'eaux usées traités est devenue une option attrayante et une alternative incontournable afin de mobiliser de plus importants volumes d'eau et satisfaire ainsi la demande de plus en plus croissante, particulièrement, dans les pays arides et semi arides. (METAHRI, 2012).

Cependant, même dans le cas de non recyclage des eaux usées traitées issues des stations d'épuration ces effluents, ont souvent une charge en azote et en phosphore supérieure aux normes requise car un grand nombre de ces stations représentent des limites dans la rétention

des ions phosphates et nitrates en traitement secondaire. Néanmoins le rejet direct de ces nutriments dans les milieux récepteurs n'est pas sans risque. Comme l'enrichissement en azote minéral associé au phosphore des milieux aquatiques est préjudiciable à l'environnement et à la santé publique, des traitements complémentaires sont nécessaires afin de permettre une meilleure protection des écosystèmes récepteurs. (VASEL, 2007).

Parmi les techniques de réduction de ces deux nutriments, les systèmes sol-plantes, le lagunage, les boues activées, les systèmes mixtes biologiques et physicochimiques ont été largement étudiés. Ils permettent notamment une élimination de l'ordre de plus de 70% de l'azote et du phosphore apportés par les eaux usées secondaires. (JUNGER, 2000).

Dans le cadre de ce travail, nous, nous proposons une étude sur l'efficacité des stations d'épuration à boues activée concernant l'abattement de la charge polluante en phosphore et le bon fonctionnement des ouvrages d'épuration, on a choisi de travailler, dans ce projet de fin d'étude, sur la station Est de la ville de Tizi Ouzou (Pont de Bougie) comme exemple de STEP à boues activées opérationnelle en Algérie.

Ce travail comporte deux parties principales :

I- La partie bibliographique est composée essentiellement de deux chapitres

- Le premier chapitre consacré pour les généralités sur les eaux résiduaires
- Le de deuxième chapitre traite la problématique du phosphore dans l'environnement

II- La partie expérimentale qui est composée de deux chapitres essentiels :

- Le premier chapitre porte sur la présentation de la station Est de la ville de Tizi Ouzou et performances de traitement
- Le deuxième chapitre rapporte les analyses effectuées et interprétation des résultats obtenues.

En fin, nous terminons notre étude par une conclusion générale.

1- Introduction

Elément clé de toute vie, le phosphore intervient dans la majorité des grands cycles biogéochimiques. C'est pourquoi c'est dans le domaine du vivant, et non dans celui de l'industrie, que se produisent les grands flux planétaires de phosphore originaire des sols. Il est un des facteurs majeur de la productivité. L'utilisation non adéquate de cet élément serait préjudiciable pour l'environnement en général et les milieux aquatique en particulier.

Cependant, de plus en plus convaincus qu'à l'avenir cet élément n'est pas une ressource inépuisable, et aussi sous les pressions socio-environnementales, les industriels du phosphore et du traitement de l'eau dans les pays dits développés se sont fixés l'objectif de valoriser le phosphore contenu dans les eaux usées (urbaines, industrielles ou agricoles) dans le cadre d'une politique de développement durable.

2- Origine du phosphore

La lithosphère est la source ultime de tout le phosphore de la biosphère. Bien que l'apatite soit l'un des minéraux primaires les plus facilement altérés. Le phosphore est parmi les minéraux les moins biodisponibles. Ceci est due au fait que les formes du phosphore dans la biosphère (différentes formes ioniques selon le pH : H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} ; complexes minéraux, dits occlus : Al-P, Fe-P, Ca-P, Si-P, et le phosphore organique) sont faiblement solubles, immobiles ou rendues inaccessibles pour d'autres raisons. (PERDO).

L'extraction annuelle de minerais phosphorés représente environ 200 millions de tonnes de minerai brut soit 140 millions de tonnes de minerai concentré, ou encore 40 millions de tonnes de P_2O_5 . La production se répartit actuellement vers différents secteurs: les engrais, 80%, les détergents, 12%, les aliments pour animaux, 5%, et les applications spéciales, 3%. Il est évident que le développement de la production mondiale de phosphore reste essentiellement lié au développement de l'agriculture, qui est lui-même, imposé par l'accroissement de la population et ses demandes en nourriture. (CABANES, 2006).

3- Le cycle du phosphore

Le phosphore est naturellement peu abondant dans la lithosphère (0,1% en masse) (POURRIOT et MEYBECK, 1995) et contrairement à l'azote, il n'a pas de réservoir atmosphérique gazeux. Son cycle est ainsi très lent puisque c'est sur des millions d'années que la roche s'érode et se reconstitue. (LA JEUNESSE, 2001)

Le cycle du phosphore (Figure2) ne possède pas de composante gazeuse en quantité significative. Par conséquent, seul le phosphure d'hydrogène PH_3 n'affecte pratiquement pas

l'atmosphère. Ce cycle est appelé cycle sédimentaire puisqu'il s'effectue principalement entre les océans et les continents.

Le phosphore est transformé dans les écosystèmes terrestres et aquatiques, en phosphore organique par le métabolisme des êtres vivants est ainsi absorbé par les plantes et transféré aux animaux par leur alimentation.

Une autre partie est transportée vers les océans où une fraction est utilisée par les organismes marins pour fabriquer leur squelette.

Une partie retourne aux sols à partir des excréments des animaux et de la matière organique morte.

Une autre fraction du phosphore se dépose au fond de l'océan sous forme d'organismes morts ou de particules et qui sont intégrée aux sédiments. Ces derniers sont transformés progressivement en roches sédimentaires par l'enfouissement ; et plus tard, ces roches sont ramenées à la surface par les mouvements tectoniques et le cycle recommence.(ZERKI, 2013)

Généralement, le phosphate total des sédiments se trouve sous forme de molécules qui se décomposent ou s'associent avec des acides (GOLTERMAN et *al.*, 1994). Par conséquent, l'adsorption des phosphates sur les sédiments est influencée par la température, le pH, la nature de sédiment et sa granulométrie (BOSTRON *et al.*, 1988)

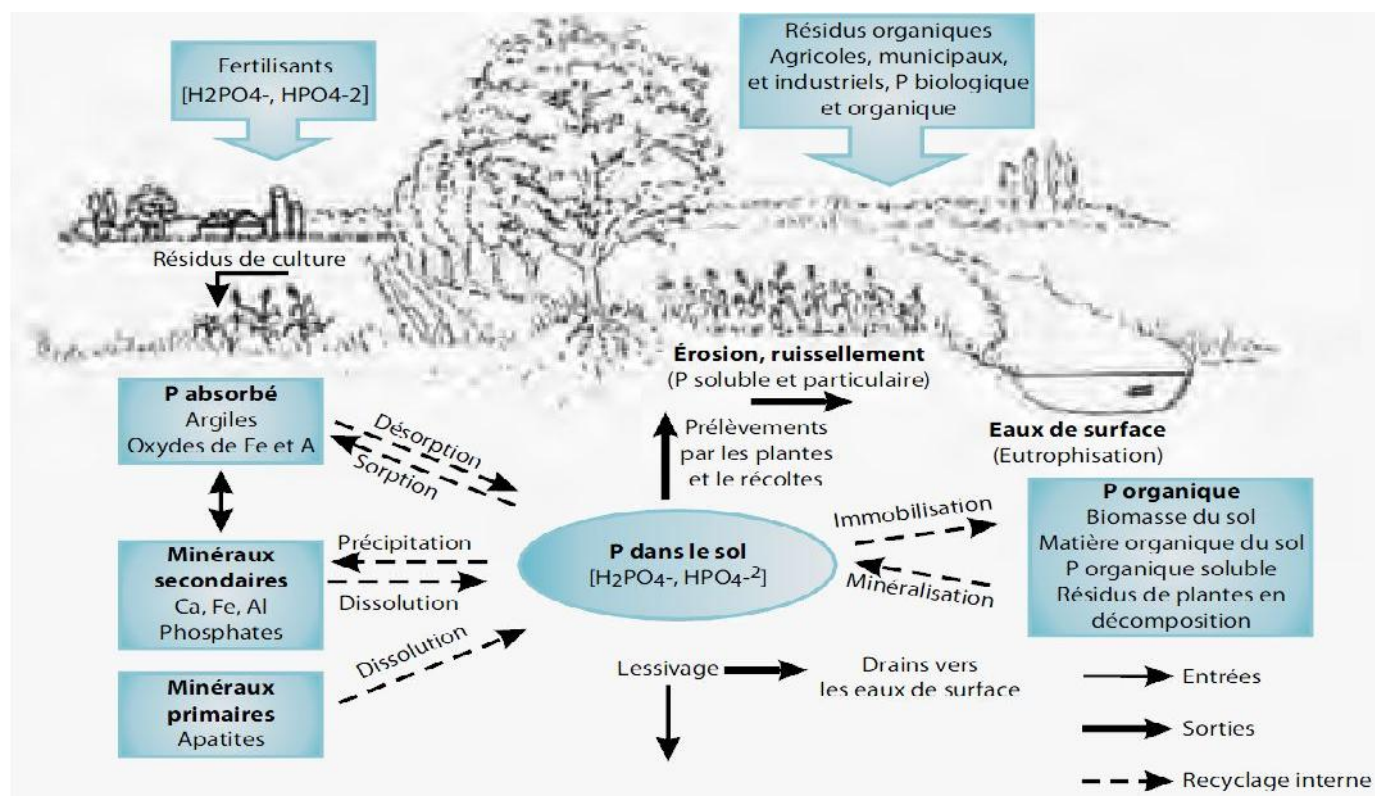


Figure 2 : schéma du cycle du phosphore dans le sol et dans l'eau (Gangbazo, 2011, adapté de Pierzvnski. 1991.

4- Les formes du phosphore

Le phosphore possède une fraction organique ou minérale (inorganique).

a- Le phosphore minéral

Le phosphore minéral (inorganique) dissous existe sous la forme d'ions H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} . On dose généralement la somme des deux formes exprimée en P-PO_4^{3-} encore appelés orthophosphates. (AISSA GROUZ JERBI, 2015).

Accompagnant l'orthophosphate, les phosphates condensés acides pyrophosphoriques et métaphosphoriques et regroupés sous le terme de polyphosphates ou acides phosphoriques (P-O-P), d'origine naturelle ou industrielle, sont instables. Ces composés, très réactifs, sont rapidement hydrolysés et sont en fait présents en faible proportion dans les eaux naturelles (AMINOT *et al.*, 1993).

Le pentoxyde de phosphore (P_2O_5) est également intéressant à citer puisque les agronomes des laboratoires d'analyse des sols expriment souvent le résultat de la mesure de phosphore dans les boues à partir de cet oxyde. Il se forme lorsque le phosphore brûle à l'air et il réagit très violemment avec l'eau pour donner plus l'acide phosphorique. (FNDAE, 2002)

b- Le phosphore organique

Le phosphate organique dissous représente quant à lui, l'ensemble des produits intermédiaires de la dégradation de la matière organique qui amène en finalité à l'orthophosphate. La fraction particulaire organique, est représentée par l'ensemble du phosphate de la matière organique animale ou végétale, vivante ou en voie de dégradation. Les formes organiques particulières peuvent constituer le principal stock dans le compartiment "eau" et sont présentes en grande quantité dans le sédiment. Le phosphate est constitutif de plusieurs molécules organiques. Entre autre, il intervient dans le processus de synthèse des protéines, par sa présence dans les acides nucléiques tels l'ARN et l'ADN, et également dans le cycle de production d'énergie au sein de la cellule, par sa présence dans les molécules d'ADP et d'ATP. (CABANE, 2006).

Chez les animaux, et en particulier dans le corps humain, on peut noter en plus la présence du phosphore dans les os, les dents, les nerfs, etc.

5- Le phosphore dans les eaux naturelles

Le phosphore présent dans les eaux (rivières, lacs et océans), est apporté soit par des sources ponctuelles soit par des sources diffuses (DURRANT *et al.*, 1999). Les sources diffuses sont les

plus difficiles à caractériser et donc à contrôler. Elles représentent la proportion majeure des rejets de phosphore. Certaines pertes de phosphore (érosion, lessivage) des champs peuvent causer l'eutrophisation dans des eaux sensibles à ce phénomène et l'agriculture peut être considérée comme la principale source. On estime à 10% la quantité totale de phosphore assimilée par les plantes, le reste est soit piégé dans le sol, soit se retrouve dans les cours d'eaux par le phénomène d'érosion du sol par un enchaînement :

Source => mobilisation => transport (HAYGARTH ETal., 1997).

Les sédiments des fonds des lacs sont des réservoirs à phosphore et représentent eux aussi une source diffuse. Par leur seule présence, ils peuvent créer un cycle qui s'auto entretient d'année en année même si les apports exogènes en phosphore sont supprimés.

L'eau usée constitue la source ponctuelle majoritaire de rejet de phosphore dans les cours d'eau. Les sources ponctuelles agricoles peuvent provenir de stocks intensifs de lisier ou de fumier en un endroit bien localisé. Les sources ponctuelles des industries représentent aussi une part importante en incluant l'industrie alimentaire et de la boisson, l'industrie de production des engrais et de nettoyage de matériels. Tout ceci peut être répandu directement dans les rivières ou retraité dans des stations. Tous les traitements effectués sur les sources ponctuelles ont été imposés et contrôlés par la mise en application d'une Directive Européenne (91/271/EEC) concernant les quantités maximales de phosphore à rejeter dans les cours d'eaux.

6- Origine du phosphore dans les eaux résiduaires

L'origine du phosphore dans les eaux usées est déduite de la connaissance des sources de phosphore naturel et de son utilisation. Elle est multiple. Le phosphore provient :

- Du métabolisme humain: un homme excrète entre 1 et 2 grammes de P par jour. Il s'agit de l'apport principal en phosphore dans les cours d'eau;
- Des produits lessiviels et de nettoyage: 1 à 2 grammes de P par jour et par habitation (en diminution);
- Des rejets industriels: les effluents d'industries agro-alimentaires, d'abattoirs, de laveries industrielles, d'industries de traitement de surface et d'industries chimiques spécialisées. Ils véhiculent une quantité de composés phosphorés à peu près équivalente à celle des eaux usées domestiques, pour des régions relativement urbanisées ;
- Les rejets agricoles ou d'origine naturelle sont retenus dans les sols et ne se retrouvent pas dans les eaux usées. Les eaux de surface peuvent éventuellement en contenir en raison de l'érosion et du ruissellement entraînant des particules de sol dans les cours d'eau. (FNDAE, 2002)

7- Les intérêts et inconvénients du phosphore

Des recherches ont été menées pendant plusieurs années pour étudier l'importance du phosphore dans l'environnement et plus particulier dans le sol, estimer le besoin en phosphore des principales cultures et évaluer le potentiel agronomique des différents engrais phosphatés.

D'une part, le phosphore est considéré avec l'azote et le potassium comme des constituants fondamentaux de la vie des êtres vivants ; c'est un élément majeur pour la plante. Il est reconnu avec l'azote comme les deux premiers facteurs limitant les rendements des cultures sur les sols. En effet, sa déficience provoque un stress abiotique majeur qui limite la croissance des plantes et la productivité des cultures sur bon nombre de sols à travers le monde. Il joue plusieurs rôles vis-à-vis des végétaux. En effet, il intervient dans la photosynthèse comme fixateur et transporteur d'énergie et favorise :

- Une bonne croissance : les besoins en N et P évoluent parallèlement avec les mêmes maxima au même moment,
- Un bon développement racinaire et un accroissement de la masse des racinelles favorisant ainsi l'alimentation et la croissance de la plante,
- La résistance de la plante à la verse et aux maladies dues aux champignons,
- La reproduction à travers une bonne fécondation et une bonne fructification,
- La qualité des produits pour l'alimentation des hommes et des animaux.

Une alimentation convenable en P permet un développement harmonieux des plantes qui peuvent prélever les quantités nécessaires de nutriments. (BADJISSAGA, 2007)

D'autre part, l'apport excessif dans le milieu naturel, de ce nutriment (P) soit par des rejets anthropiques, soit par les eaux usées issues des activités agricoles, domestiques et industrielles, représente un danger de pollution pour l'environnement aquatique et contribue au phénomène d'eutrophisation. (DURRANT, 1999)

L'eutrophisation a été définie en 1989 comme un enrichissement de l'eau en nutriments qui a pour conséquence l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, une détérioration de la qualité de l'eau et d'autres symptômes de changement tout autant indésirables (mauvaises odeurs, eau trouble ...) et qui interfèrent dans l'utilisation de l'eau. Des études ont montré que l'eutrophisation se caractérise principalement par la

disponibilité biologique en azote et, plus encore, par la disponibilité en phosphore. Les nitrates (composés azotés) étant surtout produits par l'activité des bactéries nitriques du sol, sont très solubles. S'ils ne sont pas absorbés par les plantes, ces derniers sont aisément lessivés par les eaux d'infiltration. Par contre, les phosphates sont peu solubles. La petite quantité qui s'échappe avec les eaux d'infiltration se trouve généralement sous forme de particules. (DURRANT, 1999)

8- Procédés d'élimination du phosphore

La plupart des stations d'épuration ne disposent pas de traitements tertiaires d'élimination du phosphore, d'où la nécessité de mise en place d'installation de finition des effluents secondaires en fonction de la destinée finale de cette ressource. Pour ce faire nous disposons de deux procédés à savoir ; le procédé biologique et le procédé physicochimique.

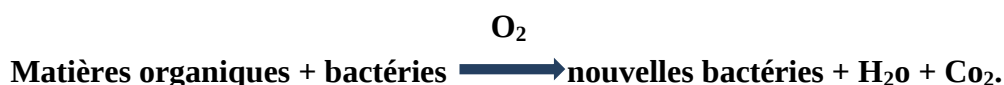
a- Procédé biologique

Le traitement biologique, au sens large, englobe d'une part l'assimilation du phosphore par la biomasse pour ses besoins métaboliques minimaux, et d'autre part la suraccumulation du phosphore par des bactéries déphosphatantes au-delà de leurs besoins métaboliques.

✚ L'assimilation du phosphore

L'assimilation du phosphore, de même que l'azote, l'oxygène et l'hydrogène est un composant essentiel de la biomasse épuratoire, bactéries et protozoaires ce qui représente de l'ordre de 1 à 2 % de la matière sèche des boues activées non déphosphatantes, exprimées en matière volatile en suspension (COMEAU, 1997).

La réaction d'assimilation de la matière organique par les bactéries hétérotrophes en Présence d'oxygène dissous peut être représentée par la réaction simplifiée suivante :



Les besoins en phosphore pour la synthèse des nouvelles bactéries sont de l'ordre de 1 % de la DBO₅ éliminée par la biomasse épuratoire. L'assimilation ne permet en aucun cas une élimination poussée du phosphore puisque le rapport P/DBO₅ est nettement plus élevé que 0,01 et se situe à 0,04 environ.

✚ Suraccumulation du phosphore

Dans le procédé d'élimination biologique du phosphore par boue, activée la biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobies. Rappelons les définitions d'anoxie et d'anaérobie propre au domaine du traitement des eaux

usées :

- L'anoxie se caractérise par l'absence d'oxygène et la présence de nitrates;
- L'anaérobiose se caractérise par l'absence d'oxygène et de nitrate.

Le processus d'élimination biologique du phosphore peut être décrit, de manière simplifiée, comme suit :

- Dans le bassin d'anaérobiose, les bactéries déphosphatantes, synthétisent un produit de réserve, les poly- β -alcanoates (PHA), à partir du substrat facilement biodégradable des eaux usées et de l'énergie libérée par l'hydrolyse intracellulaire de polyphosphates. Il en résulte un relargage de phosphate dans le milieu externe.

- Dans le bassin d'aération, les PHA et la matière organique contenue dans les eaux usées sont oxydés par les bactéries. La respiration (de l'oxygène) produit l'énergie nécessaire aux bactéries qui régénèrent leurs stocks de polyphosphates et croissent.

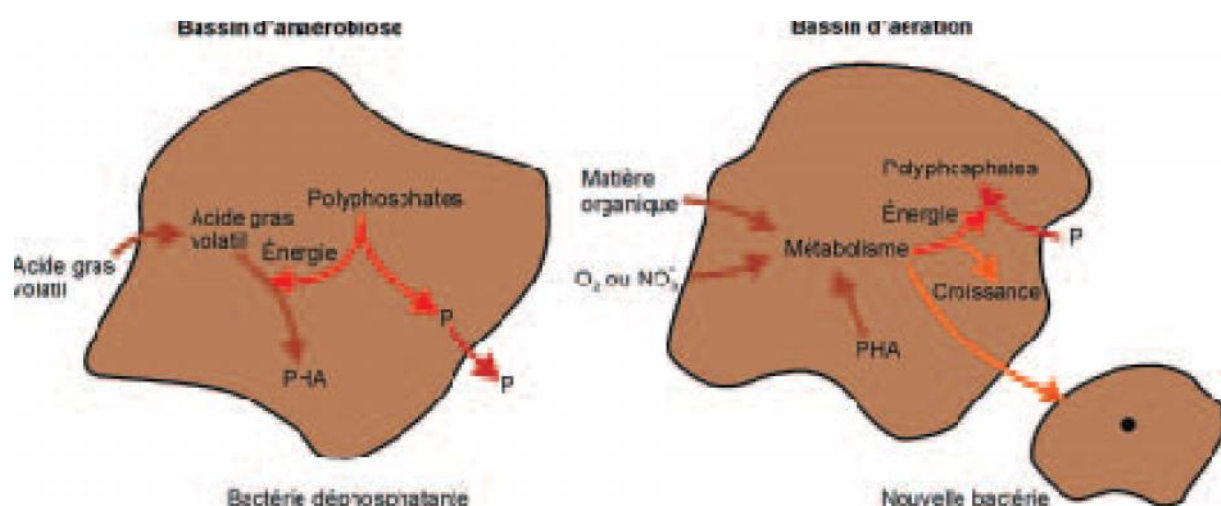


Figure 3 : réaction biochimique au sein d'une bactérie déphosphatante en condition anaérobie et aérobie (FNDAE, 2002)

Remarque : Les poly- β -alcanoates (PHA), synthétisés à partir d'acides gras volatils, sont des composés carbonés qui jouent principalement un rôle de réserve énergétiques.

Il s'agit de polymère comprenant des monomères à 4, 5, 6 et 7 atomes de carbone.

Au cours de la phase anaérobiose, le relargage du phosphore n'est pas linéaire en fonction du temps. Trois phases peuvent être distinguées :

- Tout d'abord, un relargage rapide du phosphore est observé. La vitesse de ce processus est indépendante de la concentration en carbone facilement assimilable essentiellement les acides gras

volatils.

- Ensuite, un ralentissement du relargage s'opère en raison de l'utilisation de substrats carbonés nécessitant une hydrolyse préalable.
- Enfin, un relargage lent, dû à la maintenance de la cellule. Il s'agit du relargage secondaire ou endogène. Cette troisième forme de relargage n'est pas efficace en ce sens qu'elle n'entraîne pas dans le bassin d'aération une réabsorption intensifiée du phosphore. (METAHRI, 2012).

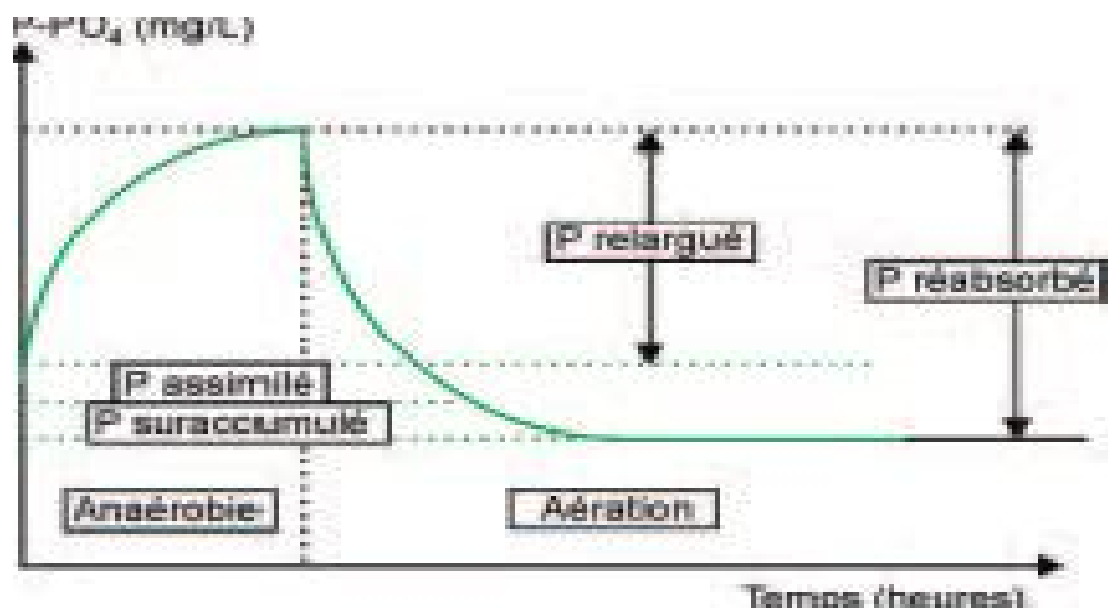


Figure 4: courbe de relargage et de réabsorption du phosphore (METAHRI, 2012).

Le phosphore se retrouve finalement concentré dans les boues, le rendement se situe entre 60% et 80%.

b- Procédés physico-chimiques

C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée; elle est en effet utilisée dans 86% des cas. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières :

- En amont du bassin d'aération, par pré-précipitation La chaux est le réactif le plus souvent utilisé à cause de son prix peu élevé. La précipitation des phosphates entraîne une élimination de la pollution carbonée. Cette technique, très intéressante dans le cas d'une station biologique saturée, permet de pallier la surcharge de la station et de différer son extension.
- Dans le bassin d'aération, par Co-précipitation, le sulfate de fer (ou d'aluminium) est souvent employé dans cette technique. La Co- précipitation est la technique la plus utilisée

dans les stations d'épurations. Elle présente de nombreux avantages techniques et économiques, en termes de mise en œuvre et d'exploitation, pour une élimination efficace du phosphore.

- En aval du clarificateur, par post-précipitation: Cette précipitation exige une installation physico-chimique spécifique en aval des clarificateurs, suivie d'une filtration des effluents traités. C'est une technique très onéreuse, mais elle permet de restituer un effluent de très bonne qualité. Les boues produites par cette technique sont traitées avec les boues biologiques. Facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 %. ([PDF engées-proxy.u-strasbg.fr/257/01/Mémoire](https://pdf.engees-proxy.u-strasbg.fr/257/01/Mémoire)).

Le tableau suivant compare les deux méthodes d' élimination du phosphore

Tableau 5: Comparaison des avantages et des inconvénients entre les méthodes d'élimination du phosphore. (CABANE, 2006)

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

1- Introduction

Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement, l'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial (E.P.I.C), créé par décret exécutif n° : 01-102 du 21 Avril 2001.

La station a été conçue au début des années 90 et a été mise en marche en aout 2001.L'étude du projet a été effectuée par la direction de l'hydraulique de la willaya de Tizi-Ouzou, en collaboration avec la société française

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique national de l'assainissement, l'Office National de l'Assainissement est chargé sur le territoire national, de l'exploitation, de la maintenance, du renouvellement, de l'extension et de la construction des ouvrages et des infrastructures d'assainissement. Ainsi, il assure :

- La protection et la sauvegarde des ressources et environnement hydrique,
- La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique,
- La préservation de la santé publique.

2- Situation géographique

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou est implantée sur la berge de l'oued Sebaou à l'endroit du pont de bougie situé à 3 Km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou. (ONA, 2003).



Figure 5 : situation géographique de la STEP, (ONA, 2003).

3- Topographie du site

Le terrain de la station occupe une partie de la berge de l'oued Sebaou présentant une pente d'orientation Nord-sud l'altitude moyenne du site est de 70 m.

4- Fiche technique de la station d'épuration

Les caractéristiques technique de la STEEP est, est préciser dans le (Tableau 6)

Tableau 6 : les caractéristiques techniques de la station d'épuration Est de la ville Tizi Ouzou (ONA ; 2003)

Désignation	Valeurs
Type du réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques
Population raccordée	120 000 EH
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000m ³ /j
Débit moyen journalier	750 m ³ /j
Débit de pointe en temps sec	1620 m ³ /h
Débit de pointe en temps de pluie	2250 m ³ /h
Charge polluante DBO₅	
Flux journalier	6500 kg/j
Concentration moyenne	360 mg/l
MES	
Flux journalier	8 400 kg/j
Concentration moyenne	466 mg/l
PH	6 à 8.5
Température	inf à 25°C

5- Principe de fonctionnement de la STEP

La STEP fonctionne selon le procédé d'épuration à boue activée et à moyenne charge.

Les eaux traitées par la STEP sont les eaux domestiques de la ville et du centre-ville de Tizi Ouzou qui sont collectées dans un réseau unitaire et acheminées vers l'usine. Avant l'arrivée

dans la station, il faut souvent relever l'effluent jusqu'au niveau de l'usine à l'aide d'une pompe (poste de relevage). A l'entrée de la station, les eaux sont comptées de manière à quantifier la pollution quotidienne.

6- Description des ouvrages de la STEP

La station d'épuration Est de la ville de Tizi Ouzou est composée de plusieurs ouvrages illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Différents ouvrages de traitement (MANACEUR et SAIDJK, 2013)

Différents traitements	Nom d'ouvrage	Nombre
Prétraitements	Dégrilleur grossier (manuel)	1
	Dégrilleur fin (mécanique et manuel)	
	Dassableur- déshuileur	2
Traitement secondaire	Bassin d'aération	2
Clarification	Decanteur racleur	2
Stabilisation	Bassin de stabilisation	2
Déshydratation	Lit de séchage	20

- **soufflante by-pass**

C'est une vanne de sécurité qui sert à by passer l'effluent de la station lors d'une arrivée d'eau usée très importante ou très chargée. L'eau usée sera directement redirigée vers l'Oued Sebaou.



Figure 6: soufflante du by-pass

• Poste de relevage

La STEP Est de Tizi-Ouzou possède quatre pompes de relevage d'une capacité de $750 \text{ m}^3/\text{h}$ qui fonctionnent en binôme.

• Les prétraitements

Ils ont pour objectif d'éliminer les particules les plus grossières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs.

Il comporte deux étapes essentielles : le dégrillage, dessablage et déshuilage.

- Dégrillage : Son principe est d'assurer la protection des équipements électromécaniques et de réduire les risques de colmatage des conduites. Il existe :

- 1- Un dégrilleur automatique à champ courbé, espacement : 25 mm, R : 1.5 m
- 2- Une grille fine à nettoyage manuel, espace : 40 mm ; L : 1 m.



Figure 7 : dégrilleur grossier



Figure 8 : dégrilleur fin

- Dessablage-déshuilage: Cette opération dans laquelle on fait la séparation entre l'eau et le sable par décantation. Deux bassins sont équipés d'injecteur d'air sur les côtés pour accélérer la flottation des graisses et des huiles puis les racler et dirigées vers le local des huiles et graisses. Les sables sont recueillis au fond du même bassin, relevé au moyen de pompe. Une vis sans fin est implantée à l'extrémité du bassin, assure à la fois l'essorage et le relevage du sable après égouttage, le sable est ensuite envoyé vers une benne de récupération.



Figure 9 : bassin de déshuilage



Figure10 : vis sans fin

Tableau 8 : caractéristiques du bassin de dessablage-déshuilage

Longueur	11.25 m
Largeur	4 m
Surface	45 m ²
Volume	125 m ³

• Soufflante du by-pass

C'est la 2^{ème} soufflante de la station, qui sert à by passer l'effluent de la station lorsque l'eau est très chargée en métaux lourds.



Figure11 : 2^{ème} soufflante du by-pass

- **Traitement secondaire (biologique)**

Les eaux usées contenues dans le bassin biologique sont formées de biomasse (eaux + bactéries + boues), on utilise de l'oxygène pour stimuler l'activité bactérienne et les rendre fonctionnelles avec une quantité d'O₂ largement suffisante.

- Bassin d'aération : Cette opération s'effectue dans un bassin d'aération où les eaux usées sont mise en contact avec une biomasse épuratrice. Dans ce réacteur, la pollution dissoute est assimilée par la culture bactérienne en suspension formant des agglomérats. Les floccs peuvent alors être séparés de l'eau par décantation.

Dans le bassin la fourniture d'oxygène est assurée par des unités électromécaniques : aérateur de surface (turbine).



Figure 12 : bassin d'aération

Tableau 9 : Caractéristiques du bassin d'aération (BELKSIR et BELOUCIF, 2013)

Longueur	49,50 m
Largeur	16,50 m
Hauteur	4 m
Surface	817 m ²
Volume	3250 m ³
Caractéristiques épuratoires	
Charge massique	0,4 DBO ₅ /kg/j
Concentration des boues	2,5 g/l
Temps de séjour	6 à 8 heures

- **Clarificateur**

La géométrie la plus courante d'un clarificateur est une forme cylindro-conique. Les boues activées issus du bassin d'aération sont amenées gravitairement via une canalisation verticale au centre de l'ouvrage à la surface. la boue épaissie en fond d'ouvrage est amenée vers un puits à boues depuis lequel elle est soit recirculée vers le bassin d'aération, soit extraite du système vers la filière de traitement des boues.



Figure 13 : clarificateur

Une fois l'eau épurée est séparée de la boue, l'eau clarifiée est dirigée vers la sortie et rejetée dans l'Oued (Oued Sebaou).



Figure 14 : l'eau clarifiée

Tableau 10: caractéristique du clarificateur (BERRANEN et BOUDJEMA, 2013)

Forme	cylindro-conique
Diamètre	26 m
Hauteur périphérique	3,10 m
Surface	530 m ²
Volume	1433 m ³
Caractéristique épuratoires	
Temps de séjour	
Au débit moyen 24 h	3 à 8 heures
Au débit de point en temps sec	2 à 3 heures

7- Traitement des boues

Les boues se présentent au départ sous forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênante quelle que soit la destination des boues et impose la mise en place d'une filière de traitement. (BELKSIR et BELOUCIF, 2003).

On distingue trois types de traitement organisé comme suite :

- **La stabilisation (stabilisation aérobie)**

C'est la première étape de traitement des boues, elle se déroule au niveau d'un bassin de stabilisation. Elle permet de diminuer le pouvoir fermentescible des boues et les rend inactifs.

Cette opération permet aussi d'éliminer des agents pathogènes présents dans les boues et de limiter les nuisances olfactives.

**Figure 15:** bassin de stabilisation

Tableau 11 : caractéristique de stabilisateur (BERRANEN et BOUDJEMA, 2013)

Longueur	49,50 m
Largeur	13,25 m
Hauteur périphérique	4 m
Surface	656 m ²
Volume	2550 m ³

- **L'épaississement**

Les boues sont transférées vers l'épaississeur par des groupes de pompes en fosse sèche (une pompe de 25 m³/H par bassin).

Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues. L'épaississement peut être gravitaire, ou s'effectuer par flottation, par égouttage ou par centrifugation. Il a pour objectif de réduire le volume des boues brutes et d'augmenter la concentration des matières en matières sèches (résultat 3 à 8 % de siccité selon les techniques utilisées). (OUKACI, 2015).

Cette étape permet aussi l'évacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est recyclée en tête de la station.

**Figure 16** : l'épaississeur

Tableau 12: caractéristique de l'épaississeur

Diamètre	15 m
Hauteur d'eau cylindrique	4 m
Pente de radier	15%
Surface utile	176 m ²
Volume	803 m ³

- **Les lits de séchage**

Les boues stabiliser sur l'épaississeur sont acheminées gravitairement vers les lits de séchage. Le séchage des boues se fait, par filtration et évaporation naturelle. Un ensemble de 20 lits sont prévus (Figure 17), totalisant $450 \times 20 = 9000 \text{ m}^3$, divisés en deux filets de 10 lits, pour un volume journalière de 180 à 120 m³ et des aires de séchages remplies sur une hauteur de 0,4 m et un temps de séchage moyen de 17 à 20 jours.(BERRANEN et BOUDJEMA).



Figure17 : les lits de séchage

La dernière étape après le séchage des boues est leur extraction manuelle vers les aires de stockages, ou elles sont ensuite récupérées par des agricultures qui les utilisent comme engrais.



Figure 18 : les boues récupérées

1- Introduction

Afin d'évaluer les performances de la station d'épuration Est de la ville Tizi Ouzou en matière d'abattement de la pollution de l'eau, une série d'analyses sur les paramètres de pollution de l'eau ont été effectuées respectivement à l'entrée (eaux brutes) et à la sortie (eaux traitées) de cette STEP. Le travail expérimental a été réalisé sur une période d'une semaine allant de 11 juin au 15 juin 2017. L'objectif de ce travail est de caractériser les eaux brutes et les eaux épurées de la station par l'analyse de certains paramètres physiques et chimiques quotidiens (T° , PH, turbidité, conductivité, MES) et hebdomadaires (DBO, DCO, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}) afin de quantifier les taux de participation en phosphore de l'effluent traitée de la station d'épuration on les comparant aux normes de rejet crée par l'OMS.

▪ Prélèvement et échantillonnage

La méthode appliquée dans la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est celle de l'échantillon composite, elle consiste à prélevé deux à trois fois par jour un volume déterminé pour l'eau brute (entrée) et pour l'eau épurée (sortie).

Cet échantillon sera conservé au réfrigérateur après avoir effectué quelques analyses journalières, Chaque volume prélevé sera bien mélangé avec tous les prélèvements précédents pour constituer l'échantillon moyen à analyser par la suite. Cette méthode permet donc de récolté une fraction de l'ensemble des matières polluantes qui transite dans les différents ouvrages de la station durant la journée.



Figure 19: échantillons à analyser

Tableau 13 : fréquences et résultats d'analyse

Paramètres	Eau brute	Eau épurée
DBO	1 Fois/semaine	1 Fois/semaine
DCO	1 Fois/semaine	1 Fois/semaine
MES	1 Fois/jours	1 Fois/jours
PH	1 Fois/jours	1 Fois/jours
T°	A chaque prélèvement	A chaque prélèvement
Conductivité	1 Fois/jours	1 Fois/jours
Turbidité	1 Fois/jours	1 Fois/jours
NO₃⁻	1 Fois/semaine	1 Fois/semaine
NO₂⁻	1 Fois/semaine	1 Fois/semaine
PO₄³⁻	1 Fois/semaine	1 Fois/semaine
NH₄⁺	1 Fois/semaine	1 Fois/semaine

▪ **Matériels utilisé**

- Des béchers ;
- Pipettes ;
- Eprouvettes de 1000ml ;
- L'eau distillée ;
- Papiers absorbants ;
- Des coupelles ;
- Des flacons colorimétriques ;
- Des barreaux magnétiques ;
- Agitateur ;
- Conductimètre ;
- Réacteur DCO ;
- DBO mètre ;
- PH mètre ;
- Spectrophotomètre ;

- Incubateurs à (20°C, 105°C, et 155°C) ;
- Dispositif de filtration ;
- Des entonnoirs ;
- Des éprouvettes ;
- Dessiccateur ;
- Etuve (105°C) ;
- Four moufle (550°C).

2- Détermination des caractéristiques des eaux brutes

2-1- Analyses quotidiennes

2-1-1- détermination de la température (C°) et du PH

➤ **Température** : Paramètre physique important dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions. A chaque prélèvement, on plonge la sonde thermométrique dans l'échantillon. On attend jusqu'à ce que le thermomètre se stabilise et on fait la lecture.

➤ **Le potentiel d'hydrogène (PH)** : C'est le même principe que la température on prolonge l'électrode dans l'échantillon, on attend jusqu'à la stabilisation et on fait la lecture.

▪ **Méthode** : électrométrie : (utilisation d'un PH- mètre)

▪ **Mode opératoire**

- 1- Préparer le PH- mètre
- 2- Etalonner l'appareil.
- 3- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 4- Allumer le PH- mètre ainsi que le thermomètre.
- 5- Plonger la sonde de température et l'électrode dans l'échantillon.
- 6- Attendre jusqu'à ce que les mesures (PH et T°) se stabilisent et faire la lecture.

2-1-2 Détermination de la conductivité

On étalonne le conductimètre puis on plonge la sonde du conductimètre, ensuite on aura la valeur des échantillons (entrée et sortie de la STEP).

▪ Mode opératoire

- 1- Préparer le conductimètre
- 2- Etalonner l'appareil.
- 3- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 4- Allumer le conductimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.
- 5- Plonger la sonde dans l'échantillon.
- 6- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture, le résultat obtenu est exprimé en « μ S/cm ».

2-1-3- Détermination de la turbidité

La turbidité est due à la présence des particules en suspension minérales ou organiques. Nous procédons de la même manière que la mesure des matières en suspensions à l'exception du réglage qui sera de 750 à une longueur d'onde de 450 nm. Le résultat s'affiche par FTU.

▪ Méthode : spectrophotométrie.**▪ Mode opératoire**

- 1- Prélever 25 ml d'échantillon (entrée ou sortie) à analyser et homogénéiser.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme « 750 » et régler la longueur d'onde à « 450 ».
- 4- Remplir un flacon calorimétrique avec 25 ml d'échantillon à analyser.
- 5- Préparer le blanc en remplissant un autre flacon colorimétrique de 25 ml d'eau distillée.
- 6- Placer le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot.
- 7- Presser zéro, l'affichage indique « 0 FTU3 ».
- 8- Agiter le flacon d'échantillon puis le placer dans le puits de mesure et fermer le capot.
- 9- Presser la touche Read Enter, l'affichage indique le résultat en FTU.

2-1-4- Détermination des matières en suspension MES**▪ Méthode : spectrophotométrie****▪ Mode opératoire**

- 1- Prélever 25 ml de chaque échantillon (entrée et sortie) et homogénéiser chacun.
- 2- Préparer le spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme « 630 » et régler la longueur d'onde à « 810 ».
- 4- Remplir les flacons avec les échantillons et préparer le blanc avec 25 ml d'eau distillé.

- 5- Placer le blanc dans le puits puis fermer le capot.
- 6- Presser Zéro, l'affichage indique « 0 mg /l MAT.EN SUSP ».
- 7- Agiter le flacon d'échantillon, puis le placer dans le puits de mesure et fermer le capot.
- 8- Presser sur « Read Enter », l'affichage vas indiquer le résultat en « mg/L MAT. EN SUSP»

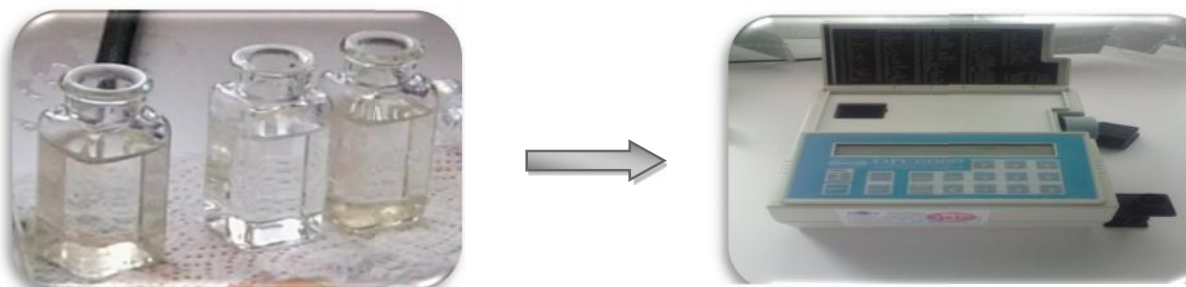


Figure 20: détermination de MES par spectrophotomètre

2- 2Analyse complémentaire

En plus de l'analyse quotidienne on a fait une analyse complète pour les paramètres suivants :

2-2-1 Détermination de la demande biologique en oxygène DBO

▪ **Méthode :** manométrique avec **Oxy Top**

▪ **Matériels**

- Incubateurs ;
- Deux bouteilles : une contenant l'eau d'entrée et l'autre contenant l'eau de sortie ;
- Barreaux magnétiques ;
- Oxy Top ;
- Produits chimiques (KOH).

▪ **Mode opératoire**

- 1- Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$.
- 2- Réchauffer ou refroidir un volume d'échantillon à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- 3- Préparer les flacons DBO, (rincer avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser).
- 4- Introduire une quantité appropriée d'échantillon à analyser, le volume de l'échantillon est défini dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Echelle de mesure de la DBO.

Tableau 14 : Echelle de mesure de la DBO

Volume de l'échantillon	Gamme de mesure
100 ml	0-1000 mg d'O ₂ /l
150 ml	0-600 mg d'O ₂ /l
250 ml	0-250 mg d'O ₂ /l
400 ml	0-90 mg d'O ₂ /l

5- On remplit les bouteilles de :

- 97ml d'eau d'entrée.
- 365ml d'eau de sortie.

6- Placer dans l'incubateur pendant une heure pour permettre à l'échantillon d'atteindre la température de 20°C.

7- Placer du KOH dans les couvercles (le KOH permet de fixer le CO₂ dégagé).

8- Placer les Oxy Top sur les bouteilles on les serrant bien et on les réinitialiser pour supprimer les données précédentes.

9- Programmer les Oxy Top toute on choisissant l'échelle qui correspond au volume d'échantillon choisi.

10- Les échantillons sont ainsi laissés dans le DBO mètre à température constante (20°C) et dans l'obscurité pendant 5 jours.

11- Après 5 jours on procède à la lecture des résultats.



Figure 21:détermination de la DBO

2-2-2 Détermination la demande biochimique en oxygène (DCO)

On prépare :

- 1- Un échantillon témoin avec 10 ml de solution d'hydrogénophthalate de potassium (étalon).
- 2- 10 ml d'eau brute (entrée).
- 3- 10 ml d'eau épurée (sortie).
- 4- On ajoute à chaque flacon 5 ml $\pm$ 0.01 de dichromate de potassium, 15 ml d'acide sulfurique- sulfate d'argent.
- 5- On ajoute ensuite deux régulateurs d'ébullition dans chaque tube.
- 6- On met ces derniers dans le réacteur à DCO pendant 2 heures à 150°C.
- 7- Après refroidissement on ajoute pour chaque flacon 45 ml d'eau distillée.
- 8- Puis on titre le tout avec le sulfate de fer et d'ammonium en présence de 1 ou 2 goutte de la solution d'indicateur au féroïen.
- 9- On procède au calcul en utilisant la formule suivante :

$$DCO = \frac{8000 * C * (V_1 - V_2)}{V_0}$$

Ou :

C : la concentration en quantité de matières, exprimée en mole par litre de solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V₀ : le volume, en millilitre, de la prise d'essai avant dilution.

V₁ : le volume, en millilitre, de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

V₂ : le volume, en millilitre, de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

8000 : la masse molaire, en milligramme par litre d'un demi d'O₂.

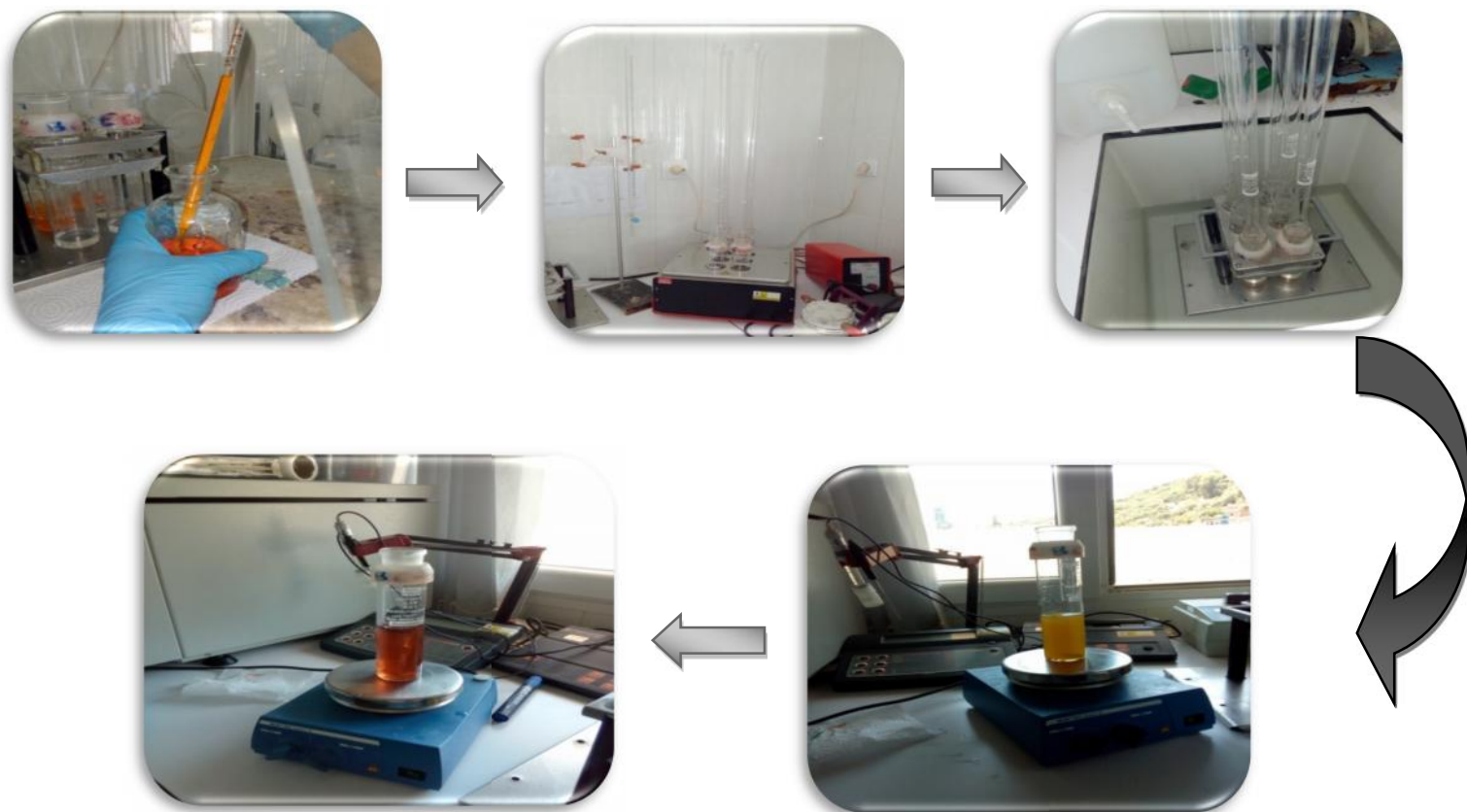


Figure 22 : détermination de la DCO

2-2-3 Détermination des ortho phosphates(PO_4^{3-})

▪ **Méthode :** spectrométrie

N° de programme : 490.

Longueur d'onde : 890 nm

Réactif : 02 gélules PhosVer3.

▪ **Mode opératoire**

- L'eau brute : dilution 1/10 (2.5 ml E).
- L'eau épurée : dilution 1/10 (2.5 ml S).

- 1- Préparer le spectrophotomètre.
- 2- Enter le numéro de programme et régler à la longueur d'onde mentionnée.
- 3- Presser la touche Read Enter, l'affichage indique $\text{mg/l PO}_4^{3-}\text{PV}$.
- 4- Remplir un flacon colorimétrique avec 25 ml d'échantillon à analyser.
- 5- Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille PhosVer3 au flacon puis agiter.
- 6- Mettre la pastille dans le récipient de stockage.

- 7- Presser «Shift Time», une période de réaction de 2 min commence.
 - 8- Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25 ml d'échantillon.
 - 9- Placer le blanc dans le puits de mesure.
 - 10- Presser Zéro, l'affichage indique 0.00 mg/l PO_4^{3-} PV.
 - 11- Essuyer le flacon avec le papier absorbant puis le mettre dans le récipient de stockage.
 - 12- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser Read Enter, le résultat s'affiche.
 - 13- Après avoir effectué les analyses, le rejet est stocké dans une bouteille de 1L et entreposé dans la poubelle de transport des DSD et évacué vers le lieu de stockage.
- NB :** le blanc de réactif doit être déterminé pour chaque nouveau lot de PhosVer3.

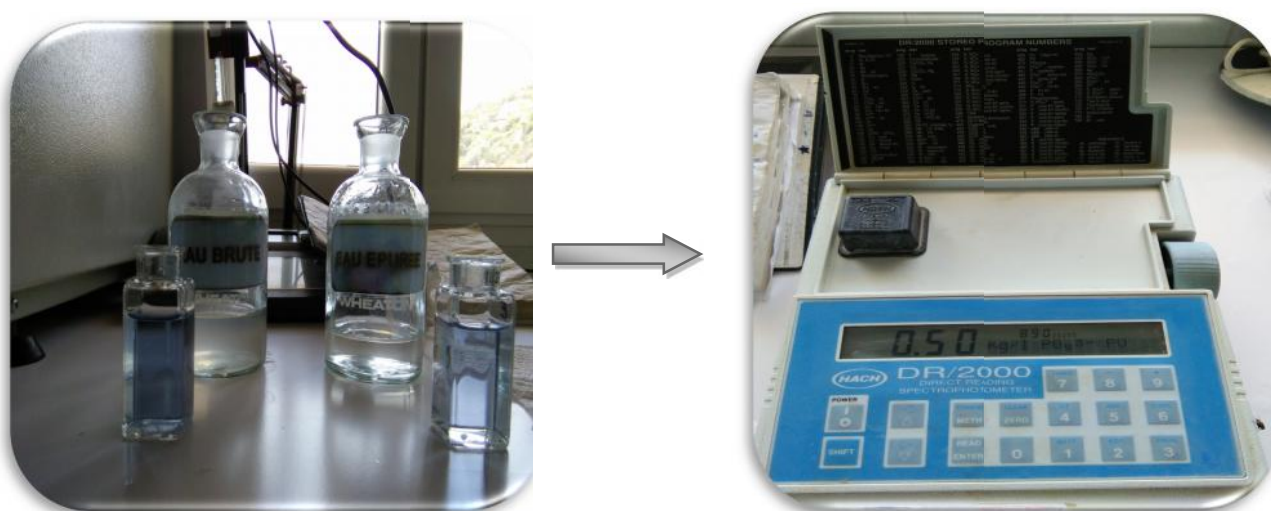


Figure 23: détermination des orthophosphates

3-Détermination des caractéristiques de la boue

- **Prélèvement :** les prélèvements sont effectués sur les différents points à savoir : bassins d'aération, bassins de stabilisation.

Tableau 15: fréquences et résultats d'analyse

Points de prélèvement	Paramètres	Fréquences
Bassin d'aération	V ₃₀	1 fois/jours
	MS	1 fois/jours
	IB	1 fois/jours
Bassin de stabilisation	MS	1 fois/jours
	MVS	1 fois/jours
Poste de recirculation	MS	1 fois/jours
Lits de séchage	MS Siccité	Au remplissage du lit de séchage à chaque évacuation des boues

3-1 Détermination des matières sèches (MS)

▪ **Méthode** : filtration par gravité.

▪ **Mode opératoire** :

- 1- Peser le papier filtre (P₀) après séchage dans l'étuve pendant quelque minute.
- 2- On place un entonnoir sur un bécher et on place dessus le papier filtre.
- 3- On verse 100 ml de l'échantillon prélevé au moment même sur le filtre.
- 4- Après filtration, on met le papier filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve à 105°C jusqu'à déshydratation.
- 5- Après déshydratation on les retire de l'étuve et on place les filtres dans un dessiccateur pour retirer toute humidité restante
- 6- Repeser les filtres (P₁)
- 7- Calculer la quantité de la matière sèche avec la formule suivante :

$$MS = (P_1 - P_0) \times 1000/V \text{ (mg/L)}$$

Ou :

V : 100 ml.

P₀ : poids du papier filtre (avant filtration).

P₁ : poids du filtre et des boues (après filtration).



Filtration



séchage à l'étuve



Dessiccateur

NB : Les échantillons sont prélevés aux niveaux des bassins de stabilisation, d'aération et de retour.

3-2 Teste de décantation et détermination de l'indice des boues :

a- Teste de décantation V_{30} :

Pour effectuer le test de décantation V_{30} l'échantillonnage de boue est effectué au niveau des bassins d'aération après 15 mn de fonctionnement de l'aérateur, plus un échantillon d'eau épurée (sortie) pour la dilution.



Figure 24 : teste de décantation

▪ Mode opératoire

- 1- Prélever un échantillon de boue à la sortie du bassin d'aération après 15mn de fonctionnement de ce dernier.
- 2- Remplir une éprouvette de 1000 ml avec 1L de boue, mélanger en retournant l'éprouvette pour bien agiter.
- 3- Poser l'éprouvette sur un support stable.

- 4- Après 30 mn, noter le niveau de boue dans l'éprouvette, cette valeur notée est le V₃₀ exprime en « ml ».

b- Détermination de l'indice des boues IB :

Le V₃₀ doit être impérativement inférieur à 300 ml/L dans le cas contraire, procéder à une dilution avec de l'eau épurée dans ce cas le calcul de l'indice de boue est le suivant :

$$IB = \frac{V_{30} \text{ dilué} \times \text{facteur de dilution}}{MS}$$

L'indice des boues est calculé pour nous permettre d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation et prévenir d'éventuelle perte des boues liée au dépassement de capacité du clarificateur.

3-3 Détermination des matières volatiles sèches (MVS) :

Pour l'analyse des MVS l'échantillonnage est effectué au niveau du bassin de stabilisation.

▪ **Mode opératoire**

- 1- On met une quantité de l'échantillon (boue) dans une coupelle après l'avoir peser (P₀).
- 2- On met la coupelle dans une étuve à 105°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.
- 3- Après refroidissement de la coupelle dans le dessiccateur on la repese (P₂).
- 4- On met la coupelle dans un four à 550°C pour une période de 2 heures.
- 5- Après refroidissement on fait une troisième pesée pour obtenir le dernier poids (P₃).
- 6- Puis on calcule la concentration des MVS en utilisant la formule suivante :

$$MVS = [P_2 - P_3] / (P_2 - P_0) \times 100$$

CONCLUSION GENERALE

L'Algérie est un pays semi-aride à faible pluviométrie où les apports climatiques sont irréguliers et subissent des variations chroniques et ne répondent que pour infime partie des besoins globaux en eau de la population qui s'élèvent auprès de **1700 m³/ha/an**, alors que, le taux de satisfaction en eaux en Algérie n'est que **350 m³/ha/an**.

Par ailleurs le recours aux eaux usées, qui représentent un réservoir important et bien localisé, peut constituer sans doute l'une de solutions intéressante et inévitable pour les pays souffrant de stress hydrique.

Les eaux usées urbaines rejetées chaque année, aujourd'hui délaissées au rebut, représentent une ressource de valeur qu'il faudra exploiter par tout, en agriculture et d'autre usages municipaux afin de préserver les eaux conventionnelles pour les usages les plus nobles.

Les résultats obtenues lors de notre stage pratique qui s'est porté dans l'objet de l'évaluation des performances de traitement de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou, afin d'étudier la dynamique du phosphore (ortho phosphates) au sein de la STEP montrent que, les rendements épuratoires sont peu satisfaisant pour l'élimination de ce nutriment en accord avec les normes de rejet des effluents de boue activée fixées par l'OMS. Les effluents traités sont caractérisés par un PH légèrement alcalin. Les concentrations de la DBO₅ et la DCO des eaux traitées sont respectivement satisfaisantes avec un rendement de 93,76% pour la DCO et 90,94 % pour la DBO₅.

L'élimination des ortho-phosphates (PO₄³⁻) est faible, avec un rendement moyen de 57,76%. Les concentrations résiduelles restent élevées dans l'effluent traité ce qui nécessite un traitement complémentaire. Cependant, il constitue un apport intéressant de fertilisation dans le cas d'une réutilisation agricole.

Ces résultats affirment que les eaux usées de la station d'épuration de la wilaya de Tizi Ouzou (pont de bougie) sont de bonne qualité par rapport aux traitements appliqués, ainsi la richesse de l'effluent en éléments nutritifs lui permette d'être facilement utilisée dans le domaine de l'irrigation.

Pour conclure, nous emprunterons ces quelques lignes à Faby (1997) : « **La réutilisation des eaux usées épurées n'est pas assez exploitée comme pratique d'assainissement et de sauvegarde de la qualité sanitaire et écologique des milieux récepteurs ordinaires. Les exigences croissantes relatives à la qualité des milieux récepteurs sensibles devraient être l'occasion de montrer qu'il y a souvent avantage à trouver d'autres destins aux eaux usées que leurs rejet dans le milieu récepteurs** ».

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **AISSA GROUZ JEBRI N.,** HAL archives-ouvertes (2015). Eutrophisation et dynamique du phosphore et de l'azote en Seine : un nouveau contexte suite à l'amélioration du traitement des eaux usées. Thèse doctorat. Université Pierre et Marie Curie. Paris. p 75.
- **AIT AHMED et NOURI,** (2014). L'élimination de la pollution carbonée, azotée et phosphatée de l'eau par procédés biologiques à boues activées avec zone anoxie en tête. Mémoire Licence. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. p 6.
- **AMINOT A., GUILLAUD J.F., ANDRIEUX E.,** (1993). Phosphorus speciation and inputs to the eastern bay of Seine Oceanol. Acta 617.623.
- **AROUYA K,** (2014). livre en pollution des eaux (impacte des eaux usées sur la qualité des eaux de surface, p 27
- **ATAB S.,** (2001). Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAOUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre à sable local. Mémoire de Magister. Université Kasdi Mrbah. Ouargla. p9-10.
- **BADJISSAG M.,** (2007). Identification des éléments nutritifs limitants et des stratégies appropriées de fertilisation sous culture de Mais dans l'Ogou – Est de la région de Plateaux. Mémoire Licence. Université de Lomé. Togo.
- **BELKSIR F., BELOUCIF T.,** (2013). Traitement des eaux usées. Rapport de stage.
- **BERRANEN T., BOUDJEMA L.,** (2012). Caractérisation et quantification des paramètres physico chimiques des eaux usées traitées de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou en vue d'une valorisation agricole. Mémoire en fin d'étude (Ingénieur d'état). Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. p 8.
- **BETTACH A.,** (2013) Traitement des eaux usées domestiques par biodénitrification : effet des nitrates. Mémoire Licence. Université Chouaib Doukkali. Maroc. p 4.
- **BOSTRON B., ANDERSEN J.M., FLERSCHER S., JANSSEN M.,** (1988). Exchange of phosphorus across the sediment – water interface hydrobiologia. p170-229.
- **BOUHANAN A.,** (2014). Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah. Ouargla. p10.
- **BOUMEDIENE M.E.A.,** (2013). Bilan suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activée. Mémoire Licence. Université Abou Bekr Belkaid. p5-19-21.

- **CABANE F.**,(2006). La déphosphatation des effluents : précipitation et valorisation du phosphore. Thèse doctorat. Institut National Polytechnique. Toulouse.p25-31.
- **CONTRAT TERRITORIAL DE LA BAIE DE DOUARNENEZ**, (2011). Diagnostic de l'assainissement des eaux usées domestiques et industrielles.P 6.
- **COMEAU Y.**, (1997). Procédés est conception de filières de déphosphatation biologique. Journées internationales d'étude des eaux : la déphosphatation des eaux usées, liège, Palais des Congres. P 22-23. CEBEDOC éditeur.
- **DEGRIMENT**, (1989). Mémento technique de l'eau : vol 1. 2^{ème} édition. Ed Techniques et Documentation. Lavoisier. Paris. p 190.
- **DESJARDINS R.**, (1997). Traitement des eaux. 2^{ème} édition. Ed école polytechnique. p 27.
- **DURRANT A. E.,SCRIMSHAW M. D., STRATFUL I., LESTER J. N.**, (1999). Review of the feasibility ofRecovering Phosphate from Wastewater for use as a raw material by the Phosphate Industry. Journal of Environmental Technology. 20, p749-758.
- **ECHENFELDER W. W.**, (1982). Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, traduit de l'Américain par **VANDEVENUE L.**, techniques et documentation Lavoisier. Paris.
- **EL ALAOUI R., TAOUSSI I.**, (2013). L'impact du Chrome VI sur le traitement deseaux usées dans la station d'épuration deMarrakech. Mémoire Licence. Université Cadi Ayyad. Marrakech. p 27.
- **FABY J. A., BRISSAUD F.**,(1997). L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office National de l'Eau.
- **FEDDAN Z., HALIMI K.**, (2014). Lavalorisation des boues de la station d'épuration du complexe GP1/Z en engrais. Mémoire Master 2. Université MohamedBoudiaf. Oran. p 1.
- **FNADE, GAELLE D., CHOUBERT J., Cemagref, MAP- DERF**, (2002). Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. p 9-11-13 et 14. Document technique FNADE n° 29.
- **FONDATION DE L'EAU POTABLE SURE (FEPS)** : traitement des eaux. Canada.
- **GANI F.**, (2001). L'analyse et traitement des eaux de barrage de Taksebt (Tizi Ouzou). Mémoire fin d'étude. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. p7.
- **GEOGES P.**, livre cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. p 64-64.

- **GOLTERMA H. L., DE GROOT J., ANNLS L.,** (1994). Nouvelles connaissances des formes des phosphates, conséquences sur le cycle du phosphate dans les sédiments des eaux douces peu profondes. p 221-232.
- **GOMELLA C., GUERRE H.,** (1978). Le traitement des eaux publiques ; industrielles et privées. Edition Eyrolles.
- **HAMDANI,** (2002). Caractérisation et essais de traitement des effluents d'une industrie laitière-aspects microbiologique et physico chimique. Thèse doctorats. Université Chouaib Doukkali, El djadida. Maroc.
- **HAMDI F., OUDAHMANE T.,** (2004). Elimination de la pollution hydrocarbonée ; azotée et phosphatée par de traitements mixtes (biologique et physico chimique). Mémoire de fin d'étude (Ingénieur). Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. p 12.
- **HARTANI T.,** (2004). La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique. Alger.
- **HAYGARTH P. M., JARVIS S. C.,** Soil Derived Phosphorus in surface runoff from grazed grassland lysimeters, Journal of Water Research, 31, pp140-148 (1997) Transfer of Phosphorus from agricultural soils, Journal of advances in Agronomy. p 195-249 (1999).
- **JUNGER J. F.,** (2000). The reuse of urban waste water in agriculture: European Research on Treated Waste water Reuse in Agriculture. Urban Technology Network project 10th. 7p.
- **KAROUNE S.,**(2008). Effets des boues résiduelles sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber*. L). Mémoire Magister. Université Mentouri. Constantine. p 217
- **LADJEL ET BOUCHEFER,** (2011). Exploitation d'une STEP à boue activées niveau. p 11- 18 et 19.
- **LA JEUNESSE I.,** (2001). Etude intégrée dynamique du phosphore dans le système bassin versant – Lagune de Thau (Mer méditerranée Héraults). Thèse doctorat. Université d'Orléance. p 18.
- **LAZAROVA V., BRISSAUD F.,** (2007). Intérêt bénéfique et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, l'eau ; l'industrie ; les nuisances. N° 299.
- **MAKHALFI F.,** (2009). La réutilisation des eaux résiduelles industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire Magister. Université 20 août 1955. Skikda. p 4.
- **MANACEUR R., SAIDJK K.,** (2013). Caractéristiques des paramètres physico chimiques et quantification des nutriments des eaux usées de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou.

- **MECHATI F.**, (2006). Etude des paramètres physico chimiques avant et après traitement des rejets liquides de la raffinerie de Skikda. Mémoire de fin d'étude.
- **METAHRI M. S.**, (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou. thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. p 2-8-9-55-56.
- **MIZI A.**, (2006). Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation des déchets oléicole. Thèse doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.
- **OUKACI N.**, (2015). Traitement et analyse des eaux usées domestiques. Rapport de stage. Alger.
- **PASQUINI L.**, (2013). Micropolluants issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines et leur devenir en station d'épuration. Thèse doctorat. Université de Lorraine. Paris. p 17.
- **PDF. Pf – Mvt. Rnu. tn/295/**. La pollution des ressources en eau.
- **PDF. Pf – Mh. Uvt. Mu. tn/295/1/**. (2005). Traitement des eaux usées urbaine. Les procédés biologiques d'épuration. Université Virtuelle de Tunis.
- **PDF. Engees-proxy.u-strasbg.fr/257/01/Mémoire PDF**. « Mise en place d'indicateurs de suivi et d'optimisation de stations d'épuration ».
- **POURRIOT R., MEYBECK M.**, (1995). Limnologie générale. Masson. Paris.
- **PRONOST J., PRONOST R., DEPLAT R., MALRIEU L., BERLAND J. M.**, (2002). Station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Document technique, Fndae n° 22. p 18.
- **SADOU, CHAOU.** (2008). Traitement biologique par boues activées d'effluents liquides agro-industriels à très fortes charges (cas de la laiterie de Draa-Ben-Khedda). Définition de la pollution des eaux. Mémoire de fin d'étude. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.
- **VASEL, J. L.**, (2007). Evolutions de l'assainissement individuel : perspectives et questions en suspens, Journée Cebedeau. p 15.
- **VEOLIA**, (2012). La valorisation des boues d'épuration. [http://www. Véoliaen.com/solution/assainissement/valorisation – boues](http://www.Véoliaen.com/solution/assainissement/valorisation – boues).
- **WWW.** Adem.fr/partenaire/boue.

- **YANNEK A.**,(2001). L'élimination de la pollution hydrocarbonée, azotée et phosphatée par réacteur bio-simulateur de laboratoire en écoulement continue et discontinue. Mémoire Licence. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. p 27.
- **ZEGHOUD M. S.**, (2013). L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued. P3- 23- 24.
- **ZEKRI N.**,(2013). L'apport de la chimiométrie pour l'analyse et l'interprétation de quelques paramètres physico-chimiques influençant la répartition des métaux lourds, des éléments nutritifs et des anions dans les eaux de l'oued de BOUREGREG. Thèse doctorat. Université MohammedV-Agdal Rabat. Maroc. p 23.

1- Introduction

L'eau étant un réceptacle universel, subit diverses pollutions et dégradations. Les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les chiffres publiés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2004, révèlent que chaque année 1.8 million de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivants pour la plupart dans les pays en voie de développement, meurent de maladies à transmission hydriques. A l'échelle mondiale, 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau de boisson et à un assainissement insuffisant des eaux usées. L'eau est devenue un enjeu stratégique mondial dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique de développement durable. (ATAB, 2001).

2- Caractéristiques des eaux résiduaires

2-1 Pollution des eaux

La pollution de l'eau est une modification défavorable des propriétés physico chimiques et biologiques, qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directes ou indirectes altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico chimique du milieu naturel et l'abondance des espèces vivantes. (SADOU et CHAOU, 2008).

2-2 Eau résiduaire

Les eaux résiduaires, ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. (DESJARDINS, 1997).

C'est des eaux d'origines très diverses qui regroupe :

- les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ;
- les eaux d'origine industrielles sont chargées en différents substance chimiques et métalliques, en plus des matières organiques, azotées ou phosphorées ;
- les eaux d'origine agricole sont généralement riches en nutriment (pesticides, engrais) ;
- s'ajoute les eaux pluviale qui ont perdu leurs impureté au contact des polluants atmosphériques et qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques. (DESJARDINS, 1997).

2-3 systèmes d'assainissements

Les eaux usées sont collectées par un système de canalisations généralement enterrées constituant un réseau dit un système d'assainissement, qui est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration. Le type de collecte et le nombre d'équivalent-habitant à traiter conditionnent le dimensionnement des réseaux de collecte et des stations d'épuration. On distingue : (BOUHANNA, 2014).

- Le Système unitaire: Ce réseau collecte l'ensemble des eaux noires, claires et grises d'une ville ou d'une région. Les avantages de ce système sont la conception simple dont il est constitué d'un seul collecteur avec un seul branchement ainsi que pas de risque d'inversion de ce dernier. Les inconvénients sont lors d'un orage, les eaux usées sont diluées par les eaux pluviales avec l'apport de sable important à la station d'épuration. (BOUHANNA, 2014).
- Le système séparatif : L'assainissement des eaux se fait cette fois-ci au moyen de deux collecteurs, l'un étant réservé aux eaux usées et l'autre aux eaux pluviales. Il consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents. (CONTRAT TERRITORIAL DE BAIE DE DOUARNENEZ, 2011).
- Le système mixte : C'est un système composé à la fois d'un système unitaire et d'un système séparatif selon les caractéristiques des zones concernées par le réseau d'assainissement.

3- Types de pollution

La pollution des ressources en eau peut avoir de multiples origines. Il y a, bien sûr, toutes les formes de pollution consécutives aux activités humaines, qu'il s'agit des pollutions chimiques, urbaines, industrielles ou agricoles.

3-1 Pollution chimique

L'eau, par son pouvoir dissolvant élevé, dissout les substances rejetées par l'activité humaine. Les polluants chimiques sont nombreux et d'origine diverses : sels minéraux dissous ; pesticides ; métaux lourds et détergents constituent les micropolluants, (AIT AHMED et NOURI, 2004).

3-2 Pollution organique

Elle constitue souvent la fraction la plus importante. L'eau se charge en matières biodégradable ou non fourni par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoir...), et par les effluents domestiques qui constitue un milieu nutritif favorable au développement des microorganismes notamment pathogènes, (GANI, 2001).

Elles provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant des conditions de stress respiratoires conduisant à la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de

matières organiques au fonds des rivières) de fermentation anaérobie (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives, (MAKHALIF, 2009).

3-3 Pollution microbienne

Les eaux usées sont riches en matière organique et peuvent contenir tout type de microorganismes. Cette flore peut être accompagnée d'organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites). (ZEGHOUD, 2013). Ils sont préjudiciables pour la santé humaine et l'environnement et limitent donc les usages nobles de l'eau.

Quelques germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées ainsi que les maladies qu'ils provoquent sont cités dans le tableau suivant (Tab 1) :

Tableau 1 : Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées (BOUMEDIENNE, 2013)

Germes	Organismes	Maladie
Les bactéries pathogènes	Salmonella Shigelles	Typhoïde Dysenterie
Entérobactéries vibrions	Colibacilles Leptospires Mycobactéries Vibrio cholerae	Tuberculose Cholera
Les Virus	Entérovirus Reovirus Adénovirus Rota virus	Poliomyélite Méningite Affection respiratoire, diarrhée
Les parasites et Les champignons	Taenia, ascaris	Lésions Viscérales Eczéma, Maladie de la peau

3-4 Pollution thermique

Cette pollution est représentée par des rejets d'eaux chaudes, provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaires et électriques. Ils provoquent un réchauffement considérable des eaux de surface avoisinantes. Cet état, modifie certaines propriétés physiques de l'eau et notamment une diminution de la solubilité des gaz et de sa densité, (AROUYA, 2014).

En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralenti la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrêter. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique, (MIZI, 2006).

3-5 Pollution radioactive

La source majeure de cette pollution réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus du refroidissement des centrales nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique.

Les radioisotopes peuvent exercer leurs effets nocifs directement par une émission d'un rayonnement ionisant mais aussi par leur faculté d'être bioaccumulés dans les organismes marins. (AROUYA P 27, 2014).

3-6 Pollution agricole

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Lorsque l'on considère les pollutions d'origine agricole, il faut englober à la fois celles qui ont trait aux cultures et à l'élevage. Les activités agricoles sont, en particulier, largement impliquées dans les apports des nutriments et, surtout, des dérivés, nitrates, nitrites et les phosphates que l'on trouve en forte concentration dans les engrais, mais aussi dans les lisiers et purins d'élevage. Les pesticides utilisés pour le traitement des cultures sont également une source connue de dégradation des ressources en eau.

Sous l'appellation (produits phytosanitaires) se cache en fait une multitude de substances, dont la rémanence dans l'eau peut varier d'une molécule à l'autre. De manière générale, on retiendra toutefois que les organochlorés sont plus rémanents que les organophosphorés. ([PDF pf-mh.uvt.rnu.tn/295/ La pollution des ressources en eaux](http://mh.uvt.rnu.tn/295/La%20pollution%20des%20ressources%20en%20eaux)).

3-7 Pollution par les hydrocarbures

La pollution par hydrocarbures est liée aux rejets d'activités diverses (stations de service, huiles industrielles, carburants....). Ces derniers créent des taches d'aspect désagréables, formant un

film qui empêche la ré-oxygénation naturelle de l'eau et inhibent le pouvoir auto-épurant du milieu. Un litre d'essence suffit pour dégrader entre 1000 à 5000 m³ d'eau. (GANI, 2001).

4- Facteurs influençant la pollution

Divers facteurs de natures socioéconomiques ont aggravé les problèmes de la pollution. En premier lieu l'urbanisation accélère des pays industrialisés, a eu comme corollaire une concentration continue des industries et de l'habitat, multipliant les sources de contaminations de l'environnement et des causes de nuisances.

Vient s'ajouter la technologie moderne, en permettant une croissance considérable de la production agricole et industrielle, qui suscitent des masses énormes de déchets tout en élaborant des substances minérales ou organiques non biodégradables, parfois très toxiques ou encore indésirables (matières plastiques, certains pesticides, les dioxines qui sont des résidus de fabrications, métaux inoxydables, les radionucléides. (METAHRI, 2012).

5- Paramètres de qualité de l'eau

Les eaux usées sont principalement composées d'eau (90%) et d'autres matériaux qui ne représentent qu'une petite partie des eaux usées, mais peuvent être présents en quantités suffisantes pour mettre en danger la santé publique et l'environnement, donc avant de rejeter les eaux usées dans le milieu naturel, il faut définir des paramètres pour avoir des renseignements sur la composition et les caractéristiques qualitatives et quantitatives des eaux usées et de leurs impacts sur le milieu récepteur. (BETTACH, 2013).

5-1 Paramètres physico-chimiques

a- Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. (ZEGHOUD, 2013).

b- Matières en suspension (MES)

On appelle matières en suspension les très fines particules qui sont non dissoutes dans l'eau (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes,...) qui

donnent un aspect trouble à l'eau et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique. (BETTACH, 2013). Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbaine ou même industriel.

Les MES s'exprime par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

- Les matières minérales (MMS) : Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles (chlorure, phosphates,... etc.)
- Les matières volatiles en suspensions (MVS): Elle représente la fraction organique de MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2h. La différence de poids entre MES à 105°C et MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg /l) d'une eau, (METAHRI, 2012).

c- Potentiel d'hydrogène (pH)

$$\text{PH} = \log_{10} [\text{H}^+]$$

C'est la mesure de la concentration en ions Hydronium (H_3O^+) provenant de la dissociation des molécules d'eau en protons H^+ .

Il est utilisé pour exprimer le degré d'ionisation de l'eau. Sa valeur caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique. La valeur du pH altère la croissance des microorganismes existant dans l'eau (leur gamme de croissance est comprise entre 5 et 9).

L'influence de pH se fait également ressentir par le rôle qu'il pratique sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution et donc leur toxicité. (MECHATI, 2006).

d- Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale.

La turbidité est appréciée, soit par rapport à des solutions témoins opalescentes, soit par la mesure de la limite de visibilité d'un objet défini. (DEGRIMONT, 1989).

e- Conductivité électrique (CE)

La Conductivité c'est la quantité d'électricité transportée d'une électrode à l'autre à travers un secteur de 1 cm^2 , d'un conducteur ayant une différence de potentiel de 1V/cm . Elle permet d'estimer le degré de minéralisation d'une eau et elle est liée à la force ionique. Elle est proportionnelle à la teneur en sels dissous (TDS). Elle s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu \text{ SM/cm}$).

Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de $2500 \mu \text{ SM/cm}$, la prolifération des microorganismes peut être réduite d'où la baisse de rendement épuratoire.

$$1 \text{ S/m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ ms/m. (BOUMMEDIENNE, 2012)}$$

5-2 Les paramètres organiques

a- La matière organique

Les matières organiques proviennent des êtres vivants (matières végétales ou animales, excréments, urines...) ou des produits fabriqués à partir de ces êtres vivants (papier, tissus). On retiendra que les matières organiques sont principalement composées par (de l'hydrogène, de l'oxygène, du carbone, de l'azote, du phosphore, du soufre).

La plupart des matières organiques ne deviennent polluantes que lorsqu'elles sont en excès dans le milieu notamment dans le milieu aquatique. On distingue, d'une part, les matières organiques biodégradables qui se décomposent dans le milieu naturel. C'est le cas des polluants d'origine humaine les plus classiques qui peuvent générer divers problèmes (odeurs, consommation d'oxygène) et surtout être associées à des micropolluants bactériens, d'autre part les matières organiques non biodégradables (hydrocarbures...). (BOUMMEDIENNE, 2013).

b- Demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La demande biologique en oxygène est, par définition la quantité d'oxygène dissous nécessaire par les systèmes biologiques aérobie naturels dans les eaux usées pour décomposer par oxydation les

matières organiques décomposables dans des conditions définies. (ECKENFELDER, 1982). Cette oxydation s'effectue en deux stades :

- Oxydation des composés de carbone, phénomène à 20°C, qui se trouve pratiquement terminer en 20 jours ;
- Oxydation des combinaisons comprenant de l'azote, réaction qui ne s'amorce qu'au bout d'une dizaine de jour.

La mesure de la DBO est effectuée généralement après 05 jours (DBO₅) qui est exprimée en mg d'oxygène consommée par litre. Elle se détermine de façon courante par la méthode dite de dilution qui consiste à diluer l'eau à analyser dans un certain rapport avec une eau propre et saturée en oxygène dissous. Elle se résume à la réaction chimique suivante : (BOUMEDIENNE, 2013).



c- Demande chimique en oxygène (DCO)

Est définie comme la quantité d'un spécifié oxydant qui réagit avec l'échantillon dans des conditions contrôlées. La quantité d'oxydant consommée est exprimée en termes de son oxygène équivalence. En raison de ses propriétés chimiques uniques, l'ion dichromate (Cr₂O₇) est réduite en ion de chrome (Cr⁺³). À la fois les composants organiques et inorganiques de l'échantillon sont soumis à l'oxydation, mais dans la plupart des cas, le composant organique prédomine. Elle est exprimée en mg O₂ /l. Vu la simplicité de mesure de DCO et sa précision, il s'est avéré nécessaire de développer des corrélations entre la DBO₅ et la DCO ainsi le rapport DCO/ DBO₅ des effluents domestiques est de 1,9 à 2,5. (HAMDANI, 2002).

Et le tableau 2 représente les valeurs de la DCO selon le type des eaux usées.

Tableau 2 : Les valeurs de la DCO par rapport au type d'eau usée (METAHRI, 2012)

Valeur de la DCO	Type d'eau usée
1.5 à 2 fois DBO	Pour les eaux usées urbaines
1 à 10 fois DBO	Pour tout l'ensemble des eaux résiduelles
≥ 2.5 fois DBO	Pour les eaux usées industrielles

d- L'oxygène dissous

C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (max 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Paramètre important de l'écologie des milieux aquatiques, il est essentiel pour la respiration des organismes hétérotrophes. Il est exprimé en mg/l et se mesure par la méthode de Winkler basée sur la fixation chimique de l'oxygène et son dosage colorimétrique. (HAMDI et OUDAHMANE, 2004).

A titre d'exemple, la quantité minimum d'O₂ dissoute nécessaire est de 4,9 mg par mg de NH₄⁺ éliminé. (HAMDI et OUDAHMANE, 2004).

e- La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit la disposition d'un effluent à être dégradé ou oxydé par les micro-organismes qui agissent dans le processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimé par un coefficient K, tel que, $K = DCO / DBO_5$. (BERRANEN et BOUDJEMA, 2012).

- ❖ Si $K < 1.5$ ➡ les matières oxydables sont fortement biodégradables ;
- ❖ Si $1.5 < K < 2.5$ ➡ les matières oxydables sont moyennement biodégradables ;
- ❖ Si $2.5 < K < 3$ ➡ les matières oxydables sont peu biodégradables ;
- ❖ Si $K > 3$ ➡ les matières oxydables sont non biodégradables.

La valeur du coefficient de biodégradabilité K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique le traitement biologique, sinon on applique le traitement physico-chimique.

f- Les nutriments

Les nutriments sont des substrats nutritifs qui se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages. Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore sont ce qu'on appelle en agronomie deux facteurs limitant : la capacité de développement des plantes (terrestres et aquatiques) dépend de la quantité d'azote et de

phosphore qu'elles vont absorber. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. (ATTAB, 2001).

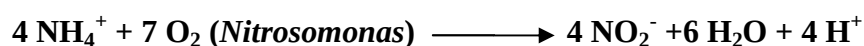
D'une façon générale, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare : (FABY et BRISSAUD, 1997).

- De 16 à 62 kg d'azote,
- De 2 à 69 kg de potassium,
- De 4 à 24 kg de phosphore,
- De 18 à 208 kg de calcium,
- De 9 à 100 kg de magnésium,
- De 27 à 182 kg de sodium

L'azote (symbole chimique N) a la faculté de changer très facilement de forme chimique, en s'associant à des molécules d'oxygène ou d'hydrogène. L'azote et l'hydrogène forment l'ammoniac (NH_4^+) : un atome d'azote, 4 atomes. L'azote, en consommant de l'oxygène, forme des nitrites (NO_2^-) ou des nitrates (NO_3^-).

Les bactéries nitrifiantes sont classées en deux catégories :

- Les *Nitrosomonas* qui oxydent l'ammoniac en nitrites dans des conditions d'aérobie,



- Les *Nitrobacter* qui oxydent les nitrites en nitrates.



Le phosphore, (symbole chimique P) comme l'azote, entraîne une prolifération d'algues, grandes consommatrices d'oxygène, ce qui peut conduire à asphyxier les milieux aquatiques.

L'excès en ses éléments dans les eaux résiduaires d'origine domestique, industrielle, ou pluviale, conduit très souvent à des teneurs importantes en composés azotés et de phosphorés dans les milieux naturels récepteurs.

6- Epuration des eaux résiduaire

6-1 Paramètres de fonctionnement d'une station d'épuration

a- La charge massique (CM)

C'est la masse de nourriture entrant quotidiennement dans le bassin d'aération par rapport à la masse de boues présente dans ce réacteur. (www.adem.fr/partenaire/boue).

$$\text{Cm} = \frac{\text{Masse de nourriture entrant quotidiennement dans le bassin d'aération}(\text{Pdf})}{\text{Quantité de la biomasse contenant dans le réacteur}}$$

Elle est exprimée en (kg DBO₅.kg-1MS.j-1).

b- La charge volumique (CV)

C'est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée au volume du bassin d'activation.

$$Cv = \frac{QS_0}{V}$$

Q : débit de l'effluent à l'entrée de l'aérateur.

S₀: Substrat à l'entrée de l'aérateur.

V : Volume utile du bassin d'aération

Elle est exprimée en (kgDBS.m⁻³.j⁻¹). ([PDF pf.mh.uvt.mu.tn/295/1/](http://pf.mh.uvt.mu.tn/295/1/)).

Il est courant de classer les différents procédés par boues activées suivant la valeur de la charge massique ou volumique à laquelle ils fonctionnent. Les valeurs sont montrées sur le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Classification des procédés à boues activées. (DEGRIMENT, 1989)

Type	Charge massique	Charge volumique
Très forte charge	>1.5	1.0
Forte charge	0.5 à 1.5	2.4
Moyenne charge	0.25 à 0.50	4
Faible charge	0.1 à 0.25	8
Très faible charge	< 0.1	20

C- Age des boues

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues produites par la station.

L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

d- Système d'aération

Pour avoir une bonne oxydation des matières par la biomasse épuratrice, il faut avoir une bonne oxygénation, pour faciliter ainsi leur travail. La concentration en oxygène dans le bassin d'aération doit être supérieure à 2 mg/l. Parmi les systèmes d'aération on a :

✚ L'aération mécanique de surface : Les aérateurs de surface se divisent en trois grands groupes :

- Les aérateurs à axe vertical, à vitesse lente de 4 à 6 m/s.
- Les aérateurs à axe vertical à grande vitesse de 1000 à 1800 tr/min ;
- Les aérateurs à axe horizontal, ils sont montés soit longitudinalement, soit transversalement.

✚ L'aération par air sur-pressée : L'aération par air sur-pressée consiste à injecter l'air sous pression dans la masse liquide à l'aide de dispositifs appropriés ceux-ci se divisent en trois grands groupes en fonction de la dimension des bulles :

- Fines bulles émises par diffusion d'air à travers des corps poreux ;
- Grosses bulles: l'air est injecté soit par des diffusions à larges orifices ;
- Moyennes bulles : divers dispositifs permettent de réduire la dimension des bulles. (BOUMEDIENE, 2013).

2-6 Estimation de la pollution des eaux résiduaires

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eaux est estimée de 70 à 90 g de matière en suspensions (MES), 60 à 70 g de matière oxydables (MO), 15 à 17g de matières azotées (N), 4 g de phosphore (P) et 10 milliards de germes pour 100 ml.

Pour quantifier une pollution en vue de dimensionner un système d'épuration, on utilise l'unité universelle qui est l'équivalent habitant.

a- Définition de l'équivalent habitant (Eh)

L'équivalent habitant se définit comme étant la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu, en fonction des dotations journalières en eau, exprimé en g d'O₂ nécessaire à sa dégradation (DBO).

On exprime en Eh non seulement le pouvoir polluant des eaux usées domestiques mais aussi les rejets industriels et agricoles. (YENNEK, 2002).

b- Valeur de l'équivalent habitant (Eh)

Unité de représentation qui assimile la pollution ou produits, mesurée par des paramètres chimiques, à la pollution résultant de l'activité moyenne en suspension.

Les eaux rejetées par l'industrie sont en générale plus polluantes que celles rejetées par l'activité moyenne d'un habitant. Par exemple, la fabrication d'une tonne de levure équivaut quant à elle à l'activité moyenne de 6300 habitants.

Pour l'Algérie, la valeur de l'équivalent habitant n'est pas encore déterminée, de ce fait pour concevoir une station d'épuration des eaux usées, on se base sur la norme européenne. (YANNEK, 2001).

c- Normes de rejet

La lutte contre la pollution des eaux fait l'objet d'une législation et réglementation assez complexe à travers le monde. Dans cet ensemble de rejets, celles dues aux effluents industriels occupent une bonne place.

En effet la plupart des pays ont établi des normes de rejet. Ces dernières définissent en générale des valeurs maximales admissibles qui, selon certains cas particulier, peuvent devenir plus astreignantes. (YENNEK, 2002). Ces normes de rejet sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Les normes internationales de rejet selon l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2003)

Caractéristiques	Normes utilisée (OMS)
Température (T)	< 30 C°
Ph	6.5 - 8.5
DBO ₅	< 30 mg /l
DCO	< 90 mg /l
Oxygène dissous (O ₂)	5 mg O ₂ /l
MES	< 120 mg/l
Azote totale	50 mg/l
Phosphates	2 mg/l
Hydrocarbures	10 mg/l

Huiles et graisses	20 mg/l
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

3-6 procédés de traitement des eaux résiduaires

La composition d'une eau usée est très diversifiée suivant son origine, chaque installation est par conséquent conçue pour répondre à un besoin spécifique. Les technologies utilisées se développent et se perfectionnent constamment par la recherche de technologies ou de procédés nouveaux et par la mise en place de nombreux automatismes pouvant diminuer efficacement la dégradation environnementale de ressources précieuses en eau et détruire les agents pathogènes humains potentiels.

3-6-1 Prétraitements

Le prétraitement est une étape qui consiste en un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques, destinés à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. (EIALAOUI et TAOUSSI, 2013).

Il est généralement basé sur deux types de séparations :

- Séparation solide-liquide concerne les éléments volumineux par les obstacles physiques.
- Séparation liquide-liquide pour l'élimination des huiles et des graisses par flottation suivis d'un raclage.

a- Dégrillage : permet de filtrer les objets les plus grossiers , son principe consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées des barreaux plus au moins espacés placés verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale. Cette opération permet aussi de protéger la station contre les bouchages provoquer par les gros objets dans les différentes unités de l'installation.

Il existe trois formes de dégrillage :

- Le pré-dégrillage grossier dont les barreaux des grilles sont espacés de 30 à 100mm ;
- Le dégrillage moyen de 10 à 30 mm ;
- Le dégrillage fin de 10 mm

b- Déshuilage dégraissage : Des séparateurs d'huiles spéciaux ont été réalisés pour séparer l'huile minérale et les produits pétroliers provenant des eaux résiduaires des raffineries. La séparation des huiles se fait dans cette étape par flottation c'est pourquoi, il faut nettoyer aussi

bien la surface que le fond du bassin. Pour le nettoyage on utilise des ponts racleurs et des racleurs à chaîne et à lames.

c- Dessablage : Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération, ...) où ils engendrent des désordres divers. Par ailleurs, ils limitent la durée de vie des pièces métalliques des corps de pompe ou d'autres appareillages. (PRONOST ET *al*, 2002).

3-6-2 Traitement primaire

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus au moins aboutie, éventuellement assorti de procédés physico-chimiques, tel que la coagulation – floculation.

a- Décantation physique naturelle

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. (BOUHANNA, 2014).

Les matières solides se déposent au fond d'un décanteur pour former les "boues primaires". Ce traitement élimine 50 à 60 % des matières en suspension et réduit d'environ 25% à 50% de la DBO₅. (BETTACH, 2013).

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules.

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable.

b- Coagulation –floculation

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont principalement dues à la présence de particules de très faible diamètre : colloïde

Ces particules qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres, pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. (DEGRIMENT, 1989).

- **La Coagulation** : Consiste à déstabiliser ces particules par la jonction d'un réactif chimique de préférence trivalent à d'un mélange rapide. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre.
- **La floculation** : A pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent l'agglomération de ces particules en micro floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et filtration.
- c- **La filtration** : Est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solide et laisse passer le liquide (filtrat). On distingue principalement la filtration en profondeur (filtration sur lit granulaire) et filtration avec formation de gâteau (filtration sur support). (DEGRIMENT, 1989).

3-6-3 Traitement secondaire ou biologique

L'épuration biologique des eaux usées reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par les quelles un milieu aquatique parvient à trouver sa qualité d'origine après une pollution.

Le traitement s'effectue dans des réacteurs où l'on met en contact des microorganismes épurateurs et l'eau à épurer. Quel que soit le réacteur, il est alimentés d'une manière continue, les microorganismes sont nourris par les matières organiques et transforment les polluants par les processus suivants :

- Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien ;
- Par conversion des matières cellulaires : croissance des micro animaux associés ;
- Par oxydation en CO_2 et H_2O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la production de nouveaux matériaux cellulaires.

Dans notre cas on s'intéresse aux procédés d'épuration à boues activées, qui est un procédé relativement récent, il est mis en point par ARDERN et LOCKETT en 1914 à Manchester au Royaume-Uni.

Le principe de ce traitement consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floes dans un bassin brassé et aéré, alimenté par l'eau usée. Ce développement est assuré par un brassage de la masse formée dans le but d'homogénéiser le mélange, et surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisation. L'oxygène est fourni artificiellement soit par insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface.

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération, pour y maintenir une concentration suffisante en biomasse épuratrices. L'excédent est extrait du système et évacué vers les ouvrages de traitement des boues cela est représenté dans la (figure 3), (LADJEL et BOUCHEFER, 2011).

Le traitement secondaire élimine entre 85 et 95% des polluants biodégradables, soit un abattement de 85 à 90% de la DBO5 et 90 à 99% des bactéries coliformes selon la réaction suivantes : **Eau usée + biomasse + O₂ → Eau épurée + accroissement de la biomasse + CO₂** (FONDATION DE L'EAU POTABLE SURE (FEPS)).

Les métabolismes utilisés pour la dégradation de ces polluants, sont soit anaérobies, c'est à dire se déroulant en absence d'oxygène, soit aérobies, c'est à dire nécessitant un apport d'oxygène.

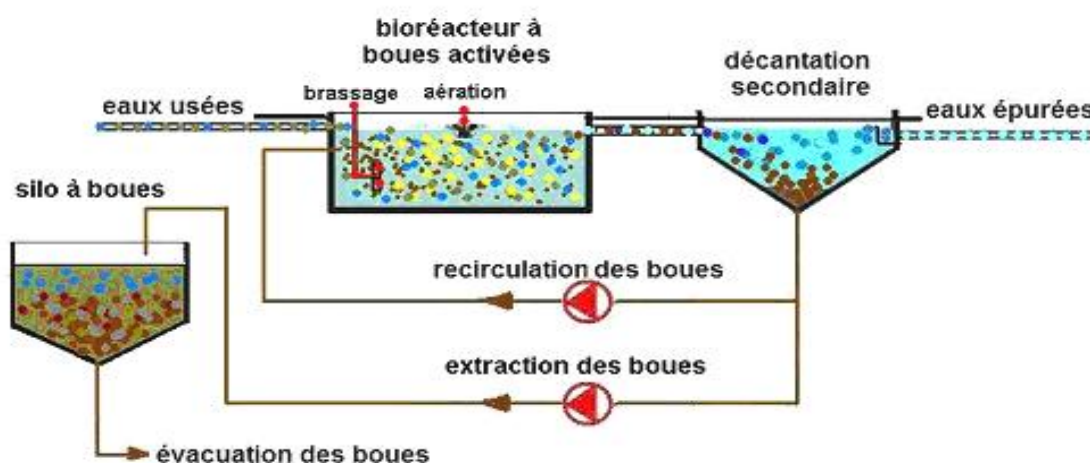


Figure 3 : Schéma général d'une station d'épuration à boues activées (BOUMEDIENNE, 2013)

4-6 Le traitement des boues et leur devenir

Le traitement des eaux constitue actuellement la part essentielle des investissements industriels pour la protection de l'environnement. Le traitement dans les stations d'épuration s'accompagne d'une production importante de boues résiduelles. Ces boues renferment des matières organiques et des éléments minéraux qui sont susceptibles de constituer un apport intéressant pour les sols de culture (FEDDANE et HALIMI, 2014).

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

l'origine des eaux usées, de type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (KAROUNE, 2008).

Les boues subissent des traitements dont les principaux sont : la clarification, la stabilisation biologique, chimique ou thermique afin de réduire le pouvoir fermentescible et la réduction de leur volume.

Les traitements des boues sont les suivants :

1- La réduction du pouvoir fermentescible revient à stopper l'activité bactérienne et donc la dégradation de la matière organique. Elle peut être obtenue par :

o La Stabilisation chimique par ajout de chaux avant ou après l'étape de déshydratation.

2- La réduction du volume de boue peut être obtenue par :

o L'épaississement par décantation gravitaire, ou par épaississement dynamique (flottation, égouttage/filtration, ou centrifugation). Après cette étape, la boue reste néanmoins toujours fluide et possède une siccité d'environ 10 %.

o Coagulation grâce à l'ajout de sels de fer ou d'aluminium, de chaux, ou de polymères cationiques de haute masse moléculaire.

o La déshydratation mécanique par centrifugation ou filtration qui permet d'extraire l'eau dite « libre » et une partie de l'eau liée aux matières solides. La siccité peut atteindre jusqu'à 40 %.

o La déshydratation thermique dans des réacteurs chauffants (150 à 200 °C pendant 30 à 60 minutes) ou par évaporation (lits de séchage), qui permet d'éliminer la quasi-totalité de l'eau liée aux matières solides et d'atteindre ainsi de forte siccité (jusqu'à 90 %) (PASQUINI, 2013).

Les boues ensuite produites sont dirigées vers différentes filières de valorisation:

- L'épandage agricole, où toutefois des conditions sont dictées par le code de l'environnement afin d'éviter tous les risques sanitaires qui y sont associés.

- La mise en décharge (ou centre de stockage), qui permet la production de biogaz convertible en électricité. Ce mode de recyclage est fortement réglementé.

- L'incinération, où l'inconvénient majeur est qu'une boue déshydratée contient encore 70% d'eau. Ce procédé est donc relativement coûteux du point de vue énergétique. (VEOLIA, 2012).

7- Réutilisation des eaux usées traitées

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29% par an, en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie, le volume journalière actuel des

eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 million de m³ par jour dans plusieurs pays. (LAZAROVA et BRISSAUD, 2007).

En Algérie, 60% des eaux usées traitées sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages soit en mer, ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions de m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raisons de la localisation des points de rejets. (HARTANI, 2004).

La réutilisation des eaux usées dans son propre sens est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler le déficit hydrique. Son objectif principal est non seulement de fournir des quantités supplémentaires en eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle d l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnement.

La réutilisation peut être réalisée de manières directe ou indirecte :

- ❖ La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration
- ❖ La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées.