REPUBLIQUE ALGERENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

De fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En sciences agronomiques

Spécialité : Eau et Environnement

Thème

Essai de la déphosphatation des eaux épurées de la station d'épuration de Tizi-Ouzou Ouest

Présenté par :

M^{elle} GOUCEF Tassadit

M^{elle} FAKHEUR Lynda

Soutenu devant les jurys composés de :

M^{me} OMARI O.	MCA à UMMTO	Présidente
M METAHRI M.S.	MCA à UMMTO	Promoteur
M^{me} AISSAOUI D.	Doctorante à UMMTO	Co-promotrice
M^{me} ISSAOUN D.	Doctorante à UMMTO	Examinatrice

Promotion : 2022/2023

Remerciement

Nous remercions notre promoteur Dr METAHRI M.S. et notre Co-promotrice Mme AISSAOUI D. d'avoir acceptés de diriger ce travail, pour ses conseils, son aide sur la rédaction de ce mémoire ainsi que la confiance qu'il nous a témoigné tout au de cette étude.

Nos remerciements aux membres du jury composé de à Mme OMARI d'avoir acceptée de présider le jury de notre modeste projet de fin de cycle ;

On tient à remercier Mme ISSAOUN d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos vifs remerciements sont adressés aux professeurs de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques à l'UMMTO qui ont assurés notre formation durant le cursus universitaire.

Enfin nous tenons à remercier tous ceux et celles qui nous ont aidé de près ou de loi à réaliser notre travail.

LYNDA ET TASSADIT

Dédicace

Je dédie ce modeste travail réalisé grâce à dieu.

A mes chères parents SAID et NADIA, ils qui m'ont doté d'une éducation digne, leurs amours a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, ils ont été toujours à mes côtés pour m'encourager.

A mon adorable petite sœur KENZA, A mes chères frères KOCEILA et MASSINISSA, que dieu les protèges et leur offre la chance et le bonheur.

A mes grands-parents AREZKI et OUARDIA et ma grand Méré OUARDIA, que dieu leur donne une longue vie.

A mon cher petit cousin AYANE.

A ma binôme TASSADIT.

A mes amis.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Lynda

Dédicace

Dieu merci ;

Je tiens à dédie ce modeste travail à ceux qui me donnés la vie, mes très chers parents.

A la mémoire de ma très chère Mère qu'elle repose en paix.

A mon très cher Père.

A ma très chère sœur et son mari.

A mes frères.

A mes neveux YIDIR, LOUNES, et ma nièce LAHNA.

A ma binôme LYNDA.

A toutes mes amies et mes camarades de la promotion « Eau et Environnement ».

A toutes personnes ayant contribuées de près ou de loin à la réalisation de mon projet de fin de cycle.

Tassadit

LISTE DES ABREVIATIONS

[ ] : symbole de la concentration

ADN : acide désoxyribonucléique

ADP : adénosine diphosphate

ARN : acide ribonucléique

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

CE : conductivité électrique

DBO : demande biologique en oxygène

DCO : demande chimique en oxygène

EH : équivalent habitant

K : coefficient de biodégradabilité

MES : matière en suspension

N : azote

P : phosphore

pH : potentiel hydrogène

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

Pt : phosphore total

STEP : station d'épuration

ONA : office national d'assainissement

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Performance de station mettant en œuvre une précipitation primaire à l'aide des réactifs	**20**
02	Comparaison entre les avantages et les inconvénients des deux méthodes d'élimination du phosphore par voie biologique et voie chimique	**20**
03	Concentration ou rendements à respecter en zone sensible	**21**
04	Données générales de la STEP Ouest	**24**

Liste des figures

N °	Titre	Page
01	Cycle de phosphore	**9**
02	Quelque utilisation des composés phosphorés	**12**
03	Processus anaérobie et aérobie de la bactérie déphosphatante	**16**
04	Schéma de la station d'épuration de Boukhalfa de la Wilaya de Tizi-Ouzou	**25**
05	Thermomètre	**26**
06	pH-mètre	**27**
07	Turbidimètre	**27**
08	Conductimètre	**28**
09	Préparation des échantillons pour le dosage de PO_4^{3-}	**28**
10	Spectrophotomètre	**28**
11	Jar-test	**29**
12	Séparation solide-liquide par filtration	**30**
13	variation de la teneur en PO_4^{3-} en fonction des mois.	**31**
14	Variation du rendement en fonction de la quantité du coagulant	**32**
15	Variation du rendement en fonction de la vitesse d'agitation rapide	**33**
16	Variation du rendement en fonction de la vitesse d'agitation lente	**34**
17	Variation du rendement en fonction du temps d'agitation rapide	**35**
18	Formation des flocs lors du temps agitation rapide	**35**
19	Variation du rendement en fonction du temps d'agitation lente	**36**

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

Partie bibliographique

I. Généralité sur les eaux usées 3

1. Définition des eaux usées 3

2. Origine des eaux usées 3

2.1. Rejets domestiques 3

2.2. Rejets industriels 4

2.3. Eaux agricoles 4

2.4. Eaux de ruissellement 4

3. Caractéristiques des eaux usées 4

3.1. Paramètres physico-chimique 4

3.1.1. Température 4

3.1.2. pH 5

3.1.3. matires en suspensions(MES). 5

3.1.4. Conductivité électrique (CE) 5

3.1.5. Turbidité 5

3.1.6. Demande biochimique en oxygène(DBO) 6

3.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO) 6

3.1.8. Biodégradabilité 6

3.1.9. Matières azotées 6

3.1.10. Matières phosphatées 7

3.2. Paramètres microbiologiques 7

II.Généralités sur le phosphore 8

1.Cycle du phosphore 8

2.Différentes formes du phosphore 9

2.1.Formes allotropiques 9
2.2. Formes chimiques 10
3.Origine du phosphore 11
4.Utilisation du phosphore 11
5.Phosphore et l'eutrophisation 12
5.1. Définition 12
5.2. Lutte contre l'eutrophisation 13
6. Procédés d'élimination de phosphore 13
6.1. Traitement biologique du phosphore 14
6.1.1. Assimilation du phosphore 14
6.1.2. Mécanisme du processus de suraccumulation 14
6.2. Traitement physico-chimique 16
7. Exigences aux stations d'épuration en matière de rejets 20
8. Aspects règlementaire 21
9. Avantages et inconvénients du phosphore 21

Partie expérimental

Matériels et méthodes

1. Objectif 24
2. Présentation de la zone d'étude 24
3. Echantillonnage 25
4. Paramètres mesurés 26
4.1. Température 26
4.2. Potentiel Hydrogène 26
4.3. Turbidité 27
4.4. Conductivité 28
4.5. Phosphore 28
4.6. Coagulation-floculation 29

4.6.1. Optimisation de la quantité de la chaux 29
4.6.2. Optimisation de la vitesse d'agitation rapide 29
4.6.3. Optimisation de la vitesse d'agitation lente 30
4.6.4. Optimisation du temps d'agitation rapide 30
4.6.5. Optimisation le temps d'agitation lente 30
5. Filtration 30

Résultats et discussions

1. Suivi du phosphore dans les eaux épurées 31
2. Tests d'élimination 32
2.1. Quantité du coagulant 32
2.2. Vitesse d'agitation 33
2.2.1. Effet de la vitesse d'agitation rapide 33
2.2.2. Effet de la vitesse d'agitation lente 33
2.3. Temps d'agitation 34
2.3.1. Effet du temps d'agitation rapide 34
2.3.2. Effet du temps d'agitation lente 36
Conclusion générale 37

Annexes

Introduction générale

L'eau, l'air et la terre sont les ressources qui déterminent la vie de tout être vivant et qui contribuent au développement des activités humaines, l'harmonie entre ces éléments garantie la continuité de la vie des Hommes, des animaux et des plantes. N'importe quel déséquilibre entre ces trois éléments peut causer un déséquilibre et un désastre par la suite si les préventions ne sont pas bien tenues (Boukamoum, 2016).

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers génèrent une modification des paramètres chimique de l'eau et la rendent non propre aux usages souhaités. De nombreux travaux se sont aussi rapportées sur l'étude des différents effets des rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et la pollution des écosystèmes aquatique continentaux (Reggam *et al*, 2015).

Depuis les années 1970, le statue de l'eau à profondément évolue dans le monde, considérée comme un instrument d'aménagement du territoire, elle est devenue un bien économique qu'il faut valoriser est 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 réceptacle universel de type de pollution (Dahmani et Ait Si amer, 2017).

La pollution de l'eau est une dégradation physique ,chimique ,biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles ,provoquée par l'homme est 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 entrainer des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur (Zeghoud,2013).

Cette pollution massive introduite par la société humaine dans les eaux de surface perturbe l'équilibre naturel des écosystèmes aquatiques. La manifestation la plus visible de cette pollution est l'eutrophisation, qui se traduit par un développement excessif d'algues et un appauvrissement de l'eau en oxygène avec un risque de toxicologie important pour les espèces aquatiques et l'être humain (Habi et Hamdoune, 2018).

Le développement excessif d'algues augmente la turbidité des eaux de surface, modifie leur couleur et peut être source d'odeurs nauséabondes. Il s'opère également un

appauvrissement du nombre d'espèces de poissons. L'eutrophisation nuit alors à la qualité des eaux, limitant ainsi leurs usages : production d'eau potable, loisirs (pêche, baignade), activités industrielles. Depuis une vingtaine d'années, la lutte contre l'eutrophisation s'est concrétisée par une réduction des rejets ponctuels de phosphore principalement d'origine domestique et industrielle (Habi et Hamdoune, 2018).

Parmi les substances nutritives responsables du déclenchement de cette eutrophisation des eaux c'est le phosphore qui constitue le facteur le plus important, il semble donc qu'il y ait intérêt à orienter et à accélérer les efforts vers la réduction de cet élément au cours d'un traitement biologique ou physico-chimique des eaux usées (Narasiah *et al*, 1988).

Dans le cadre de ce travail, nous nous proposons une étude sur le l'élimination et l'abattement de la charge polluante en phosphore, dans ce projet de fin d'étude, on a choisi de travailler sur les eaux usées de la station OUEST (Boukhalfa) de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Ce travail comporte deux parties principales :

1) La partie bibliographique est composée essentiellement de deux chapitres

- Le premier chapitre consiste à déterminer l'origine et les différents paramètres des eaux résiduaires.
- Le deuxième chapitre est porté sur le phosphore dans les eaux usées, son problème dans l'environnement, et son traitement.

2) La partie expérimentale qui est composée de deux chapitres

- Le premier chapitre porte sur la présentation de la STEP ouest de la ville de Tizi-Ouzou.
- Le deuxième chapitre consacrées sur des échantillons des eaux usées soumis à une coagulation-floculation on utilisant la chaux et interprétation les résultats obtenus.

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

Partie Bibliographique

I. Généralité sur les eaux usées

Pour bien comprendre l'eau usées, il est crucial de savoir ce que c'est, d'où elle vient et quelles sont ses caractéristiques.

1. Définition des eaux usées

Les eaux usées, aussi appelées effluents liquides sont des eaux polluées, constituées de toutes les eaux de nature à contaminer par des polluant physiques, chimiques ou biologiques. Ainsi que sont des eaux altérées par l'activité humaine (Ben mabrouk et Mellak, 2020). Les eaux usées sont toutes les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées et qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Celles-ci englobent, également, les eaux de pluies et leur charge polluante. Elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Adour *et al.* 2018).

2. Origine des eaux usées

Les eaux usées peuvent être classées en quatre catégories différentes en fonction de la provenance et de la nature des polluants qu'elles contiennent.

2.1. Rejets domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau potable par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles représentent l'essentiel de la pollution et constituent :

- Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérale en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires et des détergents.
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires sont très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azoté, phosphorés et en microorganismes (Adour *et al.* 2018).

2.2. Rejets industriels

Tous les rejets résultants de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales, commerciales ou hospitalières : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales. Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- Soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel (Baumout *et al*, 2014).

2.3. Eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux, car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause principale des pollutions diffuses. Les eaux usées d'origines agricoles issues des terres cultivées chargées d'engrais nitratés et phosphatés ne seraient pas, finalement, retenues par le sol mais assimilées par les plantes. Leur ruissellement conduit à un enrichissement en matières azotés ou phosphatés des nappes (Adour *et al.* 2018).

2.4. Eaux de ruissellement

Elles peuvent également constitues une raison de pollution importante, pouvant se charger d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis en ruisselant, elles se chargent des résidus déposés sur les toits, les chaussées et les sols (poussières, carburant, métaux lourds, pesticides…) (El hachemi, 2012).

3. Caractéristiques des eaux usées

3.1. Paramètres physico-chimique

3.1.1. Température

Les activités humaines ne devraient pas modifier la température de l'eau, en dehors des changements saisonnières naturelles, au risques bouleverser les écosystèmes aquatiques, elle affecte la solubilité de l'oxygène et menace la survie des poissons.

Donc il est important de connaitre la température de l'eau avec une précision, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels dissous, la mesure de la température fait par thermomètre (Ouanouki, 2013).

3.1.2. pH

Le potentiel hydrogène , plus connu sous le nom de « pH » permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution, il joue un rôle important dans la spécification des différents éléments chimiques présents dans un milieu car la variation du ph modifier également la distribution des espèces chimiques en solutions (Ouanouki, 2013). Le pH est le reflet de la concentration d'une eau en ions H^+, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant entre 6,5 et 8. Quand il est moins d 5 ou plus de 8,5 la croissance des microorganismes est directement affecté (Amara et Belkcemi, 2018)

3.1.3. Matière en suspension (MES)

Les MES correspondent à l'ensemble des particules non solubles présentes dans les eaux usées, d'une nature soit organique ou minérale. Ce sont matières non-dissoutes dans l'eau qui peuvent être éliminées de l'eau filtration (Ouanouki, 2013).

3.1.4. Conductivité électrique (CE)

Ce paramètre mesure la capacité d'un liquide à transmettre un courant électrique à une température précise. Elle est définie comme étant la réciproque de la résistance électrique de l'eau. Elle proportionnelle à la teneur en sels dissous. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique, elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations.

La CE d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau compris entre deux électrode, métalliques, elle s'exprime en micro siemens par centimètre (µS/cm) (Rodier, 2009)

3.1.5. Turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau, elle est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, matières organiques, grains de silice, etc. la turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en générale très élevées. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité, pour la déterminée dispose un turbidimètre (Rodier, 2009).

3.1.6. Demande biochimique en oxygène(DBO)

La demande biochimique en oxygène constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques .C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivant pour assurer l'oxydation et la dégradation des matières organiques présents dans l'eau usée. (Keddari, 2015).

L'indicateur utilisé est généralement le DBO ; qui correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrades et minéraliser la matière organique présente dans un litre d'eau usées pendant 5 jours.

3.1.7. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans les conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydable présentes dans l'eau quel soit leur origine organique ou minérale (Rodier, 2009).

3.1.8. Biodégradabilité

La biodégradabilité traduit par l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologiques des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que, K=DCO/DBO5:

- Si $K < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables.
- Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que 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 biodégradable (Metahri, 2012).

3.1.9. Matières azotées

L'azote est un élément essentiel pour la vie, il existe sous plusieurs formes. Les types d'azote principaux sujets de préoccupation pour le traitement des eaux usées sont :

- l'azote total (TN) ;
- azote Total Kejeldahl (NTK) ;
- l'ammoniac (NH3) ;
- l'azote organique (ORG-N) ;

- les nitrates (NO3) et nitrites (NO2). Les concentrations sont indiquées en mg / L.

Azote Total (NT) : est la somme de l'azote des nitrates (NO3-), des nitrites (NO2-), l'azote ammoniacal (NH3-N) et azote lié organiquement.

NT= NTK + NO3 + NO2

Azote Total Kejeldahl (NTK) : c'est la somme de l'azote ammoniacal et d'azote lié organiquement, mais n'inclut pas l'azote des nitrates ou des nitrites.

NTK = NH3 + org-N

Les concentrations sont indiquées en mg / L (Amara et Belkacemi, 2018).

3.1.10. Matières phosphatées

Le phosphore peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des ortho-phosphates.

L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable et minéralisation, le phosphore organique. Chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) peut être séparée analytiquement en ortho-phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique. Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO4 ou de P2O.

- 1mg/L PO4 = 0,747 mg/L P2O5 = 0,326 mg/L P (Rodier, 2005).

3.2. Paramètres microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but de déceler et évaluer la présence des microbes pathogènes dangereux pour l'homme dans les eaux.

Ces analyses reposent sur la recherche dans les eaux de bactéries indicatrices de leurs éventuelles contaminations fécales, les Escherichia coli (E. coli) et les Entérocoques. Ces organismes, d'origine intestinale sont naturellement présents dans les déjections animales ou humaines qui peuvent donc se retrouver dans l'eau. Les Entérocoques sont pathogènes de même que certains colibacilles. L'eau potable doit être exempte de la présence de ses bactéries.

Une présence très importante de germes fécaux indique une pollution fécale importante d'origine humaine ou animale (Bouzid et Yahiaoui, 2015).

II. Généralités sur le phosphore

Le phosphore est un élément important pour la matière organique. Les composés minéraux qu'il produit lors de l'épuration sont très solubles dans l'eau, ce qui les rend souvent présents dans les eaux usées. Les stations d'épuration des eaux usées négligent souvent la déphosphation. L'utilisation non adéquate de cet élément serait préjudiciable pour l'environnement en générale et les milieux aquatique en particulier.

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

1. Cycle du phosphore

Pratiquement tout le phosphore en milieu terrestre est drivée de la altération de phosphate de calcium des roches de surface .les eaux usées domestique (particulièrement les eaux contenant des détergents), certains effluents industriels et le ruissellement provenant des terres agricoles contribuent aux taux élevée de phosphore des eaux de surfaces (Gangbazo, 2011).

Le cycle de phosphore ne possède pas de composante gazeuse en quantité significative .par conséquent, seul le phosphore 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 l'écosystème terrestre et aquatique, en phosphore organique par 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 ou 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 techniques et le cycle recommence comme indiquer dans la figure suivante (Dahmani et Ait si amer, 2017).

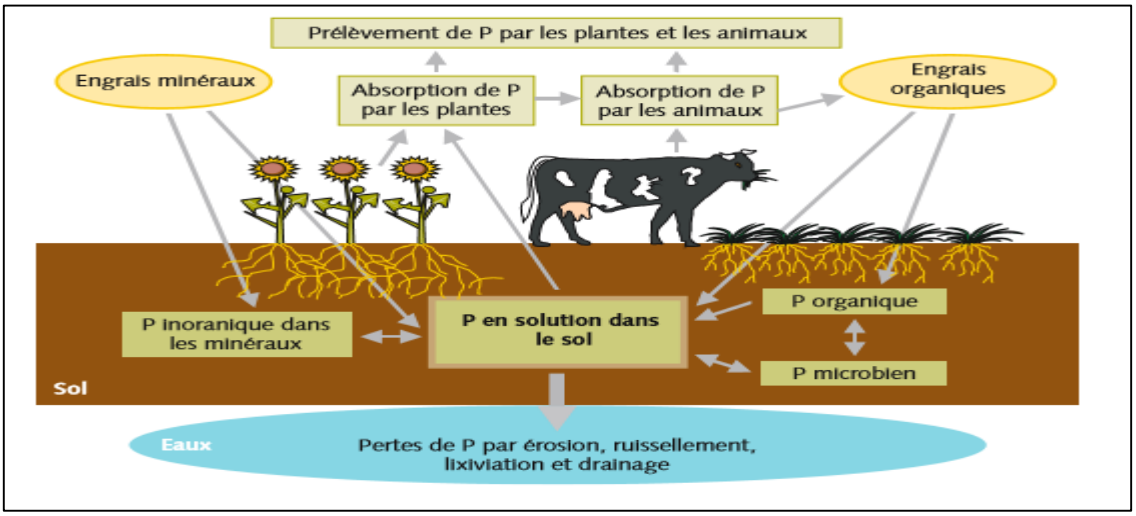

Figure 01: le cycle de phosphore (Prasuhn et Volker, 2005).

2. Différentes formes du phosphore

On distingue deux formes de phosphore :

2.1. Formes allotropiques

Le phosphore comprend une dizaine de variétés allotropiques regroupées en trois types :

- **Phosphore noir**

Se représente sous la forme d'une poudre ou de cristaux noirs, qui s'enflamment à l'air à des températures voisines de 400°C. C'est la forme la plus stable qu'on puisse retrouver (Aoudj, 2012).

- **Phosphore blanc**

Il brule spontanément à l'air en dégagent une fumée très toxique et une lumière bleuâtre (phosphorescence) c'est la forme la plus dangereuse.

L'exposition de cette substance est fatale et pouvant provoquer des brulures de la peau menant à des endommagements du foie, du cœur des reins. A noter aussi que l'engloutissement de cette substances est mortelle ; avant de mourir en souffre de nausées, de crampes d'estomac.

Dans l'eau et sol les réactions sont très lentes, il en résulte son accumulation dans le corps des organismes aquatique et sa transformation en substances moins dangereuses peut prendre des années. Dans l'air, il se transforme lentement sous l'influence de la lumière et de la chaleur en phosphore rouge ; le phosphore blanc brule à 40°C (Aoudj, 2012).

- **Phosphore rouge**

Beaucoup moins toxique que le précèdent il est employé dans la fabrication des allumettes, des pesticides et bombes incendiaire .il se représente sous la forme de poudre ou des cristaux rouge-brun inflammable à l'air des températures voisines à 250°C (Aoudj, 2012).

2.2. Formes chimiques

Dans l'environnement le phosphore est présent sous différentes formes on distingue des formes dissoutes et des formes particulaire :

a) Phosphore dissous

Présentent l'eau et dans la solution de sol sous forme minéral et organique :

- **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 $P\text{-}PO_4^{3-}$ encore appelé ortho phosphates.

Accompagnant l'ortho phosphate, les phosphates condensés acides pyrophosphoriques et métaphosphorique et regrouper sous le terme de poly phosphates 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. (Aissa garouz jerbi, 2015).

- **Phosphore organique**

Le phosphate organique dissous représente l'ensemble des produits intermédiaires de la dégradation de la matière organique qui amène en finalité à l'ortho phosphate.

La fraction particulière organique, est représentée par l'ensemble du phosphate de la matière organique animal ou végétale, vivante ou en voie de dégradation .les formes organiques

particulaire peuvent constituer le principal stock dans le compartiment « eau »et sont présentes en grande dans le sédiment. Le phosphore 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 sien de la cellule, par sa présence dans les molécules d'ADP et D'ATP (Cabanes, 2006).

b) Phosphore particulaire

Englobe toutes les formes du phosphore liées aux minéraux, à des débris divers ou incorporées dans les organismes (AOUDJ, 2012).

3. Origine du phosphore

Les origines des phosphates des eaux usées sont classées en quatre groupes, à savoir:

- ✓ les phosphates provenant du métabolisme humain ;
- ✓ les phosphates issus des produits lessiviels ;
- ✓ les rejets industriels (usines et fabriques) ;
- ✓ Et enfin les rejets agricoles (élevages et surface cultivables) (Aoudj, 2012).

4. Utilisation du phosphore

Les emplois du phosphore sont nombreux : alimentation humaine, peintures et émaux, céramiques, pigments électronique, pharmacie,…,97 % de la production mondiale sont dévolus à trois usages principaux : la production d'engrais qui à elle seule en consomme 79%en Europe et 80% à l'échelle mondiale, la production des aliments du bétail (11%en Europe et 5% dans le monde) et la fabrication des détergents (7%en Europe 12% dans le monde).

L'utilisation importante du phosphore concerne l'industrie des détergents .en effet, les phosphate diminuent la dureté de l'eau, permettent aux tensioactifs de mieux nettoyer et contribuent ainsi à réduire la concentration en tensioactifs ; ils préviennent la redésposition de particules, maintiennent le pH, facilitent la dissolution du détergent .le phosphore des lessives a été partiellement remplacé en Europe par d'autres composées (Aoudj, 2012).

Ces composés phosphorés sont utilisés dans plusieurs domaines. Suivant les différents usages:

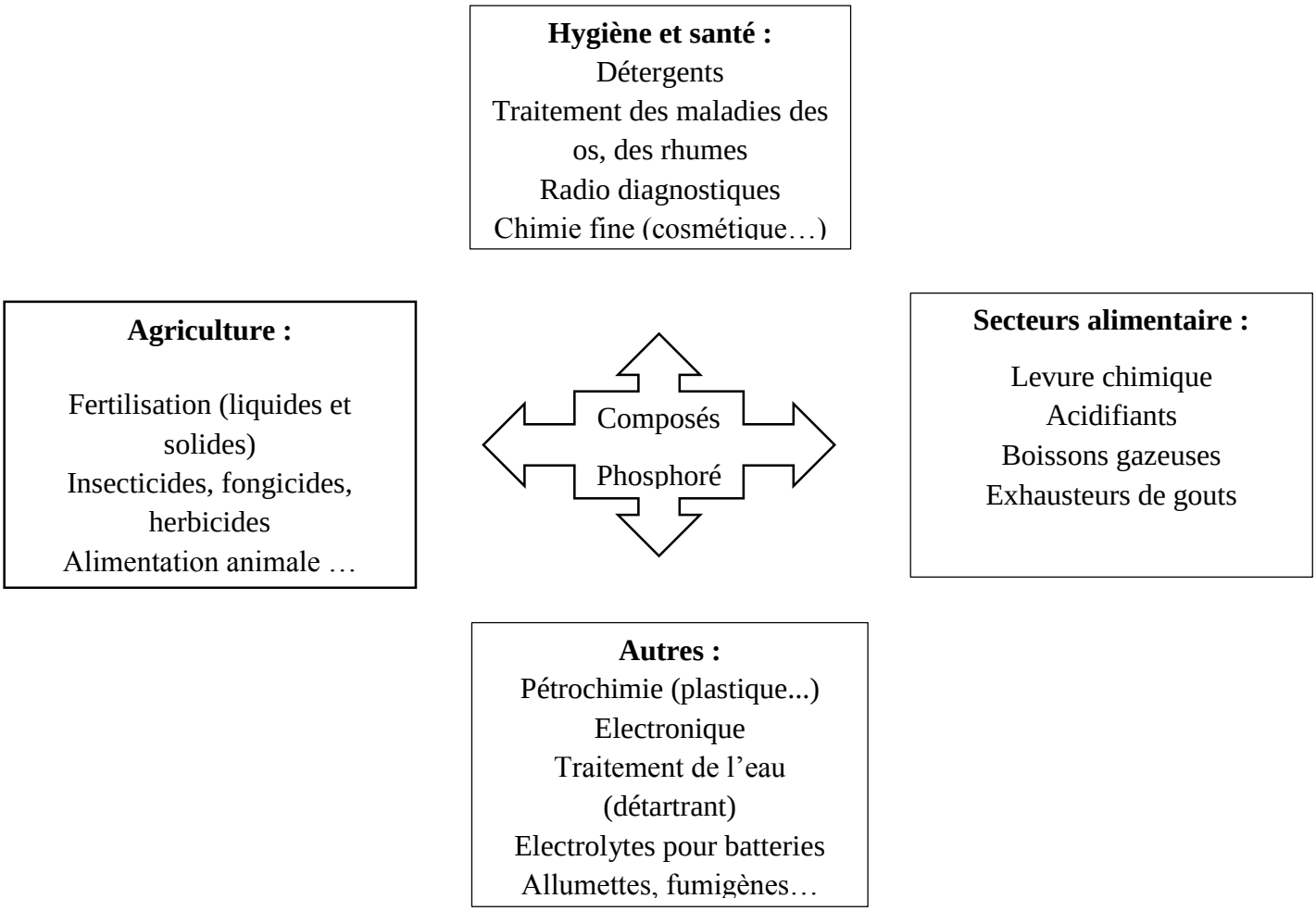

Schéma 02 : Quelque utilisation des composés phosphorés (Coulibaly, 2014).

5. Phosphore et l'eutrophisation

5.1. Définition

Selon (Cabanes, 2006) : L'eutrophisation d'un milieu aquatique désigne son caractère eutrophe (du grec eu [bien] et trophein [nourri]) c'est à dire riche en élément nutritif, initialement sans caractère négatif, mais souvent employé pour désigner le déséquilibre qui résulte d'un apport excessif de nutriments : azote et phosphore . Elle 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 …).

Généralement, le phosphore est la cause principale. Il est considéré comme étant un facteur limitant dans les milieux aquatiques naturels, ce sont ses composés, en particulier les phosphates (orthophosphates et polyphosphates) qui permettent l'emballement du processus

d'eutrophisation de milieu déséquilibré. Le milieu reçoit beaucoup plus de nutriments qu'en situation naturelle ainsi que des matières organiques biodégradables.

Un apport excédentaire et massif de nutriments tel le phosphore, accélère le processus d'eutrophisation. Ce phénomène d'eutrophisation commence dans une eau lorsque la concentration en phosphore est supérieure à 0.1mg/l (Cabanes, 2006).

5.2. Lutte contre l'eutrophisation

L'eutrophisation est donc un problème qui touche la planète entière et la prise de conscience remonte à quelques années. Différentes techniques, basées sur le concept de facteur limitant, sont appliquées pour lutter contre l'eutrophisation, et ce soit à la source ou directement, selon (Galvez-cloutier *et al*, 2002) ; il faut :

- Réduire les apports d'origine domestique ;
- Diminuer l'utilisation de polluants eutrophisants dès l'amont du bassin versant ;
- Diminuer l'utilisation de pesticides et leur arrivée dans les cours d'eau en tuant de nombreux organismes ceci peuvent contribuer à l'eutrophisation ;
- Utiliser rationnellement les engrais en agriculture (analyser la valeur agronomique des sols et privilégier les engrais naturels) ;
- Aménager des bassins versants reconstituants des réseaux de blocage, talus, haies, et bandes enherbées, suffisants en taille et cohérents avec le relief et la pédologie ;
- Le ruissellement des eaux pluviales peut favoriser l'entrainement de nutriments comme le phosphore, qui sera mieux retenus si les capacités d'infiltration du sol sont restaurées ;
- Mieux éliminer l'azote et le phosphore dans des stations d'épurations (qui peuvent être équipées de procédés de dénitrification et de déphosphatation).

6. Procédés d'élimination de phosphore

Au vu des enjeux actuels ; l'élimination du phosphore par les filières de traitement de l'eau est un point essentiel à assurer. Dans les unités de dépollution ; la déphosphatation des effluents peut se faire de deux (2) manières différentes :

- Celles qui font intervenir un procédé biologique qui met en œuvre des micro-organismes assurant l'élimination du phosphore.

- Celles qui font intervenir un procédé chimico-physique qui met en œuvre la précipitation d'un sel de phosphore très insoluble.

6.1. Traitement biologique du phosphore

Le traitement biologique, au sens large, englobe d'une part l'assimilation du phosphore par la biomasse pour ses besoins métaboliques minimums, et d'autre part la suraccumulation du phosphore par des bactéries déphosphatantes au-delà de leurs besoins métaboliques.
Par convention, on parle de traitement biologique du phosphore (au sens strict) lorsqu'il s'opère une suraccumulation du phosphore (Metahri, 2012).

6.1.1. Assimilation du phosphore

Le phosphore, de même que l'azote est composant essentiel de la biomasse épuratoire, bactéries ce qui présente de l'ordre de 1 à 2% de matière sèche des boues activées non déphosphatantes, exprimées en matière en suspension. La réaction d'assimilation de la matière organique par bactéries hétérotrophes en présence d'oxygène dissous peut être représentée par la réaction suivante :

$$\textbf{Matière organique + Bactéries} \xrightarrow{O_2} \textbf{Nouvelle bactéries + } H_2O + CO_2$$

Les besoins en phosphore pour la synthèse des nouvelles bactéries sont de l'ordre de 1% de la DBO_5 éliminée par la biomasse épuratoire. L'assimilation ne permet en aucun cas une élimination poussée du phosphore puisque le rapport P/DBO_5 est nettement plus élevé que le 0.01 et se situé à 0.04 environ (Deronzier ET Choubert, 2004).

6.1.2. Mécanisme du processus de suraccumulation

Plusieurs travaux de recherche ont permis de comprendre le mécanisme d'élimination biologique de phosphore des effluents pas suraccumulation des phosphates.
Dans le procédé d'élimination biologique du phosphore par boue activée la biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobie et aérobies.
Les définitions d'anoxie et d'anaérobie propre au domaine du traitement des eaux usées sont (Cemagref 2004 ; FNDAE, 2004) :

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

L'alternance de phases aérobies et de phases anaérobies est nécessaire au développement des Micro-organismes déphosphatants (Daumer, 2007) :

- En condition anaérobies, des bactéries déphosphatantes sont capable de synthétiser un produit de stock, les polyhydroxyalcanoate (poly-β-alcanoates) (PHA), à partir des substrats biodégradables des eaux usées, l'énergie nécessaire à cette transformation est fournie par l'hydrolyse intracellulaire de polyphosphates.
- Pendant la phase aérobie, le PHA contenus dans eaux usées sont oxydés par les bactéries. La respiration produit l'énergie nécessaire aux bactéries qui régénèrent leurs stocks de polyphosphates, d'une quantité de phosphate supérieure à celle qui a été excrétée en anaérobie

Les processus anaérobie et aérobies sont schématisés sur la figure suivante.

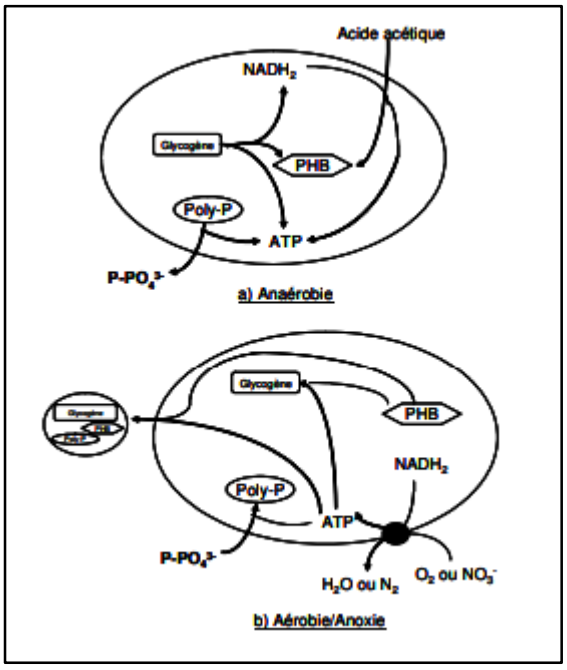

Figure 02 : le processus anaérobie et aérobie de la bactérie dephosphatante (Daumer, 2007)

6.2. Traitement physico-chimique

L'élimination biologique du phosphore étant plutôt faible dans les structures qui ne sont pas conçues pour ce type de déphosphatation, il est alors nécessaire d'ajouter des réactifs chimiques qui vont piéger les orthophosphates sous une forme particulaire.

L'ajout des réactifs peut se faire à deux différentes phases de l'épuration de l'eau. On parle alors de précipitation simultanée lorsque le composé est ajouté dans les bassins d'aération ou de précipitation séparé lorsqu'il est inséré au niveau d'un traitement tertiaire, étape supplémentaire de purification de l'eau située à l'aval du clarificateur. La précipitation simultané alourdies les boues activées, facilitant leur décantation et nécessite une quantité raisonnable précipitant pour les rendements élevés (80 à 90%). La précipitation séparée, quant à elle, demande de forte quantité d'adjuvant pour éliminer le phosphore, elle est donc moins économique. De plus, elle nécessite une nouvelle étape de décantation ou une étape de filtration, engendrant des couts de structures et de fonctionnement plus importants. Toutefois, elle reste souvent utilisée à la suite de précipitation simultanée à titre de finition (Schneider, 2014).

Les procèdes de traitements chimique du phosphore dans les eaux usées consistent à l'addition de produits chimiques au cours de la filière de traitement pour former des sels de phosphore non solubles qui vont se retrouver dans les boues. Les produits utilisés pour ces fins sont l'alun ($Al2(SO_4)_3 . 18H_2O$), l'aluminate de sodium ($Na\ AlO_2$), chlorure ferrique ($FeCl_3$) , le sulfate de fer ($FeSO_4$), le chlorure ferreux ($FeCl_2$) et la chaux ($Ca(OH)_2$). Ces produits chimiques, à l'exception de la chaux, peuvent être ajoutés en différents points de l'épuration des eaux usées (Asmlal, 1996) :

- Avant la décantation primaire (pré-précipitation) ;
- Directement dans, ou immédiatement après, ou avant le bassin d'aération (précipitation simultanée) ;
- Après le traitement biologique et la décantation secondaire (post précipitation).

Réactifs utilisée pour la déphosphatation physico-chimique

a) Réactifs à base de fer

❖ **Chlorure ferrique**

Le chlorure ferrique ($FeCl_3$) est un des réactifs les plus utilisé du fait de son coût plus faible que les autres molécules de fer ou d'aluminium et de son utilisation plus simple que pour la chaux, dans la complexation et la précipitation dépendent du pH. La réaction dominante qui s'établie entre les ions ferriques et les ions phosphates est la suivante :

$$FeCl_3 + NaH_2PO_4 \longrightarrow FePO_4 + NaCl + 2HCL$$

En plus du complexe fer/phosphore attendu, se forment des molécules de chlorure de sodium et d'acide chlorhydrique qui baissent le pH entre 5 et 6. Ce pH permet la bonne précipitation du complexe et donc sa décantation avec les flocs biologique au niveau du clarificateur. Toutefois, il est nécessaire de surveiller cette grandeur car l'effluent rejeté ne doit pas être trop acide pat rapport au milieu récepteur. Les ions ferriques se complexent avec les ions hydroxydes et bicarbonates de l'effluent pour former des complexes d'hydroxydes ferriques qui précipitent et décantent également avec les boues biologiques (Deronzier et Choubert, 2004).

$$Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_3$$
$$Fe^{3+} + 3HCO_3^- \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3\,CO_2$$

❖ **Sulfate ferreux**

Le sulfate ferreux ($FeSO_4$) est un réactif très peu utilisé. Il est proposé, selon les distributeurs, soit sous forme liquide (le fer représente en poids 12,5%), soit sous forme de poudre. Lorsque l'ajout du sulfate ferreux a lieu dans le bassin d'aération, cas de loin le plus fréquent, les ions ferreux sont oxydés en ions ferriques très rapidement (Deronzier et Choubert, 2004).

Les ions ferreux donnent lieu à la formation du précipité $Fe_3(PO_4)_2$(ou vivianite) selon la réaction suivante :

$$3FeSO_4 + 2NaH_2PO_4 \longrightarrow Fe_3(PO_4)_2 + Na_2SO_4 + 2\,H_2SO_4$$

b) Réactifs à base d'aluminium

L'ion aluminium utilisé pour la précipitation du phosphore est combiné avec les ions sulfates, sodium, chlorure ou hydroxyde au sein des réactifs comme le sulfate d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$), l'aluminate de sodium ($Na_2OAl_2O_3$), les polychlorures d'aluminium ($Al(OH)_xCl_y$), les polymères d'aluminium et des polyhydrochlorures mixtes d'aluminium et de fer (Deronzier et Choubert, 2004).

❖ Le sulfate d'aluminium

La réaction chimique dominante entre les ions aluminium et les phosphates est :

$$Al_2(SO_4) + 2\,NaH_2PO_4 \longrightarrow 2AlPO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2SO_4$$

La solubilité du précipité obtenu, AIPO4 (variscite) est fonction du pH. L'efficacité optimale du traitement chimique se situe pour des pH compris entre 5,5 et 6,5. Les ions aluminium ajoutés précipitent en parallèle avec les ions hydroxydes et les ions carbonates de l'eau, pour former des précipités d'hydroxyde d'aluminium (Deronzier et Choubert, 2004).

$$Al^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Al(OH)_3$$

$$Al^{3+} + 3HCO^-_3 \longrightarrow Al(OH)_3 + 3\,CO_2$$

❖ L'aluminate de sodium

La réaction de précipitation des phosphates s'écrit comme suit :

$$Na_2OAl_2O_3 + 2PO_4^{3-} + 4\,H_2O \longrightarrow 2AlPO_4 + 2\,NaOH + 6\,OH^-$$

Elle montre que l'utilisation de l'aluminate de sodium augmente le pH par la présence de NaOH. On observe également des précipitations parallèles qui induisent la formation d'hydroxyde d'aluminium (Deronzier et Choubert, 2004).

c) Réactifs à base de calcium

La chaux peut être utilisée seule pour la précipitation du phosphore. L'addition de chaux dans une eau résiduaire précipite les orthophosphates, principalement sous forme d'hydroxyapatite $Ca_5(PO_4)$ OH dont le rapport molaire théorique Ca/P est 1,67.

$$3\ HPO_4^{2-} + 5Ca^{2+} + 4\ OH^- \longrightarrow Ca_5(PO_4)_3OH + 3\ H_2O$$

La chaux peut être employée en pré-précipitation ou en post-précipitation (après précipitation), car les eaux usées traitées par la chaux pour l'élimination du phosphore ont des pH typiquement élevés.

La solubilité de l'hydroxyapatite diminue avec l'augmentation du pH et par conséquent l'élimination du phosphore croît avec le pH. À pH supérieure à 9,5, l'essentiel de l'hydroxyapatite est insoluble (Deronzier et Choubert, 2004).

On résume dans le tableau suivant quelques réactifs utilisés pour la déphosphatation des eaux usées.

Tableau 01 : performances de stations mettant en œuvre une précipitation primaire à l'aide des réactifs (Minton et Carlson, 1972) :

Réactifs	Dose des cations (mg/l)	P total entré (mg/l)	P total sortie (mg/l)	Ph	Rendement d'élimination %	Remarques
La chaux (Ca(OH))	350	8,4	0,17	11,5	98	Avec traitement secondaire
Fer ferrique (Fe^{3+})	20	6,4	1,6	7,1	75	Sans traitement secondaire
Fer ferreux (Fe^{2+})	15-25	10-20	3-6	-	60-80	Sans traitement secondaire
Aluminium (Al^{3+})	13,5	6,5	1,7	-	74	Sans traitement secondaire

Une comparaison entre les traitements physico-chimiques et les traitements biologiques du phosphore, est représentée dans le tableau ci-dessous (Cabanes, 2006) :

Tableau 02 : Tableau comparatif des avantages et des inconvénients entre les méthodes d'élimination du phosphore, par voies biologique et chimique.

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

7. Exigences aux stations d'épuration en matière de rejets

Les niveaux de rejet minimum règlementaires définis par la DERU (directive européenne sur les rejets urbains transcrit en droit français le 21/07/2015) sur le Pt concernent uniquement les agglomérations d'assainissement de plus de 600 kg DBO_5 par jour (soit de plus de 10 000 EH) situées en zones sensibles à l'eutrophisation comme indiquer dans le tableau ci-dessous. Les eaux de rejets urbains doivent être inférieures à (Delgard, 2018):

- 2 mg P/l en moyenne annuelle pour les agglomérations de 10 000 à 100 000 EH ;
- 1 mg P/l en moyenne annuelle pour les agglomérations de plus de 100 000 EH ainsi qu'une réduction en Pt de plus de 80 %

Tableau 03 : concentrations ou rendements à respecter en zones sensibles (Deronzier et Choubert, 2004).

Charges brute reçue par la station d'épuration (kg de la DBO_5 / jour)	**Concentration maximale en moyenne annuelle**	**Rendement minimum en moyenne annuelle**
600à 6000	2 mg de P/l	80 %
>6000	1 mg de P/l	80

8. Aspects règlementaire

En Algérie

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides, définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel. Ces mêmes données viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006. (Annexe 01)

9. Avantages et inconvénients du phosphore

Pendant plusieurs années, des recherches ont été faite pour étudier l'importance du phosphore dans l'environnement spécifiquement dans le sol, estimer le besoin en phosphore des principales cultures et évaluer le potentiel agronomique des divers engrais phosphatés.

D'un côté, le phosphore est considéré avec l'azote et le potassium comme des constituants essentiels de la vie des êtres vivants ; c'est un élément primordial pour une plante. Il est reconnu avec l'azote comme les deux premiers facteurs limitant les rendements des cultures sur le sol.

Par conséquent, son manque provoque un stress abiotique majeur qui limite la croissance des plantes et la productivité des cultures sur un bon nombre de sols à travers le monde. Il joue plusieurs rôles dans les végétaux. En effet, il intervient dans la photosynthèse comme fixateur et transporteur d'énergie et il favorise :

- Une bonne croissance : les besoins en N et P évoluent parallèlement avec les mêmes maxima au même moment ;
- La résistance de la plante à travers 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 êtres humains

Une alimentation convenable en P permet un développement harmonieux des plantes qui peuvent prélever les quantités nécessaires de nutriment (Dahmani et AIT Si amer, 2017).

D'un autre côté, 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).

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

1. Objectif

Afin de tester l'efficacité des procédés physico-chimique qui peuvent effectivement apporter une solution à la problématique du traitement des eaux chargées en phosphates, notre étude est consacrée sur l'évolution des performances de la déphosphatation des effluent en utilisant le procédé de coagulation – floculation. Le coagulant utilisé est la chaux (CaO) et la floculation se fait naturellement.

2. La présentation de la zone d'étude

La station d'épuration de la partie Ouest de Tizi-Ouzou est constituée notre région d'étude. Elle traite les eaux résiduaires domestiques du village de Boukhalfa et Tala Allam, les parties Ouest, Sud-Ouest et Nord-Ouest de Tizi-Ouzou. Les données générales de la STEP Ouest sont illustrées dans le tableau ci-après selon l'ONA 2023.

Tableau 04 : Données générales de la STEP Ouest

Nom de la station	Ouest (Boukhalfa)
Commune de	Tizi-Ouzou
Wilaya de	Tizi-Ouzou
Milieu récepteur	Oued Sebaou
Date de mise en service	Novembre 2006
Date de transfert de la station à l'ONA	18/10/2012
Nature des eaux brutes	Urbaines
Capacité de la station	25 000 EQ/H – 3750 m^3 /j
Superficie de l'assiette	1,04 Hectare
Groupement de réalisation	FOREMHYD
Type de dispositif d'assainissement de la ville	Unitaire
Système d'épuration	Boues activée à faible charge
Alimentation en eau usée	Gravitaire jusqu'à la station

Les étapes de traitement des eaux usées de la STEP sont :

- Prétraitements consiste à retirer les déchets solides, les matières solides plus grossières, les sables et les huiles par un dégrillage grossier et fin puis dessablage-déshuilage.
- Traitement secondaire dispose d'un bassin d'aération avec 6 aérateurs de surface et une puissance unitaire de chaque aérateur est 45 KW. Il élimine les matières organiques contenues dans l'eau usée par l'action de microorganisme en présence d'oxygènes dissous, le brassage permet d'homogénéiser le mélange des flocs bactériens avec les eaux usées et d'éviter les dépôts.
- Clarification est une séparation solide-liquide entre la boue activée et effluent épuré, elle se fait dans deux clarificateurs disposé de racleur. Une partie des boues décantées seront recyclées et les boues en excès seront envoyées vers la stabilisation, l'épaississement et la fin vers les lits de séchage puis stockage.
- Désinfection par chlore, l'eau clarifiée va être acheminée vers l'étape de la désinfection.

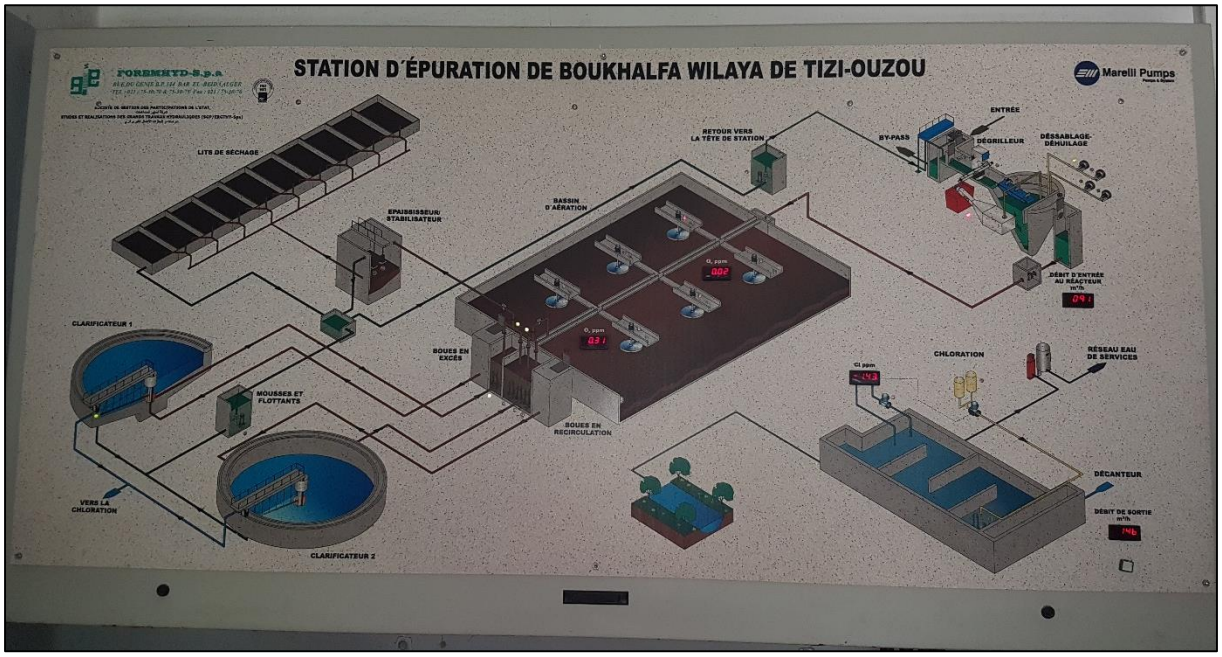

Figure 04: Représente le schéma de la station d'épuration de boukhalfa wilaya de Tizi-Ouzou.

3. Echantillonnage

Dans cette étude, nous avons utilisé les eaux épurées de la station d'épuration Tizi-Ouzou Ouest. La fréquence des prélèvements était d'un prélèvement par semaine pendant un

mois. Ils sont transportés dans une glacière à une température de 4 °C jusqu'au laboratoire de traitement des eaux de notre faculté (FUNASA, 2013 ; Rodier, 2009).

4. Paramètres mesurés

4.1. Température

La température a été mesurée par la méthode électrométrique à l'aide d'un thermomètre à mercure.

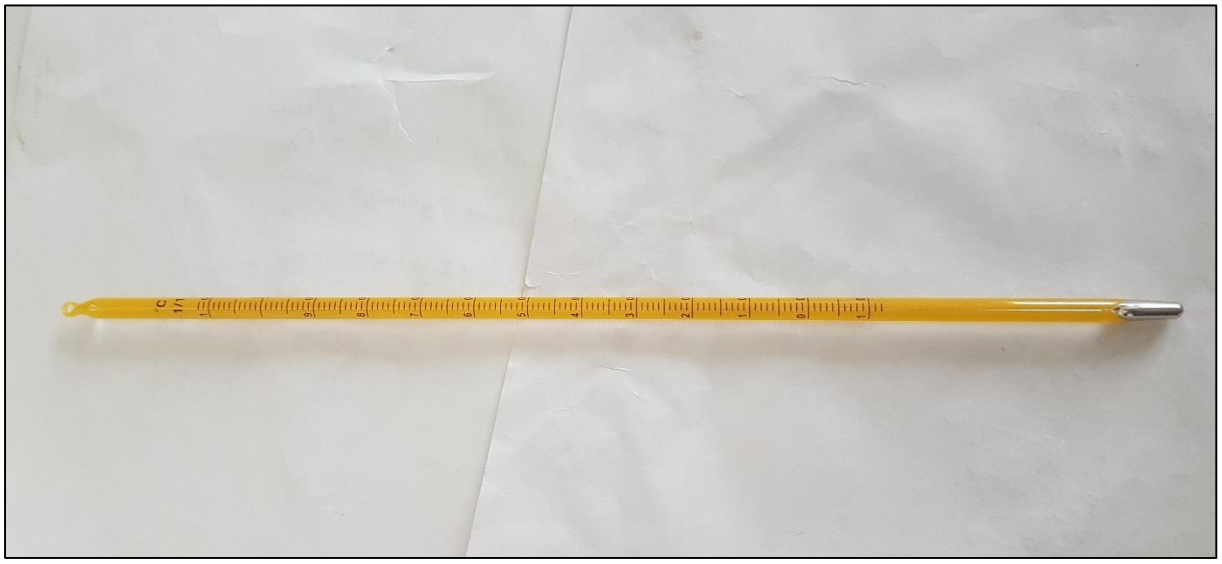

Figure 05 : Thermomètre

4.2. Potentiel Hydrogène

Le pH de l'eau est la mesure de la concentration en ions hydrogènes contenus dans l'eau (Al-Qawati *et al.*, 2015). Le potentiel Hydrogène a été mesuré par la méthode électrométrique à l'aide pH-mètre (HI 1271 , HANNA).

Figure 06 : pH-mètre

4.3. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argile, limons, grains de silice, matières organiques (Idrissi *et al.*, 2015). La turbidité a été mesurée par la méthode directe à l'aide d'un turbidimètre (HI 460 , Technical Indicators).

Figure 07 : Turbidimètre

4.4. Conductivité

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité (Idrissi *et al.*, 2015). La conductivité a été mesurée par la méthode électrométrique à l'aide d'un conductimètre (HI 2314 HANNA).

Figure 08 : Conductimètre

4.5. Phosphore

Pour déterminer la teneur de PO_4^{3-} dans les échantillons des eaux usées à analyser, nous avons optés pour la méthode photométrique. Le dosage s'effectue grâce à un spectrophotomètre (UV- 9200 BIOTECH) réglé à une longueur d'onde de 660 nm (annexe N° 02)

Figure 09: préparation des échantillons pour le dosage du PO_4^{3-}

Figure 10 : spectrophotomètre

4.6. Coagulation-floculation

Afin de réussir les essais de la précipitation du phosphore à partir des eaux usées, le coagulant utilisé au cours de cette étude est la chaux. Les essais de coagulation sont effectués au moyen d'un jar-test à six postes (JT – M6C, Digital Jar Tester). Pour le choix des paramètres expérimentaux, nous avons effectué plusieurs tests concernant la dose du coagulant à ajouter, la vitesse d'agitation (lente et rapide) et le temps d'agitation. Le coagulant utilisé est la chaux sous forme de poudre non soluble dans l'eau.

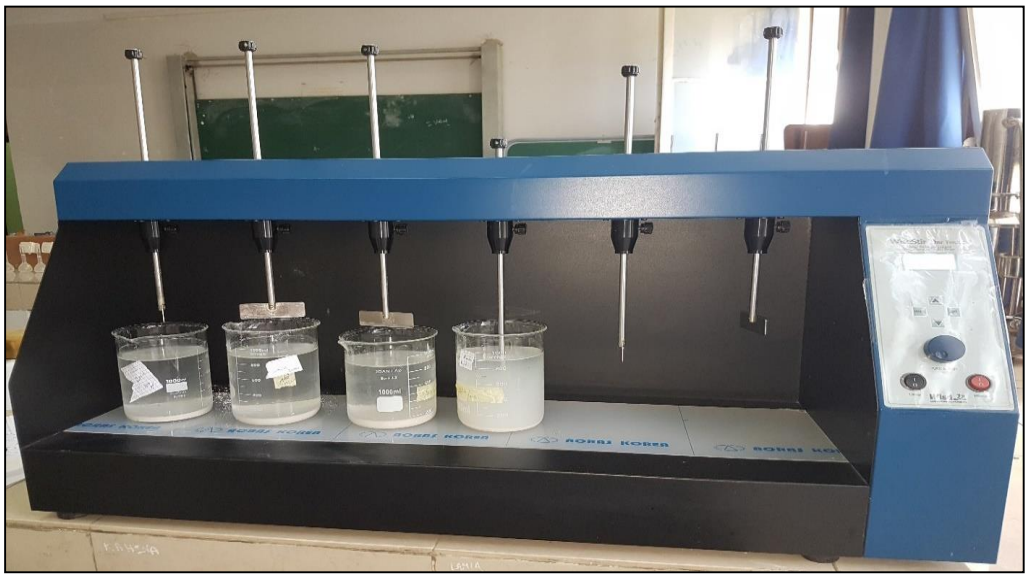

Figure 11 : jar-test

4.6.1. Optimisation de la quantité de la chaux

La quantité du coagulant est un paramètre essentiel à prendre en considération. Car une quantité excessive entraîne une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'une dose insuffisante conduit à une quantité de précipités insuffisante. Pour déterminer la quantité de la chaux, nous avons effectué des essais qui consistent à mettre des doses croissantes de coagulant de 08 à 11 g dans une même quantité d'eau à traiter.

4.6.2. Optimisation de la vitesse d'agitation rapide

Pour optimiser la vitesse d'agitation rapide, nous avons amené à une vitesse d'agitation entre 160 et 300 tr/min.

4.6.3. Optimisation de la vitesse d'agitation lente

Puis nous avons aussi étudié la vitesse d'agitation lente, après avoir optimisé la vitesse et le temps rapide, la plage de l'agitation lente est entre 30 à 80 tr/min.

4.6.4. Optimisation du temps d'agitation rapide

Après avoir optimisé la vitesse d'agitation rapide, il devient nécessaire d'optimiser la durée d'agitation, dont nous avons effectué des essais de temps entre 2 à 5 min avec une vitesse constante de 200 tr/min.

4.6.5. Optimisation le temps d'agitation lente

Le temps de mélange lent joue un rôle important dans la formation des flocs à l'étape de la floculation. Nous avons effectué des essais de la plage de temps lent entre 10 à 25 min d'une vitesse de 30 tr/min.

5. Filtration

Après avoir optimisé la quantité, la vitesse et le temps d'agitation lente et rapide, l'expérience est suivie par une filtration. Elle est réalisée à l'aide d'un erlenmeyer, un entonnoir et un papier à filtre de séparation solide-liquide comme indiquer dans la figure suivante

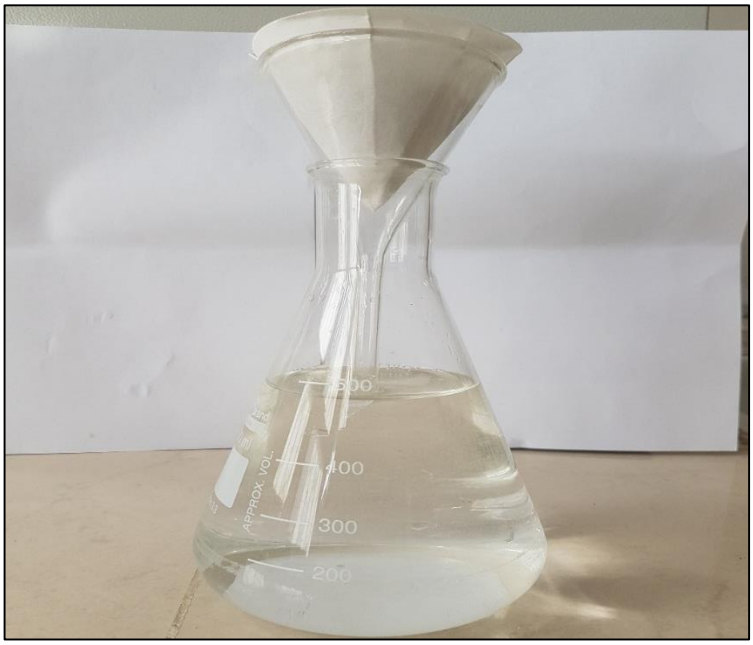

Figure12 : Séparation solide-liquide par filtration

Résultats et discussions

1. Suivi du phosphore dans les eaux épurées

La figure ci-après illustre les différentes concentrations en orthophosphates en mg/l à la sortie de la STEP Ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou durant l'année 2022.

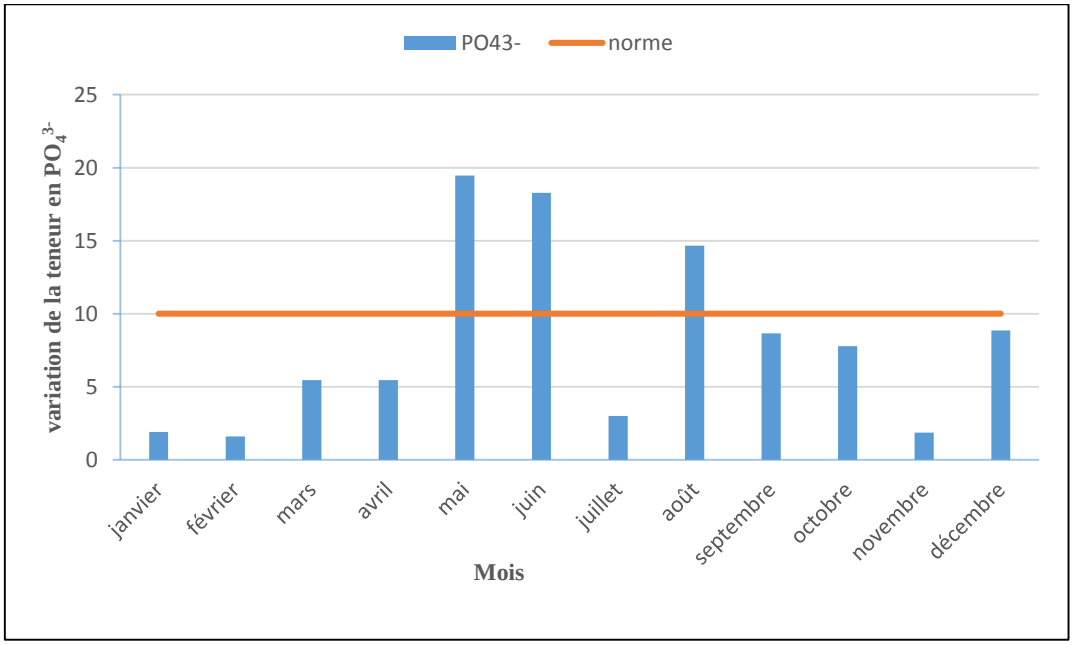

Figure 13 : variation de la teneur en PO_4^{3-} durant l'année 2022.

Les valeurs trouvées en PO_4^{3-} sont variables pendant l'année. Les valeurs de la concentration des phosphates en moi de mai, juin et août qui sont respectivement de l'ordre de 19,46 ; 18,27 et 14,66 mg/l sont élevées par rapport à la norme de rejet vers le milieu récepteur fixée par le journal officiel en 2006 (10 mg/l).

L'augmentation des orthophosphates à la sortie de la station est due aux plusieurs facteurs à savoir :

- Rejets d'eaux domestiques raccordés à la STEP de Boukhalfa, ils sont généralement chargés en phosphates provenant de métabolisme humain, les produits lessiviels des habitants (Malki, 2018).
- Rejets industriels à caractère agro-alimentaire essentiellement de la laitière « Pâturages d'Algérie » selon Coulibaly (2014), le phosphore est utilisé dans divers composés notamment les produits laitiers. Les effluents de l'industrie laitière sont riches en phosphore et constitués principalement par des dilutions de lait, des produits laitiers et des solutions de nettoyage (Bickers *et al*, 2003).
- Comme il a un effet néfaste sur le milieu récepteur, mémé si c'est un constituent essentiel de la matière organique et un nutriment indispensable pour les organismes

vivants. Cependant il doit être considéré comme un polluant lorsqu'il est présent à des fortes concentrations dans l'environnement. Les rejets de phosphore dans les écosystèmes aquatique constituent l'un des plus sérieux problèmes environnementaux car ils constituent à accélérer l'eutrophisation de ces milieux et à l'origine de la prolifération des algues, ce qui conduit à la mort de la faune et la flore aquatique due au manque d'oxygène et la pénétration de la lumière (Banas et Lata, 2006)

2. Tests d'élimination

2.1. Quantité du coagulant

Afin de savoir l'effet de la quantité de la chaux sur le taux de l'élimination des phosphates par précipitation chimique, nous avons introduit des quantités croissantes de la chaux allant de 8 à 11 g. La teneur initiale en orthophosphates est de 0,174 mg/l. Les résultats obtenus sur l'effet de la quantité du coagulant sont présentés dans l'histogramme ci-dessous.

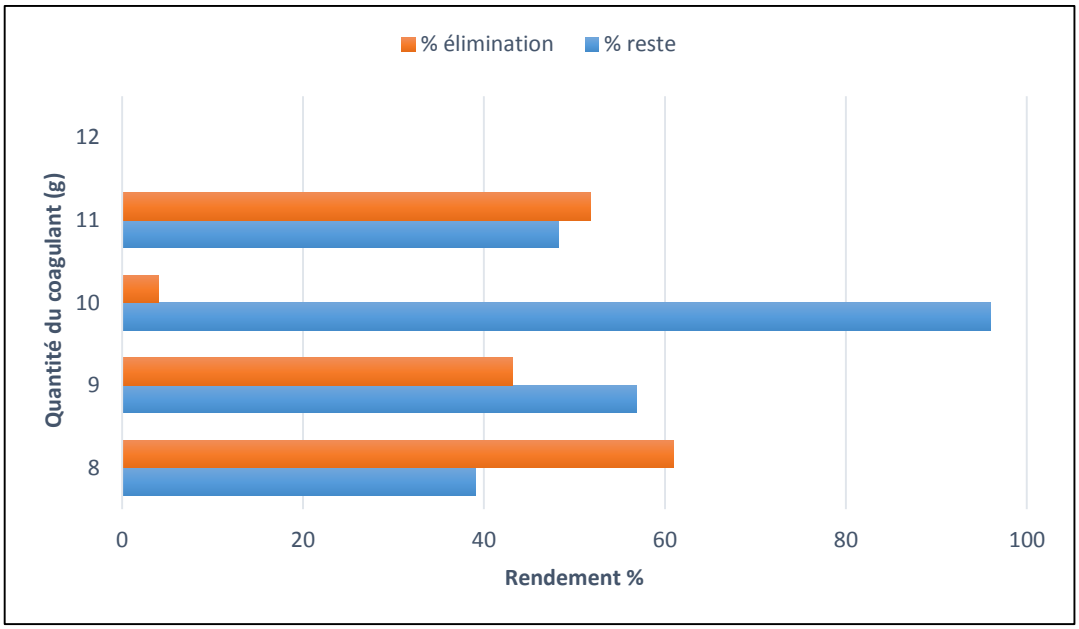

Figure 14 : variation du rendement en fonction de la quantité du coagulant.

Nous remarquons d'après la figure que le rendement d'élimination diminue avec l'accroissement de la quantité de la chaux de 8 à 10 g puis il augmente à une quantité de 11 g. D'après les résultats, le pourcentage le plus élevé en termes d'élimination est de 60,91 % correspond à une quantité de 8 g du coagulant.

Le pH final des échantillons testés augmente avec la quantité de la chaux atteignant une valeur entre 11,9 et 12,5

2.2. Vitesse d'agitation

2.2.1. Effet de la vitesse d'agitation rapide

Les variations de rendement en fonction de la vitesse d'agitation rapide sont présentées dans le graphe suivant :

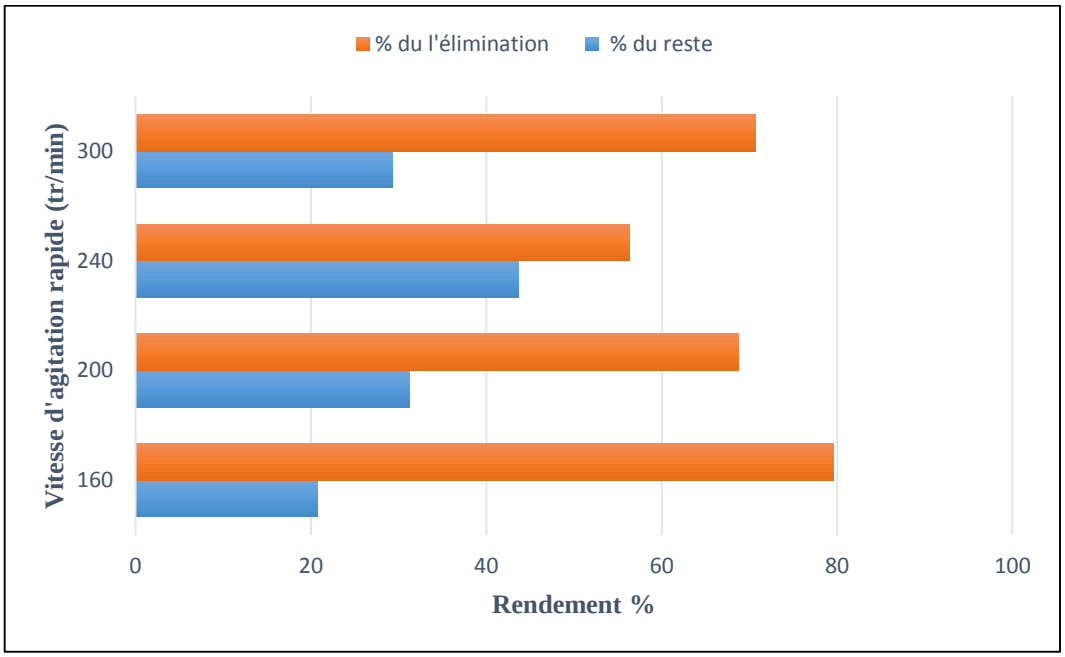

Figure 15 : variation du rendement en fonction de la vitesse d'agitation rapide.

D'après la figure, nous avons constaté qu'au fur et à mesure que la vitesse d'agitation augmente de 160 à 240 tr/min, le rendement d'élimination devient moins important puis il augmente à une vitesse de 300 tr/min. Les meilleurs résultats obtenus sont de l'ordre de 79,56 % et 70,68 % correspondent respectivement pour les vitesses de 160 et 300 tr/min. Tandis que le rendement d'élimination le plus faible est noté à une vitesse de 240 tr/min.

Nous concluons ainsi que le meilleur rendement d'élimination des phosphates pour une vitesse d'agitation rapide est de 160 tr/min avec un rendement de 79,56% et un taux résiduel est de 20,44%.

2.2.2. Effet de la vitesse d'agitation lente

Les variations de rendement en fonction de la vitesse d'agitation lente sont présentées dans la figure 14.

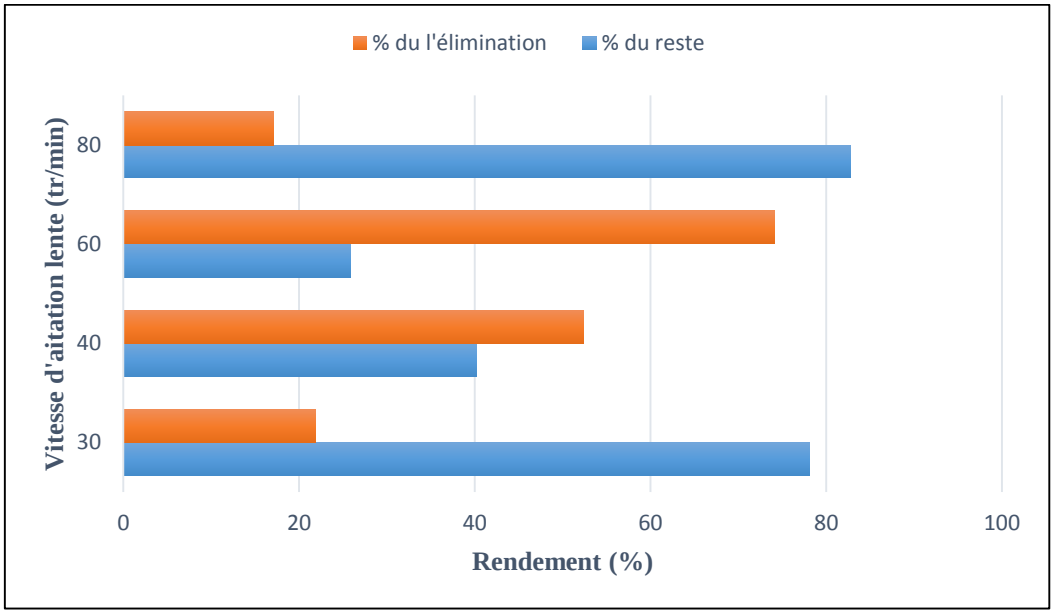

Figure 16 : variation du rendement en fonction de la vitesse d'agitation lente.

Selon les valeurs présentées dans la figure ci-dessus, nous avons remarqué qu'une vitesse de 60 tr/min assurer un meilleur résultat avec un rendement d'élimination de 74,13 %. En revanche, une vitesse de 80 tr/min assure le résultat le plus faible avec un rendement d'élimination de 17.04 % et un rendement résiduel de 82,75 %.

2.3. Temps d'agitation

2.3.1. Effet du temps d'agitation rapide

La figure 17 présente les résultats obtenus suite aux essais effectués sur l'effet du temps d'agitation tout en travaillant avec une vitesse d'agitation rapide fixée à 160 tr/min.

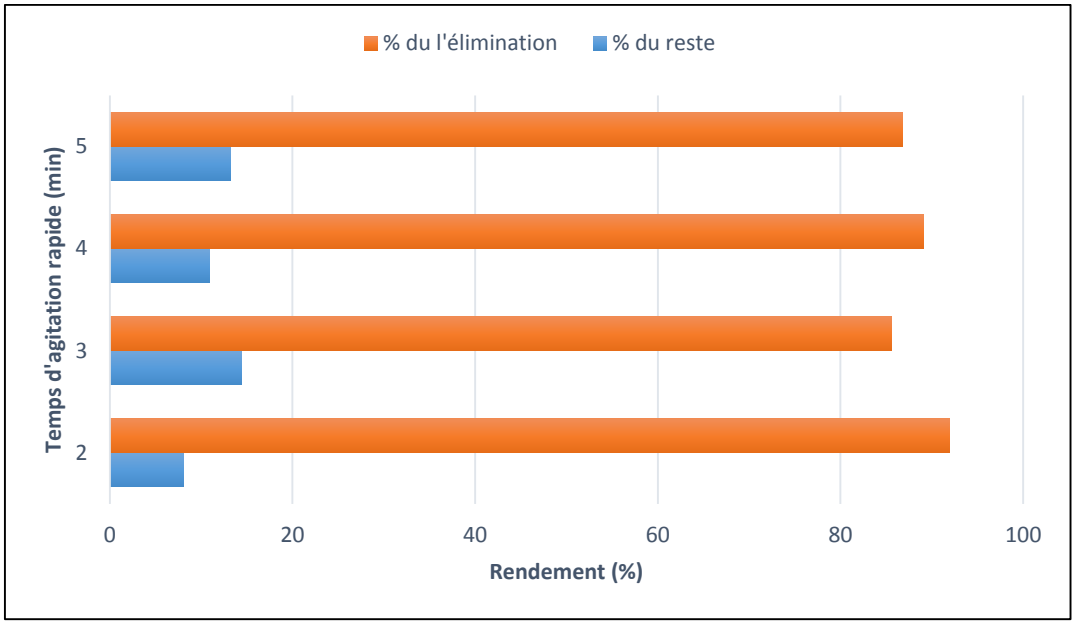

Figure 17 : variation du rendement en fonction du temps d'agitation rapide.

Nous remarquons d'après la figure que le taux d'élimination du PO_4^{3-} pour toutes les durées testées est supérieur à 80%. En effet, la durée de 2 min est la meilleure avec un taux d'élimination plus élevé de l'ordre de 91,95 % et un taux résiduel plus faible de 8,04 %.

Nous concluons qu'un temps court de l'ordre de 2 min est suffisant pour assurer une meilleure agglomération des particules fines et la formation des flocs entre la chaux (CaO) et les phosphates comme il est représenté dans la figure suivante :

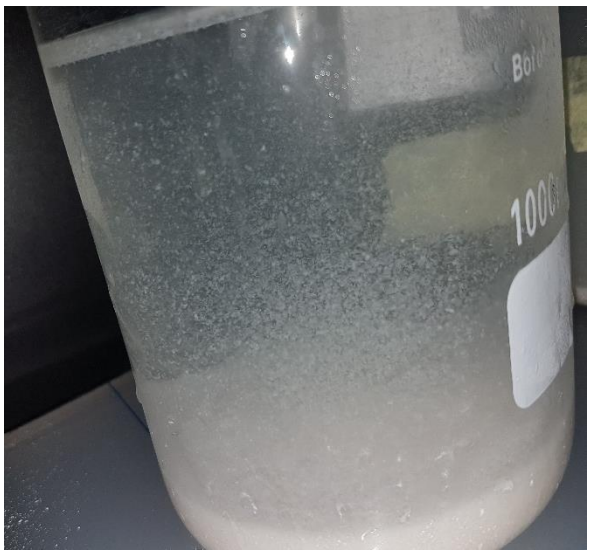

Figure 18 : Formation des flocs lors d'agitation rapide

2.3.2. Effet du temps d'agitation lente

Le graphe ci-après figurer la variation du temps d'agitation lente en fonction du rendement des phosphates.

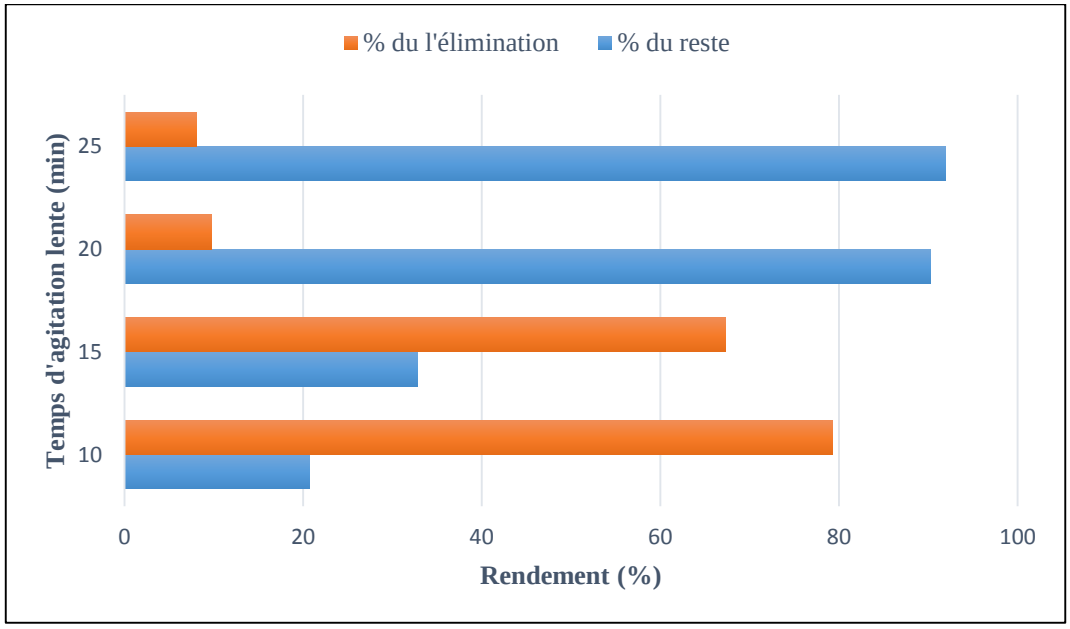

Figure 19 : variation du rendement en fonction du temps d'agitation lente.

Les valeurs de rendement d'élimination illustrées dans la figure diminuent avec l'accroissement du temps d'agitation lent. En effet le rendement résiduel le plus élevé est de 91,95 % pour une durée de 25 min et le plus faible est de 20,68 % pour une durée de 10 min.

Nous déduisons que le meilleur temps d'agitation lente est de 10 min avec un taux d'élimination en PO_4^{3-} plus élevé du 79,31 %.

Conclusion générale

Les rejets en phosphates issus des eaux usées domestiques et les rejets industriels entraînent la dégradation des milieux aquatiques et conduisent notamment aux problèmes d'eutrophisation et de la prolifération des algues. La déphosphatation des eaux chargées en phosphates se montre d'une double exigence réglementaire et environnementale pour limiter le problème de l'eutrophisation des eaux de surface. L'objectif de notre travail est de réduire la teneur en phosphates dans les eaux épurées par le traitement physico-chimique.

Ces résultats, montrent qu'il est important d'optimiser le processus épuratoire des eaux usées en vue d'éliminer au maximum la pollution phosphatée.

Nous concluons que la chaux est un coagulant efficace pour l'élimination des phosphates dans le traitement des eaux usées. Les conditions optimales pour avoir une bonne élimination sont comme suit :

- La quantité de la chaux est de 8 g/l.
- La vitesse de coagulation est de l'ordre de 160 tr/min pendant 2 min.
- La vitesse de la floculation est de 60 tr/min pendant 10 min.

Le pH joue un rôle très important dans la précipitation par coagulation-floculation : une augmentation de pH de 7,7 de l'eau traitée à un pH final compris entre 11 et 12 permet d'obtention un rendement d'élimination de bons résultats.

Perspective

Afin de diminue les concentrations du phosphore dans les eaux usées traitées rejetées par la station Ouest de Tizi-Ouzou et dans le problème de réservation des milieux récepteurs, de réduire la pollution des eaux de surface et de protection de l'environnement on a opté pour :

- ✓ Un traitement tertiaire permettant de réduire de la pollution phosphaté de l'effluent de la STEP Ouest (Boukhalfa), et le problème de l'eutrophisation des milieux aquatiques par différents procédés d'épuration (physico-chimique et biologique) pour garantir une meilleure réduction de cette charge polluante dans les milieux naturelles.
- ✓ Il serait intéressant de poursuivre cette étude dans le but d'utilisées d'autres coagulants comme réactifs de précipitation pour la déphosphatation.

Références bibliographiques

- Adour L., Laribi-habchi H., Arbia khatraoui W. (2018).traitement des eaux usées 63 p.
- Aissa Grouz Jerbi, N. (2015). *Eutrophisation et dynamique du phosphore et de l'azote en Seine: un nouveau contexte suite à l'amélioration du traitement des eaux usées* (Doctoral dissertation, Paris 6).
- Al-Qawati, M., Idrissi, Y. A., Alemad, A., Belhaili, I., Marc, I., Baichouti, F., ... & Belghyti, D. (2015). Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC [Physico-chemical analysis and quality control of groundwater from the region SIDI Allal Tazi-Gharb-MOROCCO]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, *13*(2), 420.
- Amara L. et Belkacemi H. (2018). Regularisation des concentrations en nutriments des eaux usées secondaires pour des fins agricoles : cas de la STEP Est de Tizi-Ouzou (mémoire master).
- Aoudj, A. (2012). *Déphosphatation d'une eau usée par le chitosane* (Doctoral dissertation).
- Asmlal, L. (1996). *Contribution à l'étude du métabolisme bactérien dans l'enlèvement biologique du phosphore des eaux usées* (Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke).
- BANAS, D., & LATA, J. C. Les phosphates.(https://www.researchgate.net/profile/Damien-Banas/publication/338901338_Les_phosphates/links/5e31ca81458515072d6e0a6d/Les-phosphates.pdf)
- Baumont, S., Camard, J. P., Lefranc, A., Franconi, A., Observatoire régional de santé (Ile-de-France)., & Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France (1976-2019). (2014). *Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. ORS Ile-de-France.
- BEN MABROUK, G., & MELLAK, S. (2020). *Traitement des eaux usées par la fibres Alfa et l'argile* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).
- Bickers, P. O., Bhamidimarri, R., Shepherd, J., & Russell, J. (2003). Biological phosphorus removal from a phosphorus-rich dairy processing wastewater. *Water Science and Technology*, *48*(8), 43-51.
- Boukamoum, M. (2016). *Contribution a la prévision de la demande en eau en Algérie: application sur l'agglomération de Sétif* (Doctoral dissertation).
- Bouzid M. et Yahiaoui F. (2015). Le suivi temporel des performances épuratoires de la station EST de la ville de Tizi-Ouzou. (Mémoire master) 87p.
- BRASILIA (2013); Manuel pratique d'analyse de l'eau 4^{éme} Edition (fondation National de la santé).

- Cabanes, F. (2006). *Déphosphatation des effluents: Précipitation et valorisation du phosphore* (Doctoral dissertation).
- Coulibaly, S. L. (2014). *Abattement des phosphates des eaux usées par adsorption sur des géomatériaux constitués de Latérite, grès et schistes ardoisiers* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- Dahmani S. , Ait si amer H. (2017). Dynamique du phosphore dans une station d'épuration classique, cas de la Step Est de la ville de Tizi Ouzou. Mémoire master.
- Daumer, M. L. (2007). Analyse des transformations du phosphore lors du stockage et du traitement biologique et physico-chimique des lisiers de porc en vue d'un recyclage (Doctoral dissertation, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse).
- Documentation interne ; fiche technique de l'ONA
- Deronzier, G., & Choubert, J. M. (2004). Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. *Document technique FNDAE*, *29*.
- Durrant, A. E., Scrimshaw, M. D., Stratful, I., & Lester, J. N. (1999). Review of the feasibility of recovering phosphate from wastewater for use as a raw material by the phosphate industry. *Environmental Technology*, *20*(7), 749-758.
- Galvez-Cloutier, R., Ize, S., & Arsenault, S. (2002). Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophi-sation. *Vecteur environnement*, *35*(6), 18.
- Gangbazo, G. (2011). *Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau: un manuel pour assister les organismes de bassin versant du Québec dans la planification de la gestion intégrée des ressources en eau*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- Habi, T. (2018). *Déphosphatation des eaux chargées en phosphate* (Doctoral dissertation, UMMTO).
- Idrissi, Y. A., Alemad, A., Aboubaker, S., Daifi, H., Elkharrim, K., & Belghyti, D. (2015). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville d'Azilal-Maroc-/[Physico-chemical characterization of wastewater from Azilal city-Morocco-]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, *11*(3), 556.
- Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.
- Keddari D. (2015). Mise au point des thechniques de mesure de la DBO5 des formes azotées et des parametres physique des eaux superficielles 53p
- Malki, Y. (2018). Etude du pouvoir adsorbant de la Goethite pour éliminer les Phosphates.
- Marie Lise DELGARD (2018). Récupération du phosphore des eaux usées en traitement tertiaire pour valorisation. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-

02060863/document#:~:text=Un%20rendement%20de%20plus%20de,effluents%20a%C3%A9robies%20en%20traitement%20tertiaire.

- Metahri, M. S. (2012). *Elimination siultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou* (Doctoral dissertation, Universite Mouloud Mammeri).
- Minton, G. R., & Carlson, D. A. (1972). Combined biological-chemical phosphorus removal. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 1736-1755.
- Narasiah, S., Shoiry, J., & Morasse, C. (1988). Effets des variations des températures saisonnières sur les modifications des phosphates dans des eaux usées. *Revue des sciences de l'eau*, *1*(4), 305-320.
- Ouanouki Benalia (2013). Traitement des eaux usées. Gestion de l'environnement 222p.
- Reggam, A., Bouchelaghem, H., & Houhamdi, M. (2015). Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): caractérisation et analyse en composantes principales. *Journal of Materials and Environmental Science*, *6*(5), 1417-1425.
- Rodier J. (2009). L'analyse de l'eau 9^{éme} édition.
- Rodier J.(2005). L'analyse de l'eau 8^{éme} édition.
- Schneider, V. (2014). *Etude sur l'optimisation du process de déphosphatation physisco-chimique de l'UDEP Nautil'Usses d'Allonzier-la-Caille* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- Volker et Prasuhn, (2005) https://www.researchgate.net/profile/Volker-Prasuhn/publication/262724607_Le_phosphore_dans_l'agriculture/links/0f3175388f0907cdf0000000/Le-phosphore-dans-lagriculture.pdf
- Zeghoud, M. S. (2014). Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire master.

Annexes

Annexe 01

4 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26 24 Rabie El Aouel 1427
23 avril 2006

DECRETS

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 04-04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ;

Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ;

Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;

Décrète :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

SECTION 1
DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES

Art. 2. — Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.

Art. 3. — Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret.

Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret.

Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée,

En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.

SECTION 2
DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 4. — Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Art. 5. — Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.

Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.

SECTION 3
DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

Art. 6. — Au titre de l'autocontrôle et de l'autosurveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.

Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Art. 7. — Les résultats des analyses doivent être mises à la disposition des services de contrôle habilités.

Art. 8. — Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.

Art. 9. — Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

Art. 10. — L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

Art. 11. — Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus, donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet.

Le procès-verbal comporte :

— les noms, prénoms et qualité des personnes ayant effectué le contrôle,

— la désignation du ou des générateurs du rejet d'effluents liquides industriels et de la nature de leur activité,

— la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place,

— les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place,

— l'identification de chaque échantillon prélevé, accompagné de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement,

— le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé.

Art. 12. — Les méthodes d'échantillonnage, de conservation et de manipulation des échantillons ainsi que les modalités d'analyses sont effectuées selon les normes algériennes en vigueur.

Art. 13. — Toutes dispositions contraires au présent décret et notamment les dispositions du décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, susvisé, sont abrogées.

Art. 14. — Le présent décret sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006.

Ahmed OUYAHIA.

ANNEXE I

VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO_5 : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

ANNEXE II

TOLERANCE A CERTAINES VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS SELON LES CATEGORIES D'INSTALLATIONS

1 - INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE :

a - Abattoirs et transformation de la viande :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Volume /quantité	m3/t carcasse traitée	6	8
PH	-	5,5 - 8,5	6-9
DBO_5	g/t	250	300
DCO	"	800	1 000
Matière décantable	"	200	250

b - Sucrerie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	6-9	6-9
DBO_5	mg/l	200	400
DCO	"	200	250
MES	"	300	350
Huiles et graisses	"	5	10

c - Levurerie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	35
PH	-	5,5 - 8,5	6,5 - 8,5
DBO_5	mg/l	100	120
DCO	"	7 000	8 000
MES	"	30	50

d - Brasserie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	9 – 10,5
DBO^5	g/t de malt produit	250	300
DCO	"	700	750
MES	"	250	300

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO_5 : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

e - Corps Gras :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	6-9
DBO^5	g/t	200	250
DCO	"	700	800
MES	"	150	200

2 - Industrie de l'Energie :

a - Raffinage de pétrole :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Débit d'eau	m3/t	1	1,2
Température	°C	30	35
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DBO_5	g/t	25	30
DCO	"	100	120
MES	"	25	30
Azote total	"	20	25
Huiles et graisses	mg/l	15	20
Phénol	g/t	0,25	0,5
Hydrocarbures	g/t	5	10
Plomb	mg/l	0,5	1
Chrome 3+	"	0,05	0,3
Chrome 6+	"	0,1	0,5

b - Coképaction :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
DBO_5	mg/l	30	40
DCO	"	120	200
Phosphores	"	2	2
Cyanures	"	0,1	0,1
Composés d'Azote	"	35	40
Indice Phénols	"	0,3	0,5
Benzène, Toluène, Xylène	"	0,08	0,1
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	"	0,08	0,1
Sulfure	"	0,08	0,1
Substances filtrables	"	40	50

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO_5 : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

3 - Industrie mécanique :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5- 8,5	5,5- 8,5
DCO	mg/l	300	350
Cyanure	"	0,1	0,15
Cuivre	"	0,7	1
Nickel	"	0,7	1
Zinc	"	2,5	3
Plomb	"	0,7	1
Cadmium	"	0,5	1
Hydrocarbures	"	15	20
Phénol	"	0,5	1
Métaux totaux	"	20	25

4 - Industrie de transformation des métaux :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Cuivre	mg/l	1.5	2
Nickel	"	2	2,5
Chrome	"	1,5	2
Fer	"	5	7,5
Aluminium	"	5	7,5

5 - Industrie de minerais non métallique :

a - Céramique :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
Matière décantable	"	0,5	1
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2

b - Verre :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES INDUSTRIES ANCIENNES
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
MES	"	0,3	0,5
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2
Chrome	"	0,1	0,1
Cobalt	"	0,1	0,1
Cuivre	"	0,1	0,3
Nickel	"	0,1	0,5
Zinc	"	2	5

PH : Potentiel d'hydrogène
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

c - Ciment, plâtre et chaux :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
Matière décantable	"	0,5	1
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2
Chrome	"	0,1	0,1
Cobalt	"	0,1	0,1
Cuivre	"	0,1	0,3
Nickel	"	0,1	0,5
Zinc	"	2	5

6 - Industrie de textile :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°C	30	35
PH	-	6,5-8,5	6-9
DBO_5	mg/l	150	200
DCO	"	250	300
Matière décantable	"	0,4	0,5
Matière non dissoute	"	30	40
Oxydabilité	"	100	120
Permanganate	"	20	25

7 - Industrie de tannerie et mégisserie :

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES INDUSTRIES ANCIENNES
DBO_5	mg/l	350	400
DCO	"	850	1000
MES	"	400	500
Chrome total	"	3	4

PH : Potentiel d'hydrogène
DBO_5 : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
DCO : Demande chimique en oxygène
MES : Matière en suspension

Annexe 02

Dosage de phosphore : méthode d'Olsen

- **Appareil**

Spectrophotomètre UV-Visible

- **préparation des solutions :**

1. Solution de $NaHCO_3$:

   42 g de bicarbonate de sodium dans 1L d'eau distillée à 0.5M et ajuster le pH à 8,5 avec la soudre (NaOH) 1N.

2. Réactif chloromolibdique

   25 g de molybdate d'ammonium+200ml d'eau distillée chaude+275 ml d'HCl dans 475 ml d'eau distillée

   → Laisser refroidir puis ajuster à 1000ml avec l'eau distillée.

3. Acide ascorbique

   1g d'acide ascorbique dans 100ml d'eau distillée.

4. La solution étalon d'orthophosphates.

Introduire 0,439g de phosphate monopotassique (KH_2PO_4) dans une fiole de 1000ml, on obtient une solution à 100mg de P/l.

Dans une folie de 200ml, introduire 10ml de cette solution et compléter au volume à l'eau distillée pour obtenir une solution à 5mg P/l.

- **Préparation de la gamme étalon :**

Dans des fioles de 25 ml

N ° de la fiole	0	1	2	3	4	5	6
Volume de $KH_2 PO_4$	0	0.5	1	2	4	6	8
Solution de Na HCO_3	5	5	5	5	5	5	5
Réactif chloromolibdique	5	5	5	5	5	5	5
Acide ascorbique	1	1	1	1	1	1	1
L'eau distillée	14	13.5	13	12	10	8	6
[ ] finale en mg de P/l	0	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.4

- **Pour les échantillons**

Dans une fiole jaugée de 25 ml on mit

- ✓ 5 ml de l'eau usée
- ✓ 5 ml de réactifs chloromolibdique

- Laisser dégager le CO_2
  - ✓ 1 ml de solution d'acide ascorbique
- Compléter le volume par l'eau distillée
- Les mettre 10 min au bain marie
- Passer à la colorimétrie à 660 nm.

Résumé

L'objectif de ce travail vise la déphosphatation des eaux usées épurées de la station d'épuration Tizi-Ouzou Ouest, la méthode effectuée est la coagulation-floculation en utilisant la chaux comme coagulant. Les résultats des analyses du phosphore effectuées au niveau du laboratoire montrent que la concentration des phosphates initiale est 0,174 mg/l, une diminution remarquable après les tests d'élimination : la quantité du coagulant est 8g ; La vitesse de coagulation est de l'ordre de 160 tr/min pendant 2 min ; La vitesse de la floculation est de 60 tr/min pendant 10 min.

Mot clés : phosphates, eaux usées épurées, élimination, coagulation-floculation.

Abstract

The aim of this work is to dephosphate treated wastewater from the Tizi-Ouzou Ouest wastewater treatment plant. The method used is coagulation-flocculation using lime as the coagulant. The results of the phosphorus analyses carried out in the laboratory show that the initial phosphate concentration is 0.174 mg/l, with a remarkable reduction after the elimination tests: the quantity of coagulant is 8g; the coagulation speed is around 160 rpm for 2 min; the flocculation speed is 60 rpm for 10 min.

Key words: phosphates, treated wastewater, elimination, coagulation-flocculation.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو إزالة فوسفات مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بتيزي وزو الغربية، والطريقة المنفذة هي التخثر–التلبد باستخدام الجير كمادة تخثر. تظهر نتائج تحاليل الفوسفور التي تم إجراؤها على مستوى المختبر أن تركيز الفوسفات الأولي هو 0.174mg/l، وهو انخفاض ملحوظ بعد اختبارات الإزالة: كمية التخثر 8 جرام؛ تبلغ سرعة التخثر حوالي 160 دورة في الدقيقة لمدة دقيقتين؛ سرعة التلبد هي 60 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق.

الكلمات المفتاحية: الفوسفات، مياه الصرف الصحي المعالجة، التخلص، التخثر–التلبد.