

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**
**UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU FACULTE DES SCIENCES
BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Eau et Environnement
Thème

Essai de biocoagulation des eaux de barrage de Taksebt par des Substances Naturelles

Réalisé par

Melle AMROUCHE Sihem

et

Melle DJENDER Leaticia

Soutenu devant le jury composé de

Mr.YEZID H.	Président	Maître de Conférences classe A à l'UMMTO
Mme.BEROUANE N.	Examinatrice	Maître Assistante classe A à l'UMMTO
Mme.BENAHMED DJILALI A.	Promotrice	Professeure à l'UMMTO
Mme.AÏT ALALLA N.	Co-promotrice	Ingénieur à ONA

Année universitaire 2022 /2023

REMERCIEMENT

Au début, on souhaite adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

On tient à remercier Mme. BENAHMED DJALAL Adiba pour sa qualité d'encadrement et pour sa thématique de recherche là qu'elle nous a accordée.

Mme. AÏT ALALLA Nouora pour nous avoir suivis et conseillés tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont aussi à monsieur YEZID H. notre président de jury ; et madame BEROUANE N. notre examinatrice.

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif des membres de notre famille, surtout nos parents qu'ils nous ont toujours encouragée moralement et matériellement et à qui on tient à les remercier.

Enfin on tient à exprimer vivement nos remerciements avec une profonde gratitude à tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation, car un projet ne peut pas être le fruit d'une seule personne.

DEDICACE

Ce projet fin d'étude est dédié à mes chers parents et, qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études. Sans eux, je n'aurais certainement pas fait d'études longues. Ce projet fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité. Qu'ils en soient remerciés par cette trop modeste dédicace.

C'est un moment de plaisir de dédier cet œuvre, à mes belles sœurs : Lisa et Lina, et mes chers frères : Aghilas et Mahdi.

Et pour mes chères grandes mères qui traduisent leurs amours par leurs prières et surtout, mes tantes et mes oncles.

Et finalement, à mes ami(e) Smail, Razika, Sonia, Souhila.

STEM

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : généralité sur les eaux potable.....	3
Introduction.....	3
3.1 Présentation du barrage de Taksebt.....	3
3.1 Présentation de la station.....	4
3.1 Chaîne élémentaire de production d'eau potable	4
Prétraitement	5
Préoxydation	5
Clarification.....	7
Oxydation-Désinfection	7
Affinage	8
3.1 Filtration	9
Chapitre II Généralités sur la coagulation-floculation.....	
Introduction	12
2. Définition.....	12
3 Traitements physico-chimiques de l'eau brute.....	12
3.1 Coagulation.....	12
3.2 Floculation	12
3.3 Décantation	12
3.3.1 Processus de coagulation-floculation.....	13
3.4 Facteurs affectant le processus de coagulation-floculation	13
3.5 Caractéristiques des biocoagulants et des biofloculants	14
3.5.1 Origine	14
3.5.2 Caractéristiques chimiques.....	14
4. Biocoagulation	14
5. Généralités sur lichens	15
5.1 Définition	15
5.2 Classification	15
5.3 Morphologie	15
6. Généralités sur la vigne.....	16
6.1 Définition	16
6.2 Classification	16
6.3 Morphologie	16
6.4 Propriétés et bienfaits des feuilles	17
7. Généralités sur la mousse d'olivier (<i>Brachythecium llecebrum</i>).....	17
7.1 Définition	17
7.2 Caractéristiques.....	17
7.3 Morphologie	18

7.4	Mécanisme de fonctionnement des coagulants/floculants naturels	19
Chapitre III matériel et méthodes		
3.1	Cadre de l'étude	20
3.1.1	Matériel	21
3.1.2	Matériel végétal	21
3.1.3	Matériel chimiques	21
3.2	Méthodes	21
3.3	Essai de biocoagulation-floculation	22
3.4	Extraction de mucilage	22
3.5	Coagulation-floculation	22
3.6	Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux analysées	23
3.6.1	Turbidité	23
3.6.2	Détermination du pH	23
3.6.3	Conductivité	24
3.6.4	Jar test	24
Chapitre IV Résultats et discussion		
4.1	Résultats de la conductivité	25
4.2	Résultat de floculation par les bio-coagulants	26
4.2.1	Graphes des résultats du test biocoagulation-floculation des différentes poudres sur les eaux brutes	26
4.2.2	Graphes des résultats du test coagulation-floculation de l'eau de lavage en utilisant les différents poudres de (mousses, lichens et feuilles de vine)	28
1.	1. Graphe des résultats avant agitation.....	28
4.4.	Formation des billes de biocoagulants de différents diamètres	29
4.4.1	A base de la poudre de feuilles de vine et le gel de cladodes.....	29
4.4.2	A base des graines de lin et cresson	30
4.4.3	Graphes des résultats des effets des billes de différents diamètres sur l'eau de lavage. ...	31
4.7.1	Graphes des résultats des effets des billes de différents diamètres sur l'eau brute.....	33
a.	Graphes des résultats après 1h de décantation	33
Conclusion		35

Liste des figures

01	Localisation de barrage de Taksebt	4
02	Photo graphique de station de barrage de Taksebt	5
04	Aspect des lichens et leur poudre	16
05	Aspect de feuille de vigne et leur poudre	17
06	Aspect des mousses d'oliviers et leur poudre	19
07	Turbidimètre (HI 460, Technical Indicators)	23
08	pH-mètre(HANNA)	24
09	Conductimètre(HANNA)	24
10	Jar test (WiseStir)	25
11	Représente les deux types d'eau de Taksebt.	30
12	Poudre de diamètre 106 μm avec gel de cladode	30
13	Poudre de diamètre 350 μm avec gel de cladode	30
14	Poudre de diamètre 710 μm avec gel de cladode	31
15	Poudre de diamètre 106 μm avec les grains de lin et cresson	31
16	Poudre de diamètre 350 μm avec les grains de lin et cresson	31
17	Poudre de diamètre 710 μm avec les grains de lin et cresson	31

Liste des tableaux

01	Normes OMS des paramètres physico-chimiques caractérisant l'eau potable	10
-----------	---	----

Liste des graphiques

01	Résultats avant agitation sur l'eau brute	26
02	Résultats après 1h de décantation sur l'eau brute	27
03	Résultats après 2h de décantation sur l'eau brute	27
04	Résultats avant agitation sur l'eau de lavage	28
05	Résultats après 1h de décantation sur l'eau de lavage	28
06	Résultats après 2h de décantation sur l'eau de lavage	29
07	Résultats sur l'eau brute après 1h de décantation	32
08	Résultats sur l'eau brute après 2h de décantation	32
09	Résultats sur l'eau de lavage avant agitation	33
10	Résultats sur l'eau de lavage après 1h de décantation	33
11	Résultats sur l'eau de lavage après 2h de décantation	34

Liste des abréviations

AAR : Activité Anti-radicalaire
Abs : Absorbance
B-COG : Bio-Coagulant.
MES : Matières en Suspension.
MS : matière sèche.
Npp : Nombre plus potable

pH : potentiel d'Hydrogène
pZ : potentiel Zêta
SEAAL : Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger.
STEP : Station d'Épuration.
Tr/min : tour par minute
UV : Ultra- Violet

Introduction générale

L'eau potable est un droit fondamental pour tous les humains. Cependant elle est inégalement répartie à l'échelle planétaire. Ainsi, la question d'eau potable en qualité et en quantité suffisantes pour tous, demeure une priorité pour de nombreux pays dans le monde entier (BELLO et ; *al.* 2012). L'eau potable répond à de très grandes exigences de qualité. Néanmoins, les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ne remplissent pas toujours les critères requis en termes de qualité chimique et microbiologique, c'est la raison pour laquelle l'eau doit être traitée avant d'être consommée (WALLON, 2003).

Les eaux superficielles, notamment les eaux des barrages, ont une concentration élevée en matières organiques. Ces eaux brutes, constituent la source d'alimentation des différentes stations de traitement des eaux potables. Ces dernières années, l'augmentation des activités industrielles et agricoles a conduit à l'utilisation des ressources naturelles et l'élimination de divers types de polluants, tels que les composés organiques distribués dans les écosystèmes par diverses sources (agriculture intensive, industrie électrique, etc.) et la présence d'éléments radioactifs (Radionucléides) émis des centrales nucléaires, essais et accidents, de micropolluants minéraux (cadmium, mercure, zinc...), composés organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP], PCB [PCB]...) et radionucléides (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn ...) (ANDERE et *al.* 1985).

Le procédé physico-chimique, coagulation-floculation est préconisé pour réduire la charge en polluants présents dans les eaux sous l'action des flocculants synthétiques. La substitution de ces produits s'avère nécessaire vu leurs couts excessifs et leurs actions néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Ledit procédé est appliqué dans le traitement des eaux au niveau de la station de traitement des eaux potables de Taksebt (Tizi-Ouzou) par SEAAL, à l'aide de matériaux inorganiques et synthétiques (sulfate d'alumine ou le fer).

Récemment, plusieurs coagulants dérivés de matériaux naturels tels que les polysaccharides (plantes, algues) amidon, cellulose, pectine, agar, alginate, carraghénane ont été envisagés pour le traitement de l'eau potable (MOTTOT, 2000).

Par conséquent, cette Recherche a pour but de mettre en place un procédé de coagulation-floculation à base de biocoagulant naturel à base de mousse d'olivier, poudre de feuilles vigne

et les lichens de la région de Tizi Ouzou, afin de réduire la turbidité et les matières en suspension des eaux brutes et eau de lavage de barrage de Taksebt.

Introduction

L'industrie de l'eau a une pression croissante pour produire une eau traitée de plus grande qualité à un coût plus faible. Les eaux issues du processus de potabilisation sont de différentes natures à savoir les eaux souterraines constituent 22 % des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m³. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (CARDOT, 1999).

Néanmoins, les terrains traversés en influent fortement la minéralisation. Les eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrate et pesticide d'origine agricole (VALENTIN, 2000).

3.1 Présentation du barrage de Taksebt

Il s'agit d'un grand barrage hydraulique qui a été lancé en 2001 sur la rivière Takhoukhth à Ait Aïssi appelé Oued Aïssi (Fig. 1), à environ 10 kilomètres au sud-est de la capitale provinciale de Tizi Ouzou et à 100 kilomètres à l'est de la capitale Alger. Il a été achevé et mis en service le 3 juillet 2007, avec un débit d'exploitation de 180 millions de mètres cubes d'eau potable. Ce flux se répartit comme suit : 57 millions de m³/an, soit 1/3 de son débit va au département de Tizi-Ouzou et 123 millions de m³/an vont aux départements d'Alger, Blida et Boumeud (AMRANI, 2017).



Figure 1: localisation du barrage de Taksebt (Google Arth).

3.1 Présentation de la station

La station globale TAKSEBT (Fig. 2) est une unité de traitement préfabriquée a été installée à 200 m en aval du barrage de TAKSEBT. Elle est gérée par L'ADE de Tizi Ouzou, qui traite l'eau du barrage pour la distribution. La capacité de traitement 350m^3 / heure ou 7000 m^3 /J. 4800 m^3 convient pour daïra Beniduala tous les jours (AMRANI, 2017).

3.1 Chaîne élémentaire de production d'eau potable

Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur.

L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. A cet effet, l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens techniques et humains (VALENTIN, 2000).

Les eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrate et pesticide d'origine agricole (CARDOT, 1999).

Nous allons présenter, dans ce chapitre, les caractéristiques générales d'une usine de production d'eau potable, la plus complète et la plus courante, tout en détaillant plus spécifiquement le procédé sur lequel porte notre étude.



Figure 2: Photo graphique de la station de barrage de Taksebt (BOUDJADI, 2023).

Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, les prétraitements de l'eau de surface sont indispensables (CIDF-LDESEAUX, 2000).

Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement de deux types :

- Le dégrillage,
- Le tamisage.

Le dégrillage est un premier poste de traitement, cette opération permet de protéger les ouvrages aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou qui compliquent l'exécution. Le dégrillage est avant tout destiné à l'élimination de gros objets : morceaux de bois, etc. Le tamisage, quant à lui, permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple (CIDF-LDESEAUX, 2000).

Préoxydation

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de filière au niveau de la désinfection. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. Celles-

ci n'ont en elles-mêmes rien de danger. Il nous arrive souvent de boire de l'eau en contenant : le thé, le café, le vin ou le lait qui sont chargés en matières organiques, mais qui s'oxydent spontanément en présence d'air. On va les détruire dans la mesure du possible par une oxydation. Celle-ci peut être faite de trois façons différentes :

- Par l'ajout de chlore (préchloration)
- Par l'ajout de dioxyde de chlore
- Par l'ajout d'ozone (préozonation)

La préchloration est effectuée avant le procédé de clarification. Le chlore est le plus réactif et le plus économique, mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables.

On préfère utiliser le dioxyde de chlore qui coûte plus cher mais qui n'a pas les inconvénients de l'oxydation par le chlore cités ci-dessus. Ce type de traitement est cependant réservé à des cas spécifiques. En effet, l'utilisation du dioxyde de chlore présente, lui aussi, des inconvénients non négligeables comme sa décomposition à la lumière, ce qui entraîne une augmentation du taux de traitement à appliquer en période d'ensoleillement. En conclusion, le dioxyde de chlore est un oxydant plus puissant que le chlore qui représente une alternative intéressante à l'utilisation du chlore lorsque celui-ci entraîne des problèmes de qualité d'eau.

Enfin, depuis quinze à vingt ans, ils utilisent comme oxydant l'ozone, qui a non seulement l'avantage de détruire les matières organiques en cassant les chaînes moléculaires existantes, mais également a une propriété virulicide très intéressante, propriété que le chlore ne possède pas. Généralement, l'ozone est utilisé en désinfection finale, cette technique peut être mise en œuvre en oxydation. Elle peut aussi être employée pour l'amélioration de la clarification. L'un des avantages d'une préozonation est l'oxydation des matières organiques, et une élimination plus importante de la couleur. Un autre avantage est la diminution du taux de traitement (taux de coagulant) dans le procédé de clarification. En somme, la préozonation est une solution de substitution à la préchloration. On évite ainsi les problèmes liés aux sous-produits de la chloration. Néanmoins, ce procédé assiste à certaines contraintes liées à la présence des algues résistantes à l'ozone. De plus, son coût reste beaucoup plus élevé que celui de la chloration (CIDF-LDESEAUX, 2000).

Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension MES (minérales et organiques) d'une eau brute ainsi que des matières organiques dissoutes. Suivant les concentrations de l'un et de l'autre des différents polluants, on peut pratiquer des opérations de plus en plus complexes qui vont de la simple filtration avec ou sans réactif jusqu'à la coagulation – floculation – décantation ou flottation – filtration.

La clarification comprend les opérations suivantes :

- Coagulation
- Floculation
- Filtration

La coagulation est l'une des étapes les plus importantes dans le traitement des eaux de surface. 90% des usines de production d'eau potable sont concernées. La difficulté principale est de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute.

Un mauvais contrôle de ce procédé peut entraîner une augmentation importante des coûts de fonctionnement et le non-respect des objectifs de qualité en sortie. Cette opération a également une grande influence sur les opérations de décantation et de filtration ultérieures. En revanche, un contrôle efficace peut réduire les coûts de main d'œuvre et de réactifs et améliorer la conformité de la qualité de l'eau traitée.

En effet, le contrôle de cette opération est donc essentiel pour trois raisons : la maîtrise de la qualité de l'eau traitée en sortie (diminution de la turbidité), le contrôle du coagulant résiduel en sortie (réglementation de plus en plus stricte de la présence de coagulant résiduel dans l'eau traitée) et la diminution des contraintes et des coûts de fonctionnement (coûts des réactifs et des interventions humaines) (DEGREMONT, 2005).

Oxydation-Désinfection

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle ne permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans

l'eau, car la désinfection n'est pas une stérilisation. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration résiduelle en désinfectant. Une bonne désinfection via les réactifs oxydants demande la combinaison d'une concentration C avec un temps de contact T ; c'est le facteur $C \cdot T$ (mg.min/L). Cette valeur varie avec les microorganismes concernés, le type de désinfectant et la température.

Les quatre principaux désinfectants utilisés en production d'eau potable sont les suivants :

- Le chlore
- Le dioxyde de chlore
- L'ozone
- Le rayonnement UV

La concentration en oxydant est pratiquement le seul paramètre sur lequel l'opérateur peut intervenir. Il faut retenir que l'efficacité de la désinfection dépend, en partie, du suivi de la concentration en oxydant. L'évolution de la concentration en oxydant est liée à la demande en oxydant de l'eau. Cette demande dépend de la qualité de l'eau, du pH, des températures (différentes entre été et hiver), des matières organiques, et de la concentration en ammoniacale. Dans la section 1.5, nous nous focaliserons davantage sur l'aspect physico-chimique de la désinfection, et en particulière sur la chloration de l'eau (DEGREMONT, 2005).

Affinage

Le traitement final traite de la mise à l'équilibre calco-carbonique. L'eau suit un cycle naturel dans lequel les éléments chimiques qu'elle contient évoluent. L'eau de pluie contient naturellement du dioxyde de carbone (CO_2). Quand celle-ci traverse les couches d'humus, riches en acides, elle peut s'enrichir fortement en CO_2 . Lors de sa pénétration dans un sol calcaire, c'est-à-dire riche en carbonate de calcium (CaCO_3), elle se charge en calcium + CaO_2 et en ions bicarbonates – HCO_3 . En fait, le calcium est dissous par l'eau chargée en CO_2 . On dit qu'elle est entartrant ou incrustante. En revanche, quand l'eau de pluie traverse une roche pauvre en calcium (région granitique), elle reste très chargée en CO_2 dissous. Cette eau est, en générale, acide. On dit qu'elle est agressive. La correction d'une eau agressive peut s'effectuer de plusieurs façons. Premièrement, on peut éliminer le CO_2 par aération. Du fait,

de l'élimination du CO₂, le pH augmente et il se rapproche du pH d'équilibre. Deuxièmement, on peut ajouter une base à l'eau. L'ajout de base permet d'augmenter le pH et d'atteindre le pH d'équilibre. La correction d'une eau incrustante peut se faire soit par traitement direct soit en réduisant le potentiel d'entartrage par décarbonatation. Le traitement direct correspond à un ajout d'acide (DEGREMONT, 2005).

3.1 Filtration

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilite la fixation qui dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. L'espace intergranulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétrolavage. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité.

Tout filtre est composé de trois parties. On retrouve le fond, le gravier support et le matériau filtrant. Le premier élément doit être solide pour supporter le poids de l'eau, du sable et du gravier. Il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée, le plus souvent par des bosselures incorporées, et la répartition uniforme de l'eau de lavage. Le gravier a pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre.

Le lavage des filtres est réalisé en inversant le sens d'écoulement de l'eau. C'est pourquoi cette opération est souvent appelée : rétrolavage. Le sable est mis en expansion et les impuretés, moins denses que les grains de sable, sont décollés par les phénomènes de frottement intergranulaire. La vitesse de l'eau de lavage à contre-courant est limitée du fait des pertes possibles de matériau. On injecte donc de l'air pour augmenter les turbulences afin de décoller efficacement les particules de floccs fixées sur les grains.

Durant la filtration, le filtre s'encrasse et, par conséquent, la perte de charge augmente. Il faut veiller à ne pas dépasser la perte de charge maximale admissible déterminée lors de sa conception. Pour conserver un encrassement acceptable du filtre, il faut augmenter la « hauteur de couche » de celui-ci. Le temps pendant lequel on maintient un filtrant clair (eau filtrée) est proportionnel à cette « hauteur de couche » (CARDOT, 1999).

Tableau 1 : Normes OMS des paramètres physico-chimiques caractérisant l'eau potable (OMS, 2003).

Substances	unité	Normes OMS	Normes algériennes
Turbidité	NTU	<2,5	<2
Température	C°	<25	<5
TA	mg/l	<15	<5
TAC	mg/l	<15	<
Calcium	mg/l	<270	<200
Magnésium	mg/l	<50	<150
Chlorure	mg/l	<250	<500
Concentration en ions hydrogène	pH	≥ 6,5 et ≤ 9,5	≥ 6,5 et ≤ 9
Dureté	mg/l de CaCO ₃	<500	<500
Conductivité à 20 °C	µS/cm	<2100	<2800
Ammonium	mg/l	<0,5	<0,5
Potassium	mg/l	<20	<12
Aluminium	mg/l	<0,2	<0,2
Cadmium	mg/l	<3	<3
Cuivre	mg/l	<2	<2
Oxygène dissous	O ₂	<6,5	Pas de valeur guide
Fluorure	mg/l	< 1,5 mg/l (jusqu'a10)	<1,5
Fer	mg/l	<0,3	<0,3
Manganèse	mg/l	<0,4	<0,05
Nitrate	mg/l	<50	<50
Nitrite	mg/l	<0,1	<0,1

Oxydabilité	mg/l O₂	<5	<5
Sulfate	mg/l	<400	<400
Zinc	mg/l	<3	<5
Phosphate	mg/l	<0,5	<0,5
Cyanure	mg/l	<0,07	<0,07
Résidu sec	mg/l	<1500	<2000

Chapitre II Généralités sur la coagulation – floculation

Introduction

La biocoagulation est une nouvelle technologie permettant de collecter des particules extrêmement fines et diffère des procédés bien connus comme la bio-sorption la bioaccumulation et la biotransformation : dans la biocoagulation, les particules sont très petites et solides. Pour les autres procédés, les minéraux se dissolvent et les ions sont adsorbés ou accumulés.

2. Définition

L'eau de lavage c'est une eau issue de l'opération de lavage des filtres est une étape indispensable dans le processus de la filtration est réalisée en inversant le sens d'écoulement de l'eau ce que on 'appelle rétrolavage.

Il existe quatre sources principales d'eaux brutes, les eaux de pluie, eau de mer, eau souterraine et l'eau de rivières. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction Eau- milieu environnant (DESJARDINS.2005).

3 Traitements physico-chimiques de l'eau brute

3.1 Coagulation

Elle consiste à ajouter un coagulant responsable de la formation de la mousse à l'eau brute à une concentration bien définie sous une agitation relativement forte (~100 rpm). Lorsque le coagulant est en contact effectif avec l'eau, la solution aqueuse et les particules en suspension perdent leur stabilité, les charges répulsives s'annulent et les particules peuvent s'attirer.

3.2Floculation

Cela implique l'ajout de flocculant (polymère), généralement à faible concentration, avec une agitation lente (~ 40 tr/min) pour permettre un contact adéquat sans perturber les floccs qui se forment. Les particules en suspension, préalablement déstabilisées, s'adsorbent alors sur le polymère et forment des floccs assez denses, qui se décantent (YUNOS ; NASIR, 2017).

3.3Décantation

A ce stade, la vitesse d'agitation est nulle et on laisse décanter les floccs (LAKRIMI ; MERZOUK ; MESBOUA, 2022).

3.3.1 Processus de coagulation-floculation

La coagulation est un processus chimique de l'eau qui permet l'addition d'un agent coagulant à une solution pour neutraliser les particules chargées négativement (YIN,2010). Un coagulant est un composé avec des charges positives (principalement divalentes) qui peut interagir avec les particules en suspension à l'intérieur de la solution et créer une forme neutre de composés combinés (KUMAR, 2016 ; OKAIYETO et NWODO, 2016).

Les processus de coagulation sont habituellement suivis d'étapes de floculation et de sédimentation dans les installations de traitement de l'eau. Une vitesse, une intensité et un temps de mélange spécifiques sont nécessaires pour accélérer la vitesse de collision des particules (EBELING, 2003 ; BINAHMED ; AYOUB, 2015). La collision de floes va créer une agglomération de particules qui ont une vitesse de décantation élevée (YUNOS ; NASIR, 2017).

Plusieurs mécanismes, y compris la neutralisation de charge, la coagulation par balayage, le pontage et la floculation de patch, peuvent se produire pendant la formation de floes.

3.4 Facteurs affectant le processus de coagulation-floculation

Plusieurs facteurs influent sur les processus de coagulation et de floculation dans le traitement de l'eau et des eaux usées, notamment les coagulants/floculants utilisés, les procédés de mélange et les caractéristiques de l'eau à traiter. Le type de coagulants/floculants affectera remarquablement la performance des processus de coagulation et de floculation en raison de l'apparition de mécanismes différents (DUAN ; GREGO ,2003). Pendant ce temps, le dosage des coagulants/floculants doit être optimisé avant l'application (EBELING, 2003 ; HENDERSON, 1987).

La coagulation chimique et la floculation sont des processus qui dépendent fortement des changements de pH parce que ce dernier a la capacité de déterminer l'espèce de polymère qui se formera lorsque les coagulants / floculants à base de métal se dissolvent dans l'eau (CHETHANA, 2016 ; LIM, ISMAIL, 2012).

Le pH opérationnel spécifique doit être analysé pour chaque type de coagulant. Un changement de température a également un effet substantiel sur le processus d'agrégation (FITZPATRICK, et FRADIN, 2004). La concentration initiale de particules en suspension influence la performance des coagulants/floculants. Les coagulants/floculants fonctionnent généralement bien dans l'eau à forte turbidité, alors que leur rendement est réduit dans l'eau à

faible turbidité (HENDERSON, 1987 ; ASRAFUZZAMAN ; FAKHRUDDIN, 2011). Un agent coagulant ou floculant peut-être nécessaire dans le processus de traitement de l'eau à turbidité extrêmement élevée ou faible. En outre, les caractéristiques des particules en suspension dans l'eau affectent également les performances des processus de coagulation et de floculation. Ce phénomène est fortement lié aux caractéristiques du potentiel zêta (BINAHMED, et AYOUB, 2015).

3.5 Caractéristiques des biocoagulants et des biofloculants

3.5.1 Origine

Dans les temps anciens, les gens n'étaient pas bien exposés à un traitement approprié de l'eau. Pour un usage domestique normal, l'eau était simplement bouillie et filtrée pour acquérir de l'eau consommable. Ce scénario est encore présent dans certaines régions où l'accès à des sources d'eau et à des technologies appropriées est limité. Au fil du temps, les gens ont trouvé une méthode pour clarifier l'eau non propre en ajoutant de la poudre végétale, appelée biocoagulant, à l'eau trouble pour déposer la saleté. Au 19ème siècle, les coagulants métalliques ont été introduits et ont commencé à attirer l'attention du monde entier. La Chine a été le premier pays à utiliser l'alun pour le traitement des eaux usées (CHOY, 2014).

3.5.2 Caractéristiques chimiques

Les biocoagulants peuvent être extraits de plantes, d'animaux ou de micro-organismes (AMRAN, 2018 ; MURUGANANDAM, 2017). Les caractéristiques importantes de ces sources qui leur permettent d'être utilisées comme biocoagulants sont la teneur en polysaccharides (MANHOLER, 2019), en polymères protéiques (AMRAN, 2018) et en certains groupes fonctionnels (CHOY, 2014), tels que les groupes hydroxyle et carboxyle. Les polysaccharides, les protéines et certains groupes fonctionnels favorisent les mécanismes d'adsorption, de pontage des polymères et de neutralisation de charge (DUAN ; GREGOR.2003 ; EDZWALD, 1993).

4. Biocoagulation

Les biocoagulants se caractérisent par plusieurs propriétés physico-chimiques et biologiques à savoir :

- ✓ Non toxiques.
- ✓ Biocompatibles.
- ✓ Biodégradables.
- ✓ Polyfonctionnels.

- ✓ Actifs chimiquement (possèdent de nombreux sites chimiques).
- ✓ Chélateurs et bioadsorbants.

Exemple de biocoagulant le cactus est une plante xérophytique originaire des régions arides. Cette plante a été utilisée pour traiter des rejets liquides chargés en matières en suspension (EDZWALD et *al.* 2015).

5. Généralités sur lichens

5.1 Définition

Les lichens sont des végétaux inférieurs, appartenant au grand groupe des *Cryptogames*, qui présentent en général un aspect si caractéristique que l'œil le moins exercé les reconnaît facilement (VAINIO, 1890).

5.2 Classification

Ces les voisins des algues et des champignons avec lesquels ils présentent les plus grandes affinités, ils s'en distinguent cependant assez nettement, par la forme de leur appareil végétatif et leur mode de végétation, pour constituer un groupe homogène de petite taille.

5.3 Morphologie

Les Lichens (Fig.10) se présentent sous la forme d'expansions foliacées appliquées intimement sur les pierres, les écorces des arbres, et plus ou moins dressées et fixées sur les mêmes corps ou directement sur le sol. Ils peuvent avoir aussi la forme de filaments ou d'arborescences irrégulières.



Figure 3: Aspect des lichens et leur poudre (depositphotos.com)

6. Généralités sur la vigne

6.1 Définition

Vitis vinifera L (*Vitaceae*), le nom turc, « Asma », est une vigne ligneuse vivace, habituellement grimpante par les vrilles, originaire d'Asie Mineure puis introduit en Europe et dans d'autres continents (DIDEM DELIORMAN et *al.* 2007).

6.2 Classification

La famille de cette plante est Vitacées, sont des angiospermes dicotylédones (Ampélicées) selon la classification « Angiosperm Phylogeny Group classification » APG III (2009) (HASTON ET AL, 2009), et à l'ordre des Vitales (LACOMBE, 2012).

6.3 Morphologie

Les feuilles de la vigne (Fig.11) constituent le principal organe utilisé en ampélographie (RIBEREAU-GAYON ; PEYNAUD, 1971). Elles fournissent d'excellents critères de détermination et de caractérisation des cépages (GALET, 1993 ; SIMON, 1997).



Figure 4: Aspect des feuilles de vigne (patmo.net).

6.4 Propriétés et bienfaits des feuilles

La vigne possède des substances bioactives générées par les systèmes métaboliques (primaires et secondaires). Les substances issues du métabolisme primaire sont indispensables à la vie de la plante, elles résultent de la photosynthèse. Les substances issues du deuxième système sont fortement exploitées par l'homme dans les différents domaines tels que le domaine culinaire comme les colorants et les arômes, dans le domaine agricole comme herbicides, et dans le domaine médical comme antibiotiques, antioxydants, médicaments. (BRUNETON, 1993)

Selon des recherches récentes rapportent que les feuilles de vigne se caractérisent par un pH acide (4,7) et une acidité fortement élevée (11,8%), elles sont riches en substances bioactives (polyphénols, flavonoids, tannins et polysachharides). Elles contiennent des taux élevés de macro-éléments (Na, K) et faibles teneurs en Fe, Zn, Mn...). Elles sont dépourvues en métaux lourds tels que (Cr, Cd) (BENAHMED DJILALI et *al.* 2020 ; BENAHMED DJILALI et *al.* 2021).

7. Généralités sur la mousse d'olivier (*Brachythecium llecebrum*)

7.1 Définition

Les mousses sont des plantes qui ne dépassent pas la vingtaine de centimètre elles appartiennent à la famille de *Bryophytes*. Le terme bryophyte a été inventé par le botaniste Alexandre Braun en 1864, en associant deux mots grecs : bryo qui signifie mousse et phytos qui signifie plante, dans le but de remplacer l'appellation mousse. De nos jours, cette appellation ne signifie pas mousse, mais désigne le nom d'un embranchement qui comporte trois groupes de plantes respectivement : les mousses, les hépatiques et les anthocérotes. Le dernier groupe constitue des végétaux anciens faisant la transition évolutive entre les algues et les végétaux vasculaires. En effet, il existe environ 800 espèces de mousses, 300 espèces d'hépatiques et uniquement quatre espèces d'anthocérotes (LAKRIMI, MERZOUK, & MESBOUA, 2022).

7.2 Caractéristiques

Les principales caractéristiques des mousses sont résumées comme suit :

- Plantes photosynthétiques (possèdent de la chlorophylle).
- Leur source d'énergie c'est la lumière.
- Elles sont invasculaires.
- Ne possèdent pas de vraies racines, possèdent des rhizoïdes qui ont pour rôle la fixation.

- Possèdent des cellules de petites tailles (LAKRIMI ; MERZOUK, & MESBOUA, 2022).

7.3 Morphologie

Les mousses sont composées d'une tige qui peut être : dressée, couchée ou rampante, de feuilles, qui sont de simples émergences, sans véritables nervures et sans stomates, constituées d'une seule assise de cellules chlorophylliennes, leurs tailles et leurs formes sont variées avec parfois des rameaux feuillés qui se fixent au substrat par des rhizoïdes, la partie verte contient des cellules sexuelles ou gamètes appelées gamétocytes.

Les *Bryophytes* ne possèdent pas d'appareil conducteur qui permet de distribuer et stocker l'eau et les éléments nutritifs, elles absorbent l'eau et les sels minéraux par diffusion à travers l'ensemble des tissus. Elles ont la capacité de reviviscence, qui leurs permettent de supporter de longue période de sécheresse, dans lesquelles elles se retrouvent complètement déshydratées avec un état de vie en ralentie, pendant plusieurs semaines ou mois, puis elles reprennent leurs activités lorsque l'eau est de nouveau disponible, à titre d'exemple, l'hépatique *Riccia macrocapa* a été conservée en herbiers pendant 23 ans, puis elle a repris son développement après avoir été humidifiée (GUINGNARD, 1983). Le genre *Brachytecium* appartient à la famille des *Brachyteciumciacées*, classée dans l'ordre des hypnales qui regroupent les bryophytes (mousses) (LAKRIMI, MERZOUK, & MESBOUA, (2022).

La mousse d'oliviers utilisée dans notre étude est présentée sur la figure 14.



Figure 5: aspect de mousse d'olivier (powerofmoss.com) et sa poudre

7.4 Mécanisme de fonctionnement des coagulants/floculants naturels

Les mécanismes de la coagulation naturelle sont principalement l'adsorption, la neutralisation de charge, le pontage des polymères, la coagulation précipitative et le patching électrostatique. Les trois premiers sont les principaux mécanismes de biocoagulation, tels que décrits ci-dessous.

- ✓ **Adsorption** : Les polymères naturels fournissent une surface libre pour adsorber les particules colloïdales et former des particules plus grosses qui sont plus faciles à déposer (GREGORY ; BARANY, 2011 ; MANHOLER, DE SOUZA, 2019 ; BOLTO, et GREGORY, 2007).

- ✓ **Pontage en polymère** : Les particules colloïdales se fixeront à une partie d'un polymère à longue chaîne, tandis que l'autre partie libre de la chaîne formera une boucle et une queue. Les molécules continueront à former une molécule plus grande lorsque la queue libre se fixe avec un autre colloïde libre, augmentant ainsi la taille des particules. Le dosage correct des coagulants pour fournir une surface libre pour le processus est important (AMRAN, 2018 ; BOLTO ; GREGORY, 2007).

- ✓ **Neutralisation de charge** : Les particules colloïdales sont normalement de charge négative et ne peuvent pas former une particule plus grosse car elles se repoussent les unes les autres. Ainsi, l'ajout de biocoagulants cationiques produira du carboxylate et des ions H pour neutraliser la suspension proche du potentiel zêta nul et rendre possible la formation d'un gros flocc. Une faible dose de coagulants sera nécessaire pour le traitement s'ils ont une densité de charge élevée (AMRAN, H2018 ; MURUGANANDAM, 2017).

Les coagulants naturels produisent un volume de boues cinq fois inférieur à celui des sels inorganiques. (DOREA, 2006) a déclaré que cette condition se produit parce que l'alun a besoin de jusqu'à trois molécules d'hydratation de l'eau pour remplir sa liaison covalente, ce qui entraîne une augmentation du volume des boues.

Les boues produites lors de la biocoagulation sont biodégradables, à haute valeur nutritive, et elles sont sûres et adaptées à l'utilisation des terres (biofertilisants) (JADHAV ; MAHAJAN, 2013).

En plus d'être un agent de clarification, les biocoagulants ont également été signalés comme ayant des propriétés antimicrobiennes et d'élimination des métaux lourds, qui sont efficaces dans l'eau à haute turbidité (Choy, 2015) ont mentionné qu'en plus de l'amidon, les composés phytochimiques, comme les tanins et les alcaloïdes, contribuent aux activités antimicrobiennes. Au contraire, les coagulants naturels augmenteront la concentration de matière organique dans l'eau, conduisant ainsi à des activités microbiennes indésirables car l'efficacité antimicrobienne des biocoagulants est normalement faible. La matière organique affectera également la couleur, l'odeur et le goût de l'eau. En conséquence (GUNARATNA, 2007) ont suggéré de supprimer le contenu dans les coagulants naturels par simple purification/filtration.

Chapitre III

Matériel et méthodes

3.1 Cadre de l'étude

Dans le but d'étudier l'effet des matières végétales (feuilles de vigne, les lichens et les mousses récoltées de l'arbre d'olivier de la région de Tizi-Ouzou) sur le pH et la turbidité des eaux brute et de lavage, une série des essais de coagulation-floculation a été réalisée au sein du laboratoire Eau et Environnement de l'UMMTO, pendant une durée de deux mois, parmi les expérimentations effectuées nous citons :

- Préparation des biocoagulants à base des matières végétales (feuilles de vigne et les lichens et les mousses récoltées de l'arbre d'olivier) sous formes de poudres, granulés et billes ;

- Détermination des propriétés physico-chimiques (pH, acidité, turbidité, conductivité) des eaux traitées par les biocoagulants;
- Test coagulation-floculation ;

3.1.1 Matériel

- Étuve réglable
- pH-mètre
- Conductimètre
- Turbidimètre
- Jar-test
- Balance analytique
- Bain-marie

3.1.2 Matériel végétal

- Poudre de vigne
- Poudre de lichens
- Poudre de mousse d'olivier
- Gel de cladodes
- Graines de lin
- Graines de cresson

3.1.3 Matériel chimiques

- Sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3$)

3.2 Méthodes

Dans le but d'étudier l'effet des ressources agricoles locales (mousses, lichens, feuilles de vigne) sur le pH et la turbidité de l'eau brute et de lavage, une série des essais de coagulation-floculation a été réalisée.

3.3 Essai de biocoagulation-floculation

- De chaque bio coagulant (mousse, lichens et les feuilles de vigne) à l'aide d'une balance électrique on pèse les doses suivantes (10mg, 20mg, 30mg, 40mg, 50mg, et 60mg);
- On mesure la turbidité de l'eau (brute, lavage) à l'aide de turbidimètre ;
- On lave bien les béchers ;
- On remplit les six béchers avec de l'eau (brute, lavage) à 1000ml ;
- On place chaque bécher sous l'agitateur et on submerge les palettes ;
- On mesure le pH initial de l'eau avec un pH-mètre ;
- On injecte le bio coagulant en faisant varier sa dose dans chaque bécher ;
- On allume jar-test à la vitesse de 150 tr/min pendant 5min ;
- Après un temps total d'agitation rapide, on réduit la vitesse à une vitesse lente de 30 tr/min pendant 20min ;
- On arrête l'agitation, et on retire les palettes avec précaution ;
- On laisse l'eau se décanter pendant deux heures, et on mesure la turbidité de l'eau après une heure de décantation puis après deux heures de décantation.
- On mesure le pH final (après traitement) de l'eau avec un pH-mètre.

3.4 Extraction de mucilage

- Mélangé deux grammes de poudre des graines de cresson avec deux grammes de poudre des graines de lin dans 100ml d'eau distillée ;
- Mettre au bain marie à 50°C jusqu'à obtention d'un gel ;
- Ajouter une quantité de poudre de vigne jusqu'à obtention d'une pâte ;
- On laisse 24 heures dans une étuve thermostatée à 50°C pour séchage.

3.5 Coagulation-floculation

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique qui permet d'éliminer les particules en suspension non décantables (les colloïdes), ce procédé se fait en deux étapes :

D'abord la coagulation à grande vitesse d'agitation (150 tr/min) pendant 5 minutes durant lesquelles les particules en suspension seront déstabilisées en neutralisant leurs charges électrostatiques de répulsion.

Ensuite, la floculation qui a été faite à 30 (tr/min) pendant 20 minutes durant lesquelles on observe l'agglomération des floes dont la taille détermine la vitesse de décantation.

3.6 Mesure des paramètres physico-chimiques des eaux analysées

3.6.1 Turbidité

La turbidité nous renseigne sur les particules en suspension qui rendent l'eau moins transparente, mesurée au moyen d'un turbidimètre, la norme à ne pas dépasser est 5NTU.



Figure 6: turbidimètre (HI 460, Technical Indicators)

3.6.2 Détermination du pH

La valeur du pH est liée à la concentration en ions $[H^+]$ dans l'eau, elle nous renseigne sur l'acidité ou l'alcalinité de l'eau qui est définie dans la plage de (6,5 à 9,5) par un pH-mètre (Fig.17).



Figure 7: pH-mètre (HANNA).

3.6.3 Conductivité

La conductivité est directement proportionnelle au degré de minéralisation, à la nature des ions dissous et à leur concentration. Elle varie également avec la température. La conductivité est une norme pour évaluer la salinité globale de l'eau. La conductivité est déterminée au moyen d'un conductimètre (Fig.18).



Figure 8: conductimètre (HANNA).

3.6.4 Jar test

Un jar test est une simulation à petite échelle de ce qui se passe dans une station d'épuration pendant le processus de coagulation-floculation. Ce test permet d'évaluer les différents paramètres du procédé d'épuration tels que :

- Le dosage de produits chimiques ajoutés.
- Les temps nécessaires pour la floculation et la coagulation.
- Les vitesses d'agitation du milieu.

Un banc de jar-test (Fig.19) est composé de 6 béchers d'un litre chacun, tous muni d'un axe au bout duquel se trouve une pale rotative. Les axes sont reliés à un même moteur, ce qui permet de maintenir la même vitesse dans chaque bécber.

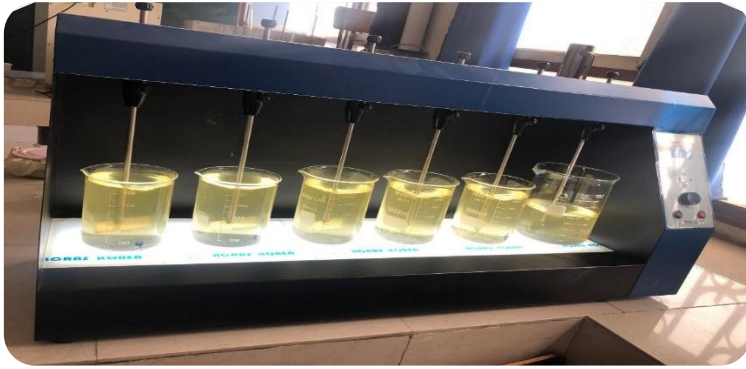


Figure 9: Jar test (WiseStir).

Chapitre IV

Discussion des résultats

4.1 Résultats de la conductivité

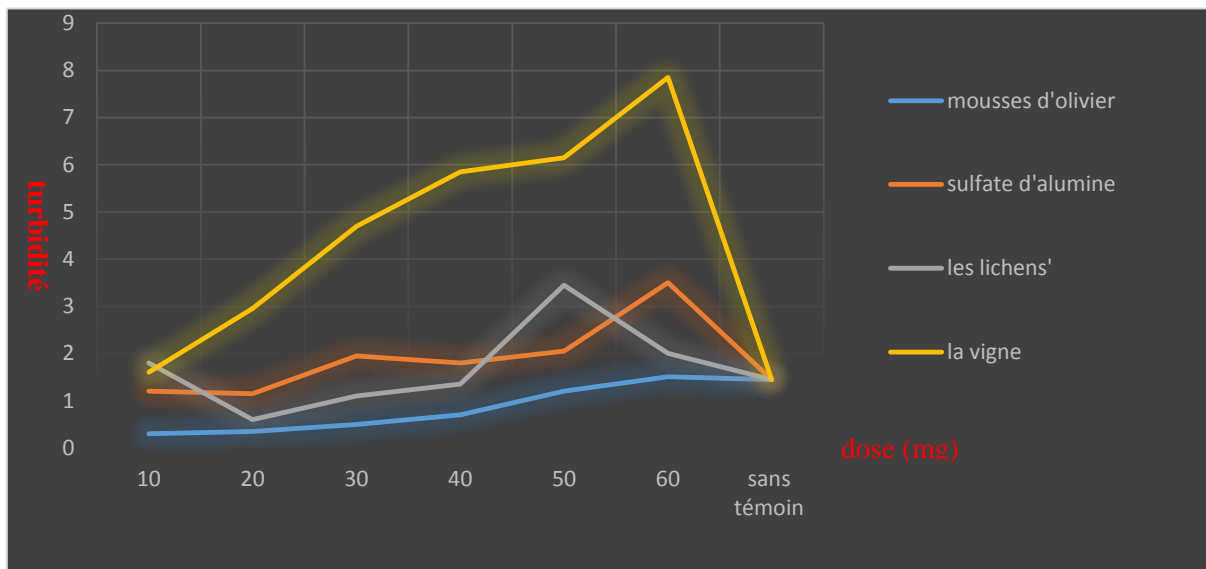
La conductivité a été mesurée au niveau de laboratoire à l'aide d'un conductimètre (HI 2314 HANNA) : Eau brute = $415\mu\text{s}$

Eau de lavage =425 μ S

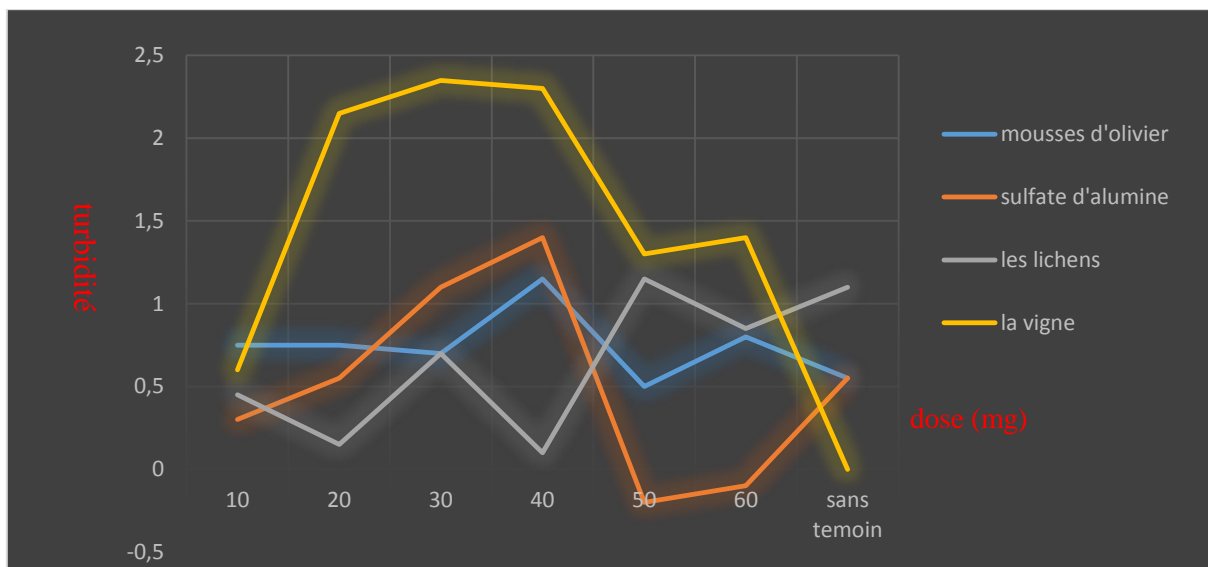
4.2 Résultat de floculation par les bio-coagulants

4.2.1 Graphes des résultats du test biocoagulation-floculation des différentes poudres sur les eaux brutes

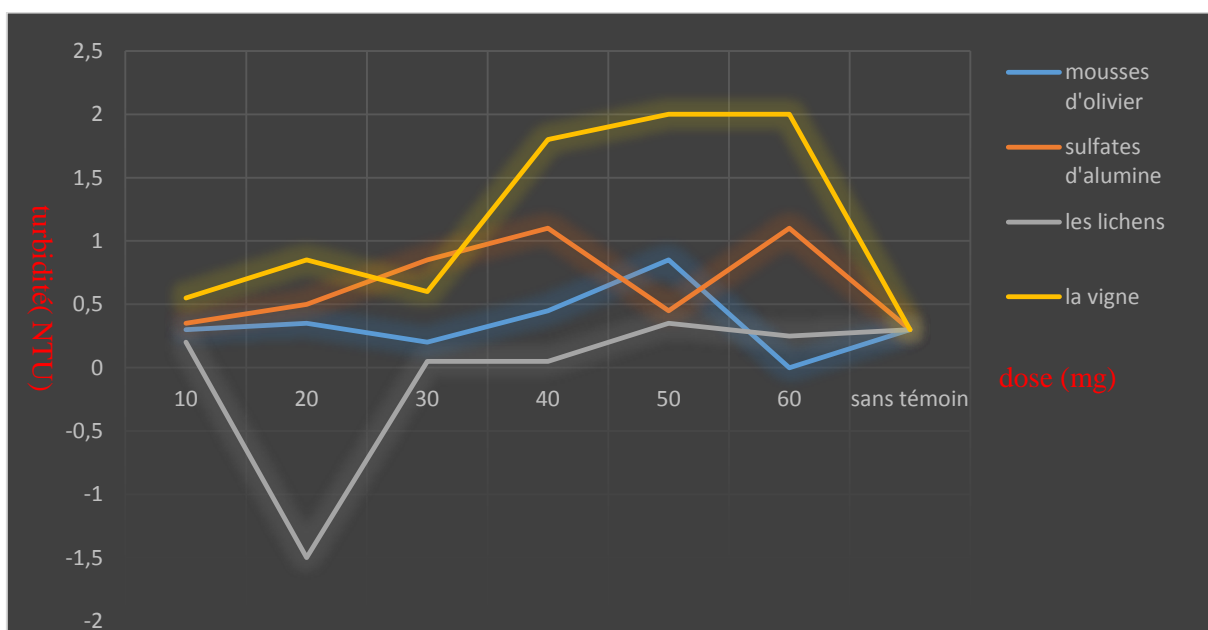
1. Graphe des résultats avant agitation



2. Graphe des résultats après 1 heure de décantation

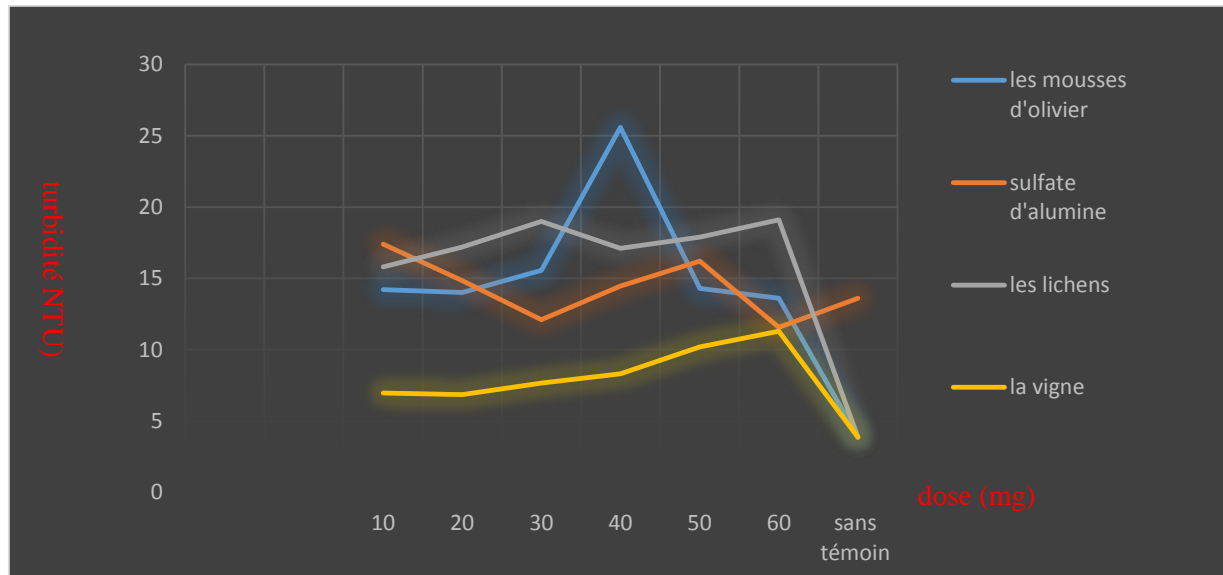


3. Résultats après 2 heures de décantation

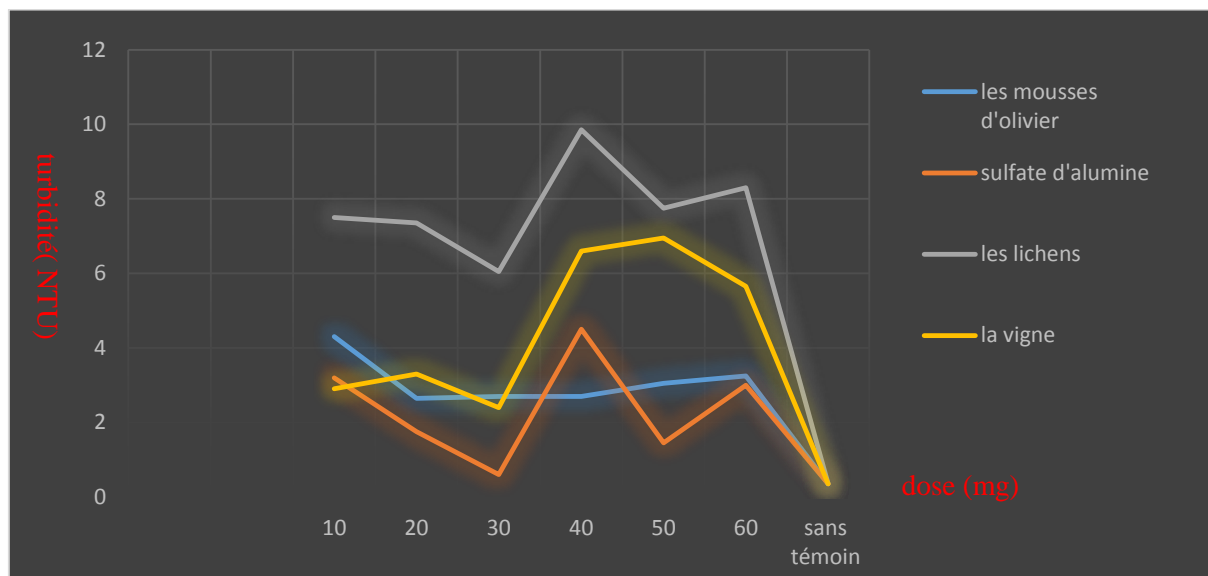


4.2.2 Graphes des résultats du test coagulation-floculation de l'eau de lavage en utilisant les différentes poudres de (mousses, lichens et feuilles de vigne)

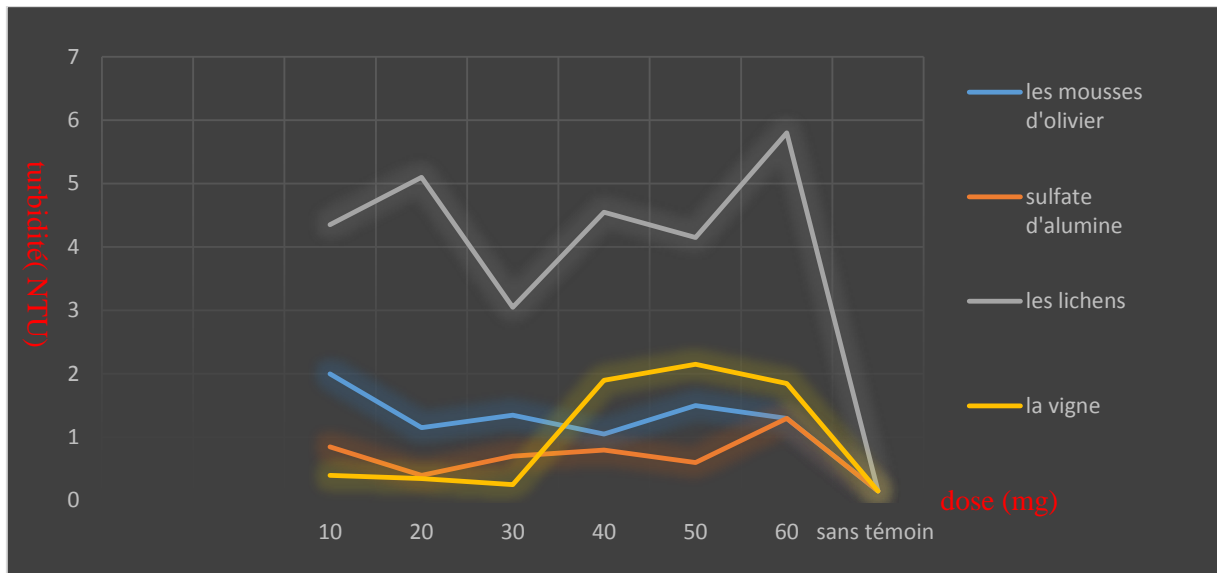
1. Graphe des résultats avant agitation



2. Graphe des résultats après 1 heure de décantation



3. Graphe des résultats après 2 heures de décantation



Eau brute

La figure (10) révèle qu'après 1 h d'agitation de l'eau brute en présence de 20 mg de poudre de la poudre de lichens qu'un abattement important a été enregistré, comparant aux biocoagulants utilisés, qui ont atteint un abattement maximal en utilisant 50 mg. Après 2 h de décantation. L'abattement il est toujours meilleur pour les lichens à 20 mg.

Nous pouvons conclure que la poudre de lichens présente une meilleure capacité d'adsorption que les autres agents biocoagulants étudiés.

Eau de lavage

Nous remarquons d'après la figure (11) qu'après 1 h de décantation des eaux de lavage en utilisant la poudre de mousse d'olivier, l'abattement a été enregistré pour une quantité de 20 mg de la poudre de mousse d'olivier, comparant aux autres agents biofloculants utilisés, qui ont atteint un abattement maximal en utilisant une quantité de 30 mg de chacun, Après 2 h de décantation, nous observons que la poudre des feuilles de vigne à 20 mg a eu un abattement meilleur que les autres agents biofloculants.

Nous pouvons conclure que la poudre des feuilles de vigne comme meilleur bioagulant mais avec un temps de décantation élevé (2h).

4.4. Formation des billes de biocoagulants de différents diamètres

4.4.1 A base de la poudre de feuilles de vigne et le gel de cladodes

Les figures 12, 13 et 14 montrent l'aspect des billes formées.

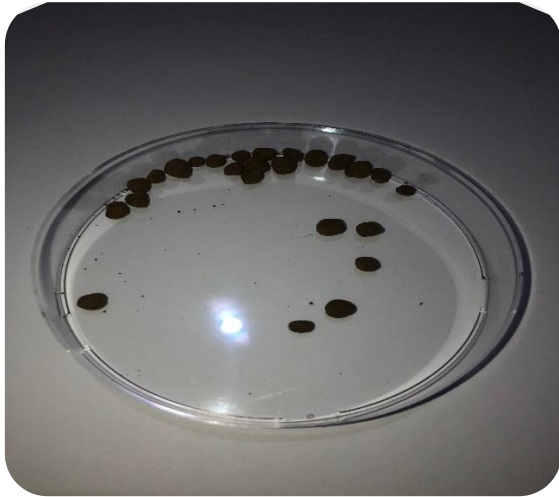


Figure 12 : poudre de 106µm

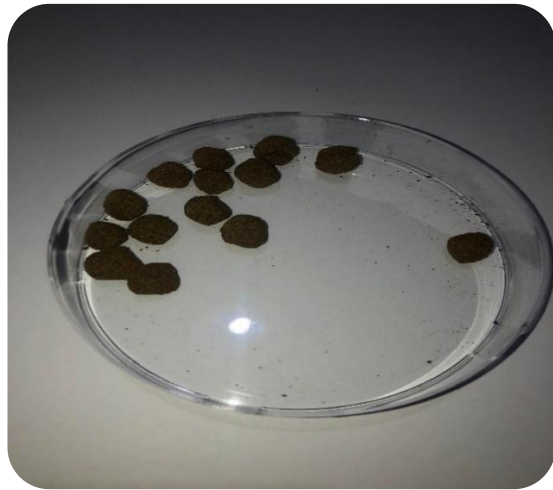


Figure 13 : poudre de 350µm



Figure 14 : poudre de 710µm

4.4.2 A base des graines de lin et cresson

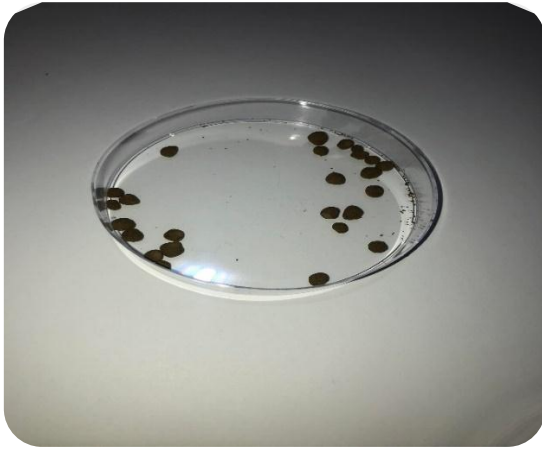


Figure 15 : poudre à 106µm

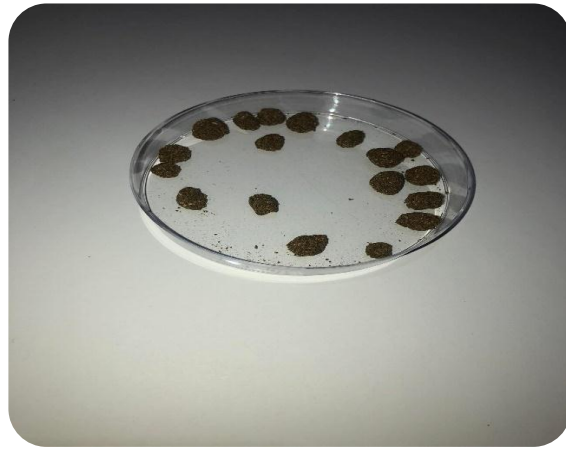


Figure 16 : poudre à 350µm

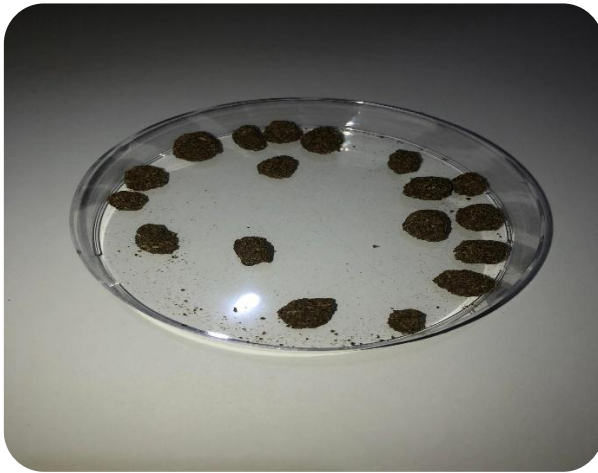
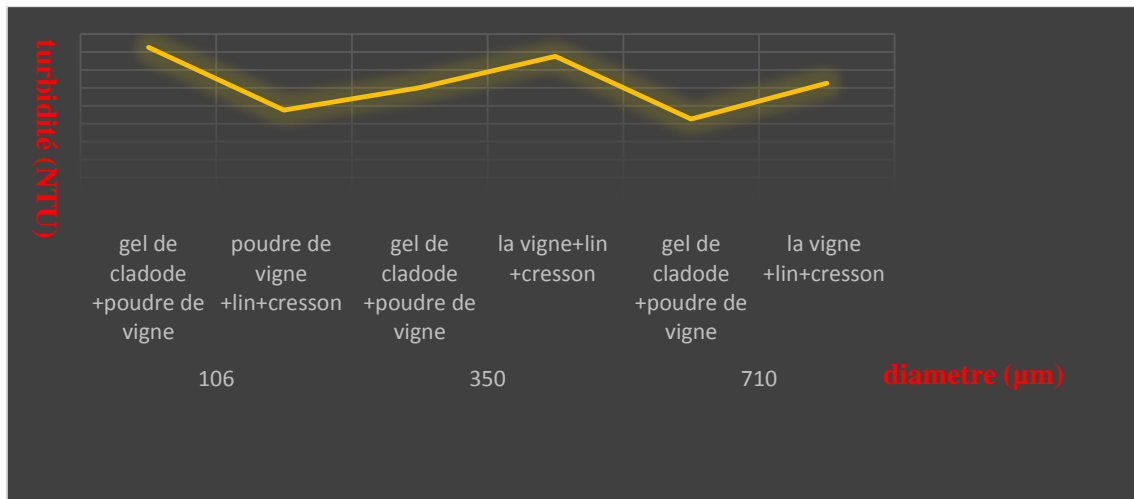


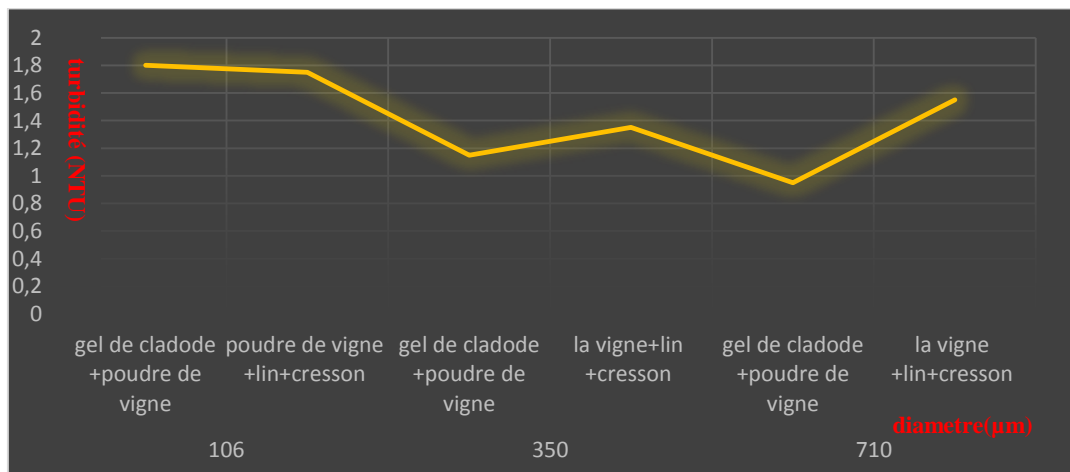
Figure 17 : poudre à 710µm

4.4.3 Graphes des résultats des effets des billes de différents diamètres sur l'eau de lavage.

A. Graphe des résultats après 1h de décantation



B. Graphe des résultats après 2h de décantation



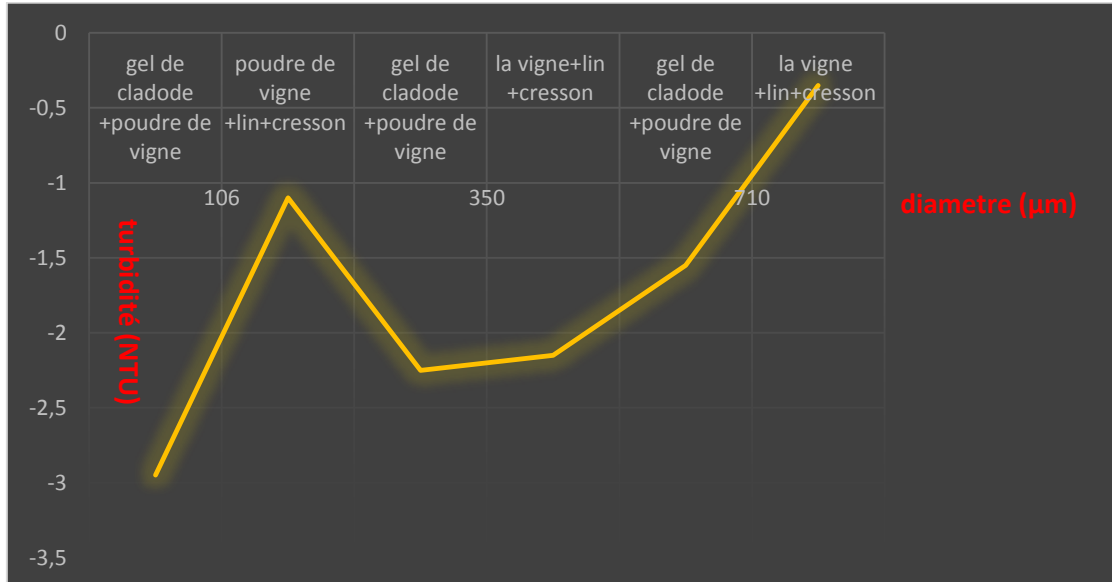
Nous constatons d'après les graphes (fig. B) qu'un meilleur abattement a été observé en utilisant le mélange de poudres de vigne et des graines de lin et de cresson de taille moyenne de grain de 106µm (fig.15) après 1h d'agitation.

Après 2h de décantation le meilleur rondement est fixé en utilisant la poudre de vigne et le gel de cladodes à 710µm (fig.14) une élimination ~ (-0,5 NTU) (eau de lavage)

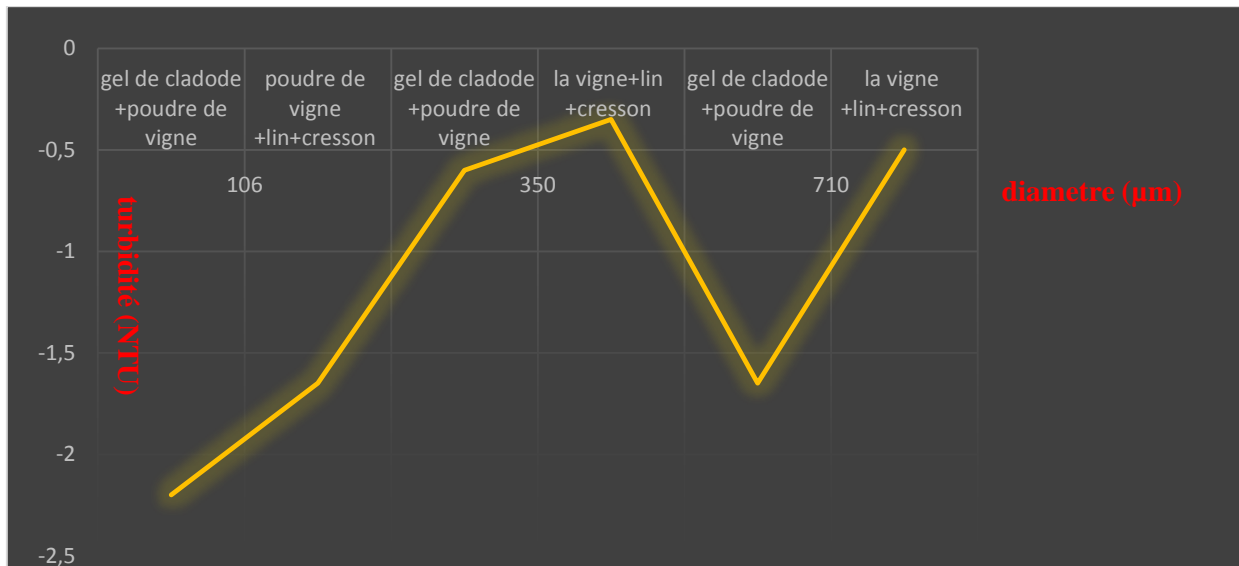
L'allure du dernier graphique (Fig.C), fait ressortir que les billes formées à base de poudre des feuilles de vigne et le gel de cladodes de diamètre 710µm(fig.14) après 2h d'agitation (décantation), donne un meilleur résultat que les autres billes de 350µm et 106µm de diamètre formées à base de poudre de vigne, des graines de lin et de cresson.

4.7.1 Graphes des résultats des effets des billes de différents diamètres sur l'eau brute

a. Graphe des résultats après 1h de décantation



b. Graphe des résultats après 2h de décantation



D'après les graphes (figure D) nous constatons que la faible dose détectée à un effet coagulant sans agitation est les billes ou granulés de 350 µm de diamètre composées de la poudre de vigne et gel de cladodes (fig.13). Après une heure d'agitation (décantation) la meilleure floculation a été observée en utilisant des billes de diamètre de 106 µm (fig.12).

Après 2h d'agitation, les billes de même diamètre 106 µm formées à base de la poudre de vigne et le gel de cladodes (fig.12) a eu toujours une meilleure efficacité de floculation.

Nous pouvons conclure que les billes à base de la poudre des feuilles de vigne de diamètre 106 µm formées avec gel de cladodes (fig.12), a un meilleur effet de floculation des eaux brutes après 1h d'agitation.

Conclusion

Cette étude nous a permis de tester des biocoagulants pour le traitement des eaux de barrage.

La substitution des coagulants chimiques (sulfate d'alumine) par des biocoagulants est possible, bon prix et surtout sans danger sur la santé grâce à leurs efficacité, disponibilité et biodégradabilité.

La première partie d'analyse effectuée nous a permis de mettre en évidence trois biocoagulants à savoir les lichens, les poudres de vigne et de mousse d'olivier.

Dans la seconde partie nous avons étudié l'impact de la surface de contact d'un biomatériau à des porosités différentes sur l'efficacité d'épuration de l'eau, pour cela nous avons choisi la poudre de vigne en raison de sa disponibilité dans la région.

Nous pouvons conclure aussi que :

Pour les billes formées avec le gel de cladodes :

- Cas de l'eau brute

La poudre de vigne de diamètre 106 μm a montré un meilleur résultat et cela après 1h de décantation

- Cas de l'eau de lavage

Les billes de poudre de vigne 710 μm formées à base de gel de cladodes après 2h de décantation donne un bon abattement de la turbidité, à savoir que l'eau de lavage est très chargée en comparant à l'eau brute, les sites actifs (porosités) à neutraliser nécessitent un temps de contact plus important afin d'avoir une bonne efficacité de traitement.

En effet, les billes préparées à base de la poudre des feuilles de vigne et le gel de cladodes ont un effet biocoagulant, en réduisant la turbidité en dessous de la norme (2 NTU) pour une dose maximale de 50mg/ L pour les deux types d'échantillons d'eaux analysées.

Toutefois le choix du gel de cladodes comme agent gélifiant et son pouvoir biocoagulant déjà a été prouvé selon des recherches précédemment effectuées est confirmé dans notre étude, son association avec la poudre de vigne a révélé d'excellents résultats.

Cette étude ouvre des perspectives de recherche très larges et prometteuses dans le domaine de traitement de l'eau, son développement permettra son application dans différents domaines.

Références bibliographiques

ABIOLA, O.N. POLYMERES POUR LA COAGULATION ET LA FLOCCULATION DANS LE TRAITEMENT DE L'EAU; SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING: GEWERBESTR, SUISSE, 2019; P. 77 A 92.

AMRAN, A.H.; SYAMIMI ZAIDI, N.; MUDA, K.; WAI LOAN, L. EFFICACITE DU COAGULANT NATUREL DANS LE PROCESSUS DE COAGULATION: UNE REVUE. INT. J. ENG. TECHNOL. 2018, 7, 34.

AMRANI, C. (2017). ETUDE DE LA QUALITE DE L'EAU DU BARRAGE TAKSEBT (TIZI-OUZOU). PROJET DE FIN D'ETUDE. FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU.

AROUA, A. (1994). L'HOMME ET SON MILIEU. EDITION SOCIETE NATIONAL. ALGER, 73-85P. ASRAFUZZAMAN, M.; FAKHRUDDIN, A.N.M.; HOSSAIN, M.A. REDUCTION DE LA TURBIDITE DE

L'EAU A L'AIDE DE COAGULANTS NATURELS DISPONIBLES LOCALEMENT. ISRN MICROBIOL. 2011, 2011, 16.

BEKKOUCHE W., BEY O. H. (2014). EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DESTINEE A L'IRRIGATION: CAS DE LA COMMUNE DE TAGHZOUT- EL – OUED.

MEM. ING. BIOCHIMIE APPLIQUE. UNIV. D'EL-OUED. P7-8. BELLO, O., MABEKOJE, O. S., EGBERONGBE, H.O. AND BELLO, T.K., 2012: MICROBIAL QUALITIES OF SWIMMING POOLS IN LAGOS, NIGERIA. INT. JOUR. OF APPLIED SCI. AND TECH. VOL. 2, P 8

BENAHMED DJILALI A., BENSEDDIK A., BOUGHELLOUT H., ALLAF K., NABIEV M. BIOLOGICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF VINE LEAVES. NORTH AFRICAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION RESEARCH. 5(11):43-52 (2021) DOI: 10.51745/NAJFNR.5.11.43-52.

BENAHMED DJILALI A., BESOMBES C, NABIEV M., ALLAF K. (2020). EFFECT OF CONVENTIONAL AIR DRYING ON THE BIOCHEMICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF VINE. IDS'2020 – 22ND INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM WORCESTER, MASSACHUSETTS, USA, JUNE 28 – JULY 1, 2020 DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/THISISA/PLACEHOLDER/](http://dx.doi.org/thisisa/placeholder/)

BINAHMED, S.; AYOUB, G.; AL-HINDI, M.; AZIZI, F. EFFET DES CONDITIONS DE MELANGE RAPIDE SUR LE PROCESSUS DE COAGULATION-FLOCCULATION DES SUSPENSIONS HAUTEMENT TROUBLES UTILISANT UN COAGULANT DE BUTOR LIQUIDE. DESALIN. TRAITEMENT DE L'EAU. 2015, 53, 3388 A 3396.

BOEGLIN, J. C. (1991). CONTROLE DES EAUX DOUCES ET DE CONSOMMATION HUMAINE. ARTICLE.TOUTE REPRODUCTION SANS AUTORISATION DU CENTRE FRANÇAIS D'EXPLOITATION DU DROIT DE COPIE EST STRICTEMENT INTERDITE, « ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL », COLMAR. P 24.

BOLTO, B.; GREGORY, J. POLYELECTROLYTES ORGANIQUES DANS LE TRAITEMENT DE L'EAU. EAU RES. 2007, 41, 2301 A 2324. BOUDEAL. DJOUID, H. (2003). POLLUTION DE L'OUED BOUSSELLEM PAR LES EAUX USEES URBAINES ET INDUSTRIELLES ET IMPACT DE LEUR UTILISATION DANS L'IRRIGATION. THESE ING, DES ECOSYSTEMES UNIVERSITAIRES, STIF. 6-13P

BOUDEAL., DJOUID, H. (2003). POLLUTION DE L'OUED BOUSSELLEM PAR LES EAUX USEES URBAINES ET INDUSTRIELLES ET IMPACT DE LEUR UTILISATION DANS L'IRRIGATION. THESE ING, DES ECOSYSTEMES UNIVERSITAIRES, STIF. 6-13P

BOUZIANI M., (2000). L'EAU DE LA PENURIE AUX MALADIES, EDITION IBN KHALDOUN, 247P.

[HTTPS://WWW.LEXPRESSIONDZ.COM/SOCIETE/LE-POMPAGE-A-PLEIN-REGIME-PAR KAMEL BOUDJADI](https://www.lexpressiondz.com/societe/le-pompage-a-plein-regime-par-kamel-boudjadi), 27/03/2023

MOUSSE VEGETALE : LES POUVOIRS ET BIENFAITS (POWEROFMOSS.COM)

BREDAS, J. L., STREET, G. B., THEMANS, B., & ANDRE, J. M. (1985). ORGANIC POLYMERS BASED ON AROMATIC RINGS (POLYPARAPHENYLENE, POLYPYRROLE, POLYTHIOPHENE): EVOLUTION OF THE ELECTRONIC PROPERTIES AS A FUNCTION OF THE TORSION ANGLE BETWEEN ADJACENT RINGS. THE JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, 83(3), 1323-1329.

CHETHANA, M.; SOROKHAIBAM, L.G.; BHANDARI, V.M.; RAJA, S.; RANADE, V.V. APPROCHE VERTE DUTRAITEMENT DES EAUX USEES A L'AIDE DE BIOCOAGULANTS. ACS SUSTAIN. CHEM. ENG. 2016.

CHOY, S.Y.; PRASAD, K.M.N.; WU, T.Y.; RAGHUNANDAN, M.E.; RAMANAN, R.N. UTILISATION DECOAGULANTS NATURELS A BASE DE PLANTES COMME ALTERNATIVES FUTURES VERS UNE CLARIFICATION DURABLE DE L'EAU. J. ENVIRON. SCI. 2014, 26, 2178-2189.

CHOY, S.Y.; PRASAD, K.M.N.; WU, T.Y.; RAMANAN, R.N. UNE REVUE SUR LES LEGUMES ET LESEGUMINEUSES COMMUNS EN TANT QUE COAGULANTS NATURELS A BASE DE PLANTES PROMETTEURS DANS LA CLARIFICATION DE L'EAU. INT. J. ENVIRON. SCI. TECHNOL. 2015, 12, 367-390.

COULAIS J .M. (2002). QUALITE DES EAUX ET NORMES DE POTABILITE EN DEUX SERVES. ÉDITION. DES ATELIERS. CRAAQ. (2003) . GUIDE DE PRODUCTION DES ANNUELLES EN CAISSETTES 313 11- PETERSON, H.G. WATER QUALITY AND MICRO-IRRIGATION FOR HORTICULTURE, AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA [HTTP://WWW.AGR.GC.CA/PFRA/WATER/MICROIRR_E.HTM](http://www.agr.gc.ca/pfra/water/microirr_e.htm) 4P.

DEGREMONT, 2005, MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU. TOME 1, 10EME EDITION, ED TEC ET DOC.P878. DEGREMONT. (1984). 9 EME EDITION. TOME 1.

DOREA, C.C. UTILISATION DES GRAINES DE MORINGA SPP. POUR LA COAGULATION: UN EXAMEN D'UNE OPTION DURABLE. WATER SCI. TECHNOL. WATER SUPPLY 2006, 6, 219-227.

DUAN, J.; GREGORY, J. COAGULATION PAR HYDROLYSE DES SELS METALLIQUES. ADV. INTERFACE COLLOÏDALE SCI. 2003.

PHOTOS DE VIGNES - FEUILLE DE VIGNES (PATMO.NET)

DUAN, J.; GREGORY, J. COAGULATION PAR HYDROLYSE DES SELS METALLIQUES. ADV. INTERFACE COLLOÏDALE SCI. 2003.

EBELING, J.M.; SIBRELL, P.L.; OGDEN, S.R.; SUMMERFELT, S.T. EVALUATION OF CHEMICALCOAGULATION-FLOCCULATION AIDS FOR THE REMOVAL OF SUSPENDED SOLIDS AND PHOSPHORUS FROM INTENSIVE RECIRCULATION AQUACULTURE EFFLUENT DISCHARGE. AQUAC. ENG. 2003, 29, 23-42.

EDZWALD, J.K. COAGULATION DANS LE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE: PARTICULES, ORGANIQUES ET COAGULANTS. WATER SCI. TECHNOL. 1993, 27, 21-35.

FITZPATRICK, C.S.B.; FRADIN, E.; GREGORY, J. EFFETS DE LA TEMPERATURE SUR LA FLOCCULATION, EN UTILISANT DIFFERENTS COAGULANTS. WATER SCI. TECHNOL. 2004, 50, 171-175.

GAUJOUS, D. (1995). LA POLLUTION DES MILIEUX AQUATIQUES. AIDE-MEMOIRE. EDITION TECHNIQUE ET DOCUMENTATION LAVOISIER, P 220.

LICHENS IMAGE LIBRE DE DROIT PAR BOGDANWANKOWICZ © #1831370 (DEPOSITPHOTOS.COM)

GAUJOUS, D. (1995). LA POLLUTION DES MILIEUX AQUATIQUES. AIDE-MEMOIRE. EDITION TECHNIQUE ET DOCUMENTATION LAVOISIER, P 220.

GREGORY, J.; BARANY, S. ADSORPTION ET FLOCCULATION PAR POLYMERES ET MELANGES DE POLYMERES. ADV. INTERFACE COLLOÏDALE SCI. 2011, 169, 1-12.

GUNARATNA, K.R.; GARCIA, B.; ANDERSSON, S.; DALHAMMAR, G. CRIBLAGE ET EVALUATION DES COAGULANTS NATURELS POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU. WATER SCI. TECHNOL. WATER SUPPLY 2007, 7, 19-25.

HENDERSON, J.M.; WHEATLEY, A.D. FACTEURS AFFECTANT LA FLOCCULATION EFFICACE DES RESIDUS PAR LES POLYACRYLAMIDES. PREPARATION DU CHARBON 1987, 4, 1-49.

HENNEGUY, L. F. (1883). *LES LICHENS UTILES*. O. DOIN.

HENDERSON, J.M.; WHEATLEY, A.D. FACTEURS AFFECTANT LA FLOCCULATION EFFICACE DES RESIDUS PAR LES POLYACRYLAMIDES. PREPARATION DU CHARBON 1987, 4, 1-49.

JADHAV, M.V.; MAHAJAN, Y.S. ENQUETE SUR LA PERFORMANCE DU CHITOSANE COMME COAGULANT POUR LA FLOCCULATION DE SUSPENSIONS D'ARGILE LOCALES DE DIFFERENTES TURBIDITES. KSCE J. CIV.ING. 2013, 17 328-334.

KEMMER F., (1984). MANUELLE DE L'EAU .EDITION : LAVOISIER TECHNIQUE ET DOCUMENTATION. P:95- 96-112.

KUMAR, V.; OTHMAN, N.; ASHARUDDIN, S. APPLICATIONS DES COAGULANTS NATURELS POUR TRAITER LESEAUX USEES - UNE REVUE. IN PROCEEDINGS OF THE MATEC WEB OF CONFERENCES, WUHAN, CHINE, 20-21 DECEMBRE 2016.

KUMAR. MP, A (2012) A REVIEW OF PERMISSIBLE LIMITS OF DRINKING WATER. INDIAN JOURNAL OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL MEDICINE 16: 40-44.

LADJEL, F. (2006). EXPLOITATION D'UNE STATION D'EPURATION A BOUE ACTIVEE NIVEAU 02 CENTRE DE FORMATION AU METIER DE L'ASSAINISSEMENT. CFMA-BOUMERDES, P80

LAKRIMI, L., MERZOUK, A., & MESBOUA, S. (2022). PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES, BIOLOGIQUES ET FONCTIONNELLES DE LA MOUSSE D'OLIVIER (BRACHYTECIUM ILLECELIRUM) (DOCTORAL DISSERTATION, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI).

LEPELTIER S., (2005). UN BON ETAT ECOLOGIQUE DES EAUX.

LIM, H.K.; ISMAIL, N.; ABUSTAN, I.; MURSHED, M.F.; AHMAD, A. TRAITEMENT DU LIXIVIAT DE DECHARGE EN UTILISANT UN SOL LATERITIQUE COMME COAGULANT NATUREL. J. ENVIRON. MANAG. 2012.

MAKHOUKH MOUHAMED ET, AL ; 2011 : CONTRIBUTION A L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DESEAUX SUPERFICIELLES DE L'OUED MOULOUYA (MAROC ORIENTAL). UNIVERSITE MOHAMMED PREMIER, FACULTE DES SCIENCES, CENTRE DE L'ORIENTAL DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE L'EAU, OUJDA, MAROC.

MANHOLER, D.D.; DE SOUZA, M.T.F.; AMBROSIO, E.; DE SOUZA FREITAS, T.K.F.; GERALDINO, H.C.L.; GARCIA, J.C. COAGULATION/FLOCULATION D'EFFLUENTS TEXTILES A L'AIDE D'UN COAGULANT NATUREL EXTRAIT DE DILLENIA INDICA. WATER SCI. TECHNOL. 2019, 80, 979 A 988.

MIRAMONTES. MM, R; CHIHUAHUA; 2003 REMOVAL OF ARSENIC AND FLUORIDE FROM DRINKING WATER WITH CAKE ALUM AND A POLYMERIC ANIONIC FLOCCULENT. RESEARCH REPORT MURUGANANDAM, L.; KUMAR, DEPUTE; IENA, A.; GULLA, S.; GODHWANI, B. TRAITEMENT DES EAUX USEES PAR COAGULATION ET FLOCCULATION A L'AIDE DE BIOMATERIAUX. IOP CONF. SER. MATER. SCI.

ENG. 2017, 263.

OMS, (2003): BACKGROUND DOCUMENT FOR PREPARATION OF WHO GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY. GENEVA. SWITZERLAND.

OKAIYETO, K. ; NWODO, U.U. ; OKOLI, S.A. ; MABINYA, L.V. ; OKOH, A.I. IMPLICATIONS POUR LA SANTE PUBLIQUE EXIGE DES ALTERNATIVES AUX FLOCCULANTS INORGANIQUES ET SYNTHETIQUES : LES BIOFLOCCULANTS EN TANT QUE CANDIDATS IMPORTANTS. MICROBIOLOGY OPEN 2016, 5, 177–211.

PATIL. NS, V; DESHMUKH, N 2012 PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS FOR TESTING OF WATER – A REVIEW. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES 3 : 14.

R. DESJARDINS, TRAITEMENT DES EAUX. 2.

REJSEK, F. (2002). ANALYSE DES EAUX. ASPECT REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUES, TOME I. EDITIONS CRDP A QUITAINE, BORDEAUX. 71, P144.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., (2005). ANALYSE DE L'EAU, EAUX NATURELLES, EAUX RESIDUAIRES, EAU DE MER, CHIMIE, PHYSICOCHIMIE, MICROBIOLOGIE, BIOLOGIE, INTERPRETATION DES RESULTATS. ED. DUNOD, PARIS, 1384

RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. (2009). ANALYSE DE L'EAU, 9^{EME}, P.1579 EDITION, ED. DUNOD

RODIER, J. (1984). ANALYSE DE L'EAU : EAUX NATURELLES, EAUX RESIDUAIRES, EAU DE MER 7^E EDITION, DUNOD, BORDAS, PARIS, 134 P

RODIER, J. (1996). L'ANALYSE DE L'EAU: EAUX NATURELLES, EAUX RESIDUAIRES, EAU DE MER. 6^{EME} EDITION: DUNOD, PARIS. 557-570P ET 968-1079P.

ROUX JEAN CLAUDE., 2005. LES SECRET DE LA TERRES; L'EAU: SOURCE DE VIE; EDITION BRGM 63 P. SUBIN. PH, H ;2013 AN ASSESSMENT ON THE IMPACT OF WASTE DISCHARGE ON WATER QUALITY OFPRIYAR RIVER LETS IN CERTAIN SELECTED SITES IN THE NORTHERN PART OF ERNAKULUM DISTRICT IN KERALA. THOMAS, O. (1955). METEOROLOGIE DES EAUX RESIDUAIRES. TEC ET DOC, ED LAVOISIER CEDEBOC, P 135-192.

VAINIO, E. A. (1890). ÉTUDE SUR LA CLASSIFICATION NATURELLE ET LA MORPHOLOGIE DES LICHENS DU BRESIL (VOL. 7). J. SIMELIUS.

WALLON, G., 2003 : ARRETE DU GOUVERNEMENT WALLON FIXANT LES CONDITIONS INTEGRALES RELATIVESAUX BASSINS DE NATATION VISES A LA RUBRIQUE. P 01.92.6

YIN, C.Y. UTILISATION EMERGENTE DES COAGULANTS A BASE DE PLANTES POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU ETDES EAUX USEES. PROCEDE BIOCHEM. 2010, 45, 1437-1444

YOUSRA, Z. (2022). ETUDE D'ADSORPTION DE LA MATIERE ORGANIQUE DE L'EAU BRUTE D'AIN ZADASUR CHARBONACTIF COMMERCIAL ET BIO-CHARBON (DOCTORAL DISSERTATION, FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE UNIV BBA).

YUNOS, F.H.M. ; NASIR, N.M. ; WAN JUSOH, H.H. ; KHATOON, H. ; LAM, S.S. ; JUSOH, A. RECOLTE DE MICROALGUES (CHLORELLA SP.) A PARTIR DE BIOFLOCS AQUACOLES A L'AIDE D'UN BIOCOAGULANT A BASE DECHITOSANE RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT. BIODETERERIOR INT. BIODEGRADATION. 2017, 124, 243-249.)

Résumé

Le procédé physico-chimique, coagulation-floculation est préconisé pour réduire les polluants présents dans les eaux sous l'action des flocculant synthétiques. La substitution de ces produits s'avère nécessaire vu leurs couts excessifs et leurs actions néfaste sur la santé et l'environnement.

Ce procédé est appliqué dans le traitement des eaux au niveau de la station de traitement des eaux potables de Taksebt (Tizi-Ouzou) par SEAAL, à l'aide de matériaux inorganiques et synthétiques (sulfate d'alumine ou le fer). Récemment, plusieurs coagulants dérivés de matériaux naturels tels que les polysaccharides (plantes, algues) amidon, cellulose, pectine, agar, alginate, carraghénane ont été envisagés pour le traitement de l'eau potable.

Mots clés : *Brachythecium llecebrum*, eau brute, eau de lavage, turbidité, Bio-coagulant, traitement, lichens, poudre de vigne, mousse d'olivier.

Abstract

The physico-chemical process, coagulation-flocculation, is recommended for reducing pollutants present in water through the action of synthetic flocculants. The substitution of these products is necessary given their excessive costs and their harmful effects on health and the environment.

This process is applied in the treatment of water at the taksebt (TIZI-OUZOU) drinking water treatment plant by SEAAL, using inorganic and synthetic materials (alum or iron sulfate). Recently, several coagulants derived from natural materials such as polysaccharides (plants,algae),starch, cellulose, pectin, agar, alginate, and carrageenan have been considered for the treatment of drinking water.

Key words: *Brachythecium llecebrum*, raw water, wash water, turbidity, organic-coagulation, treatment, lichens, vine powder, olive moss.

ملخص

يوصى باستخدام عملية التبادل الفزيائية والكيميائية، لتقليل الملوثات الموجودة في الماء تحت تأثير الندفع الاصطناعي، ويعد استبدال هذه المنتجات ضروريا نظرا لتكاليفها الباهظة واثارها الضارة على الصحة والبيئة.

يتم تطبيق هذه العملية في معالجة مياه الشرب في تكسبت بتيزي وزوو، بواسطة الختم باستخدام المواد غير عضوية وصناعية (كبريتات الحديد والالومينا). في الأونة الأخيرة تم استخدام العديد من المواد الطبيعية مثل السكريات (النباتات، الطحالب) النشاء، والبكتين، السليلوز، الجار، والمحاذات، والكار جينان، في معالجة مياه الشرب.

الكلمات المفتاحية

Brachythecium llecebrum

المياه الخام، ماء الغسيل، العكارة، المخثرات الحيوية، المعالجة الاشنات، مسحوق العنب، طحلب الزيتون.

