



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCINECES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT 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 :

**Abattement des concentrations en sels d'alumine dans les eaux traitées de
la station SEAAL du barrage de TAKSEBT par des procédés
d'adsorption.**

Réalisé par

M^{elle} MEDJDOUL FATIMA

M^{elle} KADJITE KAMELIA

Soutenu Publiquement, devant le jury d'examen composé de :

Présidente : M^{me} BOUDIAF.MALIKA

Maître de conférences à l'UMMTO.

Promoteur : Dr. METAHRI Med Said

Professeur à l'U.M.M.T.O.

Co-Promotrice : M^{me} BOUZID.M

Doctorante à l'UMMTO.

Examineur : M^c. BERRADJ.O

Maître de conférences à l'U.M.M.T.O.

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur Monsieur METAHRI M^{ed} Saïd, maître de conférences à l'UMMTO.

Nos vifs remerciements vont également à notre Co-promotrice Madame bouzid. M, pour tous ses encouragements, ses précieux conseils, son soutien et sa gentillesse, la confiance qu'elle nous a toujours témoignée nous a été d'une grande aide. Les efforts qu'elle a consentis tout au long de l'élaboration de ce modeste travail et pour sa disponibilité.

Nous tenons à remercier M^{me} BOUDIAF. M, Maître de conférences à UMMTO de nous avoir fait l'honneur de présider le jury et pour tout les efforts qu'elle a fourni à notre travail.

Nous remercions aussi M^r BERRADJ. O .Maître de conférences à UMMTO d'avoir accepté d'examiner notre travail.

On remercie également l'ensemble de personnel au laboratoire SEAAL (M^{me} CHIKHI. A, M^r HADDADI. N, M^{me} KHEIALI. M) de nous avoir aidée et guidée tout au long de notre stage pratique

Nous tenons également à saluer tous nous collègues rencontrés au cours des années passées et qui ont contribué à la bonne ambiance.

« KAMELIA ET FATIMA »

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont chères ;

- ✓ A mes parents pour leurs exprime tout le respect et l'amour que j'ai pour eux et Pour leurs témoigner ma reconnaissance pour tous les efforts et sacrifices qui ont entrepris à de me voir ce que je suis ;
- ✓ A mes frères : Hamid, Zouhir, Akli, Rachid, Mourad, Madjid, Mohamed et Amar.
- ✓ A mes chères sœurs qui m'ont aidé énormément, je souhaite le succès dans leur vie : Souhilla, Djamila, Nadia, Melissa, Saliha, Ninouh et saasi.
- ✓ A mes chères nièces : MAYLISSE, ANAÏS, AMEL, INES, SIHAME, LILLI.
- ✓ A ma belle sœur Nadjia
- ✓ A ma chère tante : Saadia
- ✓ A ma chère binôme Fatima et sa famille 'MEJDOUL'
- ✓ A mes cheres amis(e) : babline, mitchi, pitchou, Riad
- ✓ A mon cher YACINE et sa famille' MEDJNAH'
- ✓ A toute la section EAU& ENVIRENEMENT (2017/2018)
- ✓ A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

KAMELIA

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont chères ;

- ✓ A mes parents pour leurs exprime tout le respect et l'amour que j'ai pour eux et Pour leurs témoigner ma reconnaissance pour tous les efforts et sacrifices qui ont entrepris à de me voir ce que je suis ;
- ✓ A mes frères : JUBA, AHMAD, FOUAD.
- ✓ A Ma grand-mère et mon grand-père.
- ✓ A ma deuxième mère ma tante « SKOURA » qui m'a aidée énormément, je souhaite le succès dans sa vie.
- ✓ A ma chère tante : DJAMILA et sa famille.
- ✓ A mes chers oncles : KAMEL, DJAMEL, MOUKRANE.
- ✓ A ma chère binôme KAMELIA et sa famille.
- ✓ A mon cher SALAH et sa famille.
- ✓ A mes chers: RAID, LANA, AHMED, TAHA, YANIS, FOUFOU, ZOLA, FARAH, SARAH, MAROUA, JOJO, ALAA.
- ✓ A ma chère Katia qui m'a aidée énormément.
- ✓ A toute la section eau et environnement (2017/2018).

- ✓ A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

« FATIMA »

Introduction	1
<i>Chapitre I : Généralité sur les eaux naturelles</i>	1
<i>I-Différents types d'eau</i>	1
I-1 Les ressources en eau conventionnelles	1
1-Les eaux souterraines	1
2-Les eaux de surface	1
I-2 Les ressources en eau non conventionnelles	2
1-Les eaux usées	2
2-Les eaux de mer	2
<i>II-Pollution des eaux</i>	2
II-1- Pollution physique.....	2
II-2 Pollution chimique	3
II-3 La pollution biologique	3
II-4 La pollution organique	3
<i>III- Les risques sanitaires d'origine hydrique</i>	4
<i>IV- Paramètres de qualité de l'eau de boisson</i>	4
IV-1 Paramètres organoleptiques	4
IV-2 Paramètres physico-chimiques	5
IV-3 Les paramètres indésirables	7
IV-4 Les paramètres de pollution.....	8
IV-5 Les paramètres bactériologiques.....	8
IV-6 Les paramètres de toxicité	9
<i>Chapitre II : Généralité sur l'adsorption</i>	
<i>Introduction</i>	
I- Définition de l'adsorption	10
II- Domaine d'application de l'adsorption.....	10
III- Mode d'action	10
IV- Les forces d'adsorption	11
V- Les types d'absorption	11
V-1 L'adsorption physique ou physisorption.....	11
V-2 La chimisorption	12
VI- La cinétique d'adsorption	13
VII- Les adsorbants	14

VIII-	Principaux types d'adsorbant	14
IX-	La bentonite.....	14
IX-1	Origine de la bentonite.....	14
X-	Charbon actif	15
X-1	La porosité des charbons actifs	16
X-2	Les voies d'activation en vue de l'obtention du charbon actif.....	16
X-2-1	L'activation par voie chimique	16
X-2-2	L'activation par voie physique	17
XI-	Les Différentes formes de charbon actif	17
XII-	La sciure de bois.....	18
XII-1	L'origine de la sciure de bois	18
XIII-	Facteurs influençant l'adsorption.....	18
XIV-	Isothermes d'adsorption.....	19
XV-		

Chapitre III : Généralité sur l'aluminium

Généralité

I-	Utilisations majeur.....	20
II-	Les voies d'expositions à l'aluminium.....	21
III-	Coagulation-Floculation.....	22
IV-	Mécanismes de la coagulation floculation.....	22
V-	Les effets de l'aluminium.....	23

III -Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériels et méthodes

I-	La première partie	24
I-1	Préparation du charbon actif	24
II-	La deuxième partie.....	24
I-	Description du barrage de Taksebt	25
II-	Fonctionnement de la station.....	25
II-1	Étapes de traitement de l'eau de TAKSEBT.....	26
III	Matériels et méthodes.....	28
III-1	Prise d'échantillons	28
III-2	Matériels et Produits	28
III-2-1	Matériels utilisés.....	28
III-2-2	Produites utilisés.....	29
IV-	Méthode expérimentales et analytiques	29
IV-1	Essai de coagulation-floculation (jar-test)	29
IV-2	Mode d'opérateur.....	29
V-	Test aluminium	30
V-1	Mode d'opérateur.....	30

CHAPITRE V : Résultats et discussion

I - L'influence de quelques paramètres étudiés sur la variation de l'aluminium résiduel dans l'eau.....	32
I-1 TURBIDITE	32
I-2 Ph	32
II- aluminium résiduel dans l'eau traitée.....	33
II-1 Charbon Actif	33
II-2 Bentonite	34
II-Les abattements	35
III- L'étude statistique	35
IV- Représentation graphique des données	37

µg/l : microgramme par litre

µm : micromètre

µS/cm : micro siemens par centimètre

Al : aluminium

Bent : bentonite

C° : degré Celsius

CA : Charbon actif

CAG : Charbon Actif en Graine

CAP : Charbon Actif en Poudre

CE : Capacité d'échange

C_e : la Concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg L⁻¹)

CO₃²⁻ : les Carbonates

DBO₅ : demande biochimique en oxygène après 5 jours

DCO : demande chimique en oxygène

E T 2 : eau traitée par l'ajout des sels d'aluminium et de la bentonite

E T 3 : eau traitée par l'ajout des sels d'aluminium et du charbon actif

EB : eau brute

ET 1 : eau traitée par l'ajout des sels d'aluminium

HCO₃⁻ : les bicarbonates

IUPAC: International Union for Pure and Applied Chemistry

MES : matières en suspension

Mg/l : milligramme par litre

MO : Matière organique

N : Azote

nm : nanomètre

NTU : unité néphélométrique de turbidité (Nephelometric Turbidity Units)

O : Oxygène

Liste des abréviations

OMS : Organisme mondial de la santé

pH : Potentiel d'hydrogène

S.B : sciure de bois.

S-AL : sulfate d'alumine

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.

T : Température (°C)

UV : ultraviolet

Liste des figures

Figure 01 : Mécanismes de transfert de polluant sur un matériau adsorbant

Figure 02 : Adsorption des métaux lourds sur un charbon actif

Figure 03 : Représentation schématique de la structure du CA en trois dimensions et en deux dimensions

Figure 04 : Charbon activé

Figure 05 : Les types d'isothermes

Figure 06 : Abondance des éléments chimiques dans la croûte terrestre

Figure 07 : les étapes de traitement d'eau de TAKSEBT

Figure 08 : Ouvrage d'entre et d'aération

Figure 09 : les bassins de filtration à sable

Figure 10 : Point de prélèvement de l'eau brute

Figure 11: Jar-test de la station SEAAL

Figure 12 : Spectrophotomètre de la station SEAAL

Figure 13 : Evolution de rendement de la réduction de l'aluminium résiduel en fonction de mélange sulfate d'alumine/ charbon actif

Figure 14 : Evolution de rendement de la réduction de l'aluminium résiduel en fonction de mélange sulfate d'alumine/ bentonite

Figure 15 : Les moyennes d'abattements de la quantité de l'aluminium résiduel dans l'eau traitée en fonction des adsorbants utilisée (bentonite, charbon actif)

Figure 16: Box plot de la distribution de l'aluminium résiduel

Tableau 01 : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique

Tableau 02 : Caractéristiques physico-chimique de la bentonite ;

Tableau 03 : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite ;

Tableau 04 : Résultats des analyses du pH et de la turbidité de l'eau brute et traitée dans la station SEAAL

Tableau 05 : Résultats des analyses de l'eau brute et traitée dans la station SEAAL

Introduction général

L'eau est un élément essentiel à la vie, elle représente un pourcentage très important dans la constitution des êtres vivants (HAMED et al, 2012) mais, l'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine car des éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être directement ou indirectement introduits. La qualité des eaux de surface souvent polluées, et donc très variable et ne peut être traitée qu'au cas par cas par des traitements appropriés à sa nature et à son degré de pollution (LOUNNAS, 2009). Pour pallier les problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau, la technologie moderne nous a permis la conception de stations de traitement des eaux permettant l'élimination des matières en suspension par le procédé de clarification et la destruction des microorganismes par le procédé de désinfection.

Dans le traitement de clarification d'une eau de surface on utilise les sels d'aluminium ou de fer comme coagulant, la présence de ces produits dans l'eau peut poser un problème sanitaire majeur (Cherifi, 2013). Parfois d'autres adjuvants de floculation sont utilisés comme les colloïdes de même charge que les particules à flocculer, ajoutés pour augmenter la concentration et le nombre de chocs entre les particules (MEGHZILI, 2002). Les sels d'alumine peuvent porter préjudice à long terme pour la santé du consommateur et pour l'environnement. Ils peuvent limiter la fertilité des sols acides et le développement des plantes (Bourrié, 2018) et favoriser la maladie d'Alzheimer (Gillette, 2005 ; ref 2018). C'est pour cela les nouvelles recherches ne cessent de remettre en cause la norme actuelle établie par l'OMS qui est de 0,2 mg/l et ce suite à plusieurs griefs portés contre les sels d'alumines d'où leurs retraits dans le cosmétique et l'alimentaire.

L'adsorption s'avère efficace dans la rétention et l'élimination des composés organiques et minéraux solubles d'une eau sans être modifiés. Le charbon actif est considéré comme l'un des adsorbants les plus polyvalents et de nombreux travaux font ressortir son efficacité. Une solution alternative consisterait à utiliser d'autres matériaux adsorbants l'alumine activée, la goethite, le kaolin et les argiles comme les bentonites qui furent les premiers adsorbants utilisés pour le dégraissage de la laine, puis pour la floculation d'eaux turbides (Larhyss, 2013). C'est sur cette optique d'adsorption que notre travail est orienté afin d'optimiser la clarification et les concentrations d'aluminium résiduel dans les eaux traitées du barrage de Takcebt. Notre problématique se résume à la question suivante :

Pouvons-nous réduire la concentration de l'aluminium résiduel présent dans l'eau traité de la station SEAAL par des adsorbants naturels tel que le charbon actif et la bentonite?

Afin de bien structurer notre mémoire nous l'avons divisé en deux parties ; la partie théorique qui inclut trois chapitre :

- Le premier chapitre consiste à déterminer les généralités sur les eaux naturelles.
- Le deuxième chapitre présente les adsorbants et le phénomène d'adsorption.
- Le troisième chapitre donne une vue générale sur le phénomène de coagulation floculation et une présentation globale des caractéristiques de l'élément étudié « l'aluminium ».

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

I. Différents types d'eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer (DEGREMONT, 2005).

Les ressources en eaux peuvent provenir de deux origines ; conventionnelles ou non conventionnelles.

I-1 Les ressources en eau conventionnelles**1- Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines constituent 22% des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m³. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se réunissent en nappes.

Il existe plusieurs types ; La nappe libre qui est directement alimentée par les eaux de ruissellement, Très sensible à la pollution, elle est à l'origine des sources et des forages par opposition. La nappe captive qui est séparée de la surface du sol par une couche imperméable ; Elle n'est donc pas alimentée directement par le sol, elle se situe à des grandes profondeurs et peu sensible à la pollution.

Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Néanmoins, les terrains traversés en influencent fortement la minéralisation. Celle-ci est faible dans les terrains anciens de type granite et schiste, et élevée dans les terrains sédimentaires comme les calcaires. Elles sont pauvres en O₂ dissous et exemptes de matières organiques sauf en cas de pollution. (CLAUDE, 2010)

2- Les eaux de surface :

Les eaux de surface se répartissent en eaux circulantes (courantes) ou stockées (stagnantes). Elles se forment à partir, soit de l'émergence de nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau de ruissellement.

Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension, organiques et en plancton. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique du type nitrate et pesticide d'origine agricole. (CLAUD, 2010)

I-2 Les ressources en eau non conventionnelles

Elles représentent les eaux usées et les eaux de mer.

1-Les eaux usées

Les eaux usées sont les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissements. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance. Le recours aux eaux usées épurées devient une alternative incontournable afin de garantir la satisfaction des besoins en eau des populations, particulièrement, dans les pays arides et semi arides (METAHRI, 2012)

2-Les eaux de mer

La mer est considérée comme un réservoir d'eau, cette eau est très fortement minéralisée, caractérisée par une grande salinité. Elle contient près de 3.5% de sels, dont le plus important est le chlorure de sodium. (BOURGOIS et al, 1980).

II- Pollution des eaux

Le terme pollution désigne toute modification du milieu naturel qui s'exerce dans un sens défavorable sous l'effet des activités humaines. (Dégerémont, 2005) ; C'est une altération qui rend son utilisation dangereuse et/ou perturber la vie aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines. (HADDOU, 2010).

On peut classer les agents polluants selon leur nature ; on distinguera donc des agents physique (rayonnements ionisants, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique et ...), chimique (substances minérales, organiques abiotique ou encore de nature biochimique), enfin biologique (microorganismes pathogènes, populations d'espèces exotiques introduites par l'homme... et.).(RAMADE, 2007).

II-1 Pollution physique

1-Polluants mécaniques

Ils sont dus aux effluents solides rejetés par les usines, ces particules solides contribuent à l'altération de l'écosystème par perturbation de la photosynthèse en limitant la pénétration des rayons solaires. (KHALID, 2011).

2-Polluants thermiques

La pollution thermique est la conséquence du déversement dans milieu aquatique (fleuves, eaux littorales) de quantités considérables d'eaux utilisées pour le refroidissement, surtout lors de la production d'énergie électrique par les centrales thermiques ou nucléaire (FESTY et al, 2003).

3-Polluants radioactifs

La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique. (KHALID, 2011).

II-2 Pollution chimique

La pollution chimique d'une eau peut provenir de plusieurs sources ; comme les éléments chimiques organiques, les éléments chimiques minéraux (Sodium, chlorure, Nitrates, phosphate...) (LOUNNAS, 2009) et aussi les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium) d'origine industrielle ou artisanale. (FESTY B et al, 2003).

II-3 La pollution biologique

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes tels que les bactéries, virus, et les protozoaires. La pollution microbiologique a souvent pour source des eaux usées improprement traitées ou les eaux de ruissellement provenant d'installation d'élevage et se déversant dans les cours d'eaux. Des épidémies peuvent émerger et limiter les usages que l'on peut faire de l'eau. (HADDOU, 2010).

II-4 La pollution organique

Elle se traduit par plusieurs formes et origine différentes

1/ Les hydrocarbures : par leur densité relativement faible par rapport à l'eau forment des films de surface et empêchent toute oxygénation de celle-ci occasionnant des asphyxies de la faune et de la flore. (MIZI, 2006).

2/ les huiles et graisses : on les trouve généralement dans les eaux domestiques, Leur décomposition en milieu aérobie se traduit par une libération du CO_2 ; et en anaérobiose, il y a formation de CO_2 et CH_4 . (HAMED et al, 2012).

3/ les pesticides : Ces composés chimiques proviennent essentiellement des lessivages des terres agricoles, ils se retrouvent dans les oueds ou les retenues d'eaux. (MIZI, 2006).

4/ Les phénols : les produits phénoliques proviennent en général d'activités industrielles, ils donnent à l'eau un goût marqué de chlorophénol lorsqu'il est en présence de chlore, ces produits sont souvent biodégradables ceci dépend de leur composition. . (MIZI, 2006).

5/ Les détergents : Ces composants proviennent aussi bien d'activités industrielles que domestiques. (MIZI, 2006).

III- Les risques sanitaires d'origine hydrique

L'eau est un vecteur majeur de maladie. L'organisation mondiale de la santé estimait en 2004 que dans le monde 2.2 millions de personnes décédaient annuellement de maladie diarrhéique, dont 0.8 million d'enfants de moins de 5ans pour le seul continent africain qui ne représente pourtant qu'1/7^e de la population mondiale... d'autre données avancent une mortalité annuelle de 3.4million (Fetwell, 2001). La mauvaise qualité de l'eau, est la cause primaire de ces maladies qui regroupent essentiellement les gastro-entérites, le choléra, les fièvres typhoïdes et les hépatites A et E. les maladies diarrhéiques sont de très loin la 1^{er} cause de morbidité, quel que soit le continent considéré (OMS, 2004).

IV- Paramètres de qualité de l'eau de boisson

La conformité de l'eau de distribution est évaluée en comparant les résultats obtenus lors de l'analyse d'un échantillon pour un ensemble de paramètres à des seuils que définissent les législations en vigueur. Ces seuils peuvent être des limites dont le dépassement rendant l'eau impropre à la consommation. (JOEL, 2015)

IV-1 Paramètres organoleptiques

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage.

1- Odeur

L'odeur a pour origine principale la présence de substances organiques volatiles ou de certains gaz. Elle peut révéler la présence de micro-organismes ; Elle peut aussi provenir de pollutions issues des activités humaines. Le chlore utilisé comme désinfectant peut générer des produits à haut pouvoir olfactif avec certaines molécules organiques et l'existence d'une odeur inhabituelle

dans l'eau de distribution publique est révélatrice d'une dégradation de la qualité. Elle peut, par ailleurs, détourner le consommateur de l'eau du robinet. (JOEL, 2015).

2- Saveur

La modification des caractéristiques gustatives constitue un bon indicateur de dégradation possible de la qualité. (JOEL, 2015)

L'apparition de mauvais goût provient souvent d'une croissance de micro-organismes à l'intérieur du système de distribution. De nombreuses substances minérales peuvent donner une saveur désagréable à des concentrations beaucoup plus faibles que celles que provoqueraient des effets toxiques.

3- Couleur

L'eau est transparente. La présence d'une couleur est liée à la présence de matières organique (MO), de métaux ou de rejets industriels. L'importance de la couleur est surtout d'ordre organoleptique, capable de produire un effet sensoriel. Elle peut être l'indice d'une pollution par divers substances chimiques. (JOEL, 2015)

IV-2 Paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont des indicateurs pertinents de la dégradation des ressources en eau utilisée pour la production d'eau potable.

1- Turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide et elle est due à des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU. (Rodier, 2005)

2- La dureté totale

Dureté totale est calculée comme la somme des concentrations des ions calcium et magnésium dans l'eau, exprimés en carbonate de calcium. La dureté d'une eau peut être temporaire ou permanente. La dureté totale de 500 mg/L (de CaCO₃) est une valeur maximale autorisée pour l'eau potable. (FUNASA, 2013).

3- Température

La température dépend de l'augmentation de la consommation d'eau, de la fluoration, de la solubilité et de l'ionisation des substances coagulantes, du changement du pH, de la désinfection, etc. (FUNASA, 2013).

4- La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une eau est la mesure du courant électrique conduit par les ions présent dans l'eau ; Elle est proportionnelle au degré de minéralisation et varie en fonction de la température. (Rodier, 2005 ; JOEL, 2015).

5- PH

Le pH représentant la concentration en ions oxonium (H_3O^+) dans une solution aqueuse. Ce paramètre donne le degré de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau (Walaa, 2016).

6- Oxygène dissous

L'eau contient toujours des gaz dissous, dont les conditions dépendent notamment de la température ainsi que de la composition et de la pression de l'atmosphère gazeux avec laquelle elle est en contact (Rodier et al, 2009).

7- Matières en suspension

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des sols traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérés comme une forme de pollution (MAKHOUKH et al, 2011).

8- Alcalinité

Elle est due principalement à la présence de carbonate (CO_3^{2-}) et de bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau. (Kumar, 2012).

- L'alcalinité affecte le pH de l'eau et la rend basique. (Patil et al, 2012).

9- Sodium Na^+

Le sodium est un élément naturellement présent dans l'eau à des concentrations variables. Il provient des échanges de bases qui s'effectuent au niveau de certains minéraux (argile sodique), et de l'emploi de composés sodés contre la corrosion.

10- Le calcium Ca^{2+}

Le calcium est très abondant naturellement. Ses sources les plus communes dans les eaux sont les roches et les minéraux, comme la calcite. (Subin, 2013).

11- Magnésium Mg^{2+}

La source la plus commune du magnésium est l'érosion des roches, et les minéraux, comme la magnésite. (Rylander, 2014).

12- Les chlorures

Les chlorures sont des composés inorganiques résultant de la combinaison du dichlorure gazeux avec un métal. Le chlorure de sodium (NaCl) et le chlorure de magnésium (MgCl_2) sont les plus répandus. Différentes sources naturelles et industrielles sont à la base de la contamination de l'eau par des chlorures. (Kumar, 2012).

13- Le fluor

Le fluor est considéré parmi les ions les plus abondants sur la planète. Il constitue 0.08% des éléments présents dans la croûte terrestre. On le trouve dans les roches, le sol, l'air et l'eau. Les composés fluorés sont des sels qui se forment quand l'élément fluor se combine avec des minéraux dans le sol ou des roches. (Miramontes et al, 2003).

IV- Les paramètres indésirables

1- Le Manganèse (Mn)

C'est un métal de couleur gris-blanc. Le fer et le manganèse sont souvent présents ensemble, à l'état naturel. Les sources les plus fréquentes de manganèse dans l'eau sont naturelles (exemple : altération des minéraux et des roches). Le manganèse provient de plusieurs sources artificielles, et plus particulièrement des effluents industriels. (Aranguren, 2008).

2- Le Fer (Fe)

C'est un métal indispensable à la survie des êtres vivants. Le fer présent dans les sédiments constitue un milieu favorable pour certains types de bactéries. Il peut être lié à une activité bactérienne excessive (Bruce et al, 2014). Il est naturellement contenu dans les constituants de l'écorce terrestre. (Paramasivama et al, 2015).

3- Le Zinc (Zn)

C'est un métal essentiel à la vie à de faibles concentrations. (Wacila. B, 2012). Il possède la capacité de s'associer préférentiellement aux particules fines ou de s'adsorber aux minéraux argileux. (Paramasivama et al, 2015).

4- Aluminium

Le traitement des eaux par le sulfate d'aluminium est le procédé le plus utilisé dans le traitement des eaux pour éliminer les micro-organismes indésirables. Cependant, une partie de l'aluminium reste en solution (Bottero et al, 1980) (Tomperi et al, 2013) (Meghzili et al, 2016).

L'Aluminium peut devenir toxique si sa teneur dépasse un seuil critique. (Sedki, 2018).

Il est donc important de minimiser la quantité d'aluminium résiduel dans l'eau potable et l'eau utilisée dans l'industrie alimentaire. (Tomperi et al, 2013).

IV-4 Les paramètres de pollution

1- La demande biochimique en oxygène (DBO)

C'est un test réalisé pour déterminer la pollution organique. Il représente la quantité d'oxygène nécessaire à la décomposition biologique des matières organiques. (Subin, 2013).

Une DBO élevée indique une teneur en matières organiques polluantes élevées qui pourraient être dangereuses et toxiques. (Verma, 2010).

2- La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène dissoute nécessaire pour l'oxydation des matières organiques dans l'eau. Une COD élevée signifie une forte demande en oxygène dissous et donc une forte contamination organique dans l'eau. (Patil et al, 2012).

3- L'azote ammoniacal NH_4^+

Il provient généralement de la décomposition aérobie et anaérobie de la matière organique azotée (Verma, 2010).

4- Nitrates et nitrites

Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions provenant du cycle naturel de l'azote. Des concentrations élevées en nitrate proviennent des engrais agricoles, des effluents domestiques, des rejets industriels et des eaux usées. (Kumar, 2012).

5- Le phosphore

Est un élément indispensable au développement de tous les organismes vivants. La plus grande partie du phosphore des cours d'eau provient des rejets d'eaux résiduaires et des activités agricoles (Kumar, 2012).

IV-5 Les paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique de l'eau est indispensable afin de s'assurer de l'efficacité du traitement Vis-à-vis des germes (HASLAY et al 2006). Parmi ces derniers on retrouve :

- 1- **Les coliformes totaux** : sont des indicateurs d'une contamination fécale. Ils sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet. (SERVAIS, 2009).
- 2- **Les coliformes fécaux** : témoignent habituellement d'une contamination d'origine fécale. Ils sont thermo tolérants, l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'Escherichia coli. (SERVAIS, 2009).
- 3- **Les streptocoques fécaux** : elles font partie de la flore intestinale normale humaine ou d'autres animaux à sang chaud. Ces bactéries constituent un indice de contamination fécale ancienne (SERVAIS, 2009).

IV-6 Les paramètres de toxicité

Les paramètres de toxicité on distingue :

- 1- **L'arsenic** : sa toxicité dépend essentiellement de sa forme chimique. (BOUCHESEICHE et al ; 2002).
- 2- **Le cadmium** : sa présence dans l'eau est due aux effluents industriels, certaines canalisations (RODIER et al, 2005).
- 3- **Le mercure** : se concentre souvent sur les particules en suspension et la matière organique ; sa présence dans l'eau est souvent d'origine anthropique (BOUCHESEICHE et al ; 2002).
- 4- **Le Plomb** : la présence de plomb dans l'eau distribuée peut provenir de tuyauteries anciennes contenant du plomb ou des activités industrielles. (BOUCHESEICHE et al, 2002).
- 5- **Le Chrome** : il peut provenir essentiellement de filons métallifères (chromite) ou des rejets d'eaux usées. (Cr VI) (BOUCHESEICHE et al, 2002 ; OMS, 2007).

Introduction

L'adsorption est un phénomène de surface universel. En effet, toute surface est constituée d'atomes n'ayant pas toutes leurs liaisons chimiques satisfaites. Cette surface a donc tendance à combler ce manque en captant les atomes et molécules passant à proximité. Les chimistes travaillant sur des réactifs de très haute pureté savent bien la difficulté qu'il y a à éliminer les impuretés adsorbées sur la surface interne de leur montage. (Article congrès UDPP, 2016).

I- Définition de l'adsorption

L'adsorption est une technique de séparation qui consiste à réaliser un transfert fluide-solide (Le catalyseur hétérogène). Elle est due à des phénomènes de diffusion et à des interactions entre la surface de l'adsorbant et la molécule. Elle est donc favorisée par les matériaux ayant d'importantes surfaces spécifiques. Les réactions d'adsorption sont exothermiques. (Grah Patrick, 2009 ; 2018).

II- Domaine d'application de l'adsorption

Les procédés d'adsorption sont largement employés en raison de leur simple design et de leur facilité d'utilisation. Ils peuvent éliminer considérablement voire totalement, toutes sortes de polluants présents dans toutes sortes d'effluents liquides; de plus, ils peuvent, contrairement aux procédés biologiques, être appliqués à des polluants (y compris colorants) dont la concentration est faible. (Zoubida, 2017).

En pratique, elle est utilisée dans les cas suivants : Séchage, Traitement des huiles, traitement des gaz, industrie textile, décoloration et traitement des eaux.

-La purification de divers produits pétroliers et de matières grasses animales ou végétales. (Babakhouya, 2010)

Dans le domaine du traitement des eaux, l'adsorption constitue une technique de choix pour l'élimination d'éléments dissous, le plus souvent organiques et à l'état de trace. (BougdahN, 2007).

III- Mode d'action

La rétention des polluants par la surface des solides correspond en général à trois phénomènes possibles :

- L'absorption qui correspond à l'incorporation de contaminant à l'intérieur de la matrice solide.

- La précipitation qui correspond à la formation d'une nouvelle phase solide grâce aux interactions entre les deux phases solide et liquide.
- L'adsorption qui correspond à la fixation des molécules du contaminant sur la surface du solide. (Yassine, 2016).

IV- LES FORCES D'ADSORPTION

Le processus d'adsorption est généralement dû à plusieurs forces physico-chimiques qui se produisent à l'interface solide-liquide tels que :

a- Les forces de van der Waals : une attraction dipôle-dipôle qui se produit entre les atomes ou les molécules grâce à des perturbations électriques de faible intensité. Ce type d'attraction a une grande importance pour l'adsorption des espèces organiques.

b- Les forces coulombiennes : force électrostatique qui se produit entre une surface chargée et une espèce de charge opposée. La charge de surface peut être le résultat d'une substitution isomorphique ou d'une protonation ou déprotonation des groupes fonctionnels de surface sous l'effet du pH. Ce genre de forces se manifeste essentiellement dans le cas de l'adsorption des ions inorganiques et des molécules organique ionisées.

c- Les liaisons hydrogène : il s'agit de liaison intermoléculaire qui se produit entre un atome d'hydrogène et un atome électronégatif (O, F, S, Cl).

d- Les interactions hydrophobes : ce type d'effet concerne les molécules non polaires ; la nature exacte de l'adsorption par ce type d'interaction reste incertaine. (YASSINE, 2016).

V- Les types d'absorption

V-1 L'adsorption physique ou physisorption : est une adsorption de type physique, où la fixation des molécules d'adsorbat sur la surface d'adsorbant se fait essentiellement par les forces de Van der Waals et les forces dues aux interactions électrostatiques. (Ikhlass, 2012 ; 2013).

Les énergies mises en jeu sont de l'ordre de 5 à 40 kilojoules par moles (NOLL et al, 1992 ; 2018).

L'adsorption physique se produit sans modification de la structure moléculaire et elle est parfaitement réversible. (HARRAT, 2013).

V-2 La chimisorption : Résulte d'une réaction chimique avec partage d'électrons entre les molécules d'adsorbat et la surface de l'adsorbant ; conduisant à la rupture et à la création de liaisons chimiques. L'énergie de liaison est plus forte qu'en physisorption. (Sun, 2003 ; Estelle, 2012).

Les matériaux adsorbants disposent de larges surfaces spécifiques, généralement développées sur des matériaux poreux. Au cours de l'adsorption d'une espèce chimique, le transfert de la phase liquide vers la phase solide se déroule en plusieurs étapes : (Figure 01)

1 - Le transfert externe : correspond à la migration du polluant présent dans la solution vers la surface externe des particules.

2 - Le transfert interne : concerne le fluide contenu dans les pores.

3 - La diffusion de surface : correspond au transport des polluants le long des surfaces des pores. Cette dernière dépend essentiellement des fonctions chimiques de surface présentes sur l'adsorbant. (TELEGANG,2017).

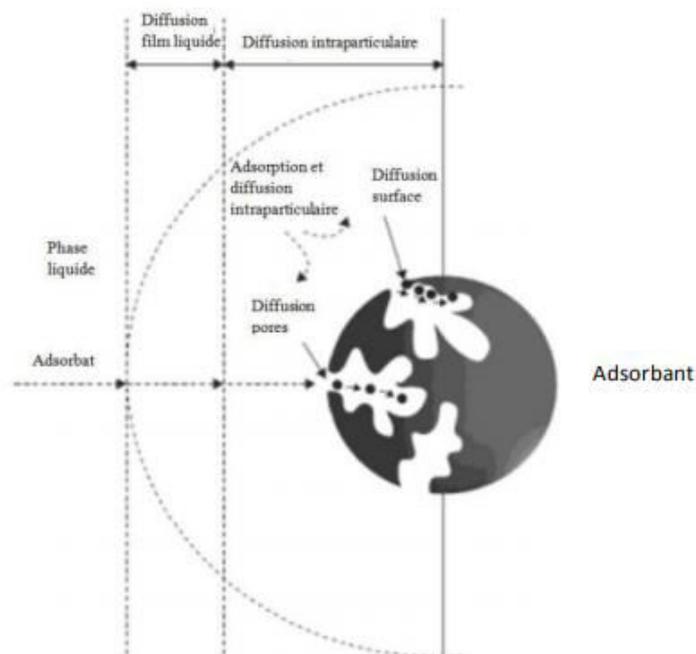


Figure 01 : Mécanismes de transfert de polluant sur un matériau adsorbant. (Çeçenet al, 2011).

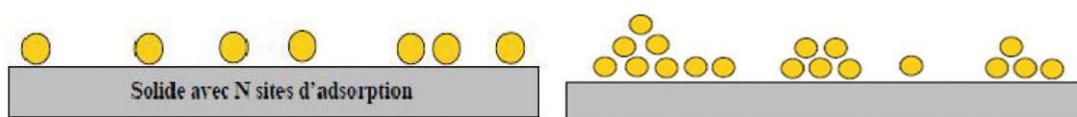


Figure 0 2 :Adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes (SEDIRA, 2013).

Tableau 01 : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique. (Bouaziz et al, 2009 ,2017).

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Types de liaison	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
Températures du Processus	Relativement faible comparée à température d'ébullition l'adsorbat	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat
Individualité des Molécules	L'individualité des molécules conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de la Température	Très lente
Chaleur d'absorption	Inférieure à 10 kcal/mole	Supérieure à 10 kcal/mole
Energies mise en jeu	Faibles	Elevée
Type de formation	Formation en multicouches monocouche	Formation en monocouche

VI- La cinétique d'adsorption

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support (Bouziane, 2007).

La cinétique d'adsorption est définie comme étant la vitesse de fixation d'un adsorbat sur un adsorbant. Ce phénomène se fait en plusieurs étapes :

- Diffusion de l'adsorbat dans la phase liquide jusqu'à la surface externe de l'adsorbant.
- Diffusion de l'adsorbat à travers les pores de l'adsorbant.
- Adsorption sur la surface (Mohamed, 2014).

VII- Les adsorbants

Généralement, les adsorbants permettent de réaliser la séparation des composants d'un mélange en retenant plus ou moins, ceux-ci, par le biais de liaisons dont l'intensité varie selon la nature des molécules présentes dans le mélange. Au sens strict, tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante (surface par unité de masse) peuvent avoir des intérêts pratiques. Les adsorbants industriels ont généralement des surfaces spécifiques au-delà de $100 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Ces adsorbants sont nécessairement microporeux avec des tailles de pores inférieures à 2 nm ou Méso poreux avec des tailles de pores comprises entre 2 nm et 50 nm (selon la classification de l'IUPAC) (Lakhache, 2017).

VIII- Principaux types d'adsorbant

Les adsorbants industriels les plus courants sont les suivants : les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silice, les argiles activées (ou terres décolorantes) et les alumines activées. (Ikhlass, 2012; Ettlili, 2008 ; 2018). Il s'agit d'adsorbants physiques. Des adsorbants chimiques suscitent de plus en plus d'intérêt. (Ettlili, 2008 ; 2018).

IX- La bentonite

La bentonite est une argile naturelle constituée essentiellement de la montmorillonite. Elle est soit sodique soit calcique. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement (Mimanne et al, 2014). La région nord orientale du Maroc se distingue par la présence de vastes gisements de bentonite. (YASSINE, 2016)

IX-1 Origine de la bentonite

La bentonite est une roche tendre, friable au toucher et sa teinte est blanchâtre, grisâtre ou légèrement jaune (Bouchemal, Achour, 2007). En Algérie les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (Ouest Algérien). On révèle en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Bouhrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes (ABDELWAHAB et al, 1988 ; Arris, 2008).

Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement (Bouchemal, Achour S, 2007; Mimanne et al, 2014).

Elles ont de ce fait de larges applications, toujours plus nombreuses et dans différents domaines tels que l'épuration des eaux, décoloration des huiles et des graisses, elles sont aussi utilisées comme charge dans l'industrie du papier, des savons des détergents et dans l'industrie pétrolière. (Mimanne et al, 2014).

Tableau 02 : Caractéristiques physico-chimique de la bentonite (ACHOUR, 2000).

<i>Surface spécifique</i>	<i>Poids spécifique (g/cm²)</i>	<i>pH</i>	<i>Cations échangeables (meq/100g)</i>	<i>Na/Ca</i>
<i>m²/g</i>			<i>Ca Na Mg</i>	
65	2.71	9	43.6 4.8	25.2 0.58

Tableau 03 : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite (ACHOUR, 2000).

<i>Montmorillonite</i>	<i>Quartz</i>	<i>Carbonates</i>	<i>Feldspaths</i>	<i>Biotites</i>
45 à 60%	15 à 20%	8 à 10%	3 à 5%	8 à 10%

X- Charbon actif

Les charbons actifs sont de loin les adsorbants les plus fabriqués et utilisés industriellement. Ils peuvent être obtenus à partir d'un grand nombre de matériaux carbonés (bois, charbon, noix de coco, résidus pétroliers, margine, etc.), par des processus de carbonisation suivis des processus d'activation dûment contrôlés. Les charbons actifs sont composés de micro cristallites élémentaires de graphite qui sont assemblées avec une orientation aléatoire. (Khllass, 2012 ; 2013).

Le charbon actif est utilisé dans plusieurs domaines, comme la purification de l'eau, le traitement des eaux usées, la médecine ...etc. Nous le retrouvons le plus souvent en traitement d'affinage d'eau potable ou d'eau industrielle de haute pureté, dans ce cas le charbon actif fixe les micropolluants organiques (souvent à l'origine de goûts et des saveurs désagréables) présents dans l'eau. (Alice, 2014 ; 2015).

X-1 La porosité des charbons actifs

La porosité est l'une des propriétés essentielles des CA. Dans la structure du CA, les atomes de carbone sont organisés pour former des feuillets constitués de plusieurs cycles aromatiques, enchevêtrés les uns dans les autres et délimitant des interstices de tailles variables appelés pores

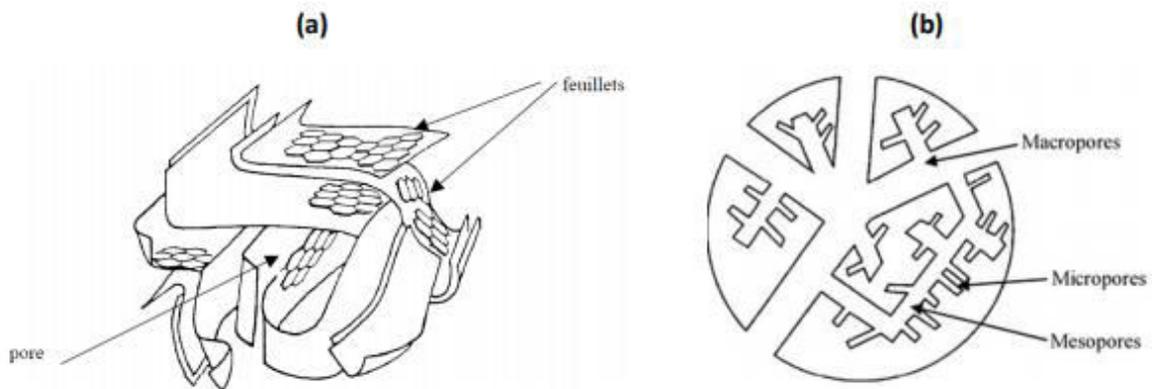


Figure03 :Représentation schématique de la structure du CA en- (a) trois dimensions (J.J. Freeman et al, 1990). - (b) en deux dimension (Rodriguez et al, 1979).

D'après la nomenclature de l'IUPAC, les pores sur les CA sont classés en trois catégories : - Les micropores de diamètres inférieurs à 2 nm ; - Les méso pores de diamètres compris entre 2 et 50 nm ; - Les macropores de diamètres supérieurs à 50 nm. (TELEGANG, 2017).

X-2 Les voies d'activation en vue de l'obtention du charbon actif :

X-2-1 L'activation par voie chimique

L'activation par voie chimique se fait par traitement thermique de la biomasse (Patnukao et al, 2008; Gueye et al, 2014; Mohd et al, 2009 ; Kouotou et al, 2013 ,2012).Préalablement imprégnés de substances chimiques. Ces dernières peuvent être de natures acide ou basique en fonction des propriétés spécifiques recherchées sur le CA. Les principaux agents chimiques utilisés sont des acides (H_3PO_4 , HCl , H_2SO_4 , $ZnCl_2$) ou des bases telles que $NaOH$ et KOH . Leur présence catalyse les réactions de gazéification qui sont à l'origine de la création des pores dans la matrice carbonée du charbon. De plus, ils influencent la chimie de surface du CA en jouant un rôle catalyseur pour les réactions d'oxydation et de réduction(Molina et al,2004). Lorsqu'ils sont imprégnés directement dans la biomasse, leur caractère fortement acide et basique joue un rôle dans les réactions de dépolymérisation et de fragmentation des macromolécules. (Marsh et al, 2006 ;Gueye et al, 2014 ; Deng et al,2011).

X-2-2 L'activation par voie physique : Cette voie d'activation suppose une carbonisation préalable de la biomasse (entre 400 et 700°C) sous atmosphère de gaz inerte (azote, Argon ou hélium). Le charbon obtenu est ensuite gazéifié à des températures entre 800 et 1000°C, sous l'action d'un gaz oxydant comme la vapeur d'eau ou le CO₂ (ou un mélange des deux gaz),(Baçaoui, 2000). La gazéification permet d'éliminer les atomes de carbone de façon modérée et sélective afin de générer la porosité. (Tancredi et al, 1996 ; chekem, 2017).

XI-Différentes formes de charbon actif

Les différentes formes du charbon actif selon leurs applications, les charbons actifs sont disponibles soit en poudre, soit sous forme de fibres. (Zeroual et al,2007).

- 1- **Charbon actif en poudre :** Les charbons actifs en poudre présentent une granulométrie inférieure à 100 µm, avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25 µm, Ils ont une surface externe et une faible profondeur de diffusion. Ce qui engendre une vitesse d'adsorption très rapide(Villa, 2003).
- 2- **Charbon actif en grain :** La forme granulaire du charbon actif, est caractérisée par une taille de particule supérieure à 1 mm, un faible diamètre de pores, une grande surface interne et une surface externe relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans les processus d'adsorption. Ces charbons sont préférentiellement utilisés en litfixe pour l'adsorption des gaz et vapeurs, ils sont couramment utilisés pour le traitement de l'eau.(Yahiaoui, 2012).
- 3- **Charbon actif extrudé :** Le charbon actif est de forme cylindrique, avec des diamètres allant de 0.8 mm. Il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussière.(Villa, 2003).

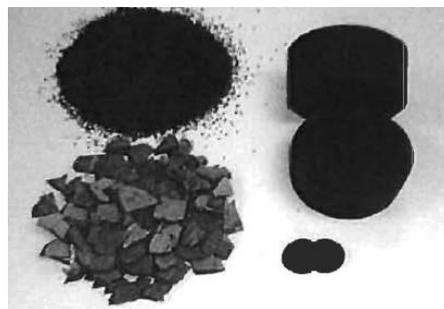


Figure 04 :Charbon activé(Mohamed, 2014).

Le charbon actif est fabriqué à partir des déchets solides qui sont utilisés comme matière première après carbonisation et activation. Parmi ces déchets, les plus utilisés sont : les coques de noix de coco, les noyaux, grignon d'olives, la sciure de bois, etc. (Mouhamad, 2008).

XII-La sciure de bois

La sciure de bois est Récupérée en général dans les rejets des menuiseries dans l'industrie de fabrication de meubles de maisons ou ébénisterie. Elle est composée essentiellement de cellulose, de polysaccharides et de lignine.(PEKKUZ et al, 2008; Kinetics et al, 2009-2017).

La sciure de bois est utilisée dans l'élimination de colorants en solution aqueuse ;elle peut être utilisée en tant qu'adsorbant économique et efficace.À noter tout de même que la sciure de bois contient des groupements fonctionnels tels que les hydroxyles des alcools, et des acides carboxyliques.(ELBARIJI et al, 2006).

XII-1 L'origine de la sciure de bois

En Algérie elle est obtenue à partir de sapin africain, employé par des artisans d'ébénisterie du marché local Elgraba (Sidi Bel Abbes). Elle se présente sous forme de copeaux ondulés et de longueurs variables (Belaidet al, 2011).

XIII-Facteurs influençant l'adsorption

L'adsorption à la surface des charbons actifs des produits organiques ou inorganiques, dans l'eau a fait l'objet de nombreuses études. Les facteurs principaux qui influencent ce phénomène dans les solutions aqueuses peuvent être présentés comme suit :

- Le type de composé à adsorber : les composés qui ont un poids moléculaire élevé et une faible solubilité sont mieux adsorbés ;
- La concentration du composé à éliminer : plus la concentration est élevée, plus la consommation de charbon augmente.
- Le pH de la solution est une variable importante (ABUZAIID et al, 1996) ont montré que le pH minimal, pour obtenir la meilleure adsorption est situé 4 et 7,1 selon l'adsorbant étudié (GrahPatrick, 2009 ; 2018).

XIV-Isothermes d'adsorption

Les isothermes n'ont de sens qu'à une température constante. Elles ne sont pas des modèles dynamiques car elles ne dépendent pas du temps. Les isothermes communément employées sont l'isotherme de Langmuir et l'isotherme de Freundlich. Ces courbes mettent en relation la quantité de polluants adsorbée par unité de masse de matériau (q_e) et la concentration de polluants restant en solution (C_e) ; afin de déterminer la capacité d'adsorption du solide pour un soluté donné.

Les isothermes d'adsorption ont été classées par GILES en quatre principales classes :

C, S, L et H :

- **Type C :** Les courbes sont sous formes de ligne droite avec le zéro comme origine. Elle signifie que le rapport entre la concentration résiduelle et la quantité adsorbée est le même à n'importe quelle concentration.
- **Type S :** Lorsque les molécules du soluté ne s'accrochent au solide que par l'intermédiaire d'un seul groupement, et l'adsorption du solvant est appréciable. Les molécules adsorbées facilitent l'adsorption des molécules suivantes (synergie coopératif).
- **Type L :** (dites de Langmuir) sont les plus fréquentes. L'adsorption devient plus difficile lorsque le degré de recouvrement augmente. Ce comportement est rencontré dans le cas où l'adsorption du solvant est faible, et lorsque les molécules ne sont pas orientées verticalement, mais plutôt à plat.
- **Type H:** S'obtiennent lorsqu'il y a chimisorption du soluté (haute affinité). On les rencontre également dans certains cas d'échange d'ions. L'adsorption initiale du soluté dans les pores, produit une dilatation de ceux-ci, ce qui permet à d'autres molécules de pénétrer. (Limousin et al, 2007;Emilian,2009 ;CHAWKI DJ, 2014).

Généralité

L'Al est le métal le plus présent dans notre environnement et le troisième élément le plus abondant de la croûte terrestre (voir figure 06). L'Al est très réactif et n'est jamais rencontré sous forme libre dans l'environnement. Il est couplé à d'autres éléments tels que l'oxygène, le silicium ou le fluor. Ces composés chimiques sont retrouvés dans le sol, les minéraux, les roches, et les terrains argileux. L'Al, stocké dans les milieux naturels, peut être mobilisé par les pluies acides et être rejeté dans l'air par les procédés industriels (Krewski et al, 2007).

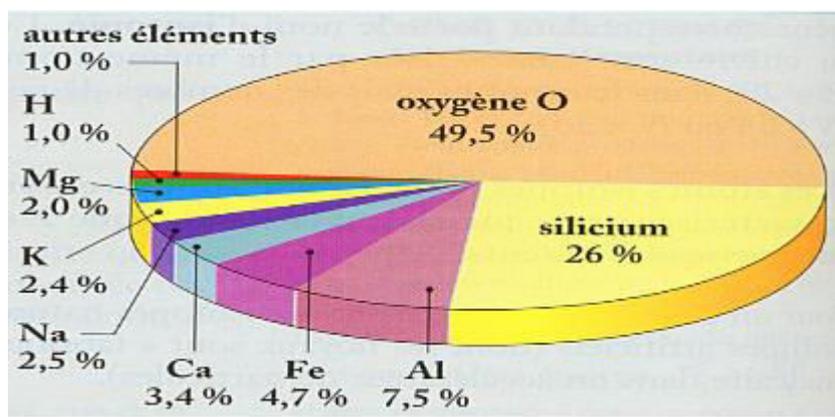


Figure 06 : Abondance des éléments chimiques dans la croûte terrestre (ROSIN et al .1990)

I- Utilisations majeur

L'Al peut être utilisé sous formes :

- 1- **métallique** est principalement utilisé dans l'industrie des transports, les constructions, les emballages et les équipements électriques.
- 2- **poudre** est principalement utilisé comme pigments pour la peinture, additif pour le carburant et dans les combustibles.
- 3- **oxydes d'Al** est utilisé comme additif pour la nourriture et dans les manufactures pour fabriquer les céramiques, les isolants électriques, le papier, les bougies, les catalyseurs...etc.
- 4- **Hydroxyde d'Al** est largement utilisé dans l'industrie pharmaceutique et dans la fabrication des produits de soin personnel. Utilisé également dans l'alimentation courante en tant que conservateurs, colorants, agents antiagglomérants, émulsifiants et levures artificielles, et dans les laits infantiles.
- 5- **Minéral naturel** est utilisé pour la purification de l'eau de boisson, le raffinage du sucre, la brasserie et l'industrie du papier (Nicolas, 2016).

II- Les voies d'expositions à l'aluminium

Bien qu'une prise de conscience des populations vis-à-vis des effets néfastes de l'Al sur la santé commence à avoir lieu, la majorité des personnes ne connaissent pas les multiples voies par lesquelles elles sont exposées quotidiennement à ce polluant. On retrouve l'Al dans :

1- L'air ambiant

Est une voie majeure d'exposition à l'Al inhalables sous diverses formes nano particulières dans les poussières en suspension (Childs et al, 1990 ; Karube et al, 1996 ; Floody et al, 2009). Krewski et ses collaborateurs ont compilé les données et ont observé que la concentration en particules d'Al dans l'air ambiant était comprise entre 0,6 et 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Krewski et al, 2007) en particulier dans les pays industrialisés qui ont des fortes croissances et qui sont éventuellement des producteurs importants d'Al. Différentes études ont montré que les taux d'Al dans l'air des usines et fonderies peut atteindre des concentrations importantes de ce dernier (Nordic, 2011 ; Westberg et al, 2001).

2- La nourriture ingérée

Comme le thé (Cao et al, 2010). Le lait infantile (Burrell et al, 2010 ; Dabeka et al, 2011). Le fromage fondu (Al-Ashmawy, 2011), le chocolat (Fekete et al, 2012). le tabac (Exley et al, 2006,2013). Aussi certains produits métalliques ou céramiques, les bouteilles en verre, ou encore les ustensiles de cuisine en acier inoxydable ont la capacité de contaminer les produits alimentaires (Bohrer et al, 2003, 2001 ; Bolle et al, 2011 ; Demont et al, 2012 ; Koo et al, 1988) et d'augmenter la concentration d'Al déjà présente dans la nourriture.

3- L'eau de boisson

Est également contaminée par des concentrations variables d'Al en fonction du pH et de la zone géographique étudiée. Cependant, l'utilisation de sels d'Al comme coagulant dans l'étape de Coagulation-Floculation dans les installations de traitement des eaux conduit généralement à des concentrations élevées d'Al dans les eaux traitées (DOI, 1970; Letterman et al, 1988; Miller et al., 1984; Metahri, 2012).

III- Coagulation-Floculation

Est une étape importante dans le traitement des eaux, elle sert à déstabiliser en agglomérant les particules de très faible diamètre (colloïdes) car leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre à l'aide d'un réactif chimique qui est le coagulant ; ces coagulants tel que les sels d'aluminium réduisent la matière organique, la couleur, la turbidité et le taux de micro-organismes dans l'eau. . (Aluminium in drinking-water document 2014).

Puis vient l'agglomération de ces particules déchargées en micro-floc et en flocons volumineux décantables. Cette floculation peut être améliorée par l'ajout d'un autre réactif : le floculant ou adjuvant de floculation. Deux phénomènes de transport régissent la floculation (BAZER, 1990 ; Public Works, 1994 ; Amel, 2008;2009).

- La floculation péri cinétique liée à la diffusion brownienne (agitation thermique)
- La floculation ortho cinétique est liée à l'énergie dissipée.
- L'efficacité de cette floculation permet d'obtenir des flocons volumineux séparables.

IV- Mécanismes de la coagulation floculation

On peut considérer qu'il existe quatre grands mécanismes qui agissent individuellement ou ensemble dans la coagulation floculation. (DESJARDINS, 1997; EDELINE, 1992 ; VIGOURET, 1985 ; BOTTERO et al, 1992 ; Amel, 2009).

1. Réduction de l'épaisseur de la couche ionique : transportée par les particules, par augmentation de la force ionique de la Solution.
2. Neutralisation des charges ioniques : par ajout d'un réactif chimique contenant des contre ions du colloïde.
3. Pontage entre les particules : par utilisation des polymères de haut poids moléculaire.
4. Piégeage des particules : par formation de polymères d'hydroxydes minéraux volumineux.

V- Les effets de l'aluminium**1- sur la santé**

Des études sur la maladie d'Alzheimer réalisées en Norvège, au Canada et en France, ont évalué le rapport entre la concentration d'Al présente dans l'eau de boisson de différents départements ou villes avec l'incidence de la maladie d'Alzheimer. La majorité de ces études ont conclu qu'une concentration plus élevée d'Al dans l'eau de boisson était favorable à une augmentation de l'incidence de la maladie (Flaten, 2001 ; Rondeau et al, 2000) et associée à une augmentation de la concentration en Al dans le cerveau, le liquide cérébro-spinal et le sérum par rapport à des sujets contrôles (Virk and Eslick, 2015). Aussi une incidence plus élevée de symptômes neurologiques tels que l'incoordination, les problèmes de concentration, les maux de tête, la dépression et la fatigue est enregistrée chez des individus ayant été exposé à l'AL pendant une longue période (Halatek et al, 2005; Sim et al, 1997; Sińczuk et al, 2003). Les mécanismes par lesquels l'Al est neurotoxique sont peu connus mais des études sur des rongeurs et des humains ont montré que l'Al est responsable de l'inhibition de l'activité d'une enzyme essentielle (la dihydroptéridine réductase) pour la synthèse de neurotransmetteurs ou de précurseurs des neurotransmetteurs tels que la tyrosine, la dopamine, la noradrénaline et le 5-hydrox tryptophane (Exley, 2001).

2- sur l'environnement

L'Al dissous est toxique pour les plantes et les animaux (par bioaccumulation) ; cause principalement des problèmes d'acidification des sols. Les formes polymères de l'aluminium se forment en quelques secondes ou minutes lorsque les conditions sont favorables d'où le phénomène de toxicité aluminique, et la présence de ce denier dans les eaux souterraines des sols acidifiés peut endommager les racines des plantes. (Bourrié, 2018)

La concentration en aluminium est plus élevée dans les lacs acidifiés, par conséquent, dans ces lacs, le nombre de poissons et d'amphibiens diminue. Des concentrations élevées en aluminium ont aussi des conséquences néfastes sur les oiseaux et les animaux qui mangent ces poissons, ainsi que sur les insectes contaminés et les animaux qui respirent l'aluminium dans l'air. Les conséquences pour les oiseaux sont la production de coquilles d'œufs plus fines, et des poussins dont le poids à la naissance est plus faible. Les animaux respirant de l'aluminium souffrent de problèmes aux poumons, de pertes de poids et d'un déclin d'activité. Les ions d'aluminium réagissent avec les phosphates, ce qui rend ces phosphates moins disponibles pour les organismes dans l'eau. (USGS, 2015 ; KREWSKI et al 2007).

I- La première partie

L'étude expérimentale a été divisée en deux parties, une partie a été menée dans le laboratoire de traitement des eaux du département d'agronomie de l'université de Mouloud Mammeri (du 04-04-2017 au 07-06-2017) ; et l'autre partie a été menée au laboratoire d'analyse des eaux de TAKSEBT (du 17-06-2017 au 20-09-2017).

On a utilisé deux produits « la sciure de bois » provenant de la région de Sidi Bel Abbès et « la bentonite en poudre » provenant de Maghnia, comme flocculant, puis on a comparé les taux d'abattement de l'aluminium résiduel des deux adjuvants après le processus de coagulation-floculation.

I-1 Préparation et activation du charbon actif

La 1^{ère} partie s'est basée sur la préparation et l'activation du charbon au niveau de laboratoire de traitement des eaux selon le protocole suivant :

- on a placé la S.B dans un four à moufle de type LM 512.07 pendant 6 heures à 500 °C, après carbonisation on a effectué un broyage jusqu'à l'obtention d'une poudre noire.
- L'adsorbant est traité chimiquement avec l'acide phosphorique H_3PO_4 à (50%) ; pour 50g de S.B on a rajouté 200 ml d' H_3PO_4 , une fois le mélange agité, on l'a laissé à l'abri de la lumière pendant 24 heures.
- Après refroidissement du mélange, on l'a lavé plusieurs fois, avec de l'eau distillée chaude pour éliminer tout l'acide résiduel, jusqu'à un pH neutre (pH=7), puis on l'a filtré. Le filtrat obtenu est séché dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- On a obtenu un produit sec de couleur noir ; on l'a tamisé avec un tamis de diamètre de 50 μm .

II- La deuxième partie

La 2^{ème} partie s'est basée sur l'élimination de l'aluminium résiduel par la réalisation de plusieurs essais de coagulation-floculation en utilisant le jar-test de la station SEAAL du barrage de TAKSEBT.

I- Description du barrage de Taksebt

Taksebt est actuellement un grand barrage hydraulique sur la rivière de (Takhoukhth), et son prolongement la rivière de Aït Aïssi, entre Aït Iraten et Aït Aïssi dans la wilaya de Tizi-Ouzou en Kabylie. Sa capacité est de 182 millions de mètres cubes.

Le barrage de Taksebt s'étend sur une surface de 550 ha, se trouve à 10 km à l'est de la ville de Tizi-Ouzou, mis en service le 5 juillet 2007. Il est alimenté par les eaux de pluie, de la fonte du manteau neigeux du Djurdjura et des eaux usées du grand bassin collecteur. Il comprend une station de traitement, une station de pompage, des tunnels dont une canalisation de 95 km pour permettre le transfert de 150 millions de mètres cube par an.

Situé dans la région à forte pluviométrie. Le barrage est doté d'une capacité de stockage de 175 millions de mètres cubes.

La station SEAAL a été a été construite par SNC LAVALIN / DEGREMONT, mise en service en juillet 2008, puis exploité par SNC LAVALIN jusqu'en 2013. Elle a été reprise en gestion par SEAAL le 18 juillet 2013 et est désormais le plus important ouvrage de traitement d'eau géré par la SEAAL. C'est aussi la plus importante station de traitement d'eau potable algérienne, en capacité. Elle a une vocation régionale, puisqu'elle alimente 25 communes et assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdes, et Tizi-Ouzou. Alimentée à partir du barrage de Taksebt (capacité 182 Millions m³), elle est constituée d'une usine de traitement de 605 000 m³/j, dotée de deux filières classique coagulation, floculation, décantation, filtration, de dernière génération. Elle dispose d'une capacité de stockage, sur site, de 56 000 m³. La station de traitement est dotée d'un laboratoire d'analyse le personnel de ce laboratoire assure la surveillance du réseau d'approvisionnement en eau potable et de la prise d'eau brute jusqu'aux points du transfert aux consommateurs.

Le projet Taksebt, dans son ensemble, comprend également une station de pompage de 613 000 m³/j (5 groupes de pompes + 1 en secours de 1.42 m³/s chaque), 98 km d'adduction dont 10 km en tunnel et 196 équipements hydrauliques annexes.

II- Fonctionnement de la station**II-1 Étapes de traitement de l'eau de TAKSEBT**

Les différentes étapes de traitement sont détaillées dans la figure suivante (figure 6) :

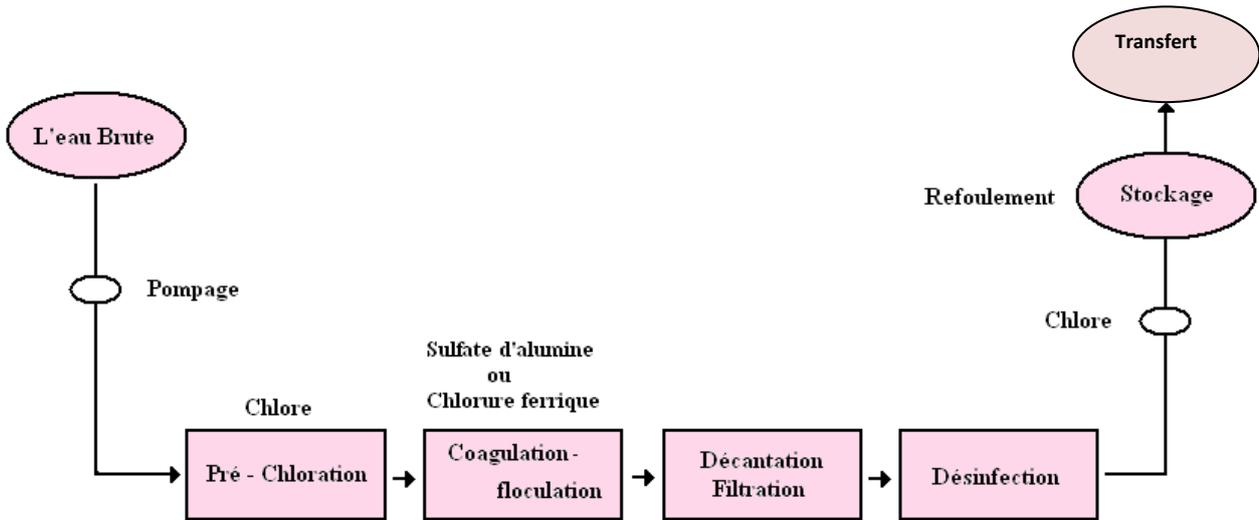


Figure 06 : les étapes de traitement d'eau de TAKSEBT

1. Pré-chloration

C'est la première phase de traitement qui consiste à injecter le chlore dans l'eau brute pour : Dégrader la matière organique et Détruire les bactéries, les virus et tous micro-organismes présent dans l'eau, et éliminer leurs développements.

La réaction du chlore dans l'eau est la suivante :



2. Aération

Il s'agit d'un système simple de transfert de gaz liquide qui permet la ré-oxygénation de l'eau par son ruissellement par deux entrée à l'ouvrage d'arrive (figure7). L'aération a pour but :

- D'Eliminer et oxyder quelque trace du Fer et du Manganèse.
- D'augmenter la concentration en oxygène dissout dans l'eau.



Figure 07 : Ouvrage d'entre et d'aération

3. Coagulation –Floculation

L'ajout du sel métallique (généralement le fer ou l'aluminium), permet de supprimer les répulsions inter colloïdales : les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent. La station utilise le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ comme coagulant avec une vitesse d'agitation élevée. Après la diminution du gradient de vitesse, l'ajout du Poly-électrolyte permet d'agglomérer les particules et les aide à coller les unes aux autres pour former des floccs plus volumineux qui vont se décanter.

4. Décantation

C'est une technique physique qui vise à retenir l'eau le plus longtemps possible et permet ainsi le dépôt de la plus grande quantité des floccs sous l'effet de leurs poids et de la pente des décanteurs. L'eau claire reste en haut et passe par des petites ouvertures dans des chicanes qui ralentissent la vitesse d'eau et la guide vers la prochaine étape, les floccs obtenus sont éliminés par un système de raclage des sédiments et de purge.

5. Filtration

Dans le but d'éliminer les petites particules qui n'ont pas été décantées la station utilise un filtre à sable d'un millimètre de diamètre (Figure 8). Au-dessous de la couche de sable se trouve une couche de gravier qui permet le passage de l'eau traitée directement aux réservoirs.



Figure 08 : les bassins de filtration à sable

6. Désinfection

La station utilise le chlore gazeux pour désinfecter l'eau filtrée. Le chlore est très utilisé car sa durée de vie est grande et qu'il est moins coûteux ce qui assure une bonne qualité de l'eau dans les conduites.

III Matériels et méthodes

III-1 Prise d'échantillons

Dans notre cas Le prélèvement s'effectue à partir d'un robinet qui se trouve dans la station de traitement, ouvert 24h/24h pour ne pas modifier les paramètres organoleptiques et physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.



Figure 9 : Point de prélèvement de l'eau brute

III-2 Matériels et Produits**III-2-1 Matériels utilisés**

- Jar-test à six béchers d'un litre
- Turbidimètre HACH 2100N avec une cuvette de verre incolore de 50mm de diamètre
- pH mètre WTW avec terminal 730 et électrode en verre
- Agitateur magnétique (VWR)
- Conductimètre, WTW avec terminal 740
- Spectrophotomètre HACH-LANGE DR 6000
- Etuve réglable BINDER
- Balance analytique OHAUS AdventurerPro
- Filtre en acétate de cellulose (0,45µm de diamètre des pores)

III-2-2 Produits utilisés

- Sulfate d'aluminium
- Bentonite
- Charbon actif
- L'eau distillée

- Aluver 3
- Bleaching 3

IV- Méthode expérimentales et analytiques**IV-1 Essai de coagulation floculation (jar-test)**

Après la détermination des doses optimale du sulfate d'alumine [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ / 17% Al, 18% O₂] utilisé comme coagulant qui est de 10mg/l, de la bentonite et du charbon actif en poudre utilisé comme floculant qui est d'1mg/l, on a procédé à plusieurs essais de coagulation-floculation.

IV-2 Mode d'opérateur

Des essais d'adsorption sur charbon actif en poudre et sur bentonite ont été réalisés sur un jar-test à six agitateurs (Voir fig10).



Figure 10 : Jar-test de la station SEAAL.

Cet appareil permet d'agiter simultanément le liquide contenu dans une série de béchers remplis chacun de 1000 ml d'eau.

Au cours de notre étude, l'eau brute et le coagulant (sulfate d'alumine) sont soumis pendant 3min à une agitation rapide de 180 tr/min. puis on ajoute le floculant soit la bentonite ou le charbon et on réduit la vitesse à 45tr/min pour une durée de 17min. Après une décantation de 30min on prélève l'eau à l'aide d'un siphon de chaque bécher et filtrer par la suite pour déterminer les paramètres physico-chimiques (pH, turbidité, conductivité, UV, Aluminium résiduel).

V- Test aluminium

C'est un test qui sert à détecter l'absence ou la présence d'aluminium dans l'eau traitée par la méthode 8012, méthode Aluminon1, Pochettes de réactif HACK (**0.008-0,800 mg/L**)

V-1 Mode d'opérateur

- Remplir une éprouvette graduée pour homogénéisation de 50ml jusqu'au trait de 50ml avec l'échantillon
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif à l'acide ascorbique dans l'éprouvette boucher et retourner plusieurs fois pour homogénéiser jusqu'à dissolution de la poudre.
- transférer le contenu d'une pochette de réactif pour Aluminium Aluver 3 dans l'éprouvette fermée.

- Une coloration rouge-orange apparaîtra en présence d'AL.
- Bien mélanger jusqu'à dissolution de la poudre.
 - Préparation du blanc
- Remplir une cuve carrée de 1 jusqu'au trait de 10ml avec le mélange de l'éprouvette
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif décolorante Bleaching 3 dans la cuve
- Agiter énergiquement pendant les 30secondes pour homogénéiser, cette solution devrait virer vers une couleur orange moyennement faible.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie appuyé sur OK, une période de réaction de 15min va commencer.
 - Préparation de l'échantillon
- Remplir une autre cuve carrée de 1'' jusqu'au trait de 10ml avec de la solution restante dans l'éprouvette graduée
- Dans les 5minute après le retentissement de la minuterie. Essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.
-
- lire les résultats des échantillons sur le spectrophotomètre, appuyé sur programmes enregistrés, sélectionner le programme d'analyse.
- sélectionner sur l'écran Zéro
- Indication à l'écran ; 0,000 mg/l Al³⁺
- Essuyer immédiatement l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite
- sélectionner sur l'écran : **Mesurer**
- les résultats sont indiqués en **mg/l Al³⁺**



Figure 11 : Un spectrophotomètre de la station SEAL

I - L'influence de quelques paramètres étudiés sur la variation de l'aluminium résiduel dans l'eau

Les moyennes des analyses des paramètres étudiés influençant la variation de l'aluminium résiduel dans l'eau sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Résultats des analyses du pH et de la turbidité de l'eau brute et traitée dans la station SEAAL

Paramètres	unités	Eau brute	E T 1	E T 2	E T 3	Normes
Turbidité	NTU	2,240	0,296	0,230	0,197	≤ 5
pH	/	8,01	7,8	7,82	7,81	6,5 - 8,5

ET 1 : eau traitée par l'ajout des sels d'aluminium

E T 2 : eau traitée par l'ajout des sels d'aluminium et de la bentonite

E T 3 : eau traitée par l'ajout des sels d'aluminium et du charbon actif

I-1 Turbidité

D'après les analyses effectuées, nous constatons une bonne qualité des eaux brute. Du point de vue turbidité avec une moyenne de 2,240 NTU largement inférieure à la norme, qui est due au temps de séjour très important qui permet une bonne sédimentation des particules en suspensions et l'élimination de toutes les particules qui obéissent à la loi de gravité

La comparaison entre la turbidité de l'eau brute et l'eau traitée nous montre que les adjuvants naturels (la bentonite et le charbon actif) donnent une élimination très acceptable de la turbidité, elle atteint une moyenne de 0,230 NTU pour l'eau traitée avec la bentonite 0,197 NTU pour l'eau traitée avec le CAP ; ce qui reflète l'efficacité des produits utilisés dans l'élimination des mouvements browniens et du potentiel zêta.

I-2 pH

Le pH est l'un des principaux facteurs qui déterminent la forme de l'aluminium présent dans l'eau ; la solubilité de l'aluminium augmente à un pH plus bas (Meghzi, 2016).

Selon les tableaux Le pH de l'eau brute arrive à la station avec une valeur moyenne de 8,01 ; moins favorable pour la polymérisation conduisant à la formation de polycation AL13

(Meghzili, 2016). Le pH diminue après l'ajout de coagulant et du floculant, (voir annexe tableau n° 05). Ce qui influe favorablement sur la diminution de l'aluminium résiduel dans l'eau traitée

II- Aluminium

Au cours du processus de coagulation, une grande partie d'AL contenu dans les sels d'AL ajoutés est hydrolysée pour produire l'aluminium qui précipite et devient une partie du floc. Ce dernier fait partie des boues générées par le processus de traitement. Il est possible qu'une petite quantité reste dans l'eau traitée sous forme de résidus.

II-1 Charbon Actif

Les résultats de l'aluminium résiduel après coagulation-floculation par l'ajout du charbon actif élaboré sont illustrés dans la figure suivante :

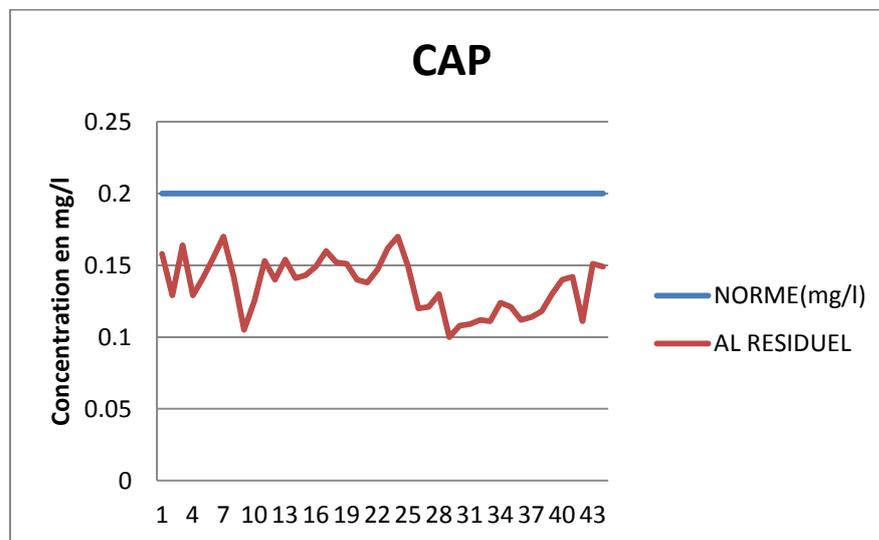


Figure 12 : Evolution de rendement de la réduction de l'aluminium résiduel en fonction de mélange sulfate d'alumine/ charbon actif.

Pour une dose de 1mg/l de l'adjuvant, l'AL résiduel atteint une valeur minimale de 0,100 mg/l et une valeur maximale de 0,170 mg/l avec l'ajout du charbon actif et la moyenne de 0,136mg/l Cela reflète l'efficacité de ce dernier dans l'adsorption de l'aluminium ; ce dernier

est retenu par les micropores du charbon naturel (à base de sciure de bois) ; augmentés par le chauffage progressif qu'il a subi au cours de sa préparation.

II-2 Bentonite

Les essais sur jar-test avec l'utilisation des sels d'aluminium et de la bentonite ont donné les résultats illustrés dans la figure 14

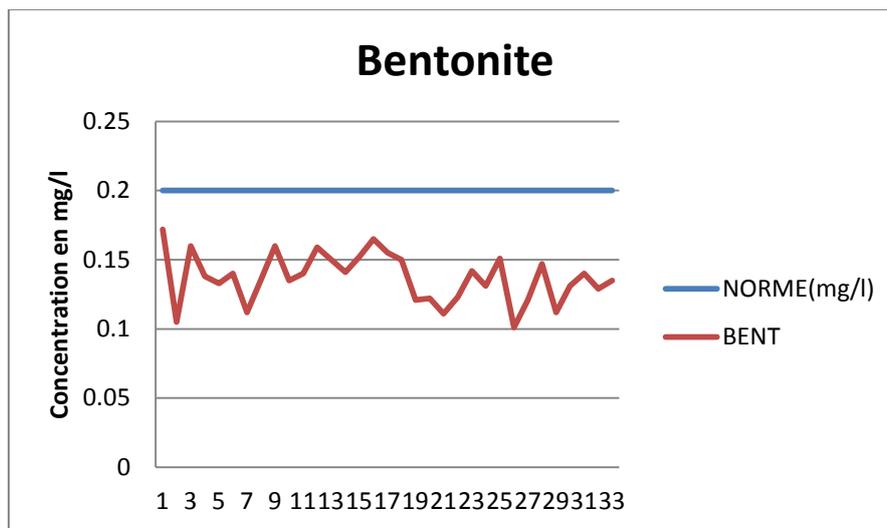


Figure 13 : Evolution de rendement de la réduction de l'aluminium résiduel en fonction de mélange sulfate d'alumine/ bentonite

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'utilisation la bentonite à contribuer à la réduction de l'AL résiduel au-dessous de la norme recommandée par l'OMS (0,2mg /l).et ce dernier se situ dans la fourchette allant de 0,1 mg/l à 0,172 mg/l avec une moyenne de 0,137 mg/l

La bentonite à une affinité à l'adsorption de l'aluminium dans l'eau grâce à sa composition chimique formant des complexes cationiques facilitant la précipitation et la décantation des particules chargée négativement.

III- Les abattements

Les moyennes d'abattements obtenus de la quantité de l'aluminium résiduel dans l'eau traitée sont résumées dans la figure suivante

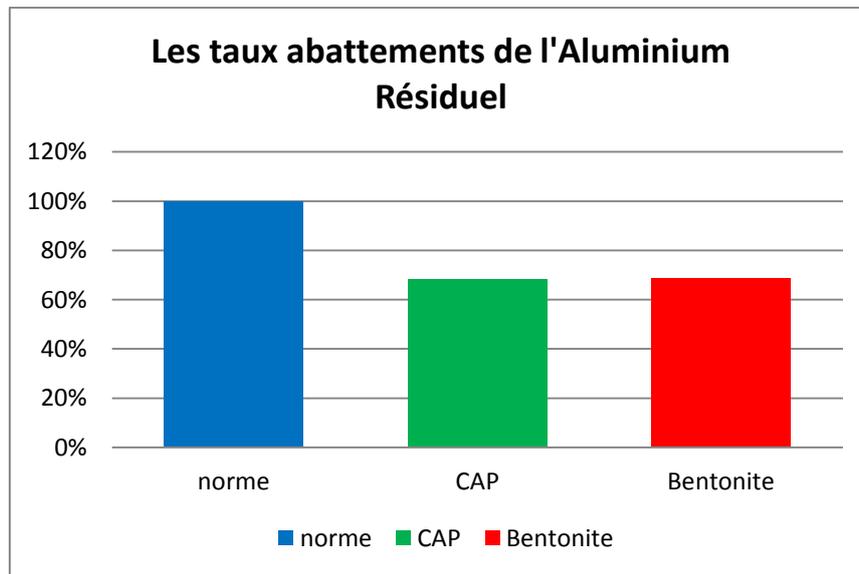


Figure 14 : Les taux d'abattements de la quantité de l'aluminium résiduel dans l'eau traitée en fonction des adsorbants utilisée (bentonite, charbon actif)

Ces abattements peuvent s'expliquer par l'adsorption simultanée sur bentonite et sur charbon actif contribuant à réduire d'environ 32% le taux d'aluminium résiduel des eaux traitées destinées à la distribution.

IV- L'étude statistique

Pour étudier ces abattements constatés durant les essais expérimentaux ; on leur a appliqué une étude analytique des caractères les plus discriminants à l'aide du logiciel de calcul scientifique interactif qui est le « **R** » afin de comprendre l'influence des facteurs et des variables sur la variabilité des teneurs en aluminium. On a calculé les paramètres de dispersion suivant : l'écart-type (σ), le coefficient de variation (CV%) à fin d'apprécier la variation de la teneur en aluminium résiduel dans l'eau traitée ;

Ces paramètres permettent de comparer la dispersion et la variabilité relative de plusieurs séries statistiques, dont les ordres de grandeurs sont différents.

Les résultats statistiques obtenus sont les suivants :

```

      Bent
Min.   :0.101
1st Qu.:0.123
Median :0.138
Mean   :0.137
3rd Qu.:0.150
Max.   :0.172
> mean(Bent)
[1] 0.1369697
> var(Bent)
[1] 0.0003169678
> sd(Bent)
[1] 0.01780359
> cv=(sd(Bent)/mean(Bent))*100
> cv
[1] 12.9982

      CAP
Min.   :0.1000
1st Qu.:0.1207
Median :0.1400
Mean   :0.1361
3rd Qu.:0.1510
Max.   :0.1700
> mean(CAP)
[1] 0.1361364
> var(CAP)
[1] 0.000360074
> sd(CAP)
[1] 0.01897562
> cv=(sd(CAP)/mean(CAP))*100
> cv
[1] 13.93868

> t.test(Bent,mu=0.2,alternative="less")

      One Sample t-test

data:  Bent
t = -20.3376, df = 32, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true mean is less than 0.2
95 percent confidence interval:
 -Inf 0.1422194
sample estimates:
mean of x
0.1369697

> t.test(CAP,mu=0.2,alternative="less")

      One Sample t-test

data:  CAP
t = -22.3246, df = 43, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true mean is less than 0.2
95 percent confidence interval:
 -Inf 0.1409454
sample estimates:
mean of x
0.1361364

```

D'après ces résultats : les deux groupes d'analyses des eaux traitées sont homogènes, très petite variabilité avec un coefficient de variation inférieur à 20 %, une moyenne de 137 et de 136 mg/l d'aluminium dans l'eau traitée respectivement par bentonite et par charbon.

Le test de student est appliqué pour comparer les valeurs moyennes à la norme OMS (0,2 mg/l) ; les résultats de ce test indiquent clairement une réduction très hautement significative de l'aluminium résiduel dans l'eau traitée par l'ajout de Bentonite ou de charbon actif ; avec une p-value très petite ($< 2,2 e^{-16}$) et un intervalle de confiance de 95%.

V- Représentation graphique des données

La représentation graphique des données est faite selon le model suivant :

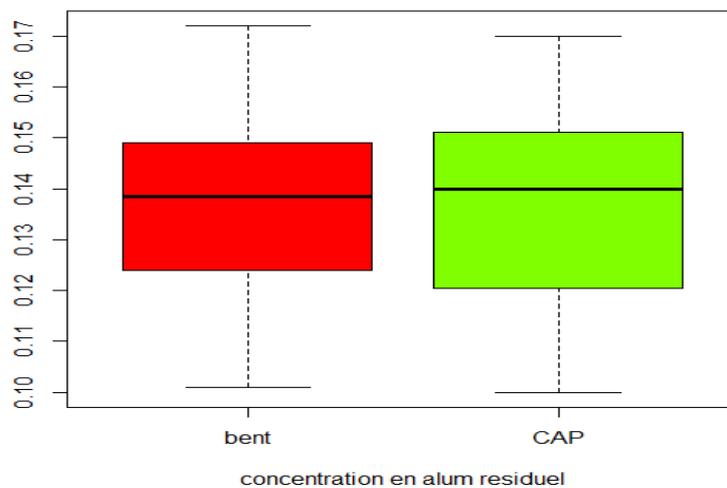


Figure 15 : Box plot de la distribution de l'aluminium résiduel

La figure 15 confirme graphiquement les résultats trouvés au-dessus et mis en évidence de l'homogénéité de la teneur en aluminium résiduel dans l'eau traitée par la bentonite, et par le Charbon avec une médiane de 0,138 pour la bentonite et 0,140 pour le charbon.

Dans ce travail, nous avons remplacé l'adjuvant chimique de floculation (le polymère) dans le processus de coagulation-floculation par des produits naturels, afin de réduire le résidu d'aluminium dans l'eau traitée de la station SEAAL. Pour cela, nous avons utilisé un charbon actif fait à base de sciure de bois préparé par nous mêmes au laboratoire de traitement des eaux du département d'Agronomie de l'UMMTO. Nous avons aussi utilisé une bentonite algérienne (de Maghnia).

Selon l'OMS la concentration d'aluminium dans les eaux destinées à la consommation humaine ne doit pas dépasser le seuil de 0,2mg/l, mais ce dernier reste trop élevé pour les recherches actuelles.

Les produits de substitution utilisés, nous ont permis de réduire les concentrations en aluminium résiduel à un seuil très satisfaisant de l'ordre de 0,136mg/l pour le charbon et de 0,137mg/l pour la bentonite, ce qui équivaut à une réduction de 32% et de 32% respectivement

La conjugaison sulfate d'alumine/bentonite ou sulfate d'alumine/charbon actif, réduit significativement la quantité d'aluminium résiduel dans l'eau potable et améliore le rendement d'élimination de la turbidité ; et cela a été confirmé par l'étude statistique exécutée sur le logiciel « R »

En fin, l'utilisation de produits naturels dans les procédés de traitement des eaux s'avère une option intéressante pour réduire la quantité d'aluminium résiduel et d'améliorer la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Suite au retrait des sels d'alumine dans plusieurs domaines à savoir alimentaires et cosmétiques, nous suggérons de les retirer et/ou de les réduire au mieux dans le traitement des eaux de consommation.

Référence bibliographiques

ABDELWAHAB. C, ait amar h, obretenov t. Z., gaid a. (1987), fixation sur des argiles bentoniques d'ions métalliques présents dans les eaux résiduaires industrielles – cas du cd (ii) et du Zn (ii), revue int. Sci., 3, 2, 33-40.

ABUZAID. N. S., NAKHLA G., effect of solution ph on the kinetics of phenolics uptake on granular activated carbon. Journal of hazardous materials, 49 (1996) 217-230-75.

ACHOUR. S, doctorat d'Etat, Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles Université de Tizi-Ouzou (2000).

ADDOU. A, BIORESOUR. Technol. 99 (2008), 8441–8444.

AI-ASHMAWY. M.A, 2011. Prevalence and public health significance of aluminum residues in milk and some dairy products. J. Food sci. 76, t73–t76.

ALICE MEULLEMIESTRE ; 2014 : valorisation des déchets de la filière “ bois ” en deux étapes : isolation des molécules extractibles puis fabrication de charbon actif : cas du pin maritime. Génie des procédés. Université de la rochelle, Français.submitted on 10 jul 2015.244, p51.

WHO GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY; 2014: Aluminium in drinking-water background document for development.

AMEL LOUNNAS, 2008,2009 : amelioration des procedes de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda.p44-45.

ARANGUREN MMS ; 2008 : contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du val de milluni (andes boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique, université de toulouse. P489.

ARRIS.S, 2008.etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des sous-produits de céréales.

ARTICLE REDIGE par serge moreau (expert groupe air liquide - adsorption et adsorbants), congrès udpp 2016, relu par hélène soyer (professeur agrégée à l'ens).p-1.

BABAKHOUYA. N, 2010 mémoires de magister récupération des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels.

BAÇAOUI. A, 2000 : optimisation et nouveau procédé de préparation de charbons actifs, université de cadix ayyad.

BACHIR MEGHZILI, BRAKCHI SOUAD AND AZZOUZ ABDELKRIM, 2016 Risk of Residual Aluminum in Treated Waters with Aluminum Sulphate, Advances in Research 6(5): 1-8, 2016, Article no.AIR.24059 p-1.

Référence bibliographiques

BAZER-BACHI A ; 1990 : Modélisation mathématique du taux de coagulant dans une station de traitement d'eau, revue des sciences de l'eau. 3, 4,377-397.

BELAID, K. & KACHA, S ; 2011 : Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant basique sur la sciure de bois. Revue des sciences de l'eau, 24(2), 131–144.

BESTANI.B, N. BENDERDOUCHE, B. BENSTAALI, M. BELHAKEM.

BOHRER, D., DO NASCIMENTO, P.C., BINOTTO, R., CARLESSO, R, 2001: Influence of the glass packing on the contamination of pharmaceutical products by aluminium. Part ii: amino acids for parenteral nutrition. J. Trace elem. Med. Biol. 15, 103–108. Bolle, f, brian, w, petit, d.

BOHRER. D; DO NASCIMENTO, P.C; BINOTTO, R., BECKER. E; 2003. Influence of the glass packing on the contamination of pharmaceutical products by aluminium. Part iii: interaction containerchemicals during the heating for sterilisation. J. Trace elem. Med. Biol. 17, 107–115.

BOLLE, F, BRIAN, W, PETIT, D, BOUTAKHRIT, K, FERAILLE, G, VAN LOCO, J, 2011. Tea brewed in traditional metallic teapots as a significant source of lead, nickel and other chemical elements. Food addit. Contam. Part à 28, 1287–1293.

BOTTERO J.Y, LARTIGES B ; 1992 : Séparation liquide-solide par coagulation floculation : les coagulants/floculant, mécanismes d'agrégation, structure et densité des floes, mines et carrières industrie minérales les techniques, 37-44.

BOTTERO JY, 1980 : cases jm, fiessinger f,poirier je. Studies of hydrolyse aluminium chloride solutions. 1. Nature of aluminium species and composition of aqueous solutions. Journal of physical chemistry. 84:2933-2939.

BOUAZIZ A ; 2009 :biosorption du nickel par la biomasse pleurotusmutilus, ecole nationale polytechnique, juinBOUCHEMAL F, ACHOUR S, 2007.essai d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif en grains et en poudre. Lartyss journal. Issn 1112-3680, n° 06.pp.81-89.

BOUCHESICHE C, CREMILLE E, PELTE T. ET POJER K. 2002. Guide technique n°7 pollution toxique et écotoxicologie : notion de base sdage. Ed. Agence de l'eau rhône-méditerranée-corse, corse p82.

BOUGDAHN, 2007, mémoire de magister. Etude de l'adsorption des micropolluants organiques sur la betonite.

BOURGOIS C.M ET LEVAU J.L : techniques d'analyses et de contrôles dans les industries agro-alimentaires, 2^{eme} édition lavoisier- tec. Et doc, 1980.

BOURRIE. G ,2018. Les sols au coeur de la zone critique 4 : qualité de l'eau .iste éditions, volume 4 p23-24.

Référence bibliographiques

BOUZIANE N ;2007 : Elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, mémoire de master, université mentouri-constantine.

BRUCE. DS, S; WAYNE. W (2014) drinking water: iron. And manganese.

BURRELL, S.-A.M., EXLEY, C., 2010. There is (still) too much aluminium in infant formulas. *Bmc pediatr.* 10, 63.

Ça fait peur : toujours plus d'aluminium, quels effets sur la santé ? 19sept. 2013, modifié le 01/01/2018 ... Dans un article publié dans *environmental science : processes and impacts*, christopher exley, professeur à l'université de keele (royaume-uni).

Cao, h., qiao, l., zhang, h., chen, j., 2010. Exposure and risk assessment for aluminium and heavy metals in puerh tea. *Sci. Total environ.* 408, 2777–2784.

Çeçen. F, ö. Aktaş, in, act. *Carbon water wastewater treat.* wiley-vch verlag gmbh & co. Kгаа, 2011, pp. I–xxviii.

CHAWKI DJELLOUL : xperimentation, modelisation et optimisation de l'adsorption des effluents textiles ; universite mohamed khider de biskra ; 10-04-2014 ; p32-33-34.

CHERIFI MOUNA ; 2013 : décontamination électrocinétique d'une boue d'eau potable contenant de l'aluminium. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en science spécialité chimie analytique. Université badji mokhtar.

CHILDS, C.W., PARFITT, R.L., NEWMAN, R.H., 1990. Structural studies of silica springs allophane. *Clay miner.* 25, 329–341.016. Français./249/-p35.

CLAUDE C. ,2010. Les traitements de l'eau, procédés physicochimiques et biologiques cours et problèmes résolus. Ellipse édition. P/10.11.

DABEKA, R.W, MCKENZIE, A.D, 1990. Aluminium levels in canadian infant formulae and estimation of aluminium intakes from formulae by infants 0–3 months old. *Food addit. Contam.* 7, 275–282.

DEGREMONT, 2005, mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition, ed tec et doc.p878.

DEMONT, M., BOUTAKHRIT, K., FEKETE, V., BOLLE, F., VAN LOCO, J., 2012. Migration of 18 trace elements from ceramic food contact material: influence of pigment, ph, nature of acid and temperature. *Food chem. Toxicol.* 50, 734–743.

DENG.H, J. LU, G. LI, G. ZHANG, X. WANG, *CHEM. ENG. J.* 172 (2011) 326–334.

DESJARDINS R. *Le traitement des eaux*, 2ème édition, ed. De l'école polytechnique de montréal, 1997.

Edeline. M.F. *Epuration physico-chimique des eaux*, 2ème édition, ed.cebedoc, 1992.

Référence bibliographiques

ELBARIJI .S. M. ELAMINE, H. ELJAZOULI, H. KABLI, A. LACHERAI ET A. ALBOURINE 2006. Traitement et valorisation des sous-produits du bois. Application à l'élimination des colorants industriels. C.r. Chimie, 9, 1314-1321.

EMILIAN KOLLER, aide- mémoire génie chimique, 3ème édition, 2009, p 408-409.

ESTELLE SOUBEYRAND-LENOIR, 2012 : adsorption et separation de gaz en mode dynamique sur des matériaux hybrides ; l'université d'aix-marseille.p10.

EXLEY, C, 2001. Aluminium and alzheimer's disease: the science that describes the link. Elsevier.

EXLEY, C., 2013. Human exposure to aluminium. Environ. Sci. Process. Impacts 15, 1807–1816. P10.

EXLEY, C., BEGUM, A., WOOLLEY, M.P., BLOOR, R.N., 2006. Aluminum in tobacco and cannabis and smoking-related disease. Am. J. Med. 119, 276–e9.

FEKETE. V, DECONINCK, E., BOLLE, F., VAN LOCO, J., 2012. Modelling aluminium leaching into food from different foodware materials with multi-level factorial design of experiments. Food addit. Contam. Part chem. Anal. Control expo. Risk assess. 29, 1322–1333.

FESTY BERNARD ET AL ; 2003 : qualité de l'eau ; environnement et santé publique. Edition/tec &doc, acton vale/paris. P 333-368.

FLATEN, T.P., 2001. Aluminium as a risk factor in alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. Brain res. Bull. 55-187–196.

FLOODY, M.C., theng, b.k.g., reyes, p., mora, m.l., 2009. Natural nanoclays: applications and future trends – a chilean perspective. Clay miner. 44, 161–176.

FREEMAN. J, J. CHEM. TECHNOL. BIOTECHNOL. 48 (1990) 240–241.

GRAH PATRICK ATHEBA. Thèse doctorat ; traitement des eaux par action combinée de la photocatalyse solaire et de l'adsorption sur charbon actif : conception et réalisation du procédé. Autre. Université paul verlaine - metz, 2009. Français).submitted on 29 mar ; 2018 p42.

GRAH PATRICK ATHEBA. Thèse doctorat ; traitement des eaux par action combinée de la photocatalyse solaire et de l'adsorption sur charbon actif : conception et réalisation du procédé. Autre. Université paul verlaine - metz, 2009. Français).submitted on 29 mar ; 2018 p100.101.

Gueye. M. y. Richardson, f.t. Kafack, j. Blin, j. Environ. Chem. Eng. 2 (2014) 273–281.

Référence bibliographiques

HADDOU MENANA, 2010 dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène : procédés fenton, photo et photo catalyse. Thèse de doctorat toulouse, délivré l'université toulouse iii-paul sabatier spécialité chimie macromoléculaire et supramoléculaire.

HALATEK.T, SINCZUK-WALCZAK, H, RYDZYNSKI, K. 2005. Prognostic significance of low serum levels of clara cell phospholipid-binding protein in occupational aluminium neurotoxicity. *J. Inorg. Biochem.* 99, 1904–1911.

HAMED MOHAMED ET AL ; 2012. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage djorf-torba bechar ; en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie. Université de bechar.

HARRAT NABIL, 2013.elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface ; université mohamed khider – biskra. P59.

HASLAY ET LECLERC ; 2006 : supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable.

HAZOURI S, GUERFI K, 2007.caractérisation de charbon actif fabrique à base de noyaux de dattes, sngid-07, ensetoran.

HUMAN HEALTH risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *J. Toxicol. Environ. Health b crit. Rev.* 10 suppl 1, 1–269.

IKHLASS M.T. Etude de l'élimination du chrome (vi) par adsorption sur l'alumine activée et par dialyse ionique croisée, thèse de doctorat, université paris-est créteil icmpe, 22/12/2012.

Ikhlass marzouk trifi. Etude de l'élimination du chrome vi par adsorption sur l'alumine activée par dialyse ionique croisée. Autre. Université paris-est, 2012. Français.submitted on 4 apr 2013.p42.

Joel graindorge, 2015, guide des analyses de la qualité de la qualité de l'eau. Territoire édition. P153-158-162-144-145

Karube, j., nakaishi, k., sugimoto, h., fujihira, m., 1996. Size and shape of allophane particles in dispersed aqueous systems. *Clays clay miné.* 44, 485–491.

Khalid arouya ; 2011. Pollution des eaux, impacte des eaux usées sur la qualité des eaux de surface, édition université européenne.

KHLASS MARZOUK TRIFI. Etude de l'élimination du chrome vi par adsorption sur l'alumine activée par dialyse ionique croisée. Autre. Université paris-est, 2012. Thèse français. Submitted on 4 apr 2013.p43.

Référence bibliographiques

KOO, W.W., KAPLAN, L.A., KRUG-WISPE, S.K., 1988. Aluminum contamination of infant formulas. J. Parenter. Enter. Nutr. 12- 170–173.

KOUOTOU. D, H.N. MANGA, BAç, A. AOUI, A. YAACOUBI, J.K. MBADCAM, J. CHEM. 2013 (2012).

KREWSKI, D., YOKEL, R.A., NIEBOER, E., BORCHELT, D., COHEN, J., HARRY, J., KACEW, S., LINDSAY, J., MAHFOUZ, A.M., RONDEAU, V., 2007.

KUMAR. MP, A (2012) a review of permissible limits of drinking water. Indian journal of occupational and environmental medicine 16: 40-44.

KUMAR. MP, A (2012) a review of permissible limits of drinking water. Indian journal of occupational and environmental medicine 16: 40-44.

L.-M. SUN, F. MEUNIER, tech. Ing. Opérations unit. Extr. Fluide fluidefluide solide base documentaire : tib332duo. (2003).

LADEL 2002, ade tizi ouzou, 2002 : formation continue en entreprise contrôle des paramètres physicochimiques d'une eau de consommation ; présenté par mr et mme ladel.

LAKHACHE SOFIANE ,2017 : adsorption de blue méthylène sur des argiles brute et sodée ; université dr moulay tahar – saïda. P53.

LARHYSS JOURNAL, ISSN 1112-3680, n°13, mars 2013, pp.125-137/p4.

LETTERMAN, R.D., DRISCOLL, C.T., 1988. Survey of residual aluminum in filtered water. J. Am. Water works assoc. 154–158.

LIMOUSIN G., GAUDET J.-P., CHARLET L., SZENKNET S., BARTHÈSE V., KRIMISSA M. "sorption isotherms: a review on physical bases, modelling and measurement", applied geochemistry, 22, 294-275, 2007.

LIND C., COAGULATION CONTROL AND OPTIMIZATION: PART 1, PUBLIC WORKS,OCT. 1994.

LOUNNAS AMEL 2009 : amélioration des procédés de la clarification des eaux de la station hamadi-kroma de skikda. Thèse de magister l'université du 20 août 1955 SKIKDA.

MAKHOUKH MOUHAMED ET, AL ; 2011 : contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental). Université mohammed premier, faculté des sciences, centre de l'oriental des sciences et technologie de l'eau, oujda, maroc.

MANUEL PRATIQUE ANALYSE DE L'EAU / FONDATION NATIONALE DE LA SANTE, 4EME EDITION, BRASILIA : FUNASA, 2013), P51.

Référence bibliographiques

MARSH.H, F.R. REINOSO, activated carbon, elsevier, 2006.

MEGHZILI B. Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement hamadi- krouma (skikda).essais doptimisation. Thèse de magister université de biskra, 2002.

METAHRI MS, 2012, thèse de doctorat élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traités, par des procédés mixtes. Cas e la step est de la ville de tizi-ouzou.

MILLER, R.G., KOPFLER, F.C., KELTY, K.C., STOBBER, J.A., ULMER, N.S., 1984. The occurrence of aluminum in drinking water. J. Am. Water works assoc. 84–91.

MIMANNE G, BENHABIB K, BENGHALEM A, 2014.taleb s, etude de l'adsorption de métaux lourds (pb et cd) en solution aqueuse sur charbon actif et montmorillonite sodée de l'ouest algérien, environ, sci.

MIRAMONTES. MM, R; CHIHUAHUA; 2003 removal of arsenic and fluoride from drinking water with cake alum and a polymeric anionic flocculent. Research report 36: 7.

MIZI ABDELKADAR ; 2006 : traitement des eaux de rejet d'une raffinerie-région de bejaia et valorisation de déchet oléicoles. Thèse docteur d'état. Université badji moukht.annaba.

MOHAMED TRAORE, 2014. Conception d'une matrice de nanofibres par électrofilage et étude de son pouvoir adsorbant, université du québec p 51.

MOHAMED TRAORE, JUILLET 2014 : conception d'une matrice de nanofibres par électrofilage et étude de son pouvoir adsorbant, université du québec. P34.

MOHD.A.T. DIN, B.H. HAMEED, A.L. AHMAD, J. HAZARD. MATER.161 (2009) 1522–1529.

MOLINA.M, SABIO, F. RODRGUEZ-REINOSO, colloids surf. Physicochem. Eng. Asp. 241 (2004) 15– 25.

MOUHAMAD L, 2008.adsorption de métaux lourd dans des eaux usée par des charbons actifs prépare à partir de biomasse locales. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'équipement rurale. Institue internationale d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.

MYTHES ET REALITE ECHELLE DE CREDIBILITE alzheimer et parkinson » l'aluminium augmente les risques de la maladie d'alzheimer. (5 juillet 2018).

NABIL ETTLILI. Procédé d'adsorption avec régénération électrothermique pour la capture du dioxyde de carbone en post-combustion. Autre. Institut national polytechnique de lorraine, 2008. Français.submitted on 29 mar 2018. P45.

NICOLAS ESQUERRE. L'aluminium, facteur de risque environnemental impliqué dans la physiopathologie des maladies intestinales. Toxicologie. Université de lille nord de france, 2016. Français./249/-p35.

Référence bibliographiques

noll k.e, gouranis v., hou w, - adsorption technology for air and water pollution control, lewis publishers ed, inc, usa 1992.mise à jour par grah-patrick.2018.

NORDIC EXPERT GROUP, 2011. Aluminium and aluminium compounds.

OMS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004: chemical summary tables, annex 4, dans « guidelines for drinking-water quality », vol1, p.488-493, third edition, geneva.

PARAMASIVAMA. KR, V; SURESH, G 2015impact of sediment characteristics on the heavymetal concentration and their ecological risk level of surface sediments of vaigai river, tamilnadu, india. Spectrochimicaacta part a: molecular and biomolecular spectroscopy 137:10.

PATIL. NS, V; DESHMUKH, N 2012 physico-chemical parameters for testing of water – a review. International journal of environmental sciences 3: 14.

PATNUKAO, P. PAVASANT, BIORESOUR. TECHNOL. 99 (2008) 8540–8543.

PEKKUZ H, I. UZUN ET F. GÜZEL ; 2008. Kinetics and thermodynamics of the adsorption of some dyestuffs from aqueous solution by poplar sawdust. Bioresour. Technol., 99, 2009-2017.

RAMADE, 2007 : introductions à l'écotoxicologie, fondements et applications. Edition tec & doc. (Professeur émérite d'écologie et de zoologie à l'université de paris sud).

RODIER ET AL, RODIER J, BAZIN C, BROUTIN J.P, CHAMBON P., CHAMPSAUR H, et l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8eme ed. Dunod, paris, 1579p.

RODIER, J. (2005), p1381, l'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9eme édition, ed. Dunod. Paris.

RODRIGUEZ-REINOSO. F, in:publicaciones univ. Alicante, marsh h, heintz ea, rodriguez-reinosa f, alicante, 1979, p35.

RONDEAU.V., COMMENGES, D, JACQMIN-GADDA, H, DARTIGUES, J.F, 2000. Relation between aluminum concentrations in drinking water and alzheimer's disease: an 8-year follow-up study. Am. J. Epidemiol. 152, 59–66.

ROSIN.C ET AL ; 1990 : impact des ultrasons dans le dosage de l'aluminium en adsorptionn atomique sans flamme, t.s.m-l4eau, 2, pp 81-84.

RYLANDER. R magnesium in drinking water - a case for prevention journal of water and health, 2014, 12: 34-40.

SEDIRA N, 2013. Mémoire de magister, etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon de noyaus de dattes.

Référence bibliographiques

SEDKI AZEDDINE, 2018 saturnisme: intoxication au plomb, smetox jornal volume 1, n°1, pp: 06 - 09 p 6.

SERVAIS; 2009: antimicrobialresistance of fecalbacteria in waters of the seine river basin france). Science of the total envirenment.408p:365-372.)

SIM, M., DICK, R., RUSSO, J., BERNARD, B., GRUBB, P., KRIEG, E., MUELLER, C., MCCAMMON, C., 1997. Are aluminium potroom workers at increased risk of neurological disorders? Occup. Environ. Med. 54, 229–235.

SIŃCZUK-WALCZAK, H., SZYMCZAK, M., RAŻNIEWSKA, G., MATCZAK, W., SZYMCZAK, W., 2003. Effects of occupational exposure to aluminum on nervous system: clinical and electroencephalographic findings. Int. J. Occup. Med. Environ. Health 16, 301–310.

STEPHENS B.R. ET JOLLIFF J.S; 2015: aluminum and alzheimer's disease. In diet and nutrition in dementia and cognitive decline).

SUBIN. PH, H ;2013 an assessment on the impact of waste discharge on water quality of priyar river lets in certain selected sites in the northern part of ernakulum district in kerala.

TANCREDI.N, T. CORDERO, J. RODRIGUEZ-MIRASOL, J.J. RODRIGUEZ, FUEL 75 (1996) 1701–1706.mise à jour par chekem 2017.p56.

TELEGANG CHEKEM CEDRIC ,2017 : elaboration de matériaux composites bifonctionnels charbon actif-tio2 à partir des ressources végétales tropicales pour des applications de traitement de l'eau par voie solaire ; universite de perpignan via domitia.p31-32.

TELEGANG CHEKEM CEDRIC, 2017 thèses de doctorat elaboration de matériaux composites bifonctionnels charbon actif-tio2 à partir des ressources végétales tropicales pour des applications de traitement de l'eau par voie solaire université de perpignan via domitia p 32.

TOMPERLIJ, M. PELO, AND K. LEIVISK`A, 2013 predicting the residual aluminum level in water treatment process, drink. Water eng. Sci., 6, 39–46, www.drink-water-eng-sci.net/6/39/2013/ p 39.

USGS, U. STATES G. SURVEY, 2015. Aluminum. Miner. Commod. Summ. 16–17.

VERMA ASD; 2010 : Assessment of water quality and pollution status of kalpi (morar) river, gwalior, madhya pradesh: with special reference to conservation and management plan. Asian journal of experimental biological sciences 1: 10

VIGOURET J ; 1985 : Le potentiel zêta et son application dans le domaine de l'eau potable, tsm, p : 91,95.

VILLA P, 2003. La culture de l'olivier. Edition de vecchis.a.paris.

Référence bibliographiques

VIRK. S, ESLICK.G, 2015 meta-analysis of antacid use and alzheimer's disease implications for the aluminum hypothesis, epidemiology ,vol. 26,no 5, 769, 769-773.

VIRK. S, ESLICK.G, 2015 meta-analysis of antacid use and alzheimer's disease implications for the aluminum hypothesis, epidemiology ,vol. 26,no 5, 769, 769-773.

WACILA. B, 2012, contribution à l'étude de bioaccumulation métallique dans les sédiments et différents maillons de la chaîne trophique du littoral extrême ouest algérien. France : université de tlemcen. 149 p).

WALAA DIAB 2016. Etude des propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière litani, liban. Sciences de la terre. Université de lorraine, 2016. Français.

WESTBERG, H.B., SELDÉN, A.I., BELLANDER, T., 2001. Exposure to chemical agents in swedish aluminum foundries and aluminum remelting plants--a comprehensive survey. Appl. Occup. Environ. Hyg. 16, 66–77.

YAHIAOUI. N, 2012.mémoire de magister. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olives sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif.

YASSINE BENTAHAR, 2016, caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse thèse dirigée par nicolas marmier, khalid draoui, slimane khairoun ; soutenue le 28 octobre p41.

ZOUBIDA SMAHI NEE SENOUCI-BEREKSI ,2017 : essais de valorisation d'un déchet cellulosique : tiges de charbon dans l'élimination d'un colorant basique à partir de solutions aqueuses synthétiques, thèse doctorat ; université abou-bekrbe lkaid-telmecn, p31.

Résumé

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la diminution du taux de l'aluminium résiduel dans l'eau potable issue du barrage de Taksebt de Tizi Ouzou. Pour cela on a utilisé une bentonite d'origine algérienne, on a aussi préparé un charbon actif naturel en valorisant la sciure de bois de la région ; puis on les a utilisé comme flocculant dans l'étape de coagulation-floculation, en reproduisant les mêmes conditions habituelles de la station. En premier lieu on a optimisé les doses à rajouter à savoir 1mg/l de charbon actif ou de bentonite et 10 mg/l des sels d'Aluminium; les essais ont été concluant et ont permis de réduire de 32% la quantité d'aluminium résiduel dans l'eau traitée représenté par une moyenne d'environ 0,136 mg / avec un minimum de 0,1 mg / l et un maximum de 0,16 mg / l. Pour mieux interpréter nos résultats on a utilisé le logiciel « R » pour une étude statistique représentative. Au final on a une qualité physico-chimique d'eau de moindre risque sur la santé du consommateur tout en protégeant notre environnement.

Mots-clés: sulfate d'aluminium, charbon actif, sciure de bois, bentonite, aluminium résiduel, eau traitée.

Abstract

In this work, we were interested in reducing the residual aluminium content in drinking water from the Taksebt dam in Tizi Ouzou. For this we used a bentonite of Algerian origin, we also prepared a natural activated carbon by valuing the sawdust of the region; then they were used as flocculant in the coagulation-flocculation step, reproducing the same usual conditions of the station. In the first place, the doses to be added were optimized, namely 1 mg / l of activated carbon or of bentonite and 10 mg / l of aluminum salts; the tests were conclusive and reduced the amount of residual aluminum in the treated water by 32% by an average of approximately 0.136 mg / with a minimum of 0.1 mg / l and a maximum of 0, 16 mg / l. To better interpret our results, the "R" software was used for a representative statistical study. In the end we have a physico-chemical quality of water of less risk on the health of the consumer while protecting our environment.

Key words: aluminum sulphate, activated carbon, sawdust, bentonite, residual aluminum, treated water.

ملخص

في هذا العمل، كنا مهتمين بخفض محتوى الألمنيوم المتبقي في مياه الشرب من سد Taksebt في تيزي وزو. ولهذا استخدمنا البنتونيت من أصل جزائري، كما قمنا بإعداد الكربون الطبيعي المنشط من خلال تقييم نشارة المنطقة؛ بعد ذلك تم استخدامهم كمنبسط في خطوة تجلط الماء، مما يؤدي إلى إعادة نفس الظروف المعتادة للمحطة. في المقام الأول، تم تحسين الجرعات المراد إضافتها، أي 1 ملغم / لتر من الكربون المنشط أو البنتونيت و 10 ملغم / لتر من أملاح الألومنيوم؛ كانت الاختبارات حاسمة وخفضت كمية الألمنيوم المتبقي في المياه المعالجة بنسبة 32% بمتوسط يبلغ حوالي 0.136 ملغم / بحد أدنى 0.1 ملغم / لتر وبحد أقصى 0,16 ملغم / لتر. لتفسير نتائجنا بشكل أفضل، تم استخدام برنامج "R" لدراسة إحصائية تمثيلية. في النهاية لدينا نوعية فيزيائية-كيميائية للمياه ذات مخاطر أقل على صحة المستهلك مع حماية بيئتنا.

الكلمات المفتاحية: كبريتات الألومنيوم، الكربون المنشط، نشارة الخشب، البنتونيت، الألمنيوم المتبقي، المياه المعالجة.