

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques
Département des sciences agronomiques

Mémoire



De fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master
en Sciences Agronomiques
Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Amélioration de la qualité physico-chimique et
bactériologique par filtre élaboré des eaux de
forages de Boukhalfa**

M^{me} GHALEB Zahia

Présenté par

M^{lle} MOKRANI Kahina

Devant le jury:

M ^{me} Boudiaf M.	Maître de conférences A	UMMTO	Présidente
M ^f Metahri M.S.	Maître de conférences A	UMMTO	Promoteur
M ^{me} Bouzid M.	Doctorante	UMMTO	Co-promotrice
M ^f Berradj O.	Maître de conférences B	UMMTO	Examineur
M ^{me} Berrouane N.	Maitre assistante	UMMTO	Examinatrice

Promotion : 2018/2019

Remerciements

Le présent travail a été effectué à l'université de Mouloud MAMMERI de Tizi Ouzou, faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques au niveau du laboratoire de traitement des eaux département agronomie.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre Promoteur Monsieur METAHRI M.S. Maître de conférences A et chargé de cours au département Sciences Agronomiques à l'UMMTO, pour tous les efforts qu'il a consenti tout au long de l'élaboration de ce modeste travail, ses encouragements, ses précieux conseils qui nous ont été d'une grande aide.

Nos vifs remerciements vont également à notre Co-promotrice M^{me} BOUZID M. Doctorante à l'UMMTO, pour tous ses encouragements, ses précieux conseils, sa gentillesse, et ses efforts qu'elle a consentis tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier très sincèrement M^{me} BOUDIAF M. Maître de conférence A à l'UMMTO pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de ce jury.

Nous voulons adresser nos plus vifs remerciements à M^r BERRADJ O. Maître de conférence B à l'UMMTO et M^{me} BERROUANE N. Maître assistante à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A Mon très cher père, A L'homme le plus
parfait dans le monde, mon grand exemple et
le secret de ma réussite ;*

A ma mère à qui je dois ma réussite ;

A l'homme de ma vie ; mon époux ;

A mes sœurs, mes frères

A toutes mes amies ;

*A Tous le personnel du service eaux
souterraines de la DRETO ;*

A tous mes enseignants ;

A toute la famille GHALEB et ALLAM.

Zahia





Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A mes parents qui mes sont très chers et dont le soutien
m'ont toujours aidé à réussir dans la vie j'espère qu'ils sont
fières de moi et de mon travail, car je suis fierte d'avoir des
tels parents ;*

A mes chers frères Nabil et Abdou ;

A ma meilleure amie que j'aime beaucoup K. Karima ;

A mon cher M. Farid ;

A ma chère binôme Zahia qui m'a encouragé ;

*A tous mes amis et mes collègues et à tous ceux et celles
qui sont chères à mon cœur ;*

A toute la promotion Eau et environnement 2018/2019 ;

*A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même avec
un mot d'encouragement et de gentillesse.*

A toute la famille Mokrani , Kerrouani et Boutaleb.



Kahina

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des Eaux

BK : Boukhalfa

CAC : Charbon actif commercial

CEC : Capacité d'échange cationique

CSB : Charbon actif sciure du bois

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DN : Diamètre Normalisé

DRETO : Direction des Ressources en Eau de Tizi-Ouzou

g/L : gramme par litre

MES : Matière en suspension

mg/l : milligramme par litre

NTU : Unité de turbidité néphélogométrique

OMS : Organisation mondiale de la santé

pH : Potentiel d'hydrogène

T : Température (°C)

TGEA: Tryptone Glucose Extrat Agar

UFC/ml : Unité formant colonie par millilitre

µg/l : Microgramme par litre

µs/cm : Micro- siemens par centimètre

.

Liste des abréviations

Liste des tableaux

<i>Tableau 01</i> : Les principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes	8
<i>Tableau 02</i> : liste des forages	23
<i>Tableau 03</i> : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux des forages	33
<i>Tableau 04</i> : Résultats des analyses bactériologiques des eaux des forages	34
<i>Tableau 05</i> : Résultats des analyses physico-chimiques après l'utilisation des filtres élaborés	37
<i>Tableau 06</i> : Résultats des analyses bactériologiques après l'utilisation des filtres élaborés.....	38

Liste des figures

<i>Figure 01</i> : Différentes étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption sur un matériau microporeux	18
<i>Figure 02</i> : Situation géographique des forages	22
<i>Figure 03</i> : Point de prélèvement de l'eau brute (Réservoir 5000m ³)	23
<i>Figure 04</i> : Dispositif de filtration.....	25
<i>Figure 05</i> : Bloque chauffant et photomètre de mesure de la DCO	25
<i>Figure 06</i> : Schématisation des étapes de préparation des filtres à base de bentonite et charbon actif et cellulose.....	32
<i>Figure 07</i> : Essais des filtres élaborés à base de bentonite	35
<i>Figure 08</i> : Essais des filtres composites bentonite-charbon actif commercial.....	36
<i>Figure 09</i> : Elaboration des filtres composites bentonite-charbon sciure de bois local	36
<i>Figure N°10</i> : Rendement d'abattement des paramètres de pollution étudiés par le filtre F1	39

Sommaire

Introduction générale

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

I.1. Les eaux souterraines.....	03
I.1.1. Les nappes.....	03
I.1.2. Les puits	04
I.1.3. Les sources.....	04
I.2. Pollution des eaux naturelles	04
I.2.1. Les différents types de pollution.....	05
I.2.1.1. Pollution physique	05
I.2.1.1.1. Pollution mécanique.....	05
I.2.1.1.2. Pollution thermique.....	05
I.2.1.1.3. Pollution radioactive	05
I.2.1.2. Pollution chimique	06
I.2.1.2.1. Pollution par les pesticides.....	06
I.2.1.2.2. Pollution par les détergents	06
I.2.1.2.3. Pollution par les métaux lourds.....	06
I.2.1.2.4. Pollution organique	06
I.2.1.3. Pollution biologique	06
I.3. Les maladies à transmission hydrique (MTH).....	07
I.3.1. Maladies d'origine bactérienne.....	07
I.3.2. Maladies d'origine virale.....	08
I.3.3. Maladies d'origine parasitaires.....	08
I.4. Définition d'une eau potable.....	08

I.4.1. Paramètres de qualité de l'eau de boisson	08
I.4.1.1. Paramètres organoleptiques	08
I.4.1.2. Paramètres physico-chimiques.....	09
I.4.1.3. Paramètres indésirables.....	11
I.4.1.4. Paramètres de pollution.....	12
I.4.1.5. Paramètres bactériologiques	13
I.4.1.6. Paramètres de toxicité	13

Chapitre II : Généralités sur l'adsorption

II .1. Définition de l'adsorption.....	15
II.1.1. Adsorption physique	15
II.1.2. Adsorption chimique	15
II. 2. Mécanisme d'adsorption	16
II. 2.1. Adsorption par liaisons ioniques ou échange d'ions	16
II. 2. 2. Adsorption par liaison hydrogène.....	16
II .2. 3. Adsorption par les forces de Van der Wals	17
II . 2. 4. Rétention hydrophobe.....	17
II. 3. Paramètres affectant l'adsorption	17
II. 4. La cinétique de l'adsorption	18
II .5. Domaine d'application de l'adsorption	18
II. 6. Grands types d'adsorbants.....	19
II. 6. 1. La Bentonite	19
II. 6.1. 1. Origine de la bentonite.....	19
II. 6. 2. Le charbon actif.....	19
II. 6. 2. 1. Production et activation du charbon	20
II. 6. 2.2. Différentes formes du charbon actif	20
II.6.3. La sciure de bois.....	21

II.6.3.1.L'origine de la sciure de bois.....	21
--	----

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

1. zone d'étude	22
2. analyses physico-chimiques	24
➤ pH.....	24
➤ conductivité	24
➤ turbidité	24
➤ MES.....	24
➤ DCO	25
3. Analyses bactériologiques.....	25
➤ Flore mésophile aérobie	26
➤ Coliformes.....	27
➤ Streptocoques	28
➤ Clostridium sulfito-réducteurs.....	29
➤ Salmonelles	29
➤ Vibrions.....	30
4. Elaboration des filtres composites.....	30

Chapitre II : Résultats et discussions

1. Résultats des analyses avant l'utilisation des filtres élaborés	33
➤ Physico-chimiques	33
➤ Bactériologiques.....	34
2. Résultats d'optimisation des filtres élaborés	35
➤ Bentonite	35
➤ Bentonite et charbon actif commercial.....	35
➤ Bentonite et charbon actif fait à base de sciure du bois	36
3. Résultats des analyses après l'utilisation des filtres élaborés	37
➤ Physico-chimiques	37
➤ Bactériologiques	38
4. Rendement du filtre élaboré	39

Conclusion générale 40

Références bibliographique

Annexe

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie. Cependant, la conjugaison de l'activité anthropique à l'accroissement de la demande en eau au fil des ans, est une menace permanente sur la qualité et la quantité de ladite ressource (Metahri, 2016).

Les disponibilités en eau en Algérie, sont estimées à 17 milliards de m³ par an (KETTAB, 2001). Cette ressource globale qui s'approche de ces limites qualitatives et quantitatives, ne peut assurer que 300 m³ par an et par habitant, ce qui représente 1/6 du seuil de l'hydro-sensibilité à savoir 1700 m³ par an et par habitant, nécessaires pour garantir les besoins en eau des populations.

La mobilisation de la ressource hydrique pour l'AEP nécessite la mise en place des traitements proportionnels et appropriés à la charge de pollution dissoute et particulaire véhiculée, afin d'assurer une eau de qualité irréprochable sur le plan physique, chimique et biologique pour le consommateur.

La surveillance des eaux traitées et des réseaux de distribution des eaux potables est une question d'hygiène publique. Cette activité fondamentale de prévention, elle est d'un intérêt primordial et stratégique pour déceler et apporter des corrections si nécessaire, aux traitements déjà mis en place s'ils s'avèrent insuffisants ou inadéquats à éliminer la pollution en question (OMS, 2006).

Pour le cas des eaux des forages de Boukhalfa qui font objet de notre étude, les seuls traitements de désinfection mis en place par l'ADE, n'arrivent pas à bout de la pollution dont ces eaux sont chargées. Cette dite ressource a perdu sa qualité souterraine avec la fragilisation de la nappe du moyen Sébaou, par l'extraction des agrégats, d'où, une communication hydraulique directe avec les eaux de surface de l'Oued Sébaou. Cette communication hydraulique directe avec les eaux de surface a contribué à la mise en place d'un micro-écosystème composé de la vase, des bactéries et des parasites au niveau des forages (Belkadi S et Ouelhocine O., 2019). Cet état de fait, a transformé les eaux desdits forages du groupe A1 au groupe A3. Pour cela, des traitements complémentaires de correction sont plus que nécessaires.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, dont l'objectif principal est l'amélioration de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forages de Boukhalfa par l'optimisation d'un filtre élaboré.

Pour mieux cerner notre étude, nous avons jugé utile de répartir notre travail comme suit :

Introduction générale

1. Partie théorique : composée de deux chapitres :
 - Chapitre I: Généralités sur les eaux souterraines ;
 - Chapitre II : Généralités sur l'adsorption et principaux types d'adsorbants (bentonite, charbon actif).
2. Partie expérimentale : contient :
 - Chapitre I: Matériels et méthodes.
 - Chapitre II: Résultats et discussions.

Partie
bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur les eaux souterraines

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

I.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 31,4% 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 forment de grands réservoirs naturels dénommés aquifères (CARDOT, 1999).

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilités, mais elle représente de propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales (SALGHI, 1997).

I.1.1. Les nappes

On distingue deux catégories principales : les nappes libres et les nappes captives.

a) Les nappes libres

Les nappes libres sont directement alimentées par les eaux de ruissellement. Très sensibles à la pollution, elles sont à l'origine des sources et des forages (VITALGINE, 2003). Les nappes libres peuvent être soit des nappes phréatiques soit des nappes alluviales :

- **Les nappes phréatiques**

Les nappes phréatiques sont les premières rencontrées lors du creusement d'un puits. Elles présentent l'inconvénient d'être quasi totalement polluées sur tout le territoire par les fosses septiques, pesticides, engrais...Elle fournissent donc une eau non potable (VITALGINE, 2003).

L'eau souterraine est un réservoir naturel à long terme pour le cycle de l'eau, comparé aux réservoirs naturels que sont l'atmosphère ou l'eau de surface. ([https:// lenntech.fr /eaux. Souterraines/](https://lenntech.fr/eaux.Souterraines/)).

- **Les nappes alluviales**

Les nappes alluviales sont des nappes aquifères qui se forment dans les alluvions constituant le lit de la rivière. Elles sont donc en rapport direct avec le cours d'eau qui l'alimente. Le séjour dans le lit filtrant surmontant la nappe étant en général bref, la qualité biochimique et microbiologique de l'eau souterraine sera voisine de celle de l'eau superficielle qui l'alimente et sujette aux mêmes variations. On se retrouve donc, avec une nappe alluviale, confronté aux mêmes problèmes de qualité et de variabilité qu'avec les nappes phréatiques (HASLAY *et al*, 1993).

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

La qualité des eaux des nappes alluviales sont directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière (DEGREMONT, 2005).

b) Les nappes captives

Les nappes captives sont emprisonnées entre deux couches de terrains imperméables. L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

Les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement les plus profondes ; elles sont sous pression : leur niveau piézométrique se situe généralement entre leur toit imperméable et la surface du sol ; elles sont dites « artésiennes » quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (DEGREMONT, 2005).

I.1.2. Les puits

Ce sont les ouvrages de captages les plus répandus. Ils vont du simple puits individuel à des forages très profonds susceptibles de fournir de gros débits.

a) Puits individuels :

Ils sont habituellement creusés par piochage en évitant notamment la proximité des fosses septiques. Ils peuvent être maçonnés au fur et à mesure de leur avancement ou encore murailles par enfoncement de buses de ciment. Le principal problème des puits individuels est qu'ils n'atteignent que la nappe phréatique, pratiquement toujours polluée.

b) Puits collectifs

Ce sont des ouvrages industriels qui peuvent être à faible profondeur. Situées dans les nappes alluviales et munis de pompes, ils peuvent avoir des débits considérables. A grande profondeur, le puits perd son nom pour s'appeler forage. Ces grandes profondeurs permettent d'éviter au maximum les risques de pollution et de trouver des nappes ayant un débit suffisant (VILAGINES, 2003).

I. 1.3. Les sources

Une eau de source est une eau d'origine souterraines microbiologiquement saine et protégée contre le risque de pollution, apte à la consommation humaine sans autre traitement que décantation, filtration et/ou aération et/ou adjonction de gaz carbonique (GROSCLAUDE, 1999).

I.2. Pollution des eaux naturelles

La pollution est une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimique et biologiques de l'eau, produites directement ou indirectement par les activités humaine, les rendant impropres à l'utilisation normale établit (METAHRI, 2008).

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

Aussi, la pollution est une contamination de l'eau par des corps étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendant impropre aux usages souhaités.

I.2.1. Les différents types de pollution

On peut distinguer plusieurs catégories de pollution des eaux selon la nature et les usages des polluants qui sont à l'origine de ces pollutions :

I.2.1.1. Pollution physique

I.2.1.1.1. Pollution mécanique

La pollution mécanique se traduit par une augmentation de la turbidité, une diminution de la transparence, de mauvaises odeurs dues à l'environnement et l'eutrophisation des milieux récepteurs (COURT, 1986).

I.2.1.1.2. Pollution thermique

La pollution thermique est la conséquence du déversement dans le 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).

I.2.1.1.3. Pollution radioactive

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires.

Les dommages causés par l'accumulation de radioéléments dans l'organisme se présentent sous forme de lésions biologique (brûlures, cancer...) et par des répercussions d'ordre génétique grave, en particulier les malformations congénitales parmi la descendance (BELKACEM, 2010).

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

I.2.1.2.Pollution chimique

I.2.1.2.1.Pollution par les pesticides

Le terme pesticide est le plus couramment employé pour désigner les produits utilisés pour la protection des cultures contre les parasites végétaux et animaux nuisibles. Ils sont également dénommés : substances phytosanitaires.

Les pesticides peuvent être à l'origine de dommages pour l'environnement en raison de leur toxicité aiguë (cas de déversement accidentel en rivière par exemple), mais c'est surtout leur persistance dans l'environnement, l'eau notamment qui constitue le risque principal pour l'homme : des effets mutagènes, voir cancérigènes sont possible à long terme (VILAGINES, 2003).

I.2.1.2.2.Pollution par les détergents

Ces composants proviennent aussi bien d'activités industrielles que domestiques (MIZI, 2006).

I.2.1.2.3.Pollution par les métaux lourds

Diverses activités humaines, sont responsables de la pollution métallique : les insecticides et fongicides, l'électronique, l'électricité, l'automobile etc. Le problème essentiel lié à cette pollution est que les métaux ne sont pas biodégradables (DEFRANCESCHI, 1996).

A faibles concentrations, les métaux sont des éléments essentiels et indispensables pour les êtres vivants ; mais à des concentrations plus importantes, les métaux inhibent la croissance et plusieurs processus cellulaires incluant la photosynthèse, la respiration, l'activité enzymatique et la synthèse de pigments et de protéines (VILAGINES, 2003).

I.2.1.2.4.Pollution organique

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés, comme la matière organique (lisier, boues d'épuration, etc.), les organochlorés(DDT) ou encore les polychlorobiphényles (PCB) (<https://www.Futura-sciences.com>).

I.2.1.3.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

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

déversant dans les cours d'eaux. Des épidémies peuvent émerger et limiter les usages que l'on peut faire de l'eau (HADDOU, 2010).

I.3. Les maladies à transmission hydrique (MTH)

Les maladies d'origines hydriques sont des infections, qui sont dues à un agent infectieux, bactérie, virus ou protozoaires. La transmission d'une maladie infectieuse fait intervenir un agent infectieux, un sujet réceptif, et une hôte d'introduction. Dans le cas des infections d'origines hydriques, les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent des individus malades, des porteurs sains, ou des animaux (HASLAY et LECLERC, 1993).

1.3.1. Maladies d'origine bactérienne

Certaines espèces de bactéries ont un pouvoir pathogène vis-à-vis de l'homme, ces Bactéries sont, avec les amibes, les principales responsables des maladies diarrhéiques, qui provoquent chaque année la mort de millions de personnes et touchent particulièrement les enfants (VILAGINES, 2003).

Tableau 01 : Les principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes (VILAGINES, 2003)

Maladie	Agents responsable	Manifestations	Contamination
Fièvre typhoïde et paratyphoïde	Salmonella typhi et Salmonella paratyphi A	Fièvre, céphalées, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.
Gastro-entérites	Escherichia coli	Vomissement, diarrhée, crampes, et même fièvre, nausée et maux de tête.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

Choléra	Vibrio cholerae	Diarrhée s'accompagne de vomissement et de douleurs épigastriques avec anurie et crampes musculaires.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.
---------	-----------------	---	---

I.3.2.Maladie d'origine virale

Les virus responsables d'infections hydriques sont excrétés dans les selles d'individus infectés. Il a été démontré que plus de 130 virus pathogènes, que l'on peut dénommer virus entériques, peuvent être éliminés dans les fèces humaines (REJSEK, 2002).

Les principaux virus responsables d'infections virales : Gastro-entérites virales et Hépatite infectieuse.

I.3.3.Maladie d'origine parasitaire

Les principaux parasites responsables d'infections parasitaires : Gastro-entérite et Giardiase.

I.4.Définition d'une eau potable

Une eau potable est une eau qui peut être consommée sans danger pour la santé. Elle doit répondre aux critères de la qualité qui sont fixés par des lois mise en place par l'organisation mondiale de la santé, en se base sur des critères de la santé publique.

I.4.1.Paramètres de qualité de l'eau de boisson

I.4.1.1.Paramètres organoleptiques

➤ L'odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décompositions, le sens olfactif peut seul dans une certaine mesure les déceler.

Les échantillons doivent être prélevés dans des récipients en verre hermétique, l'examen consiste à diluer l'eau prélevée jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible (MEGHEZI B, 2015).

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

➤ **Le goût**

Peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives. A l'état naturel, l'eau a une concentration normale de minéralisation, offre un goût plus au moins accentué. S'il y a de l'eau ayant une longue durée de stockage par exemple eaux de citerne ; un goût saumâtre de l'eau, provient de l'existence de chlorure en abondance et en aura un goût amer si l'eau renferme beaucoup de sel magnésium (Cahier technique du stage T7.2014, ADE TO).

➤ **Couleur**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations.

Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité. Toutefois, la limpidité de l'eau ne garantit pas l'absence de germes pathogènes (Cahier technique du stage T7.2014, ADE TO).

I.4.1.2. Paramètres physico-chimiques

➤ **Température**

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels minéraux et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous et donc sur la conductivité électrique, la détermination du pH et la connaissance de l'origine de l'eau (RODIER *et al*, 2005).

➤ **Potentiel d'hydrogène**

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène $[H_3O^+]$, il est inférieur ou supérieur à 7 suivant nature acide ou basique de l'eau. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau. Pour les eaux naturelles, le pH est compris entre 6 et 8 (Document interne ADE TO, 2014)

➤ **Conductivité électrique**

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

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

➤ **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 5 NTU (Rodier, 2005).

➤ **Dureté totale**

La dureté de l'eau ou titre hydrométrique est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium. En excès, les sels dissous dans l'eau forment un composé insoluble avec le savon qui perd ainsi une partie de son pouvoir détersif et ne mousse plus que difficilement.

Pour l'usage domestique, on peut utiliser des eaux titrant jusqu'à 500 mg de CaCO_3/l (50°F), mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150 mg de CaCO_3/l . (8et 15°F) (SLIMANI *et al* ; 2015).

➤ **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).

➤ **Matière 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).

➤ **Alcalinité**

L'alcalinité 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).

➤ **Sodium**

Élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques contenant des chlorures de sodium et de la décomposition des sels minéraux. Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

n'ya pas de valeur limite standards, cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.

➤ Calcium

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).

➤ Magnésium

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

➤ 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 (Mg Cl₂) sont les plus répandus. Différentes sources naturelles et industrielles sont à la base de la contamination de l'eau par des chlorures. (Kumar, 2012).

I.4.1.3. Paramètres indésirables

➤ Le Fer

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).

➤ Le Manganèse

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)).

➤ Le Zinc

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).

➤ 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)

➤ 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).

I.4.1.4. Paramètres de pollution

➤ 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).

➤ Demande chimique en oxygène (DCO)

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

➤ L'azote ammoniacal NH_4^+

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

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

➤ **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).

➤ **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 résiduelles et des activités agricoles (Kumar, 2012).

I.4.1.5. 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 :

➤ **Coliformes totaux :**

Sont des indicateurs d'une contamination fécale. Ils sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet (SERVAIS, 2009).

➤ **Coliformes fécaux**

Témoignent habituellement d'une contamination d'origine fécale. Ils sont thermotolérants, l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (SERVAIS 2009).

➤ **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).

I.4.1.6. Paramètres de toxicité

On distingue les paramètres suivants

➤ **Arsenic**

Sa toxicité dépend essentiellement de sa forme chimique (BOUCHESEICHE *et al* ; 2002).

➤ **Cadmium**

Sa présence dans l'eau est due aux effluents industriels, certaines canalisations (RODIER *et al*, 2005).

Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines

➤ **Mercur**

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).

➤ **Plomb**

La présence du plomb dans l'eau distribuée peut provenir de tuyauterie ancienne contenant du plomb ou des activités industrielles (BOUCHESEICHE *et al*, 2002).

➤ **Chrome**

Il peut provenir essentiellement de filons métallifères (chromite) ou des rejets d'eaux usées. (BOUCHESEICHE *et al*, 2002 ; OMS, 2007).

Chapitre II: Généralités sur l'adsorption

II.1. Définition

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. L'adsorption peut être physique ou chimique selon la nature des interactions qui se produisent entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant (Chikhi K ,2013).

II.1.1. Adsorption physique

C'est une adsorption où la nature des liaisons entre l'adsorbant et l'adsorbat sont de type physique qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals.

Ce type d'adsorption se caractérise par :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide;
- Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé;
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité (Bekouche S, 2003).
- Les valeurs d'enthalpie d'adsorption se situent souvent autour de 10kJ/mol (Bois L *et al* ,2003).

Ce phénomène consiste essentiellement en la condensation de molécules sur la surface du solide ; est favorisé par un abaissement de la température (Chouat M *et al*, Juin 2013).

II.1.2. Adsorption chimique

Elle résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La chimisorption se caractérise par :

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide ;
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température ;
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique ;
- La non-réversibilité ;

Chapitre II : Généralités sur l'adsorption

- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats.

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique (Bekouche S, 2003).

II.2. Mécanismes d'adsorption

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant ; ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en plusieurs étapes (Bouchemal achour, 2005).

- 1- Transfert de masse externe (diffusion externe) qui correspond au transfert de soluté la solution à la surface externe des particules.
- 2- Transfert de masse interne dans les pores (diffusion interne) qui a lieu dans le fluide remplissant les pores. En effet, les molécules se propagent de la surface des grains vers leur centre à travers les pores.
- 3- Diffusion de surface, pour certains adsorbants, il peut exister également une contribution de la diffusion des molécules adsorbées le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant (Chouat M *et al*, Juin 2013).

II.2.1. Adsorption par liaison ionique ou échange d'ions

Ce mécanisme ne concerne que les produits sous forme ionique ou ceux qui peuvent le devenir, comme les bases faibles. Il s'agit d'une interaction entre la molécule et les groupements ionisés ou facilement ionisables de l'adsorbant, tels que les groupements phénoliques et carboxyliques présents dans la structure des charbons. Ces liaisons sont le plus souvent peu réactives (BOUZIANE Nouzha, Mai 2010).

II.2.2 Adsorption par liaison hydrogène

Certains supports peuvent présenter à leur surface de nombreuses fonctions (oxygénées, hydroxyles...) qui peuvent interagir par liaisons hydrogène avec les groupes complémentaires des molécules adsorbat, bien qu'il y ait une forte compétition avec les molécules d'eau pour ces sites d'adsorption (BOUZIANE Nouzha, Mai 2010).

II.2.3. Adsorption par les forces de Van der Waals

Les forces de Van der Waals sont des attractions dipolaires de faible intensité qui agissent à courte distance. Leur action s'additionne à d'autres types d'interactions plus fortes.

Dans le cas de molécules non-ioniques et apolaires, leur participation à la rétention n'est pas négligeable. Si la molécule est assez volumineuse et qu'elle peut s'adapter à la surface de l'adsorbant, ces forces sont alors additives et leur rôle peut devenir important (BOUZIANE Nouzha, Mai 2010).

II.2.4. Rétention hydrophobe

Ce type de mécanisme concerne en particulier les composés non-ioniques et apolaires ; la nature exacte de l'adsorption par ce type d'interactions reste incertaine (YASSINE ,2016).

II.3. Paramètres affectant l'adsorption

Un grand nombre de paramètres et de propriétés, du support et du substrat, peuvent influencer le processus d'adsorption et notamment la capacité et la cinétique de rétention d'une substance sur un support [Perrat *et al*, 2001] Il s'agit des paramètres suivants :

- Taille des molécules adsorbées
- Solubilité
- Polarité et polarisabilité de la molécule adsorbée
- Structure de l'adsorbant

Les caractéristiques de la molécule et la structure de l'adsorbant peuvent affecter directement ; la nature de la liaison adsorbat-adsorbant et la capacité d'échange cationique (CEC) [Perrat *et al*, 2001].

II.4. Cinétique d'adsorption

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. La détermination des paramètres cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Le transfert d'un adsorbat de la phase liquide vers un site d'adsorption, représenté par la figure 01, fait intervenir les étapes suivantes:

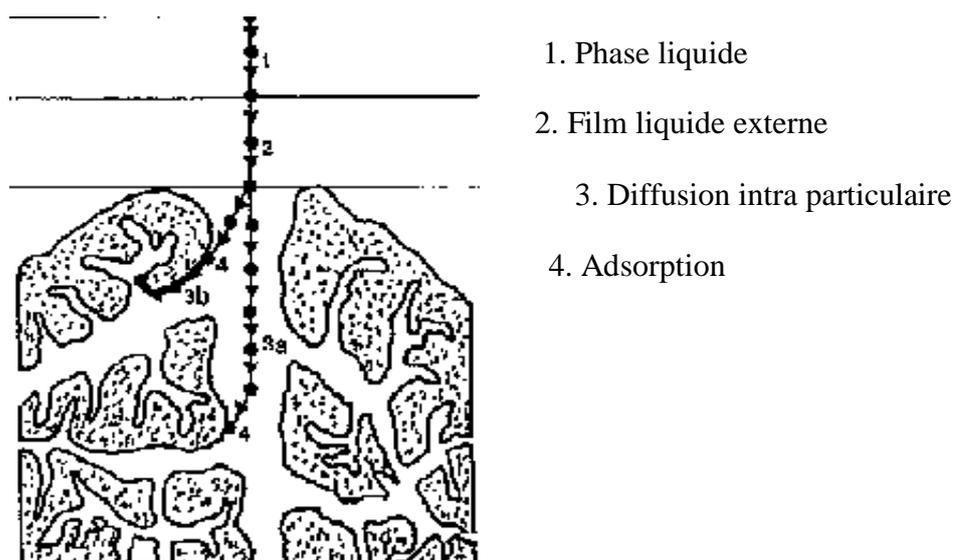


Figure 01 : Différentes étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption sur un matériau microporeux (WEBER *et al*, 2000).

1ère étape : Transfert de l'adsorbant de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liée à la particule solide (par convection ou diffusion) ; étape très rapide.

2ème étape : Transfert de l'adsorbant à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant ; étape rapide.

3ème étape : Diffusion à l'intérieur de la particule d'adsorbant selon deux voies, sous l'influence du gradient de concentration ; étape lente.

3a : Sous l'état adsorbé, par diffusion de surface.

3b : A l'état libre, par diffusion de pore.

4ème étape : adsorption dans un micropore; étape très rapide.

II.5. Domaine d'application de l'adsorption

L'adsorption qui s'avère comme un traitement efficace à l'industrie ; en pratique, elle est utilisée dans les cas suivants (Chouat M *et al*, Juin 2013), séchage, traitement des huiles, traitement des gaz, industrie textile, décoloration et traitement des eaux

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

II.6. Grands types d'adsorbants

II.6.1. La bentonite

La bentonite est une roche argileuse, friable, tendre et onctueuse au toucher, sa teinte dépend des composés minéraux et impuretés (matière organique et oxydes des métaux) qui lui sont étroitement associés. Elle est blanche, grise ou légèrement jaune. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement (Mimanne *et al*, 2014).

II.6.1.1. Origine de la bentonite

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 Boughrara) 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 (ABDEL WAHAB *et al*, 2010 ; Arris ,2008).

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

Elles ont de ce fait de larges applications ; toujours nombreuses et dans différents domaines tels que l'épuration des eaux, décoloration des huiles et de 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).

II.6.2. le charbon actif

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif. Il est obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées, puis activées (dégagement des cavités remplies de goudron lors de la carbonisation). Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre avec des pores de quelques μm de dimension, soit sous forme de grains. Il peut être régénéré selon trois procédés de désorption : à la vapeur, thermique et chimique.

L'expérience montre que les charbons actifs sont des adsorbants à très large spectre : la plupart des molécules organiques se fixent à leur surface, les moins retenues étant les molécules les plus polaires et celles linéaires, de très faible masse molaire (alcools simple, premiers acides organiques...). En revanche, les molécules peu polaires, génératrices de goût et d'odeur, et les molécules à haute masse molaire le sont, pour des raisons différentes, bien adsorbées sur les charbons. Outre ces propriétés adsorbantes, les charbons actifs sont

Chapitre II : Généralités sur l'adsorption

également des supports de bactéries capables de dégrader une fraction de la phase adsorbée. Ainsi une partie du support est continuellement régénérée et susceptible de libérer des sites permettant de fixer des nouvelles molécules (Sedira N ,2012/2013).

II.6.2.1. Production et activation du charbon

Le charbon actif se rapporte à l'ensemble des substances carbonées présentant une surface spécifique élevée (700-1500 m²/g) et une porosité également très élevée. Cela explique pourquoi ce matériau est très utilisé dans le traitement des eaux potables, des eaux résiduaires tertiaires (urbaines) et enfin des eaux résiduaires industrielles. Nous rappelons de façon très brève les étapes de production de cet absorbant:

- Le séchage de la matière première : tourbe, bois, noix de coco, charbon bitumeux ...
- La carbonisation sous atmosphère contrôlée (absence d'air) à une température de 400 à 600°C. Celle-ci permet l'élimination de toutes les matières organiques volatiles.
- L'activation obtenue par une oxydation ménagée à une température de 400°C environ.

Elle peut être également obtenue avec le gaz carbonique (CO₂) et la vapeur d'eau (H₂O) à des températures élevées. Le produit final possédera un ensemble de paramètres, au niveau de sa texture (surface spécifique et porosité) et également au niveau des groupements fonctionnels (types de fonctions organiques présents à la surface, essentiels dans le processus d'adsorption (Bouaziz A ; juin, 2009).

II.6.2.2. Différentes formes du charbon actif

Selon leurs applications, les charbons actifs sont disponibles soit en poudre, soit en grains, soit sous forme de fibres. 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 large surface externe et une faible profondeur de diffusion : la vitesse d'adsorption est très rapide. Les poudres fines sont utilisées en pharmacie et servent aussi à décolorer les huiles, les graisses, les vins, les sucres et de nombreux autres liquides organiques. 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 le processus d'adsorption. Ces charbons sont préférentiellement utilisés en lit fixe pour l'adsorption des gaz et des vapeurs. Ils sont couramment utilisés pour le traitement de l'eau.

Chapitre II : Généralités sur l'adsorption

Depuis quelques années, les fibres de charbon suscitent un intérêt grandissant car elles présentent des cinétiques et des capacités d'adsorption supérieures aux charbons en grains et en poudre (Moreno-Castilla, 2011).

Dans des applications plus spécifiques, les charbons actifs peuvent subir des traitements supplémentaires : imprégnation de substituant variés à des fins catalytiques, (Piccione, 2010), recouvrement par un polymère biocompatible pour donner un revêtement lisse et perméable sans bloquer les pores, (Fennimore, 2000) ou mise en œuvre sous forme de tissus, (Suzuki, 2002).

II.6.3.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 H *et al*, 99, 2008-2009-2017).

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 (ELBARIJI S *et al* 2006; 9,1314-1321).

II.6.3.1.L'origine de la sciure de bois

En Algérie elle est obtenue à partir de sapin, 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 (Belaid, K *et al* (2011), 24(2), 131–144).

Partie expérimentale

Chapitre I :

Matériels et méthodes

1. Zone d'étude

Le site des forages est localisé dans la wilaya, daïra et commune de Tizi-Ouzou sur la nappe phréatique du moyen Sébaou, voir figure 02. Situé à environ 05 km du chef lieu de wilaya, exactement au Nord-Ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Ledit bassin versant d'une superficie de 2900 Km² avec un exutoire principal représenté par l'Oued Sébaou, qui s'écoule du Sud Est vers le Nord Ouest sur une distance de 88 Km (mesuré avec Google Earth). L'apport annuel moyen enregistré est de l'ordre de 750 million de m³. Les forages en question, d'une capacité de 500 m³/j d'eau, permettent l'alimentation en eau potable des habitants des communes frontalières, entre autres Tizi-Ouzou (Boukhalfa, Thala Allam et la haute ville) ; Sidi Naaman Makouda, Tigzirte et Iflissenes.

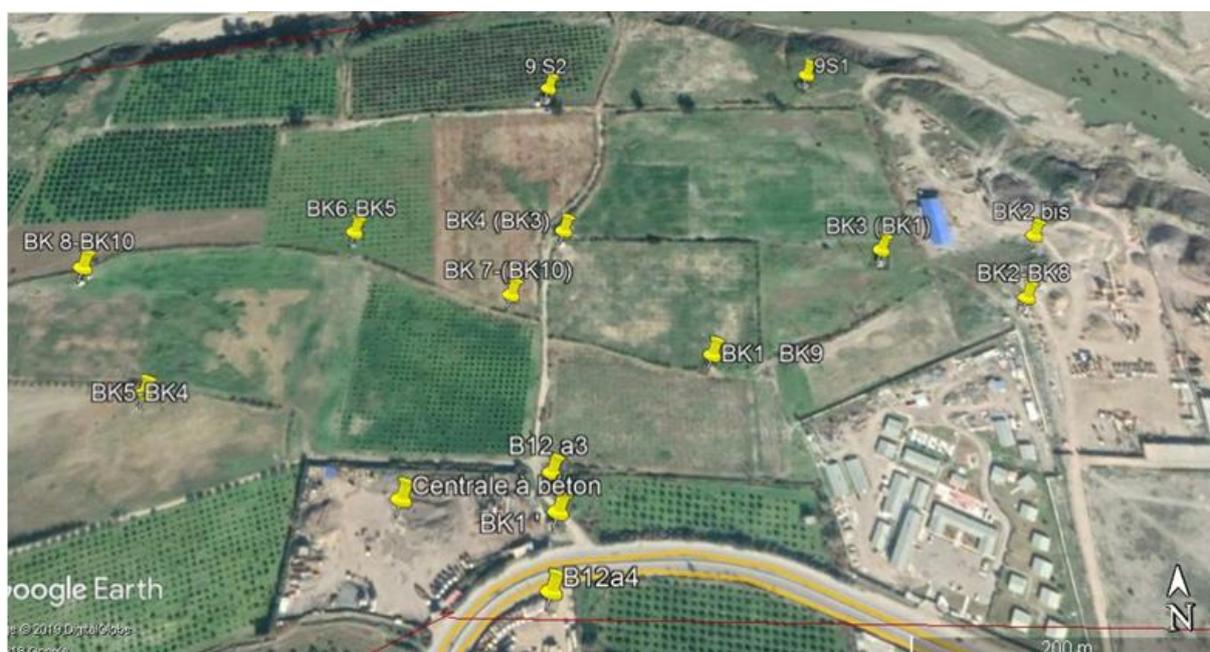


Figure 02 : Situation géographique des forages (DRE TO, 2019)

La partie Nord Ouest de la ville de Tizi-Ouzou est alimentée par la station sise au réservoir 5000 m³ de Boukhalfa. Elle est composée de dix forages, voir tableau 02, dont un est désaffecté pour manque de ressources, les forages se présentent comme suit :

Chapitre I :Matériels et méthodes

Tableau 02 : liste des forages source : (DRE TO-2019)

Dénomination		Profondeur (m)	Débit initial (l/s)	Année de mesure
DRE	ADE			
9S-1	BK-6	35	40	1981
9S-2	BK-7	33	40	1983
BK-1'	BK-2 (à l'arrêt)	33,5	40	1981
BK-2	BK-8	33	30	1983
BK-3	BK-1	32	40	1986
BK-4	BK-3	28	30	1985
BK-5	BK-4	28	30	1999
BK-6	BK-5	27	27,7	2001
BK-7	BK-10	27	-	Désaffecté (eau de mauvaise qualité)
BK-8	BK-9	28,7	10	2015
BK-9	BK-11	26	10	2016

La production de ces forages arrive au niveau du réservoir d'aspiration de la station de pompage de Boukhalfa d'une capacité de 5000m³, voir figure 03 ; les prélèvements des échantillons sont effectués au niveau de ce réservoir ou l'ensemble de ces 09 forages sont mélangées.



Figure 03: Point de prélèvement de l'eau brute (Réservoir 5000m³)

Afin d'évaluer et d'améliorer la qualité des eaux des forages de Boukhalfa, nous avons procédé à la caractérisation de la ressource hydrique par des analyses physico-chimiques et bactériologiques au niveau du laboratoire de traitement des eaux, département des sciences agronomiques, de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Afin de corriger les anomalies détectées, un filtre

Chapitre I :Matériels et méthodes

approprié a été élaboré. Notre étude s'est déroulée sur une période allant du 1er Avril jusqu'au 30 juin. Durant cette période, plusieurs prélèvements ponctuels, et au même moment de la journée, entre 9 h et 11h du matin, ont été effectués au niveau du réservoir 5000 m³ de Boukhalfa. Les échantillons d'eau sont conditionnés dans des bouteilles en verre stériles, puis emporter dans une glacière (à 4°C) au laboratoire.

2. Analyses physicochimiques

- **pH** : par mesure directe ; allumer le pH-mètre WTW avec terminal 730 et électrode en verre, mettre une quantité suffisante d'eau dans un bécher ; immerger l'électrode de l'appareil dans cet échantillon, puis attendre la stabilisation pour faire la lecture.
- **Conductivité** : par mesure directe ; allumer le conductimètre WTW avec terminal 740, plonger la sonde de l'appareil dans l'eau, attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise, faire la lecture ; le résultat obtenu est exprimé en $\mu\text{s/cm}$.
- **Turbidité** : on la mesure à l'aide d'un turbidimètre HACH 2100N avec une cuvette de verre incolore de 50 mm de diamètre, par mesure directe ; la valeur indiquée est exprimée en NTU (Néphélogétrie Turbidité Unit).
- **MES** : pour la détermination des matières en suspension, on a utilisé la méthode de filtration sous vide selon les étapes suivantes :
 - Laver Le filtre en papier diamètre 0,45 μm avec l'eau distillée, le sécher à l'étuve à 105°C pendant deux heures voir figure 04 ;
 - Peser le filtre vide P_0 ;
 - Placer le filtre sur le dispositif de filtration et Verser un litre de l'échantillon à analyser ;
 - Après filtration, Sécher à l'étuve à 105°C pendant deux heures (jusqu'à obtention d'un poids constant) ; peser le poids du filtre P_i . La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression suivante :

$$P_i - P_0 / V \times 1000N$$

P_0 =poids du filtre avant utilisation (mg).

P_i = poids du filtre après utilisation (mg).

V = Volume d'eau utilisé (ml) (RODIER et al, 2005)



Figure 04 : Dispositif de filtration

- **DCO** : la mesure de la DCO s'est réalisée par l'utilisation du photomètre multi paramètre de paillasse (HI83214), en utilisant les kits (HI 93754A) ; DCO Gamme Basse (de 0 à 150 mg /l) selon le protocole suivant :
- Préparer l'échantillon d'eau à analyser ;
 - Préchauffer le bloc 9800 à 150°C ;
 - Prendre les tubes spéciaux pour DCO, et rajouter 2ml de l'échantillon à mesurer dans un tube et 2 ml d'eau distillée dans un autre tube.
 - Agiter délicatement ces derniers, puis insérer les dans le réacteur et laisser chauffer pendant 2 heures à 150°C ;
 - Attendre 20 min ; sélectionner le programme DCO sur le photomètre ;
 - Tarer l'appareil avec le tube contenant l'eau distillée puis placer l'autre tube contenant l'échantillon d'eau et lire directement le résultat en mg/l voir figure 05.

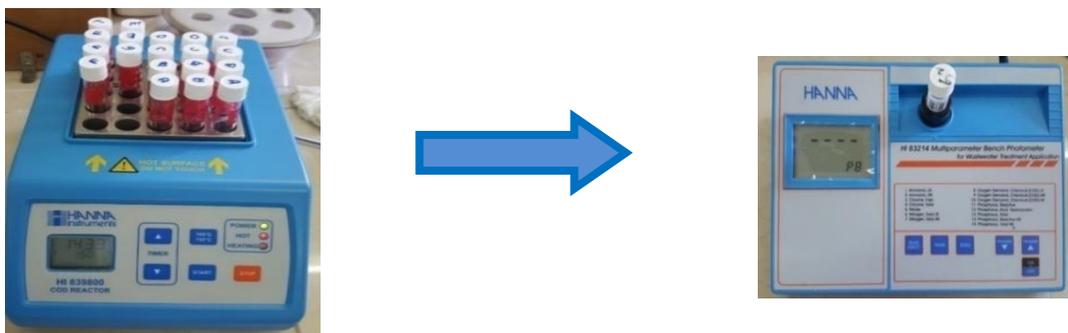


Figure 05 : Bloque chauffant et photomètre de mesure de la DCO

3. Analyses bactériologiques

On a utilisé la méthode de filtration membranaire, on a procédé à la recherche et au dénombrement de germes suivant :

- Les mésophiles aérobies totaux à 22°C et à 37°C ISO 6222
- les coliformes totaux ISO 9308-2 et fécaux ISO 9308-1

Chapitre I :Matériels et méthodes

- streptocoques fécaux ISO 7899-2
- les germes anaérobies sulfito-réductrices (clostridium) ISO 6461-2
- salmonelles ISO 6340
- vibrion cholériques ISO 21872-1

➤ Flore mésophile aérobie

Mode opératoire

Préparation de l'échantillon

Nous avons procéder à :

- Agiter soigneusement et de façon prolongée le flacon d'échantillon, de manière à remettre les microorganismes en suspension homogène.
- Prélever ensuite, stérilement, 1ml de l'échantillon et procéder aux dilutions adaptées à celui-ci.

Ensemencement

Nous avons procéder à :

- Placer un volume de prise d'essai de 1 ml de ses dilutions, de manière stérile, dans le fond d'une boîte de pétri.
- Utiliser une pipette stérile de 1ml, en débutant par la dilution la plus forte jusqu'à la plus faible.
- Ajouter 15 à 20ml de gélose fondue de TGEA (maintenue en surfusion à 45°C) et mélanger avec précaution par rotation de la boîte de pétrie, sans faire de bulles et sans mouiller les bords extérieurs, afin de répartir les bactéries de manière homogène sur la surface de la boîte. Le temps entre l'addition de la prise d'essai (ou dilution) et l'addition du milieu fondu ne doit pas dépasser 15 minutes.
- Laisser le milieu solidifier sur une surface plane, horizontale et fraîche.
- Retourner les boîtes et incuber une série à 37°C pendant 24 h et l'autre série à 22°C pendant 24 h.
- Dénombrer les colonies apparente à l'aide du compteur de colonies.
- Puis calculer le nombre d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon à partir du nombre de colonies apparues sur le milieu de culture et en respectant le mode de calcul donné par la norme, selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{V_{ml} (n_1 + 0.1n_2) \cdot d_1}$$

N : nombre d'UFC par gramme de produit initial ;

\sum Colonies : sommes des colonies des boites interprétable ;

Vml : volume d'inoculum déposé par boite (1ml) ;

n1 : Nombre de boites considéré à la première dilution retenue ;

n2 : Nombre de boites considéré à la seconde dilution retenue ;

d1 : Facteur de la première dilution retenue. (ISO 6222:1999)

Qualité de l'eau – Dénombrement des micro-organismes revivifiables – Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé. Le dernier examen de cette norme date de 2015).

➤ Coliformes

Mode opératoire

- Stériliser l'entonnoir gradué en verre ainsi que le filtre poreux en les faisant passer à travers la flamme du bec bunsen ;
- Refroidir avec de l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée ;
- Flamber la pince et transférer dans des conditions d'asepsie la membrane poreuse de 0.45 et la mettre entre l'entonnoir et le filtre poreux ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Verser ensuite aseptiquement entre deux becs bunsens les échantillons à analysés ;
- Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ; Après avoir filtré toute la quantité d'eau (100ml), arrêter la pompe et retirer l'entonnoir en verre ;
- Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile, et la transférer immédiatement sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée.
- Incuber les boites de pétries couvercle en bas à Incuber à 37°C ; pendant 24h (jusqu'à 48h) pour les coliformes totaux, et incuber à 44°C pendant 24heures afin d'avoir les coliformes fécaux.

Chapitre I :Matériels et méthodes

- Après incubation, considérer les colonies lactose positif comme caractéristiques des coliformes, quelle que soit leur taille, si le milieu présente une coloration jaune sous la membrane.
- Repiquer, de préférence, toutes les colonies caractéristiques, ou un nombre représentatif (au moins dix), sur :
 - Une gélose non sélective comme la gélose Désoxycholate ; incubé à 37°C pendant 24 h ;
 - Un bouillon au tryptophane, incubé à 44°C pendant 24 h (M. M. Bahgatey et al, 2018).

➤ **Streptocoques**

Mode opératoire

La recherche des entérocoques ou streptocoques du groupe D se déroule selon le même procédé utilisé pour la recherche des coliformes par la méthode de filtration sauf qu'ici la membrane est déposée sur la plaque de Slanetz et Bartley.

Après incubation durant 24 h à 37°C, on procède au dénombrement des colonies qui présentent une coloration rouge, marron ou rose, pouvant être limitée à leur centre ou à leur périphérie, et provenant de la réduction par les entérocoques du TTC.

La confirmation du genre Entérocoques se fera par transfert de la membrane à l'aide d'une pince stérile sur un milieu à l'esculine préalablement chauffé à 44°C et incubation de ce milieu à 44°C pendant 2 heures. Les colonies présentant une coloration foncée à noire sur cette gélose seront dénombrées comme des entérocoques. Cette coloration est due à l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.(M. M. Bahgat, W. I. A. Saber and M. R. Zaki, 2018).

Chapitre I :Matériels et méthodes

➤ Clostridium sulfito-réducteurs

Mode opératoire

Sélection de la spore en détruisant toutes formes végétatives par chauffage de l'eau à analyser au bain marie à 75°C, pendant 15 minutes à partir du moment où cette température a été atteinte ;

Ensuite on réalise un choc thermique sous l'eau du robinet ;

-Filtrer 100ml de cette eau sur une membrane dont les pores suffisamment petits pour retenir les spores .45µm ;

-Après la filtration placer la membrane face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de pétri de 90mm de diamètre stérile et vide en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air emprisonnées sous le filtre ;

-Verser ensuite soigneusement 18ml de milieu de culture liquéfié (gélose viande foie) préalablement refroidi à environ 45°C sur la membrane en l'immobilisant avec des pinces stérile ;

-Après solidification de la gélose incubé en atmosphère anaérobie dans une jarre à anaérobiose à 37°C pendant 24 à 48 heures.

LECTURE

Compter toutes les colonies noires après incubation et donner le résultat en nombre de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices en fonction du volume filtré (M. M. Bahgat et al, 2018).

➤ Salmonelles

Mode opératoire

- Filtration de 250ml d'eau sur une membrane de 0.45µm
- Placer le filtre dans 50ml de l'eau peptonée tamponnée afin d'effectuer le pré-enrichissement et incubé à 37°C pendant 24h
- Après incubation transférer 1ml du bouillon d'enrichissement dans 10ml du milieu Rappaport vassiliadis préalablement chauffé à 42°C et incubé à 37°C pendant 18 à 24h
- Repiquer à l'aide d'une anse le milieu Hektoen afin d'effectuer un isolement et incubé à 37°C pendant 24h.

Chapitre I :Matériels et méthodes

-Lecture

Colonies ayant un contour régulier

Colonies ayant la couleur du milieu parfois avec ou sans centre noire sur gélose Hektoen (M. M. Bahgat *et al*, 2018).

➤ **Vibrions**

Mode opératoire

-Verser 450ml dans un flacon d'eau peptonée alcaline dans le but d'effectuer un pré-enrichissement puis incubé à 37°C pendant 24h.

-Après incubation transférer 1ml du bouillon d'enrichissement dans 10ml d'eau peptoné alcaline (enrichissement).

-Après incubation on ensemence une plaque de gélose GNAB à partir du bouillon d'enrichissement incubé à 37°C pendant 24h.

Lecture

Apparition de colonies plates et transparentes (M. M. Bahgat *et al*, 2018).

4. Elaboration des filtres composites

L'élaboration des filtres a nécessité l'utilisation de la bentonite de Maghnia, du charbon actif commercial et le charbon actif élaboré à base de la sciure de bois de la région mélangé à une quantité de cellulose.

Pour l'optimisation du filtre, plusieurs combinaisons de ces matériaux ont été mise en place et testées comme suite :

- Différents pourcentages de charbon actif commercial en poudre, allant de 10% à 35% ont été mélangé avec la bentonite auxquelles, nous avons ajouté quelques grammes de cellulose (1g à 2,5g) avec un peu d'eau distillée. (Même protocole a été appliqué au charbon issu de la sciure du bois)
- Le mélange obtenu est placé dans des moules en téflon puis laisser sécher à l'air libre pendant 24heures ; ensuite nous avons placé ces moules dans l'étuve à une température de 105°C pendant 24heures. Le produit obtenu est mis dans des creusés, puis introduit dans un four à moufle (marque : High Therm) à une température supérieure à 1000°C pendant 6 heures.

Chapitre I :Matériels et méthodes

- Les filtres obtenus ont été insérés dans des tubes en PVC (DN40) de façon étanche pour des essais au laboratoire.

Afin de tester l'ensemble des filtres élaborés : des échantillons d'eau brute, ont été prélevés au niveau du réservoir 5000 m³des forages de Boukhalfa et analysés au préalable.

Lesdits échantillons d'eau brute ont été filtrés avec les différents filtres composites élaborés à raison de trois répétitions pour chaque type de filtre élaboré.

Après chaque filtration, une analyse physico-chimique et bactériologique comparative de l'eau filtrée est effectuée.

Les différentes étapes de mise au point des filtres sont représentées par la figure 06.

Chapitre I : Matériels et méthodes

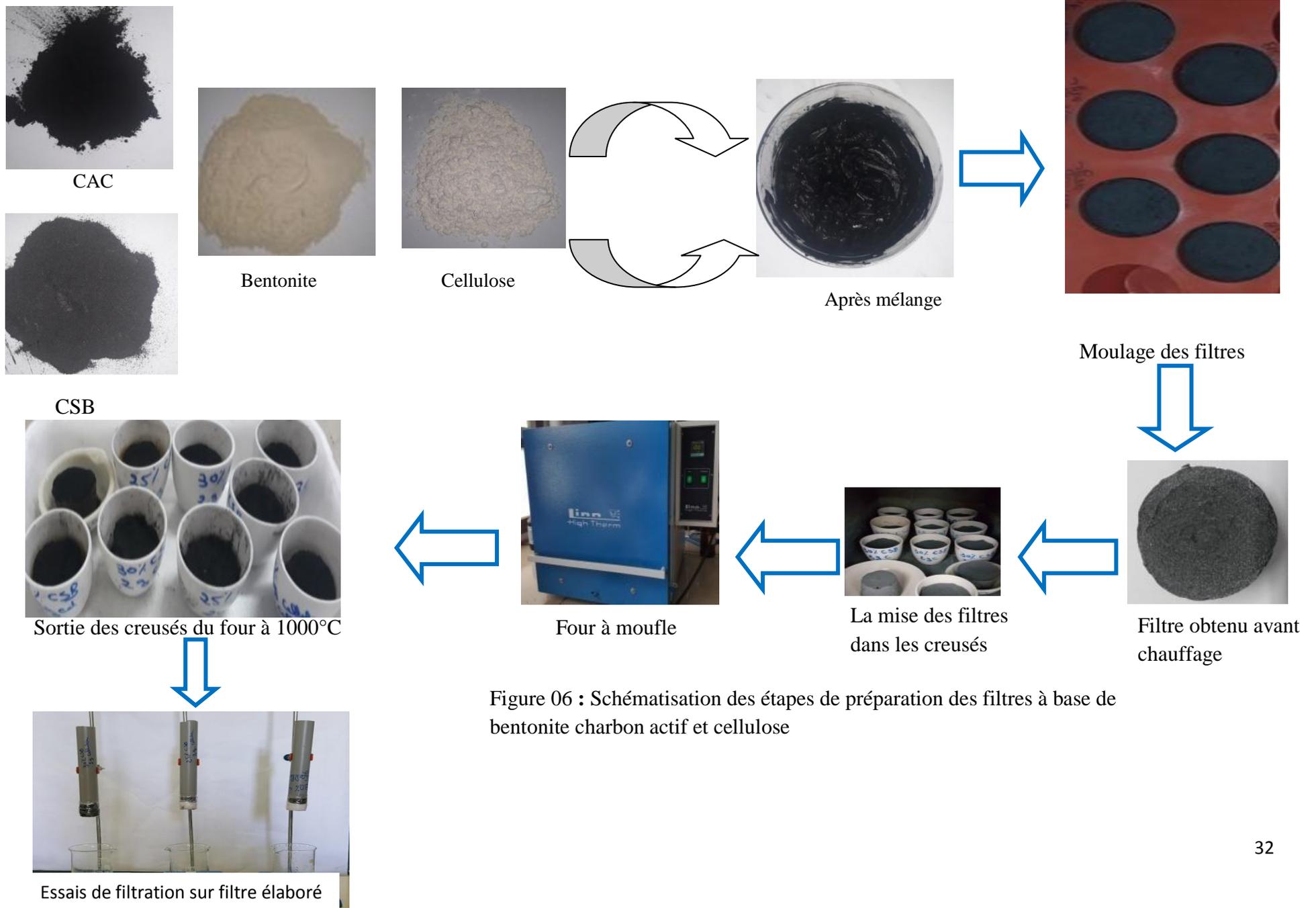


Figure 06 : Schématisation des étapes de préparation des filtres à base de bentonite charbon actif et cellulose

Chapitre II :

Résultats et discussion

Chapitre II: Résultats et discussions

1. Résultats des analyses avant l'utilisation des filtres élaborés

➤ Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes des forages de Boukhalfa sont classés dans le tableau 03.

Tableau 03 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux des forages

Paramètres	Analyses			
	Avril	Mai	Juin	Moyenne
Température en °C	13	13	15	13,6
pH	7,66	7,01	7,24	7,30
Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	769	776	779	774,66
Turbidité NTU	1,2	1,36	1,44	1,33
DCO en mg/l	2	2	6	3,33
MES en mg/l	14,87	13,98	14,11	14,32

D'après les résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes des forages nous remarquons que la température moyenne est de 13,6°C, avec un maximum de 15°C ce qui répond aux normes des eaux naturelles et de potabilité.

Le pH est compris entre 7,01 et 7,66 avec une moyenne de 7,30 ce qui signifie que les eaux brutes des forages de Boukhalfa présentent un pH au voisinage de la neutralité qui répond aux normes de l'OMS.

Les résultats de la conductivité de l'eau brute obtenus ne dépassent pas 769 $\mu\text{s}/\text{cm}$ avec une moyenne de 774,66 $\mu\text{s}/\text{cm}$, cela reste inférieur à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui représente la valeur maximale admissible.

La valeur moyenne de la turbidité est de 1,33 NTU, la turbidité d'une eau de boisson doit être maintenue inférieure à 5 NTU. L'eau des forages a une turbidité très acceptable et conforme aux normes de potabilité.

La moyenne de la DCO est supérieure à la norme de potabilité (0,2 à 0,6 mg/l) ce qui signifie une forte demande en oxygène dissous et donc une forte contamination organique et peut être biologique dans l'eau des forages.

Chapitre II: Résultats et discussions

En ce qui concerne les matières en suspension, on a des taux très élevés ; un minimum de 13,98 mg/l et un maximum de 14,87 mg /l avec une moyenne de 14,32 mg /l ; cela dépasse la norme des eaux de surfaces destinées à l'AEP qui ne doit pas dépasser 5mg/l (norme des eaux de surface).

➤ Résultats des analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques sont consignées dans le tableau 04.

Tableau 04 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux des forages

Paramètres	Analyse 1	Analyse 2	Moyenne
Flore revivifiable à 22°C (UFC/ml)	3, 7.10 ⁴	5,6.10 ⁵	2,9 .10 ⁵
Flore revivifiable à 37°C (UFC/ml)	2, 4.10 ⁴	3,7.10 ⁴	3,05.10 ⁴
Coliformes à 37°C (UFC/100ml)	75	51	63
Coliformes à 44°C (UFC/100ml)	10	22	16
Streptocoques à 44°C (UFC/100ml)	1	0	0
Clostridium (UFC/100ml)	0	0	0
Salmonelle (UFC/100ml)	107	113	110
Vibrions (UFC/100ml)	150	158	154

Nous remarquons qu'au niveau des forages les germes totaux sont plus élevés que les germes pathogènes ; avec une moyenne de 2,9 .10⁵ UFC/ml pour la flore revivifiables à 22°C et de 3,05.10⁴ UFC/ml pour la flore pathogène. Cela dépasse les normes fixé par l'OMS qui doivent être inférieure à 20 UFC/ml pour les germes à 37°C et ne doit pas dépasser 100 UFC/ml pour les germes banaux. Cet excès peut être expliqué par la fragilisation de la nappe et sa communication directe avec l'Oued Sébaou et donc les rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Cet état de fait, a généré un micro-écosystème composé de vase riche en nutriments, de bactéries.

Les coliformes totaux sont plus nombreux que les fécaux, avec des moyennes respectivement de l'ordre de 63 UFC/100ml et 16 UFC/100ml ; ces concentrations ne sont pas conformes aux normes de l'OMS (<10 UFC /100ml). Cela s'explique par la communication du système hydraulique STEP Est, Oued, nappe du moyen Sébaou et les forages sis sur ladite nappe. Par ailleurs, nous avons noté l'absence des Clostridium sulfite-réducteurs et des streptocoques fécaux, est due au fait que les Clostridium ont besoin d'un milieu anaérobie pour leur développement et leur prolifération, ce qui n'est pas le cas au niveau des forages.

Chapitre II: Résultats et discussions

Les streptocoques du groupe D sont des entérocoques à gram positif ; c'est l'inverse des germes à gram négatifs présent dans les forages.

Les résultats de la recherche des salmonelles dans tous les échantillons d'eaux prélevés sont élevés, avec une moyenne de 110 UFC /100ml. Ces concentrations ne sont pas conformes à la norme de l'OMS qui est de 0 UFC /100ml. Cela peut être préjudiciable à la santé publique et engendrer des maladies à transmission hydriques en cas de leur passage ; sans un traitement approprié dans les réseaux de distribution.

La moyenne enregistrée pour les vibrions est de 154 UFC /100ml ; elle n'est pas conforme à la norme de l'OMS qui est de 0 UFC/100ml.

Ces résultats ne sont pas conformes aux normes de l'OMS.

2. Résultats d'optimisation des filtres élaborés

➤ Bentonite

Les filtres composés de 100% de bentonite avec quelques grammes de cellulose n'ont pas résisté à la chaleur de l'étuve de 105 °C, qui était destinée à la finalisation du processus de leur stabilisation avant de les placer dans des creusés et de les développer à très haute température. Ces filtres ont montré des fissures importantes induisant des cassures, c'est certainement due à la nature et aux propriétés de la bentonite qui se gonfle avec de l'eau, devient compacte et l'ajout de la cellulose à accentuer la division de cette structure en compartiment favorisant la fissuration à une température qui ne dépasse pas les 105°C. Voir figure 07.



Figure 07 : Essais des filtres élaborés à base de bentonite

➤ Bentonite et charbon commercial

Le mélange charbon commercial bentonite avait une meilleure structure que la bentonite toute seule, à sa sortie d'étuve ; toute fois après sa mise au four à moufle à des températures supérieures à 1000°C ; le filtre composite n'a pas gardé sa forme première ; cela peut s'expliquer par le complexe créé qui a pu renforcer un peu la structure initiale du produit.

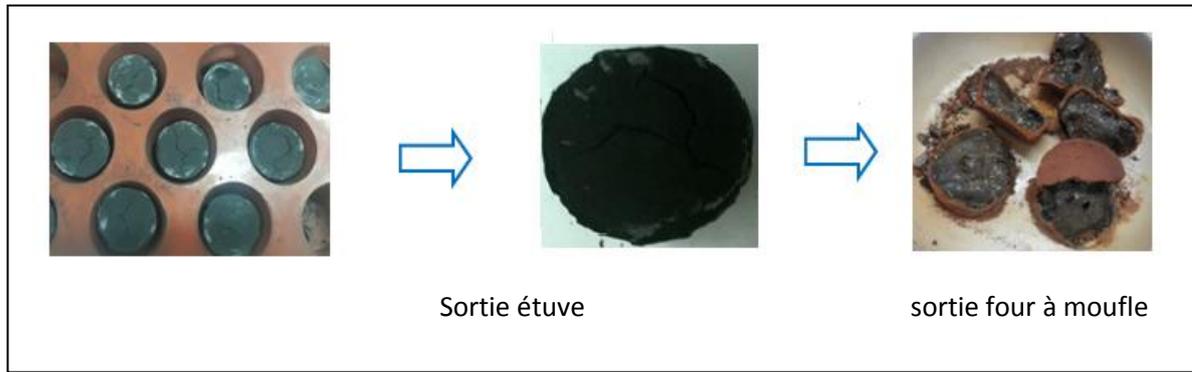


Figure 08 : Essais des filtres composites bentonite-charbon commercial

➤ **Bentonite et charbon fait à base de sciure de bois**

Le charbon actif fait à base de sciure de bois local, produit au niveau de notre laboratoire présenté une meilleure stabilité et résistance. Les essais effectués au laboratoire montrent que l'augmentation des pourcentages de 10% à 30% du Charbon a augmenté significativement la stabilité et la résistance des filtres à des températures très élevés > 1000°C, et on a pu obtenir des filtres composites solide sans fissures avec une porosité visible et bien reparti ; ils sont illustrés sur la figure 09.

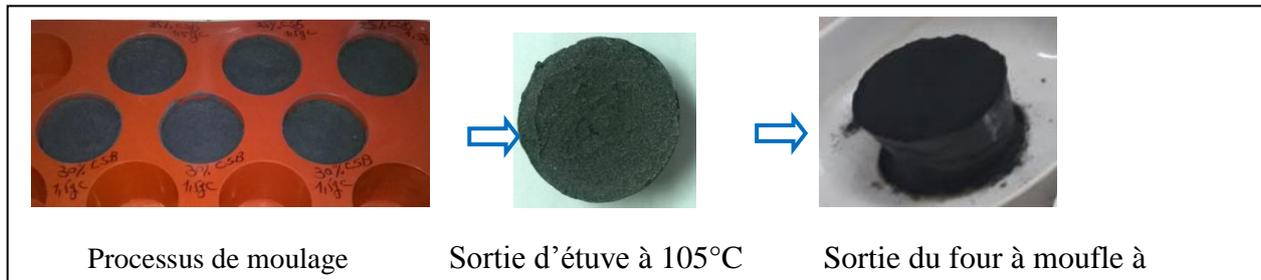


Figure 09 : Elaboration des filtres composites bentonite-charbon sciure de bois local

Cependant, les filtres à 35% de charbon actif local, dans un premier temps il a présenté une résistance moyenne à l'étuve à 105°C, puis une fois retiré du four à moufle, il devient fragile et des effritements ont été observés. Cela s'explique par la diminution des proportions de la bentonite qui joue le rôle de support solide pour le maintien de la structure du filtre en place, à condition que la porosité soit proportionnelle à cet équilibre ; en effet une porosité très élevée déséquilibre la structure des filtres ; cela a été constaté avec les essais de la cellulose à des doses dépassants 2g. D'après tous les tests effectués sur 45 échantillons, on a optimisé les pourcentages des matériaux pour le filtre le plus approprié pour notre objectif qui est l'amélioration de la qualité physicochimique et biologique de la ressource hydrique des forages de Boukhalfa.

Chapitre II: Résultats et discussions

3. Résultats des analyses après l'utilisation des filtres élaborés

➤ Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de forage de Boukhalfa après l'utilisation des filtres élaborés sont classés dans le tableau 05.

Tableau 05 : Résultats des analyses physicochimiques après l'utilisation des filtres élaborés.

Paramètres	Résultats avant filtration	Résultats après filtration		
	moyenne	Filtre1	Filtre 2	Filtre 3
pH	7, 30	8,16	8,15	7,79
MES à 105°C (mg/l)	14, 32	5,37	6,86	6,71
Turbidité (NTU)	1, 33	0,54	0,69	0,67
DCO (mg/l)	3, 33	0	1	1
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°C).	774, 66	803	781	799

○ Filtre1 : 30% CSB et 1,5g de cellulose ; Filtre 2 : 30% CSB et 2g de cellulose ; Filtre 3 : 25%CSB et 1,5g de cellulose

D'après le tableau 05, les résultats du pH obtenues pour F1, F2 et F3 respectivement sont de 8,16 ; 8,15 et 7,79. Ces résultats légèrement plus élevés que le pH de l'eau brute des forages ; qui peut être due à l'adsorption de la matière organique. Cela n'influe pas sur la qualité des eaux filtrées car, il reste compris dans l'intervalle des normes de l'OMS qui est compris entre [6,5 et 8,5].

Nous avons aussi constaté une diminution importante des matières en suspension par rapport aux eaux brutes des forages, elles sont de l'ordre de 6,86 mg/l et 6,71mg/l pour F1 et F2 avec un meilleur rendement pour le F1 qui est de 5,37mg/l. Cette diminution est due au phénomène d'adsorption par les filtres composites, contenant le charbon actif à base de sciure du bois et la bentonite, on remarque aussi que la porosité des filtres est inversement proportionnelle à l'adsorption des MES ; plus la porosité augmente plus l'adsorption diminue. Aussi on remarque que le pourcentage du charbon actif a un rôle important dans l'élimination des impuretés ; une efficacité supérieure constatée avec 30% de charbon actif.

Chapitre II: Résultats et discussions

Pour la DCO, nous avons enregistré une élimination totale après le passage de l'eau brute à travers le filtre F1 ; cela veut dire que le filtre F1 a retenu toute la matière organique existante dans les eaux analysées. Egalement pour le F2 et F3 avec lesquels nous avons obtenu des résultats presque similaires.

Les concentrations de la turbidité obtenues sont de 0,54, 0,69 et 0,67NTU respectivement pour les filtres F1, F2 et F3, inférieure aux résultats de l'eau brute des forages de Boukhalfa (1,33NTU) ; cela est en accord avec les résultats des MES et confirme la capacité d'adsorption des filtres élaborés.

La conductivité après filtration est de : 803, 781 et 799 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On constate qu'elle est légèrement plus élevée que les eaux brutes des forages à savoir, 774 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les résultats trouvés restent conformes aux normes de l'OMS.

L'ensemble des résultats obtenus après l'utilisation des filtres élaborés sont plus que satisfaisants car, des abattements importants ont été enregistrés. Ces concentrations restent conformes aux normes les plus restrictives.

➤ Résultats des analyses bactériologiques après la filtration

Les résultats des analyses bactériologiques des eaux des forages de Boukhalfa après l'utilisation des filtres élaborés sont classés dans le tableau 06.

Tableau 06 : Résultats des analyses bactériologique après l'utilisation des filtres élaborés.

Paramètres	Différents filtres		
	Filtre 1	Filtre 2	Filtre 3
Flore revivable à 22°C (UFC/ml)	4,6.10 ²	2,1.10 ³	8.10 ³
Flore revivable à 37°C (UFC/ml)	1,1.10 ²	1,4.10 ³	3,7.10 ³
Coliformes à 37°C (UFC/100ml)	0	0	0
Coliformes à 44°C (UFC/100ml)	0	0	0
Streptocoques à 44°C (UFC/100ml)	0	0	0

- Filtre1 : 30% CSB et 1,5g de cellulose ; Filtre 2 : 30% CSB et 2g de cellulose ; Filtre 3 : 25%CSB et 1,5g de cellulose

Chapitre II: Résultats et discussions

D'après le tableau 06, nous avons constaté une nette amélioration de la qualité des eaux des forages qui se voit par élimination importante de la flore revivifiable à 22°C et 37°C qui est d'une moyenne de $4,6.10^2$ UFC/ml et de $1,1.10^2$ UFC/ml pour le filtre CSB30% à 1,5g cellulose qui s'avère le plus efficace par rapport aux autres. Nous avons remarqué aussi une élimination totale des Coliformes, Salmonelle et des Vibrions, particulièrement pour le filtre F1 qui a pu retenir la pollution microbienne existante dans les eaux des forages.

On conclut que le filtre élaboré à base charbon actif de sciure de bois local à 30% et de bentonite avec l'ajout de 1,5g de cellulose est le plus efficace sur l'élimination des paramètres étudiés.

4. Rendement du filtre élaboré

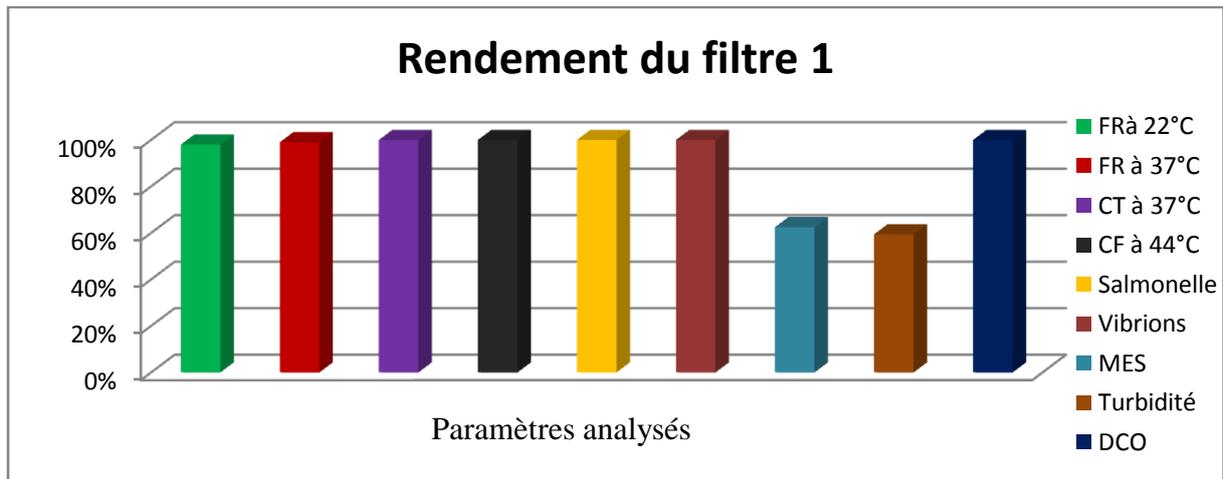


Figure 10 : Rendements d'abattement des paramètres de pollution étudiés par le filtre F1

Nous avons constaté une élimination importante de la charge polluante de l'eau des forages par le filtre 1. Ces rendements peuvent s'expliquer par l'optimisation quantitative et qualitative des matériaux utilisés. Les contributions du filtre1 sont de l'ordre de 98% à 100% pour l'élimination de la pollution bactériologiques (FR à 22°C ; FR à 37°C; CT à 37°C; CF à 44°C; Salmonelles et vibrions) et de 60% à 100% pour l'élimination de la pollution physico-chimique (MES, turbidité et DCO).

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons élaboré des filtres afin d'améliorer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau brute des forages de Boukhalfa.

Des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau brute des forages ont été effectuées dont les valeurs moyennes sont comme suit :

La DCO 3,33mg/l ; les MES 14,32mg/l ; la conductivité 774 ,66 $\mu\text{s}/\text{cm}$; la turbidité 1,33NTU et le pH 7,30.

La flore revivifiable à 22°C $2,9 \cdot 10^5$ UFC/ml, à 37°C $3,05 \cdot 10^4$ UFC/ml. Les coliformes totaux 63 UFC/100ml, les coliformes et fécaux 16 UFC/100ml, les salmonelles 110 UFC/100ml et enfin les vibrions 154 UFC/100ml.

Le filtre qui a montrés les meilleurs performances est celui filtres composés de 30% de charbon naturel préparé à base de sciure de bois, mélangé à 70% de la bentonite.

Les rendements physicochimiques obtenus par ledit filtre sont comme suit :

Pour la DCO un abattement de 100% a été observé ; pour les MES un abattement de 62,50% ; pour la turbidité un rendement de 59,40% a été enregistré.

Par ailleurs, pour les rendements d'abattement bactériologiques les résultats sont comme suit :

Pour la flore revivifiable à 22°C et à 37°C des rendements respectifs de 98% et de 99% sont observés, à noter que pour le reste de la flore bactérienne à savoir : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les salmonelles et les vibrions un rendement de 100% a été observé.

En perspectives :

L'étude de la résistance des paramètres hydrodynamiques et de régénération du filtre composite est souhaitable à fin d'une exploitation à grande échelle.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

Abdelouahab C., Ait Amar H., Obretenov T. Z., Gaid A., *analysis*, 16, 292-299, (2010)

Arias M., Barral M. T., Mejuto J. C., *J. Chemosphere*, 48, 1081–1088, (2002)

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 hydro chimique : université de Toulouse. P489.

Bekouche S., Etude de l'adsorption du phénol sur le TiO₂, Université MentouriConstantine, Thèse Magistère, (2003).

Belkacem Z., (2010). Caractérisation et traitement des eaux de la retenue collinaires de Draa EL Mizan en vue de leur potabilisation, these d'ingénieur, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou(UMMTO).

Belkadi S et Ouelhocine O., (2019). Impact des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou sur la contamination parasitologique de la ressources hydrique du moyen Sébaou destine pour l'AEP. Mémoire en cours en sciences biologiques, spécialité microbiologie (UMMTO).

Bois L., Ribes A., Petit-Ramel M., Grenier-Loustalot M.F., *J. Chem. And Eco.*, 19, 263273, (2003)

Bouaziz A. Biosorption du nickel par la biomasse *Pleurotusmutilus*, Ecole Nationale polytechnique, juin, 2009.

Bouchemal 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 projer k. 2002. Guide technique n°7 pollution toxique et écotoxicologie : notion de base sdage. Ed. Agence de l'eau rhône-méditerranée-corse, corse p82.

Bougdah N , 2007, Mémoire de magister. Etude de l'adsorption des micropolluants organiques sur la Betonite.

Cahiers techniques du stage T7, (2014). Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation (ADE TO).

Cahiers techniques du stage T22, (2014). Normes de qualité d'une eau de boisson (ADE TO).

Cahiers techniques du stage T40, (2014). Système de gestion de la qualité au laboratoire (ADE TO).

Cahiers techniques du stage T42, (2014). Notions fondamentales de la chimie des eaux pour une meilleure exploitation des stations de traitement (ADE TO).

Cahiers techniques du stage VIII, (2014). Techniques de désinfection d'une eau de boisson (ADE TO).

Références Bibliographiques

Chouat M. laboubi F. Etude de l'adsorption du bleu méthylène par charbon actif, Mémoire de Master, Université Mohamed Khaider-Biskra, Juin 2013. (M. M. Bahgat, W. I. A. Saber and M. R. Zaki, 2018 Bacteriological Quality of Water in Meet Khamis Drinking Water Plant, Egypt: Detection of Bacterial Pathogens and Contamination Sources, Journal of Advances in Microbiology, 8(1): 1-7;Article no.JAMB.38782,ISSN: 2456-7116 p 3).

CARDOT C., 1999. Génie de l'environnement: les traitements de l'eau. Ellipses editions marketing S.A.

Cherraye R. Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café (Effet de taux d'adjuvant), Mémoire Master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 16/06/2012.

Chikhi K. Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia, Master Académique, Université Kasdi Merbah -Ouargla, 19/06/2013

Degremont , 2005. Mémento technique de l'eau, T1 10ème ed. Lavoisier, paris 785 page

Document interne de l'Algérienne des Eaux, 2002.

Document interne de la direction des ressources en eau de Tizi-Ouzou

Degremont , 2005. Mémento technique de l'eau, T1 10ème ed. Lavoisier, paris 785 page

Fennimore J., Ruder G., SimmoniteD., U.S. Patent, 4, 076, 892, (2000).

Festy bernard et al ; 2003 : Qualit2 de l'eau ; environnement et santé publique. Edition/tec et doc, acto vale/paris. P 333-368.

Gaujous D., 1995. Pollution des milieu aquatiques. 2èmedition. Lavoisier TEC et DOC-Paris.

Grosclaude G.,1999. L'eau T1 et T2: Milieu naturel et maitrise edition INRA Paris

Hachemi B et Beddek F., (2015). Etude des caractéristiques physic-chimiques des eaux de la retenue collinaire de L'ITMAS de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin d'étude en sciences agronomiques,traitement et valorisation des ressources hydriques.

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 à l'université toulouse iii-paul sabatier spécialité chimie macromoléculaire et supramoléculaire.

Hamek R et mokrani E.,(2018). Evaluation de la qualité des eaux uses brutes et épurées de la ville de Tizi-ouzu: Analyse physico-chimique, Bactériologique, Parasitaire et Antibiorésistance. Mémoire de fin d'étude de master en sciences de la nature et de la vie.

Haslay et Leclerc ; 2006 : supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable.

Références Bibliographiques

Haslay C et Leclerc H., (1993). Microbiologie des eaux d'alimentation. édition Lavoisier Tec et Doc, Paris. 7-Perrat C., Devenir des pesticides dans les sols : Validation des méthodes d'analyse et isothermes d'adsorption. Mémoire de DEA (2001).

<https://www.Futura-sciences.com>

Joel Graindorge, 2015, guide des analyses de <https://www.pseau.org> outils PDF. la qualité de l'eau. Territoire édition

Kanouri R. Labide A. Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia. Mémoire master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 2012/2013.

Kettab A., 2001. Les ressources en eau en Algérie: Stratégies, enjeux et vision. Edition ELSVIER Science B.V.

Kumar.Mp, a (2012) a review of permissible limits of drinking water. Indian journal of occupational and environmental médecine 16 : 40-44.

Lebres E., "Microbiologie des eaux des boissons et des produits de la MER". MANUEL DES TRAVAUX PRATIQUES du 18 au 29 Mai 2002

Makhoukh Mohamed 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

Medjdoul F et Kadjite K., (2018). Abattement des concentrations en sels d'alumine dans les eaux traitées de la station SEAAL du barrage de TAKSEBT par des procédés d'adsorption. Mémoire de fin d'études en sciences agronomiques, Eau et Environnement (UMMTO).

Meghezi B., (2015). Raccordement des localités de la commune d'Assi Youcef à partir de transfert des eaux du barrage Koudiet Acerdoune de Bouira . Mémoire de fin d'études en sciences agronomiques, Hydraulique Rurale.

Mekaoui M. Etude de l'adsorption, de la persistance et de la photodégradation de l'herbicide Tribenuron Méthyle (TBM) dans le sol et l'eau. Thèse d'état. (2001).

Mekhalif., 2009. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'apport dans un circuit de refroidissement. Mémoire de magister, Université de SKIKDA-faculté des sciences.

Metahri, 2008. Elimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole. Cas de l'effluent de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandation). Thèse de doctorat. UMMTO

Moreno-Castilla C., Rivera-Utrilla J., Lopez-Ramon M.V., Carrasco-Marin F., Adsorption of some substituted phenols on activated carbons from a bituminous coal, Carbon, 33, 845–851, (2011).

Références Bibliographiques

Miramontes. Mm, r ; Chihuahua. A (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 oléicole. Thèse docteur d'état. Université badji moukht.annaba.

Nauciel C et vildej-L., 2005. Bactériologie médicale. Edition Masson, paris.

Nouzha B ; élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre chimie analytique, physique et environnement université mentouri de Constantine mai 2010.

Oms, world health organization, 2004 : chemical summary tables, annex 4, dans « guidelines for drinking-water quality », voll, p.488-493, third edition, geneva.

OMS (2006). Organisation mondial de la santé. Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

OMS, world health organization, 2004 : chemical summary tables, annex 4, dans « guidelines for drinking-water quality », voll, p.488-493,third edition, Geneva.

Perrat C., Devenir des pesticides dans les sols : Validation des méthodes d'analyse et isothermes d'adsorption. Mémoire de DEA (2001).

Piccione S., Urbanic J.E., Impregnation of carbon with silver, U.S. Patent, 3, 294, 572, (2010).

Pati.Ns,v ; desh mukh, n (2012) physico-chemical parameters for testing of water-a review. International journal of environmental sciences 3 :14.

Paramasivama. Kr, v ; suresh. G(2015) impact of sediment characteristics on the heavymetal concentration and their ecological risk level of surface sediments of vaigai river, tamilnadu, india. Spectrochimica acta part a : molecular and biomolecular spectroscopy 137 :10 .

PEKKUZ H., İ. 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.

(ISO 6222:1999 Qualité de l'eau – Dénombrement des micro-organismes revivifiables – Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé. Le dernier examen de cette norme date de 2015).

Ramade F., (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience international, paris.

Rejsek F., (2002) . Analyse des eaux : aspect réglementaire et technique. Edition Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine.

Références Bibliographiques

- Rodier et al, 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8^{ème} Edition.
- Rodier et al, 2009. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9^{ème} édition, ed. Dunod. Paris.
- Rylander. R magnesium in drinking water-a case for prevention journal of water and health, 2014, 12 : 34-40
- Sari Hassiba., (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la source "Attar" (Tlemcen). Mémoire de fin d'étude de master en sciences des aliments
- Salghi, 1997. Différentes filières de traitement des eaux. Edition ENSA. AGADIR
- Sedira N. Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, Mémoire de Magister, Université Mohamed Chérif Massaadia
- Souk-Ahras, 2012/2013.
- Servais ;2009 : antimicrobialresistance of fecalbacteria in waters of the seine river basin France).
- Slimani M et flici S.,(2015). Qualité physico-chimique et biologique des eaux de forage de Boukhalfa . Mémoire de fin d'étude en sciences agronomiques traitement et valorisation des ressources hydriques(UMMTO)
- Suzuki M., Adsorption engineering, New York, NY: Elsevier Science Publishing Company, (2002).
- 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).
- Taleb S. Professeur. Congrès international sous le theme: "De l'eau pour le développement durable dans le bassin méditerranéen" 21-22-23 Mai 2005 Alger.
- Tomperi.J, 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/p39.
- Vilagines R., 2003. Eau, environnement et santé publique, 2^{ème} Edition, Introduction à l'hydrologie. Co-Edition TEC et DOC Edition Médical Internationales, Londrs, paris, New York. 190 pages.
- Verma asd. 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, 2010).

Références Bibliographiques

Vilagines R., 2003. Eau, environnement et santé publique, 2^{ème} Edition, Introduction à l'hydrologie. Co-Edition TEC et DOC Edition Médical Internationales, Londrs, paris, New York. 190 pages.

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).

Yassine Bentahar, 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 droui, slimane khairoun ; soutenue le 28 octobre 2016, p41.

Annexe

**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18 23 MARS
2011
PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE
(PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES)**

Groupe de paramètres	Paramètres	unités	Valeurs limites
Paramètres organoleptiques	Couleur	Mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau	Alcalinité	Mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	Mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	Mg/l	500
	Concentration en ions d'hydrogènes	Unité pH	≥6.5 et ≤9
	Conductivité à 20°C	μS/cm	2800
	Dureté	Mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	Mg/l	12
	Résidu sec	Mg/l	1500
	Sodium	Mg/l	200
	Sulfates	Mg/l	400
	Température	°C	25
Paramètres chimiques	Aluminium	Mg/l	0.2
	Ammonium	Mg/l	0.5
	Baryum	Mg/l	0.7
	Bore	Mg/l	1
	Fer total	Mg/l	0.3
	Fluorures	Mg/l	1.5
	Manganèse	μg/l	50
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0.2
	Oxydabilités	Mg/l O ₂	5
	Phosphore	Mg/l	5
	Acrylamide	μg/l	0.5
	Antimoine	μg/l	20
	Argent	μg/l	100
	Arsenic	μg/l	10
	Cadmium	μg/l	3
	Chrome total	μg/l	50
	Cuivre	μg/l	2
	Cyanure	μg/l	70
	Mercure	μg/l	6
	Nickel	μg/l	70
	Plomb	μg/l	10
	Sélénium	μg/l	10
Zinc	Mg/l	5	
Chlore	Mg/l	5	
Paramètres microbiologiques	<i>Escherichia coli</i>	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices	n/200ml	0

**PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE
SELON L'OMS 2002 (PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES)**

Elément/ substance	symbole	Concentration normalement trouvée dans les eaux de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al		0.2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	<0.2mg/l (peut aller jusqu'à 0.3 dans une eau anaérobique)	Pas de contrainte
Antimoine	Sb	<0.4 µg/l	0.02mg/l
Arsenic	As		0.01mg/l
Amiante			Pas de valeur guide
Baryum	Ba		0.7 mg/l
Béryllium	Be	<1µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	<1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	1µg/l	0.003 mg/l
Chlore	Cl		Pas de valeur guide mais on peut noter un gout à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	<2µg/l	Chrome total : 0.05mg/l
Couleur			Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺		2mg/l
Cyanure	CN ⁻		0.07mg/l
Oxygène dissous	O ₂		Pas de valeur guide
Fluorure	f ⁻	<1.5mg/l (up to 10)	1.5mg/l
Dureté	Mg/l CaCO ₃		200ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S		0.05 à 1 mg/l
Fer	Fe	0.5-50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0.01 mg/l
Manganèse	Mn		0.04mg/l
Mercure	Hg	<0.5µg/l	Inorganique : 0.006mg/l
Molybdène	Mb	<0.01mg/l	0.01mg/l
Nickel	Ni	<0.02mg/l	0.07mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 et 3 mg/l exposition a court terme
Turbidité			Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	<<0.01mg/l	0.01mg/l
Argent	Ag	5-50µg/l	0.01mg/l
Sodium	Na	<20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄		500mg/l
Etain inorganique	Sn		Pas de valeur guide peu toxique
TDS			Pas de valeur guide mais un optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U		0.015mg/l
Zinc	Zn		3mg/l

Résumé

L'objectif de ce travail est l'amélioration de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forages de Boukhalfa par un filtre élaboré. Des échantillons ont été effectués au niveau du collecteur 5000m³ afin de les analyser. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont montré que les eaux de forages ne sont pas de bonne qualité pour la potabilisation. Plusieurs filtres composites à base de charbon actif commercial, charbon actif fait à base de sciure de bois mélangés avec de la bentonite ont été élaborés ; un filtre à 30% de charbon actif élaboré a été sélectionné après plusieurs essais. Les résultats des analyses après filtration, montrent un rendement de l'ordre de 98% à 100% pour l'élimination de la pollution bactériologiques (FR à 22°C ; FR à 37°C ; CT à 37°C ; CF à 44°C ; Salmonelles et vibrions) et de 60% à 100% pour l'élimination de la pollution physico-chimique (MES, turbidité et DCO).

Mots clés : charbon actif, sciure de bois, bentonite, forages, eau.

Summary

The objective of this work is the improvement of the physico-chemical and bacteriological quality of Boukhalfa boreholes with an elaborate filter. Samples were taken at the 5000m³ collector for analysis. The physicochemical and bacteriological analyzes showed that the drilling water is not of good quality for the potabilisation. Several composite filters based on commercial activated carbon, activated carbon made from sawdust mixed with bentonite have been developed; a 30% activated carbon filter was selected after several tests. The results of the analyzes after filtration, show a yield of the order of 98% to 100% for the elimination of bacteriological pollution (FR at 22 ° C, FR at 37 ° C, CT at 37 ° C, CF at 44 ° C). ° C, Salmonella and Vibrio) and from 60% to 100% for the elimination of physicochemical pollution (MES, turbidity and COD).

Key words: activated carbon, sawdust, bentonite, boreholes, water.

ملخص

لههدف من هذا العمل هو تحسين النوعية الفيزيائية والبكتريولوجية لحفر آبار المياه الجوفية لبوخلفة باستخدام مرشحات متقنة. تم أخذ العينات في 5000م³ للتحليل. أظهرت التحاليل الفيزيائية والبكتريولوجية أن مياه الحفر ليست ذات نوعية جيدة لعملية التقطص. تم تطوير العديد من المرشحات المركبة القائمة على الكربون المنشط التجاري، والكربون المنشط المصنوع من نشارة الخشب المخلوطة بالبنتونيت؛ تم اختيار مرشح الكربون المنشط بنسبة 30 % بعد عدة اختبارات. نتائج التحاليل بعد الترشيح، تظهر غلة من 98 % إلى 100 % للقضاء على التلوث الجرثومي (FR في 22 درجة مئوية، FR عند 37 درجة مئوية، CT في 37 درجة مئوية، CF في 44 درجة مئوية). ° C، السالمونيلا والضممة) ومن 60 % إلى 100 % للقضاء على التلوث الفيزيائي الكيميائي (MES، التعكر وCOD). الكلمات المفتاحية: الكربون المنشط، نشارة الخشب، البنتونيت، الآبار، المياه.

