

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES

DEPARTEMENT DE GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme

De MASTER en GENIE DES PROCÉDES

Option : Génie de l'environnement

Thème

*Etude de l'efficacité des procédés de traitement au niveau de la
SEAAL de Boudouaou et essai d'optimisation de l'adsorption sur
charbon actif en combinaison avec la coagulation/ floculation*

Soutenu le : 24/07/ 2019

par : Djerouni Siham

Jury de soutenance:

Présidente	A.ASELAH	MCA	UMBB
Promotrice	F.BOUMECHHOUR	MCA	UMBB
Examineur	A. AMITOUCHE	MCA	UMBB
Examineur	H.BALLOUL	MCB	UMBB

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

*Nous tenons à remercier vivement notre Promotrice Madame **F.Boumechhour Maitre de conférences B à l'UMBB** d'avoir accepté de diriger ce travail et pour leurs précieux conseils et leurs encouragements durant le déroulement de ce travail.*

Nos vifs remerciements s'adressent à tous les membres de jury qui nous avons fait l'honneur d'examiner ce travail.

*Nous adressons un grand merci à tout le personnel de la station **SEAAL de Boudouaou** qui nous ont si bien accueillies, répondu à nos questions et grâce à qui nous avons pu accomplir notre stage dans les meilleures conditions ;*

Mr M.Iyles, Mr R.Boumchedda, Mr HadjArab.

Enfin, dans l'impossibilité de citer tous les noms, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail.

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents

A mes sœurs

A mes frères

A ma chère grand-mère

A mon cher grand-père

A toutes mes amies

A Toute la famille paternelle Djerouni, et maternelle Magherbi

A ceux que j'aime et surtout qui m'aiment

Djerouni siham

SOMMAIRE

Introduction :	1
Chapitre I :Généralités sur les eaux	
I.1.Définition de l'eau :	2
I.2.Origine et différents types d'eau :	2
I.2.1. Eaux naturelles :	3
a) Eaux souterraines :	3
b) Eaux de surfaces :.....	3
I.2.2. Eaux potables :	3
I.2.3. Eaux douces :	4
I.2.4. Les eaux plates :	4
I.2.5. Eaux dures :	4
I.2.6. Eaux de marais :	4
I.2.7.Eaux de mers et eaux saumâtres :	4
I.3. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux :	5
I.3.1. Propriétés organoleptiques :	5
a) La Couleur :	5
b) Goût et Odeur :.....	5
c) Turbidité :.....	5
I.3.2. Caractères physico-chimiques :	6
a) Température :	6
b) pH.....	6
c) Salinité	6
d) Les résidus secs à 180°C	6
e) Dureté ou titre hydrométrique (TH)	7
f) Conductivité électrique :	7
g) Alcalinité.....	7
h) Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC)	7
i) Chlorure.....	7
j) Autres principaux éléments présents dans l'eau	7
I.3.3. Caractères microbiologiques :	8
I.3.4. Paramètres indésirables ou toxiques :	8
a) Fer et manganèse	8

b) Métaux lourds	9
I.3.5. Paramètres biologiques :.....	9

Chapitre II:Les procédés de traitement

II.1. Prétraitement :.....	10
II.1.1. Dégrillage :	10
II.1.2. Dessablage :.....	10
II.1.3 Microtamisage:	10
II.2. Traitement de clarification :.....	11
II.2.1 Préoxydation	11
II.2.2. Coagulation floculation :	11
II.2.2.1.Taille des particules dans les eaux naturelles :	12
II.2.2.2.But de la coagulation-floculation :.....	12
II.2.2.3.Structures des colloïdes :	12
II.2.2.4. La coagulation :.....	14
II.2.2.5 La floculation :.....	15
II.2.2.6. La décantation-flottation :.....	16
II.2.3. L'adsorption :	16
II.2.3.1.Les adsorbants :.....	17
II.2.3.2.Aspects cinétique de l'adsorption :	17
a) Migration en solution :.....	17
b) Diffusion dans le film :.....	17
c) Diffusion interne ou diffusion à travers les pores :	17
II.2.3.3.l'adsorption sur charbon actif :	18
II.2.3.3.1.Charbon actif en poudre :	18
a) Caractéristique et mise en œuvre :	18
b) Place dans la filière :	18
II.2.3.3.2.Charbon actif en grain :	18
a)Utilisation et buts :	18
b) Place dans la filière :	19
II.2.4. La filtration :.....	19
II.2.5. La désinfection :.....	20

Chapitre III: Présentation de la station SEAAL Boudouaou

III.1.Présentation de la station de traitement eau potable Boudouaou :.....	22
--	-----------

III.1.1. Présentation générale :	22
III.1.2. Capacité de production:	22
III.1.3. Objectif :	22
III.1.4. Origine des eaux brutes :	23
III.2. Les différentes procédées de traitements des eaux de surfaces de barrage Keddara :	23
III.2.1 Description de procédé de traitement :	24

Chapitre IV: Materiels et methodes

IV.1. Matériels et méthodes :	29
IV.1.1. Présentation des paramètres et méthodes d'analyses	29
IV.1.2. Echantillonnage de l'eau	35
IV.2. Description des essais d'adsorption sur charbons Actifs en poudre pour l'élimination des matières organiques :	36
IV.2.1. Evaluation des rendements d'élimination	36
IV.2.2. Description des essais de Jar Test	37
IV.2.3. Essais d'adsorption et de coagulation –floculation	37
IV.2.3.1. Préparation de la solution du coagulant Sulfates d'alumine	37
IV.2.3.2. Préparation de la solution du flocculant	38
IV.2.3.3. Préparation de la solution du charbon actif en poudre.....	38

Chapitre V: Résultats et discussions

V.1. Evaluation de l'efficacité de procédé de traitement adapté au centre de traitement Boudouaou	39
V.1.1. Evaluation des paramètres de qualité des eaux brutes:	39
V.1.1.1. Evolution des paramètres physiques et bactériologiques :	39
V.1.2. Evaluation des paramètres de la qualité des eaux traitées	42
V.1.2.1. Evolution des paramètres physiques et bactériologiques	42
V.2. Optimisation de la dose de charbon actif en poudre pour l'élimination des matières organiques :	48
V.2.1. Essai de la détermination de la dose optimale de charbons en poudre pour l'élimination des matières organiques :	48
V.2.2. Optimisation des conditions opérationnelles de charbon actif en poudre :	51
V.2.2.1. Optimisation de pH :	51
V.2.2.2. Optimisation de temps de contact :	53
V.2.3. Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif en poudre :	54

V.2.3.1 Essai de la détermination de la dose optimale de coagulant sulfate d'aluminium :	54
V.2.3.2.Essai de la détermination de la dose optimale de flocculant :.....	56
V.2.3.3. Essai de Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif :	57
Conclusion.....	59

RESUME

Cette étude a porté d'une part sur l'évaluation de l'efficacité des procédés de traitement de la station SEAAL Boudouaou et d'autre part sur l'élimination des matières organique naturelle de l'eau de barrage de Keddara par adsorption sur charbon actif en poudre en combinaison avec la coagulation-floculation. Les résultats d'analyse des mois de février, mars, avril ont montré que tous les paramètres physico-chimiques de l'eau traité sont conformes aux normes Algériennes. Les résultats d'essais d'adsorption montrent que le rendement d'élimination de la matière organique naturelle par coagulation floculation au sulfate d'aluminium est appréciable si cette dernière est combinée au charbon actif en poudre.

ABSTRACT

This study focused on the evaluation of the efficiency of treatment processes at the SEAAL Boudouaou station and the elimination of natural organic matter from Keddara dam water by adsorption on coal. active powder in combination with coagulation-flocculation. The analysis results for the months of February, March and April showed that all the physicochemical parameters of the treated water comply with Algerian standards. The results of adsorption tests show that the removal efficiency of the natural organic material by coagulation flocculation with aluminum sulphate is appreciable if the latter is combined with activated carbon powder.

ملخص

ركزت هذه الدراسة على تقييم كفاءة عمليات المعالجة في محطة سيال بودواو من جهة ومن جهة أخرى القضاء على المواد العضوية الطبيعية من مياه سد قدارة عن طريق الامتزاز على مسحوق الكربون المنشط في تركيبة مع التبختر-التلبد . أظهرت نتائج التحليل لشهور فبراير ومارس وأبريل أن جميع المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة تمتثل للمعايير الجزائرية. تظهر نتائج اختبارات الامتزاز أن كفاءة إزالة المواد العضوية الطبيعية عن طريق التلبد بالتبختر مع كبريتات الألومنيوم تكون ملموسة إذا تم دمجها مع مسحوق الكربون المنشط.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 1: Salinité des différents océans et mers.....	4
Tableau N° 2: la potabilité en fonction des résidus secs.	6
Tableau N° 3: Principaux éléments présents dans l'eau	8
Tableau N° 4: Caractéristiques de charbon actif en poudre utilisé en station	38
Tableau N° 5: Résultat d'essais de la détermination de la dose optimale de charbons actifs en poudre.....	49
Tableau N° 6: Optimisation de pH.....	52
Tableau N° 7: Optimisation de temps de contact	53
Tableau N° 8: Résultats d'optimisation de la dose de coagulant	55
Tableau N° 9: Optimisation de la dose de polyélectrolyte.....	56
Tableau N° 10: Essai de Jar test Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif.....	57

LISTE DES FIGURES

Figure N° 1: distribution ionique autour d'un colloïde	13
Figure N° 2: Etapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption [18].....	17
Figure N° 3: Vue générale aérien du SEAAL BOUDOUAOU	22
Figure N° 4: Vue générale aérien du barrage de Keddara.....	23
Figure N° 5: Vue générale aérien du du barrage de Bni Amrane.....	23
Figure N° 6: Schéma de la filière de traitement.....	24
Figure N° 7: Ouvrage d'arrivée	25
Figure N° 8: Chambre de mélange.....	25
Figure N° 9: Chambre de répartition	26
Figure N° 10: Décanteur pulsator	26
Figure N° 11: Schéma d'un Décanteur pulsator	27
Figure N° 12: Filtre en remplissage et filtration.....	27
Figure N° 13: Filtre en phase de lavage.	27
Figure N° 14: Filtre à sable à l'arrêt.	27
Figure N° 15: Principe de fonctionnement de l'Aquazur V	28
Figure N° 16: Turbidimètre	29
Figure N° 17: pH mètre	30
Figure N° 18: Conductimètre	30
Figure N° 19: Spectrophotomètre UV/Visible.	35
Figure N° 20: Echantillonnage de l'eau	35
Figure N° 21: Flocculateur de laboratoire BOUDOUAOU, type FLOCUMATIC SELECTA	37
Figure N° 22: Evolution des paramètres physique de l'eau brute	39
Figure N° 23: Evolution de la conductivité de l'eau brute	40
Figure N° 24: Evolution des paramètres physique de l'eau brute	40
Figure N° 25: Evolution de la conductivité de l'eau brute	41
Figure N° 26: Evolution des paramètres physique de l'eau brute	41
Figure N° 27: Evolution de la conductivité de l'eau brute	42
Figure N° 28: Evolution de la concentration d'aluminium résiduel	43
Figure N° 29: Evolution du seuil du gout de l'eau traité Keddara	43
Figure N° 30: Rendement d'élimination de la turbidité.....	44
Figure N° 31: La charge algale.....	44
Figure N° 32: Evolution de la concentration d'aluminium résiduel	45
Figure N° 33: Evolution du seuil du gout.....	45
Figure N° 34: Rendement d'élimination de la turbidité.....	46
Figure N° 35: La charge algale.....	46
Figure N° 36: Evolution de la concentration d'aluminium résiduel	47
Figure N° 37: Evolution du seuil du gout.....	47
Figure N° 38: Rendement d'élimination de la turbidité.....	47
Figure N° 39: Evolution du seuil du gout.....	48
Figure N° 40: Dose optimale de charbon actif en poudre.....	50
Figure N° 41: Dose optimale de charbon actif en poudre.....	51

Figure N° 42: Rendement d'élimination de matière organique en fonction de pH	52
Figure N° 43: Rendement d'élimination de matière organique en fonction de temps de contacte	54
Figure N° 44: évolution de la turbidité en fonction de la dose de coagulant ajouté	55
Figure N° 45: Evolution de la turbidité en fonction de la dose de flocculant ajouté.....	56
Figure N° 46:rendement d'élimination de matière organique en fonction de dose de charbon actif.....	58

LISTE DES ABREVIATIONS

CAP : Charbon actif en poudre

CAP : Charbon actif en poudre

pH : potentiel hydrogène

T : température

°C : degré Celsius

°F : degré Faraday

OMS : Organisation Mondial de la Santé

UVC : unités de couleur vraie

EB : Eau Brute

ET : Eau Traitée

ED :Eau distillé

NTU : Unités Néphélométriques de Turbidité

RS : Résidu sec

TH : Titre hydrométrique (Dureté Totale)

TA : Titres Alcalimétrique simple

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

µs / cm : Micro-siémens par centimètre

µm : Micromètre

Kg : Kilogramme

g : gramme

mg : milligramme

L : litre

ml : millilitre

MES : Matière en suspension

MO : Matière Organique

UV : Ultra-violet

PE : polyélectrolite

SEAAL : Société des Eaux et d'Assainissement Alger

j : jour

h: heure

mn : minute

s: second

Tr : tour

Introduction

En Algérie, les eaux de surface constitue une part importante des ressources hydraulique et sont de plus en plus utilisées ces dernières années notamment au Nord du territoire nationale car les réservoirs souterrains montrent une tendance à l'épuisement.

Une eau de surface est un milieu très dilué et complexe, contenant des matières minérales et organiques diverses en suspension ou en solution. Cette composition de l'eau n'est pas stable mais varie qualitativement et quantitativement dans l'espace et dans le temps.

Les eaux de surface contiennent des matières organiques et minérales provenant soit de la vie végétale et animale, soit de la chimie de synthèse organique ou minérale. Les substances organiques présentes dans les eaux de surface engendrent des problèmes qui sont globalement représentés par une détérioration de la qualité organoleptique, un développement bactérien dans les conduites du réseau de distribution et la formation de sous-produits toxiques au cours de la chloration. Le traitement conventionnel de clarification qui pourrait efficacement éliminer ces matières organiques n'est pas toujours suffisant. Il nécessite des conditions optimales souvent peu compatibles avec les conditions pratiques d'exploitation et de traitement ainsi qu'avec les critères de potabilité.

Les procédés utilisant l'adsorption constituent alors souvent une technique de choix, complémentaire à la filière de base, parce que l'adsorption s'avère efficace dans la rétention et l'élimination des composés organiques et minéraux solubles d'une eau sans être modifiés. Le charbon actif utilisé sous forme de poudre (CAP), c'est une solution technique pour éliminer la matière organique ; il permet de traiter soit les pointes saisonnières de pollution, soit les pollutions accidentelles. L'efficacité du CAP dépend de la nature et de la concentration des micropolluants, du type de charbon utilisé (taille des pores) et de la dose de CAP injectée. Sans oublier les conditions opérationnelles. L'objectif de notre travail est donc dans un premier temps d'étudier l'efficacité des procédés de traitement au niveau de la SEAAL de Boudouaou Boumerdes et dans un deuxième temps d'optimiser l'adsorption sur charbon actif en poudre en combinaison avec la coagulation –Floculation.

Généralités

sur les eaux

L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau, un canal.[1]

I.1.Définition de l'eau :

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. L'eau est gazeuse au-dessus de 100°C (212°F) et solide en dessous de 0°C (32°F).

Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. C'est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur terre, l'eau est quelque fois désigné sous le nom de « solvant universel ».

I.2.Origine et différents types d'eau :

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constitués d'eaux souterraines (nappe souterraines), des eaux de surface, et en eaux de mer.

- les eaux superficielles : les eaux des oueds, des lacs, des océans et des mers ;
- les eaux souterraines accumulées dans les nappes.

Et sans empiéter encore sur les études particulières portant sur les types d'eau, lesquelles établissent précisément une certaine corrélation entre composition et origine, nous pouvons distinguer :

*les eaux naturelles.

* les eaux potables.

* les eaux douces.

* les eaux dures.

* les eaux plates.

* les eaux de marais.

* les eaux saumâtres.

* les eaux salées.

I.2.1. Eaux naturelles :

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer. [2]

a) Eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante. Comme elle se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée. [3]

b) Eaux de surfaces :

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone. [3]

I.2.2. Eaux potables :

La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

- * fraîcheur et limpidité.
- * absence d'odeur et de couleur.
- * goût agréable.
- * suffisamment douce, aérée.
- * minéralisation raisonnable.
- * absence de matières organiques et de germes pathogènes [3]

I.2.3. Eaux douces :

On parle d'eau douce par opposition aux eaux salées et aux eaux dures [3]

I.2.4. Les eaux plates :

Ce sont des eaux caractérisées par un manque total de saveur, pourvu en oxygène, sans fraîcheur naturelle. [3]

I.2.5. Eaux dures :

Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium. [3]

I.2.6. Eaux de marais :

Les eaux de « marais » ou « tourbier » sont des eaux douces caractérisées par une faible valeur de pH, due à la présence d'acides organiques et qui les rend très corrosives. On les appelle parfois « eaux rouges » en raison de la présence des particules à base d'oxyde de fer en suspension. [3]

I.2.7. Eaux de mers et eaux saumâtres :

La salinité observée dans les différents océans ou mers du globe résulte d'un équilibre entre évaporation, pluies et apport des fleuves (salinité faible) d'une part et d'échange d'eau avec les autres mers ou océans auxquels ils sont reliés d'autre part.[3] Elle est donc très variable comme l'illustre le tableau N°1.

Tableau N°1: Salinité des différents océans et mers. [3]

Origine	Salinité (g.l⁻¹)
Mer Baltique	17
Mer Noir	22 à 25
Océans Atlantique et Pacifique	32 à 38
Mer Méditerranée	37 à 40
Mer Rouge-Golfe Arabique	40 à 47
Mer Morte	27

I.3. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux :

Les qualités admises d'une eau d'alimentation impliquent la garantie de son innocuité vis-à-vis de l'homme qui est appelé à la consommer.

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre, à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciés par consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson [4]

I.3.1. Propriétés organoleptiques :

a) La Couleur :

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée d'unités de couleur vraie (ucv). [5]

b) Goût et Odeur :

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréables. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. [5]

c) Turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. C'est la propriété optique la plus importante des eaux naturelles. On mesure la turbidité en unités de turbidité néphlométriques (UTN) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau. [5]

I.3.2. Caractères physico-chimiques :

a) Température :

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Quand les eaux naturelles sont au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles [6]

b) pH

C'est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérés comme acide et inversement [5]

c) Salinité

La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée en mg/l [5]

d) Les résidus secs à 180°C

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (RODIER J., 2005) Les Résidus secs obtenus par évaporation, représentent les matières dissoutes et en suspensions d'une eau. [5]

Tableau N° 1: la potabilité en fonction des résidus secs. [7]

Résidu sec (mg/L)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

e) Dureté ou titre hydrométrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux).

Un degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} .

Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°F). [5]

f) Conductivité électrique :

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissous. Son unité est exprimée en ($\mu\text{s}/\text{cm}$) . [8]

g) Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC).[9]

h) Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates contenu dans l'eau.

Le TA permet de déterminer la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate. La TAC assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates[10]

i) Chlorure

Les ions chlorures, dont la plus grande partie se trouve dans les océans, constituent environ 0,05 % de la lithosphère (partie solide de la sphère terrestre). De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux, à des concentrations variables. Dans les eaux de surface, il est présent en faible concentration. Dans les eaux souterrains, la teneur en ion chlorure peut atteindre quelques grammes par litre au contact de certaines formations géologiques[11] .

j) Autres principaux éléments présents dans l'eau

En plus du chlorure présent dans l'eau, elle contient aussi d'autres éléments chimiques, cation et anion qui sont décrit sur le tableau suivant [3]

Tableau N° 2: Principaux éléments présents dans l'eau [3]

Cations	Anions
Calcium (Ca ²⁺)	Sulfates (SO ⁴⁻)
Magnésium (Mg ²⁺)	Nitrates (NO ³⁻)
Sodium (Na ⁺)	Nitrites (NO ²⁻)
Potassium (K ⁺)	Chlorures (Cl ⁻)
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Carbonate (CO ₃ ²⁻)

I.3.3. Caractères microbiologiques :

Ils sont représentés par les germes suivants : Coliformes fécaux, streptocoques fécaux, clostridium sulfitoréducteurs. Les clostridium sulfitoréducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau sous une forme végétative. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement limités que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection. C'est certainement la présence d'organismes pathogènes dans une eau qui fait courir le plus grand risque pour la santé. Paradoxalement, les paramètres microbiologiques n'ont pas une très grande importance pour le traiteur, car les procédés classiques de désinfection sont d'une quasi parfaite efficacité. Les bactéries recherchés dans les eaux traitées ne sont qu'exceptionnellement celles qui ont un caractère pathogène. En dehors des éventuelles périodes de crise (épidémie d'une maladie d'origine hydrique), on se contente de rechercher ce qu'il est convenu d'appeler les germes tests de contamination fécale [12]

I.3.4. Paramètres indésirables ou toxiques :

a) Fer et manganèse

Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés ; ils entraînent des conséquences similaires : formation de dépôts, goûts désagréables et prolifération bactérienne.

Bien que nécessaire à la nutrition humaine, le fer et manganèse ne doivent pas dépasser certaines teneurs.

b) Métaux lourds

Certains éléments sont rarement présents dans les eaux à l'état naturel mais sont apportés par les divers rejets. La dose dangereuse est difficile à fixer car la toxicité de ces éléments est surtout d'origine cumulative.

Les principaux d'entre eux sont : argent, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc ...ect [3]

I.3.5. Paramètres biologiques :**Matières organiques**

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoutes (carbohydrates, acide humique, pigment et composés d'origines artificielles comme les hydrocarbures, les solvants, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton..). Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessives par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi des composées issus de l'activité humaine. Leur concentration, infime dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface. La conséquence quasi immédiate de la pollution des eaux par les matières organiques et oxydables est une diminution de teneur en oxygène dissous. Celle-ci résulte de l'action des bactéries qui naturellement en assurent la dégradation [13]

Les procédés de traitement

L'eau, élément indispensable à la vie, est une part essentielle du patrimoine mondial, mais aussi essentielle aux activités humaines (Agricultures, industrielles, domestiques...). Une eau est dite potable ou eau de consommation quand elle satisfait un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine [14]

II.1. Prétraitement :

Les eaux brutes doivent subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou les dimensions constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

II.1.1. Dégrillage :

C'est une étape indispensable pour éviter le bouchage des conduits d'eau brute. Le dégrillage permet d'enlever et arrêter les corps flottants, les gros déchets et les débris de dimensions intermédiaires (passant à travers la grille, afin d'éviter qu'ils interfèrent avec le fonctionnement des équipements aval. Il sert également à empêcher l'accès des poissons aux ouvrages aval (conduite et installation de traitement). Après un dégrillage (traitement primaire où les particules de diamètres importants sont retenues), les eaux brutes sont orientées gravitairement vers la station du traitement.

II.1.2. Dessablage :

Après le dégrillage vient le dessablage qui vise à enlever dans l'eau brute du sable et des particules minérales de taille plus ou moins grande. Cette étape évite le dépôt de sable dans les conduits ; la gêne dans le traitement et permet de protéger les pompes et autres appareils. Pour l'eau de surface, la prise est conçue de façon à éviter l'entraînement du sable. Si ce n'est pas possible, on peut envisager le dessablage ou concevoir d'autres opérations complémentaires comme le débouage ou le tamisage [15]

II.1.3 Microtamisage:

Les tamis sont constitués de tôles en acier inoxydables, perforées avec des ouvertures de 0.15 à 2 mm Il permet d'éliminer le sable fin avant l'injection de coagulant. Le lavage est assuré régulièrement par pulvérisation d'eau pour éviter le colmatage.[15]

II.2. Traitement de clarification :

II.2.1 Préoxydation

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

Celle-ci peut être faite de trois façons différentes :

- Ajout de Chlore (pré-chloration)
- Ajout de dioxyde de chlore ClO_2
- Ajout d'ozone (pré-ozonation) O_3

La pré-chloration est effectuée avant le procédé de clarification. Le chlore est le plus réactif et le plus économique, mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables [16].

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

Enfin, au cours des dernières décennies, on utilise comme oxydant l'ozone, qui non seulement à l'avantage de détruire les matières organiques en cassant les chaînes moléculaires existantes, mais également à une propriété virulicide très intéressante, propriété que n'a pas le chlore. Généralement utilisée en désinfection finale, cette technique peut être mise en œuvre en oxydation. Elle peut aussi être employée pour l'amélioration de la clarification. L'un des avantages d'une pré-ozonation est l'oxydation des matières organiques, et une élimination plus importante de la couleur. Un autre avantage est la diminution du taux de traitement (taux de coagulant) dans le procédé de clarification.

II.2.2. Coagulation floculation :

Le mot coagulation vient du latin 'coagulare' qui signifie « agglomérer » [17].

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes, leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En

effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1 m en chute libre peut être de plusieurs années. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ou filtration[18].

Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois états suivants :

- état de suspension qui regroupe les plus grosses particules.
- état colloïdal.
- état dissout des sels minéraux et des molécules organiques.

Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution de substances minérales et de la décomposition de substances organiques. À cet apport naturel, il faut ajouter les déversements d'eaux d'égout domestiques, industrielles et agricoles. En général, la turbidité de l'eau est causée par des particules de matières inorganiques (particules de glaise et d'argile) alors que sa couleur est imputable à des particules de matières organiques et d'hydroxyde de métal (le fer, par exemple).[2]

II.2.2.1. Taille des particules dans les eaux naturelles :

Les particules sont toujours présentes dans les eaux naturelles, en général, et dans les eaux superficielles, en particulier. Ce sont des particules d'origines minérale, organique ou biologique. Leurs tailles sont comprises entre quelques centièmes de micromètres et quelques millimètres. On appelle colloïdes ou particules colloïdales, les particules en suspension dont la taille s'étend de quelque 0.01 μm à quelques μm . Celles dont la taille est plus importante sont plutôt appelées matières en suspension. [19]

II.2.2.2. But de la coagulation-floculation :

L'opération de coagulation-floculation a pour but la croissance des particules (qui sont essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de floccs par absorption et agrégation [17]. Les floccs ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite.

II.2.2.3. Structures des colloïdes :

Dans une eau de surface, les colloïdes portent des charges électriques négatives situées à leur surface. L'ensemble constitue la charge primaire de la particule qui a pour origine l'ionisation de groupements chimiques tels que OH, COOH et NH₂ et l'adsorption d'anion

présent dans l'eau. Ces charges négatives attirent les ions positifs en solutions dans l'eau. Ceux-ci sont étroitement collés en colloïdes et forment la couche liée ou de Stern. Cette couronne accompagne la particule lors de ces déplacements dans l'élément liquide. La couche de Stern attire à son tour des anions accompagnés d'une faible quantité de cations. Cette nouvelle formation comporte une alternance d'anions et de cations. C'est la couche diffuse ou couche de Gouy. Il y a donc formation d'une double couche ionique, présente au niveau de tout colloïde. [18].

Il se crée entre ces deux couches un potentiel électrostatique ou de Nernst qui est fonction de la température. Ce potentiel s'exprime en fonction de la quantité de charges positives et négatives présentes au niveau de la double couche. La figure N°1 donne l'allure de la variation de ce potentiel à partir de la surface vers la périphérie. [18]

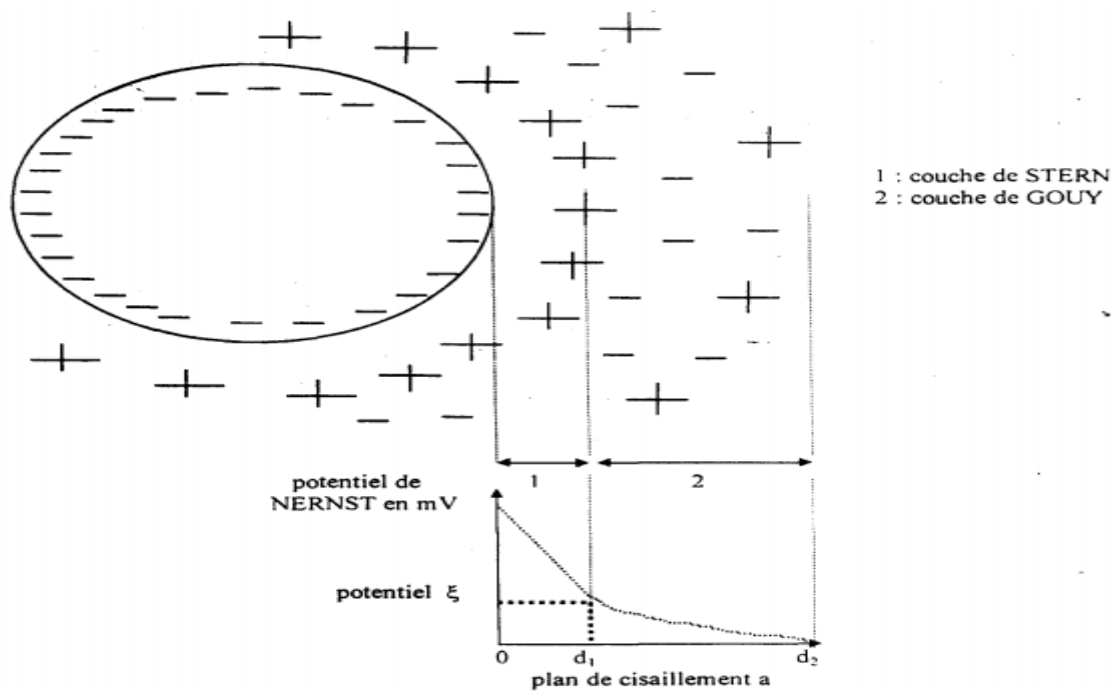


Figure N°1: distribution ionique autour d'un colloïde

La couche de STERN indissociable du colloïde possède une charge inférieure à celle de la particule et est composée exclusivement de cations. La couche de GOUY présente un nombre décroissant d'anions et croissant des cations au fur et à mesure de l'éloignement de la surface du colloïde.[18]

La couche liée est définie entre la surface de la particule et la distance d_1 . Le potentiel électrostatique décroît linéairement, car les cations constitutifs sont empilés uniformément. La couche diffuse s'inscrit entre les points d_1 et d_2 . Sa répartition ionique n'étant pas figée car issue d'un mélange aléatoire de cations et d'anions, le potentiel électrostatique décroît d'une manière non linéaire.

La limite entre la couche de Stern et celle de GOUY, définit le plan de cisaillement a , localisé à la distance d_1 de la surface du colloïde. Il caractérise le plan entre la partie de la solution solidaire du colloïde (couche liée) et celle se déplaçant indépendamment ou avec un certain retard. La valeur du potentiel électrostatique au niveau de a , est le potentiel zêta noté ξ . [18].

II.2.2.4. La coagulation :

Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension. On dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste dans la déstabilisation des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives. On utilise, pour ce faire, des réactifs chimiques nommés coagulants. Le procédé nécessite une agitation importante. Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et de son coût. Le type de coagulant et la dose ont une influence sur :

- La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée,
- Le bon ou le mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration,
- Le coût d'exploitation.

Il existe deux principaux types de coagulant [22]

- Les sels de fer (chlorure ferrique).
- Les sels d'aluminium (sulfate d'aluminium hydraté $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$).

Le cas du sulfate d'aluminium est très significatif [17]

Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation.

II.2.2.5 La floculation :

Après avoir été déstabilisées par le coagulant, les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact. C'est la floculation. Le floc ainsi formé, peut décanter, flotter ou être filtré (coagulation sur filtre), suivant le procédé de rétention choisi. La floculation est le phénomène de formation des floes de taille plus importante (agglomération des colloïdes déchargés dans un réseau tridimensionnel). On utilise pour ce faire, des coagulants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente.

Les floculants ou adjuvants de floculation sont dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse. Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floes engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floes risquent de se briser. Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes.

Les temps d'injection du coagulant et du floculant sont en général espacés de 1 à 3 minutes, cette durée étant fonction de la température de l'eau. Les boues formées pendant la coagulation-floculation aboutissent après décantation dans des concentrateurs. Des floculants de masse molaire importante permettent l'obtention de boue ayant une vitesse d'épaississement plus grande, et donc un volume de boues final réduit. Les boues purgées de décanteurs sont plus concentrées dans ce cas, ce qui conduit à une perte d'eau réduite. L'emploi de floculants de synthèse, combiné à des méthodes modernes de séparation, peut permettre la production des boues très concentrées, traitables directement par une unité de déshydratation. Dans les autres cas, on passe d'abord par un épaississement avant l'unité de déshydratation.

Une fois le floc formé, il faut le séparer de l'eau. C'est ce qu'on appelle la séparation solide-liquide. Elle peut s'effectuer par différents moyens :

***Coagulation sur filtre,**

***Décantation,**

Flottation.*II.2.2.6. La décantation-flottation :**

Ces procédés sont des méthodes de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculation. Si la densité de ces floccs est supérieure à celle de l'eau, il y a décantation. L'eau clarifiée située près de la surface est dirigée vers des filtres à sable. Dans le cas de particules de densité inférieure à celle de l'eau, le procédé de flottation doit être appliqué.

Dans la décantation, toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. La force de pesanteur qui est l'élément moteur permet la chute de cette particule. Les forces de frottement dues à la traînée du fluide s'opposent à ce mouvement. La force résultante en est la différence [20]

La flottation est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, des bulles d'air et des réactifs, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm . La flottation est supérieure à la décantation dans le cas de clarification d'eaux de surface peu chargées en MES, riches en plancton ou en algues et produisant un floc léger décantant mal. Elle est préconisée dans le traitement des boues. Ce procédé est très souple d'emploi. Il permet un épaissement simultané des boues directement des hydratables. L'efficacité de la flottation et de la décantation peut être évaluée par le pourcentage de boues retenues, la quantité de matières organiques éliminées et par la mesure de la turbidité.

II.2.3. L'adsorption :

L'adsorption signifie la rétention, sous forme concentrée ,d'un soluté(c-à-d d'une substance dissoute)à l'interface entre un solide et un fluide. L'adsorption est parfois différenciée en adsorption physique et chémisorption. [17]

Dans l'adsorption physique, les forces de Van der Waals agissent entre le composé adsorbé et l'adsorbant. [17]

En chémisorption, un lien chimique s'établit entre la substance adsorbée et l'adsorbant. [17]

II.2.3.1. Les adsorbants :

Plusieurs matériaux sont utilisés en traitement de l'eau pour les techniques de l'adsorption:

aluminés (AL_2O_3), gel de silice, terre de fuller, terre à diatomées, tamis moléculaires, résines à macropores échangeuses d'ions, dioxyde de manganèse et même (flocs de sulfate d'aluminium) et silice activée. Cependant, plus que toutes ces matières, c'est le charbon actif qui est le plus adsorbant. [17]

II.2.3.2. Aspects cinétique de l'adsorption :

a) Migration en solution :

Le soluté doit être transporté jusqu'à la surface de l'adsorbant. ce déplacement dépend de la taille de la particule autant que de l'agitation qui règne dans la solution, mais il est généralement rapide. [17]

b) Diffusion dans le film :

Le soluté doit encore diffuser à travers le film d'eau qui enveloppe la particule adsorbante. La vitesse de transfert de masse à travers le film d'eau est directement proportionnelle à la surface développée par l'ensemble des particules adsorbantes et donc proportionnelle à la taille de chacune de celles-ci. [17]

c) Diffusion interne ou diffusion à travers les pores :

La substance adsorbée à la surface d'une particule peut l'être au sein même des pores de la particule. Il y a, en effet, diffusion à travers le film vers la surface de la particule mais aussi dans les pores de celle-ci. [17]

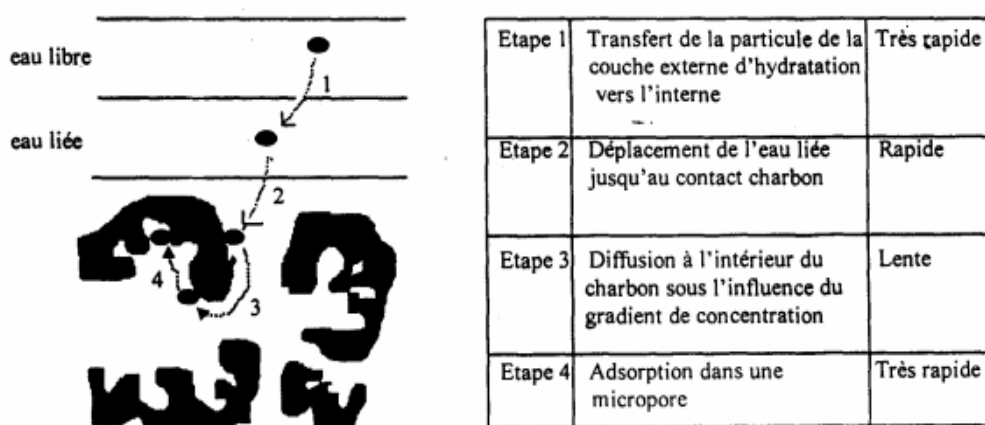


Figure N° 2: étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption [18]

II.2.3.3. l'adsorption sur charbon actif :

Le charbon actif fait partie d'une gamme de substance présentant d'une très grande porosité et une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Ces qualités confèrent au charbon actif un grand pouvoir d'adsorption. Ce processus physico-chimique est utilisé dans les filières d'eau potable pour fixer les substances impossibles à éliminer par un traitement classique. Les composés retenus sont les adsorbats et le charbon l'adsorbant.

La finalité de l'utilisation du charbon actif a évolué au cours du temps. De 1930 à 1975, ces application chronologiques ont été la déchloration, la lutte contre les mauvais goûts puis la réduction des matières organiques dissoutes et des pesticides, enfin la filtration biologique pour éliminer le carbone organique dissous. [18]

II.2.3.3.1. Charbon actif en poudre :

a) Caractéristique et mise en œuvre :

le charbon actif en poudre est un réactif pulvérulent de granulométrie très fine de 10 à 50 µm. sa masse volumique varie selon la fluidisation et le tassement du matériau. La fourchette des valeurs est de l'ordre de 200 à 600 kg.m⁻³. Lors de sa mise en suspension, une acidification par injection de CO₂ en compense l'alcalinité. Tout le matériel doit comporter un revêtement anti-abrasion. [18]

b) Place dans la filière :

Sa place est en tête de filière, au niveau de décanteur. Il est préconisé pour lutter contre les pointes de pollution temporaires ou accidentelles, de pesticides ou de toxiques divers.

Le charbon actif en poudre est piégé dans le floc et éliminé avec les boues hydroxydes, ou sa concentration atteint 1000-1500 g.m⁻³.

Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le CAG son sur dosage est possible et sa cinétique d'adsorption est très élevée. Il est par contre perdu avec les boues, la détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration est limitée à 80mg.L⁻¹ [18]

II.2.3.3.2. Charbon actif en grain :

a) Utilisation et buts :

L'élimination des micropolluants organiques et de la matière organique, est l'enjeu majeur de l'emploi du CAG. Les pesticides et les composés sapides sont les principaux

micropolluants organiques. Dans le cas de ces molécules, seuls les phénomènes physico-chimiques d'adsorption sont mis en jeu. L'efficacité d'un charbon dépend de sa nature des caractéristiques du micropolluant (taille, solubilité) et des conditions hydraulique de filtration. [18]

b) Place dans la filière :

Dans un premier temps, le charbon actif en grains a été mis en œuvre en premier étage de filtration, en lieu et place du sable. Les caractéristiques granulométriques nécessaires à cette fonction étaient incompatibles avec les phénomènes d'adsorption. la fréquence de lavage inhibait l'activité biologique.

Désormais, le charbon actif en grains est situé en deuxième étage de filtration en aval de sable. la granulométrie est de l'ordre de 0.5-0.8 mm en accord avec une adsorption correcte des solutés. La fréquence de rétrolavage est d'une à trois fois par mois. La mise en place d'un bicouche, permet d'augmenter la capacité de production de 20 à 30%. Une hauteur de 1 à 2 m de matériau et une vitesse de filtration comprise entre 8 et 15 m.h⁻¹, sont préconisés les constructeurs. Un temps de contact de 10 minutes, calculé sur le débit moyen du mois de pointe, est à respecter. la forte hauteur de matériau autorise des front de filtration importants sans fuite excessive de polluants.

Facteurs qui influencent l'exécution du charbon actif dans l'eau:

- Le type de composé à supprimer (les composés qui ont un poids moléculaire élevé et une faible solubilité sont mieux adsorbés)
- La concentration du composé à supprimer (plus la concentration est élevée, plus la consommation de charbon est grande)
- La présence d'autres composés organiques qui vont être en concurrence avec les sites d'adsorption disponibles
- Le pH du flot d'eau (par exemple, les composées acides sont mieux détruits à pH faible)

II.2.4. La filtration :

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient de MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire [20]

En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. L'espace intergranulaire définit la capacité de rétention du filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau, cet espace se réduit, le filtre se colmate. Les pertes de charge augmentent fortement. Il faut alors déclencher le rétrolavage. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité. Tout filtre est composé de trois parties. On retrouve le fond, le gravier support et le matériau filtrant. Le premier élément doit être solide pour supporter le poids de l'eau, du sable et du gravier. Il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée, le plus souvent par des buselures incorporés, et la répartition uniforme de l'eau de lavage. Le gravier a pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre.

Le lavage des filtres est réalisé en inversant le sens d'écoulement de l'eau. C'est pourquoi cette opération est souvent appelée : rétro-lavage. Le sable est mis en expansion et les impuretés, moins denses que les grains de sable, sont décollés par les phénomènes de frottement inter-granulaires. La vitesse de l'eau de lavage à contre-courant est limitée du fait des pertes possibles de matériau. On injecte donc de l'air pour augmenter les turbulences afin de décoller efficacement les particules de floes fixées sur les grains. Durant la filtration, le filtre s'encrasse et, par conséquent, la perte de charge augmente. Il faut veiller à ne pas dépasser la perte de charge maximale admissible déterminée lors de sa conception. Pour conserver un encrassement acceptable du filtre, il faut augmenter la « hauteur de couche » de celui-ci. Le temps pendant lequel on maintient un filtrant clair (eau filtrée) est proportionnel à cette « hauteur de couche ».

II.2.5. La désinfection :

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans le réseau de distribution. L'eau potable, suivant les normes, contient toujours quelques germes banals, alors qu'une eau stérile n'en contient aucun. La désinfection est une post-oxydation. En eau potable, elle est assurée par des oxydants chimiques tels que le chlore, le dioxyde de chlore ClO_2 , l'ozone O_3 et dans un certain nombre de cas, par un procédé chimique comme le

rayonnement UV. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants ; Le temps de contact et la concentration en désinfectant.

**Présentation
de la station
SEAAL**

Notre stage s'est déroulé au sein de la station de traitement eau potable Boudouaou dont leur l'exploitation et la gestion est confié à la SEAAL [Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger].

III.1. Présentation de la station de traitement eau potable Boudouaou :

Le centre de traitement se situe à 7 Km de barrage de Kaddara, entre la ville de Boudouaou et d'Ouled Moussa elle occupe une superficie de 17 hectares.

III.1.1.Présentation générale :

La station traite les eaux des barrages BENI-AMRANE, KEDDARA pour alimenter Alger en eau potable. L'usine se compose de deux filières de traitement identiques. Chaque filière comporte 3 décanteurs lamellaires type pulsator et 8 filtres à sable Aquazur V double cellules.



Figure N° 3: Vue générale aérien du SEAAL BOUDOUAOU

III.1.2.Capacité de production:

La station de traitement a été dimensionnée pour traiter un débit maximal d'eau de $540000 \text{ m}^3/\text{j}$.

III.1.3. Objectif :

*Assure et surveiller le traitement de l'eau potable

* Produire et garantir la fourniture d'eau de qualité et en quantité, à un coût acceptable en toutes circonstances, pour alimenter le grand Alger et Boumerdes en eau potable qui répondant aux normes de potabilité Algérienne.

*Amélioré de la méthode de gestion et rétablir et entretenir les installations de la station en bon fonctionnement.

III.1.4. Origine des eaux brutes :

L'alimentation de la station est assuré par les eaux du barrage Keddara lui même alimenté par le barrage de Beni Amrane. Le barrage de Keddara prend une ressource en eau à partir du transfert des eaux de la retenue de Beni Amrane sur l'oued Isser .Sa capacité de stockage est de 142 392 000 m³. La structure du bassin versant est composée de 02 queux (oueds), oued EL had et Keddara.

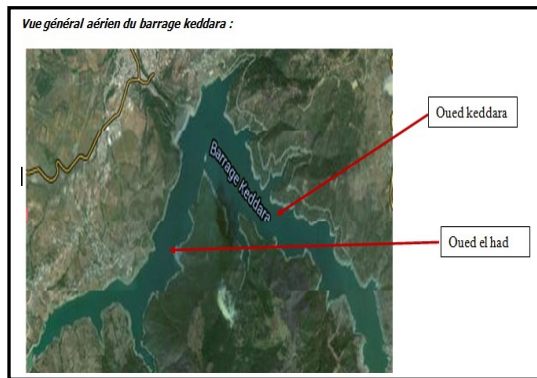


Figure N° 4: Vue générale aérien barrage de Keddara

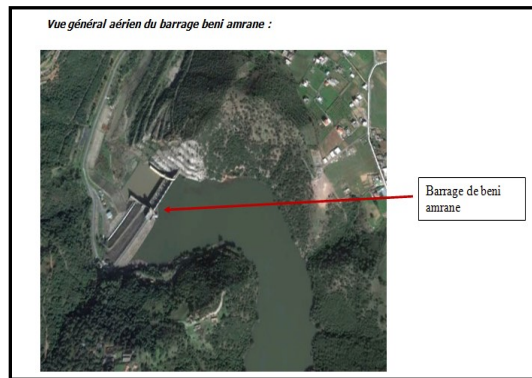


Figure N° 5: Vue générale aérien du barrage de Bni Amrane

III.2. Les différentes procédées de traitements des eaux de surfaces de barrage Keddara :

Sa filière de traitement représenter (figure N°6) consiste en une clarification conventionnelle pour un débit nominal de 540000 m³/jour, en deux files identiques de 270 000 m³.

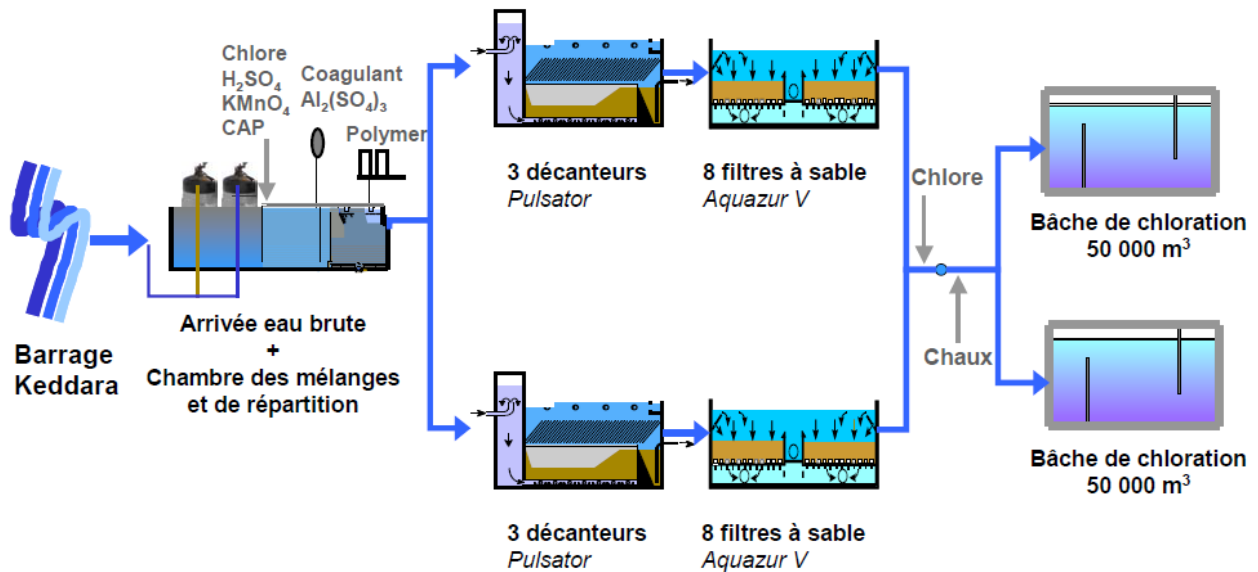


Figure N° 6: Schéma de la filière de traitement

III.2.1 Description de procédé de traitement :

Le procédé de traitement est un procédé classique de potabilisation d'eau de surface.

Les différentes étapes de traitement sont :

- Une pré-aération,
- Pré oxydation au chlore et au permanganate KMnO₄
- Correction du pH avec l'acide sulfurique H₂SO₄
- Adsorption sur charbon actif en poudre
- Coagulation au sulfate d'alumine
- Flocculation à l'aide d'un polymère anionique
- Décantation lamellaire avec lit de boue
- Filtration sur sable
- Désinfection finale au chlore
- Remise à l'équilibre (lait de chaux) avant le stockage des eaux traitées.

Etape 1

La pression d'arrivée d'eau brute peut atteindre les 06 bars, cette pression est cassé par des obturateurs a disque installé dans un bassin appelé ouvrage d'arrivée. Le débit peut être réglé de 0 à 6 m³/s, A ce niveau l'eau brute subit un premier traitement qui est l'aération (oxydation par l'air) et en parallèle augmenter l'oxygène dissous de l'eau brute.



Figure N° 7: ouvrage d'arrivée

Etape 2

L'eau passe par une deuxième étape l'ajout des réactifs de traitement.

1-Pré chloration au chlore gaz, hypochlorite de calcium ou sodium.

2-Pré-oxydation au permanganate de potassium, ce dernier permet l'oxydation du manganèse dans l'eau a traité ce traitement est saisonnier .

3-Adsorption au charbon actif, ce traitement est mis en place lors de la dégradation des goûts (saisonnier).

4-Correction du pH avec de l'acide sulfurique pour ramener le pH vers un pH de coagulation.

5-Coagulation au sulfate d'alumine pour la clarification.

6-Floculation au poly électrolyte anionique.



Chambre de mélange

Figure N° 8: Chambre de mélange

Etape 3

Répartition de l'eau mélangée avec les réactifs de traitement vers les deux filières de traitement.



Figure N° 9:Chambre de répartition

Etape 4

L'usine d'eau potable de Boudouaou est équipée de deux filières identiques composées de 03 décanteurs et 8 filtres à sable chacune.

La décantation est assurée par un ouvrage appelé décanteur pulsator ce dernier permet, en imprimant une pulsation lente aux sédiments contenue dans l'eau à traiter. L'abattement de la turbidité peut atteindre une valeur de 98% dans les conditions idéales.



Figure N° 10: Décanteur pulsator

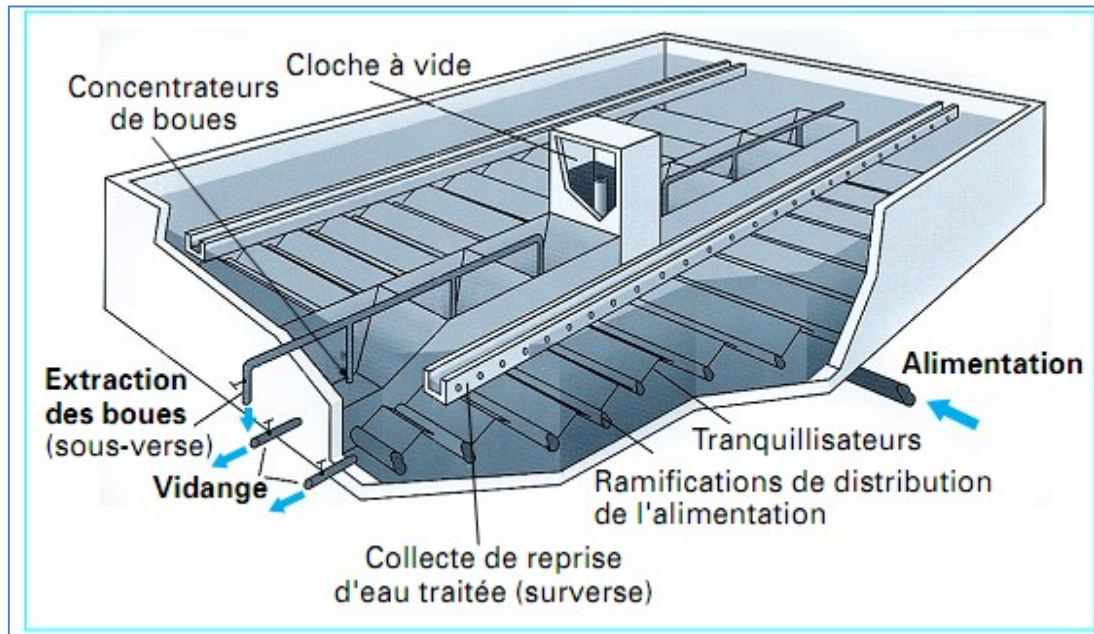


Figure N° 11: Schéma d'un Décanteur pulsator

Etape 5

Afin d'éliminer le résiduel de turbidité après décantation l'usine est équipée de 8 filtres à sable de type AQUAZUR V sur chaque filière de traitement.



Figure N° 12: Filtre en remplissage et filtration.



Figure N° 13: Filtre en phase de lavage.



Figure N° 14: Filtre à sable à l'arrêt.

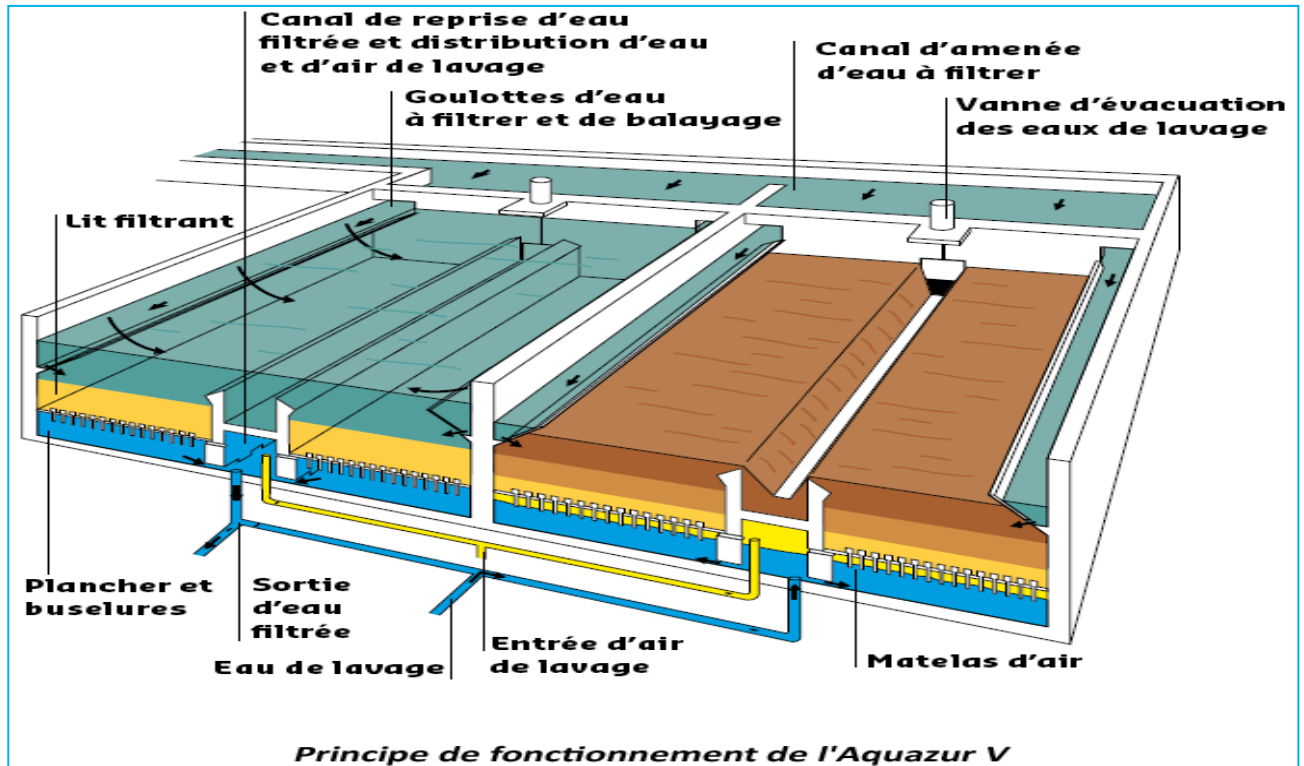


Figure N° 15: Principe de fonctionnement de l'Aquazur V

Etape 6

Après filtration l'eau subit une désinfection par le chlore pour amener un résiduel de 1.00 mg/l.

Réactif utilisé :

- Chlore Cl_2
- Hypochlorite de calcium.
- Hypochlorite de sodium.

Etape 7

Si le pH de l'eau filtrée désinfecté est agressive, l'eau subit une correction avec du lait de chaux.

Etape 8

L'eau traitée est stocké dans deux réservoirs d'une capacité de 50 000 m³ chacun.

Matériels et méthodes

IV.1. Matériels et méthodes :

IV.1.1. Présentation des paramètres et méthodes d'analyses

Les principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont déterminés par les méthodes standards d'analyse décrites sur les modes opératoires utilisés à cet effet au niveau de laboratoire de centre de traitement Boudouaou.

➤ Plusieurs méthodes d'analyses ont été utilisées pour l'analyse de différents paramètres.

▪ Turbidité :

La turbidité est mesurée avec un appareil turbidimètre de marque HACH. La zone de détermination de cette méthode est de 0 à 4000 NTU (Unités Néphélométriques de Turbidité).



Figure N° 16: Turbidimètre

Mode opératoire :

Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser (avant mesure)

- Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon et sécher la cuve
- Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère
- Fermer le capot de l'appareil, appuyer sur (ENTER) et lire la valeur affichée

▪ PH et Température :

La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre de marque WTW.

Réactifs :

- Solution tampon pH= 7.
- Solution tampon pH= 4.



Figure N° 17: pH mètre

Mode opératoire :

Etalonnage de l'appareil :

- Allumer le pH mètre
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée
- Prendre dans un petit bécher ,la solution tampon pH= 7
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée
- Ré étalonné de la meme manière avec la solution tampon pH= 4

Méthode de mesure :

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser
- Mettre un agitateur avec une faible agitation
- Tremper l'electrode dans le bécher
- Laisser stabiliser un moment avec une faible agitation,puis noter le pH

▪ Multi-paramètres (conductivité, salinité ou TDS, oxygène dissout) :

Les mesures de conductivité, salinité ou TDS s'effectuent par la méthode électrochimique par sonde et l'appareil qui permet de les mesurer est un appareil multiparamètre de marque HACH



Figure N° 18: Conductimètre

Réactifs :

- Solution standard de KCL

Mode opératoire :

Etalonnage de l'appareil :

- Allumer le conductimètre
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée
- Prendre dans un petit bécher la solution standard de KCL
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage de la constante de la cellule

Méthode de mesure :

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser
- Tremper l'électrode dans le bécher
- Laisser stabiliser un moment puis noter la valeur de la conductivité affiché

▪ **Méthodes analytiques de dosage des Matières organiques**

Définition des principaux paramètres organiques globaux :

Ce sont des mesures dont le résultat n'exprime pas une concentration en une substance chimique organique bien définie, mais concernent une caractéristique commune à un grand nombre de substances. Même s'il est impossible de relier un paramètre global à une mesure de toxicité et/ou de cytotoxicité ou d'effet cancérigène et/ou mutagène et donc de définir des Concentrations limites, leur suivi tout au long d'une filière de traitement permet d'optimiser la conduite d'une installation et de comparer entre plusieurs filières. A titre d'exemple aux Etats –Unis, on recommande de renforcer le traitement de clarification lorsque le carbone organique dissous excède 4 mg/l . [3]

Les paramètres globaux de mesure de la charge organique totale des eaux de au niveau de laboratoire de centre de traitement Boudouaou sont :

L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO₄)

Cette mesure renseigne sur la concentration en matières organiques présentes dans une eau peu chargée .On utilise un oxydant, le permanganate de potassium (KMnO₄), qui dans des conditions opératoires précises, va oxyder des molécules présentes dans l'eau. Ces molécules sont essentiellement des molécules organiques mais des molécules minérales

peuvent être également oxydées et l'on devrait parler plutôt de matières oxydables. Le KMnO_4 n'attaque pas toutes les molécules organiques mais il est très utilisé pour suivre l'évolution de la matière organique dans une station de traitement. L'oxydation des matières organiques et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaud ou à froid. La méthode à chaud est la plus utilisée à cause de sa rapidité.

Protocole de détermination l'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4)

Principe :

- chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10mn).
- réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables présentes dans l'échantillon.
- Détermination de l'excès de permanganate par addition d'une solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate

Réactifs :

- Solution mère d'oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ à 0.1 N (0.05 mol/l) : $m = 6.7$ g d'oxalate dans 1L d'eau distillée.
- Solution fille d'oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ à 0.01 N (0.005 mol/L) : Dilution de 10% (stable une semaine).
- Solution de permanganate de potassium KMnO_4 0.1 N (20mmol/L) : Dissoudre 3.2g de KMnO_4 dans 1L d'eau distillée.
- Solution fille de KMnO_4 à 0.01 N (2 mmol/L) : Diluer la solution mère 10%. Conserver à l'obscurité, renouveler fréquemment.
- Solution de H_2SO_4 à 18 mol/L $d = 1.84$
- Solution de H_2SO_4 à 2 mol/L : Dans une fiole de 1000 mL, verser 500 mL d'eau distillée puis 110ml de H_2SO_4 , laisser refroidir puis compléter jusqu'au trait de jauge.

Matériels :

- Plaque chauffante.
- Agitateur mécanique.
- Matériel de laboratoire (bêchers, fioles, burette, pipettes).

Note : s'assurer de la propreté de la verrerie utilisée.

Préparation et conservation des échantillons :

Analyser les échantillons dès que possible et au plus tard 2 jours après prélèvement. En cas de conservation de plus de 6h, ajouter 5 ml d'acide H₂SO₄ par litre d'échantillon et garder dans un flacon brun à 4 °C.

Application :

- Transférer à l'aide d'une pipette 100 ml d'échantillon dans un bécher de 250 ml.
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique 2 mol/l et mélanger en agitant doucement.
- Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.
- Ajouter 20 ml de la solution étalon 2 millimoles/l KMnO₄ 2 mmol/L.
- Démarrer le chronomètre et maintenir à ébullition pendant 10 minutes.
- Après 10 minutes ajouter 20 mL de la solution fille de l'oxalate 5mmol/L (0.01 N) et attendre que la solution se décolore.
- Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur.
- Titrer pendant que la solution est encore chaude avec la solution KMnO₄ 0.01 N jusqu'à couleur rose pâle persistant environ 30 s. Noter le volume V₁ de permanganate consommé.
- Effectuer parallèlement un essai à blanc avec le même mode opératoire mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée. Noter le volume V₀.
- Conserver le blanc titré pour la vérification de KMnO₄ :
 - ✓ Au blanc titré ajouter 20 mL d'oxalate de sodium 5 millimoles/l à 0.01 N.
 - ✓ Réchauffer la solution une à deux minutes (à environ 90°).
 - ✓ Retitrer avec le KMnO₄ 5 millimoles/l jusqu'à coloration rose pâle persistant environ 30 s.
 - ✓ Noter le volume V₂ de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Expression des résultats en milligramme par litre d'oxygène :

$$IMn = \frac{V1 - V0}{V2} * f$$

f est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre. f est égal 16.

Absorbance UV 254 nm

La mesure de l'absorbance à 254 nm est un indice caractéristique des substances possédant une ou plusieurs doubles liaisons (carboxyliques, benzéniques...). Cette mesure de l'absorbance peut nous renseigner sur le contenu organique d'une eau, notamment la fraction aromatique. L'absorbance (densité optique) lue sur un spectrophotomètre peut permettre une estimation de la teneur en substances humiques d'une eau naturelle (eau de surface) [21]

Protocole de détermination de l'absorbance UV 254 nm

Principe

Les matières organique présentes dans l'échantillon à analyser absorbent la lumière à la longueur d'onde 254 nm.

Appareillage et matériel :

- Verrerie courante de laboratoire.
- Cuve en quartz de 1 cm.
- Filtre de 0.45 μm de porosité.
- Spectrophotomètre UV/Visible(HACH DR 6000).

Préparation de l'échantillon :

- Ne pas ajouter d'additif pour la conservation de l'échantillon.
- conserver l'échantillon jusqu'à moment de l'analyse, à l'obscurité et à 4°C ,dans un flacon brun pour éviter tout problème lié aux interférences.
- l'échantillon doit être filtrée sur une rampe munie d'un filtre de porosité de 0.45 μm sauf les eaux d'ultrafiltrations, nano filtrations et les perméats.

Application :

- ✓ Attendre que l'échantillon soit à température ambiante.
- ✓ Homogénéiser le contenu du flacon d'échantillonnage par agitation manuelle.
- ✓ Utiliser la cuve en quartz de 1 cm de trajet optique pour des densités optiques supérieur à 1m^{-1} .
- Essai
 - ✓ remplir la cuve.
 - ✓ s'assurer qu'il n'y a pas de bulles d'air et bien essuyer les parois de la cuve.
 - ✓ insérer la cuve avec le blanc (l'eau purifiée) et appuyer sur zéro, l'écran doit afficher 0.000.

- ✓ vider la cuve et remplir avec l'échantillon à analyser, fermer le couvercle de l'appareil en notant la première valeur.



Figure N° 19: Spectrophotomètre UV/Visible.

- Il est à noter que les autres paramètres et méthodes d'analyses sont représentés en annexe

IV.1.2. Echantillonnage de l'eau

Les prélèvements des échantillons ont été effectués au niveau de laboratoire. Les échantillons sont récupérés aux différents points critiques de contrôle de la station de traitement par des pompes d'échantillonnage qui fonctionnent 24H/24 en refoulant l'échantillon vers le laboratoire :

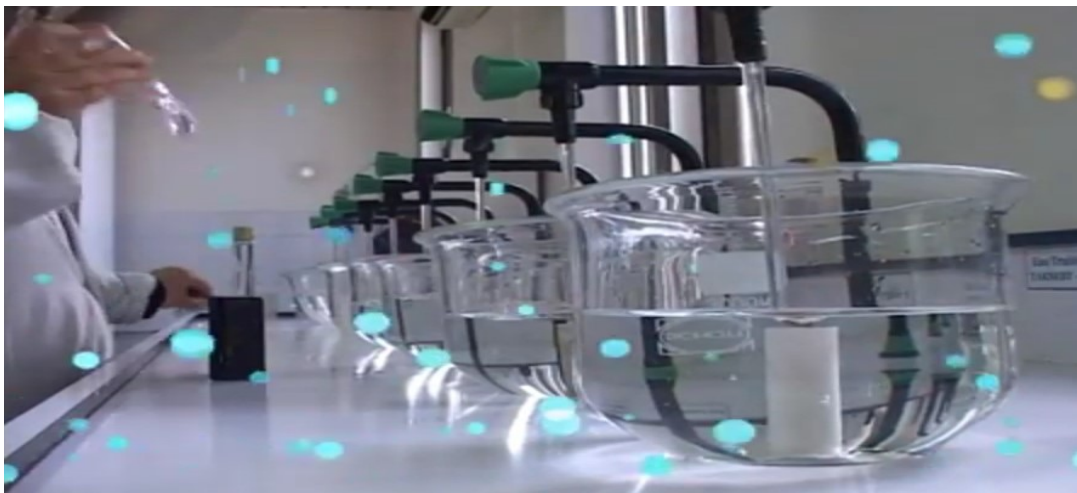


Figure N° 20: Echantillonnage de l'eau

- A l'entrée de l'usine au niveau de l'Ouvrage d'Arrivé pour l'eau brute ;
- A la sortie des décanteurs pour l'eau décantée ;
- A la sortie des filtres pour l'eau filtrée ;
- A l'entrée de chambre de répartition vers les réservoirs pour l'eau filtrée désinfectée ;
- En sortie de station pour l'eau traitée.

IV.2. Description des essais d'adsorption sur charbons Actifs en poudre pour l'élimination des matières organiques :

Les eaux de surface contiennent des matières organiques et minérales provenant soit de la vie végétale et animale, soit de la chimie de synthèse organique ou minérale. Les substances organiques présentes dans les eaux de surface engendrent des problèmes qui sont globalement représentés par une détérioration de la qualité organoleptique (goût, couleur et odeur)

L'objectif de ces essais est de tester l'efficacité de l'élimination des matières organique des eaux de barrage de Keddara par adsorption sur charbon actif en poudre (CAP).

Les essais d'adsorption sur charbons actifs en poudre ont été réalisés par jar test en utilisant des béchers en verre de 1litre. Différentes étapes et conditions opératoires ont été également adoptées.

La charge organique est représentée par l'oxydabilité au KMnO_4 , et l'absorbance en UV à 254 nm. Les étapes consiste à :

1. Effet de la variation des masses d'adsorbant (CAP) sur l'élimination des matières organiques.
2. Effet des conditions opérationnelles sur le rendement d'élimination de la matière organique (pH, le temps de contact).
 - Effet de variation de pH ;

Ces essais sont effectués par la mise en contact de la dose optimale de charbons actifs en poudre obtenue précédemment à des valeurs de pH [6.5, 7.75]

- Effet de variation du temps de contact de charbons actifs en poudre.

Ces essais sont effectués par la mise en contact de la dose optimale de charbons actifs poudre et pH optimal en obtenue précédemment à des intervalles de temps différents,

3. L'évaluation des rendements d'élimination de la matière organique par combinaison sulfate d'aluminium /charbon actif en poudre.

IV.2.1. Evaluation des rendements d'élimination

L'abattement et l'évaluation du rendement d'élimination des différents paramètres est défini comme suit :

$$R\% = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100$$

Avec :

R rendement d'élimination.

C_0 et C_f représentent respectivement les concentrations initiales et finales.

IV.2.2. Description des essais de Jar Test

Les essais de Jar Test sont effectués dans un flocculateur de laboratoire, type FLOCUMATIC SELECTA, appareil qui permet d'agiter simultanément le liquide contenu dans une série de béchers à une vitesse bien déterminée. Les béchers contiennent des doses croissantes de coagulant. L'essai comporte trois phases :

- phase d'agitation rapide à la vitesse rapide de 180 tours/minute pendant deux minutes;
- phase d'agitation lente à la vitesse lente de 40 tours/minute pendant 18 minutes ;
- phase de décantation durant 30 minutes.

Après décantation, nous avons prélevé une certaine quantité d'eau, tout en évitant une éventuelle remise en suspension du floc ainsi formé, pour être filtré sous vide sur membrane de porosité 0,45 μm , et nous avons déterminé les divers paramètres les plus indicatifs de cette étape (Turbidité, Matière Organique, pH, Absorbance...etc.).

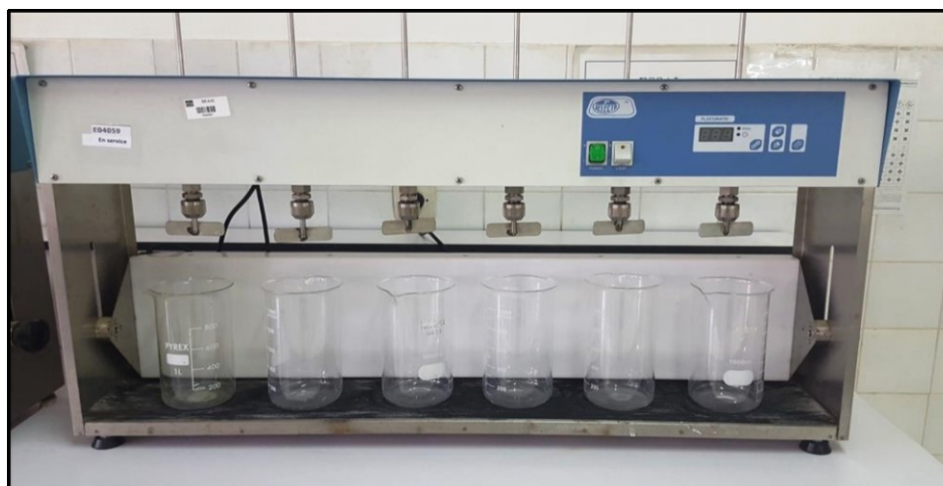


Figure N° 21: Flocculateur de laboratoire BOUDOUAOU, type FLOCUMATIC SELECTA

IV.2.3. Essais d'adsorption et de coagulation –floculation

IV.2.3.1. Préparation de la solution du coagulant Sulfates d'alumine

Le réactif coagulant utilisé est le sulfate d'aluminium, Une solution mère de 10 g/l est préparée périodiquement par dissolution du sulfate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) dans de l'eau distillée. Cette solution permet un ajout de faibles quantités pour les doses voulues de coagulant.

IV.2.3.2. Préparation de la solution du floculant

Le réactif floculant utilisé est le polyélectrolyte pour lequel une solution mère de 5 g/l est préparée périodiquement dans l'eau distillée. Réaliser une dilution de 1/100 : 1 ml de la solution mère dans une fiole de 100 ml et remplir d'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

IV.2.3.3. Préparation de la solution du charbon actif en poudre

Des solutions mères de 10g/l sont préparées par dissolution de Charbon actif en poudre dans de l'eau distillée

Caractéristiques de charbon actif en poudre

Dans notre étude, nous avons utilisé un charbon actif en poudre déjà utilisée en station, dont les principales caractéristiques sont présentées dans le tableau N°3.

Tableau N° 3: Caractéristiques de charbon actif en poudre utilisé en station

Nom du produit	Charbon actif en poudre
Aspect	
Apparence	Poudre
Couleur	Noir
Odeur	Sans
Autres propriétés Physiques et Chimiques	
pH	7 à 11
Taux d'humidité en %	6 à 9 % au max par rapport au poids
Indice d'iode	Supérieur ou égal à 900 mg/g
Abattement de l'UV après traitement	Le taux d'abattement doit être supérieur à 35% au minimum
Surface spécifique total	Supérieur à 980 m ² /g
Diamètres moyen des particules	30 µm
Densité apparentes	environ 400 kg/m ³
Granulométrie	20 µm
L'emballage	Big bag de 500 kg

Résultats et discussion

V.1. Evaluation de l'efficacité de procédé de traitement adapté au centre de traitement Boudouaou

Dans le but de mieux évaluer l'efficacité de procédée de traitement adapté au centre de traitement Boudouaou, des analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques et d'autres analyses ont été effectuées sur :

- l'eau brute pour donner une idée sur sa qualité ;
- l'eau traitée pour évaluer l'efficacité de procédé de traitement.

A cet effet, Les principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques et autres analyses caractéristiques de l'eau brute et les eaux traitées pendant notre période de stage, sont présentés dans les tableaux en annexe.

V.1.1. Evaluation des paramètres de qualité des eaux brutes:

V.1.1.1. Evolution des paramètres physiques et bactériologiques :

A cet effet, L'évaluation des paramètres physiques des mois : Février, Mars, Avril-2019, sont représentées sur les graphes ci-après.

✚ Mois : Février-2019

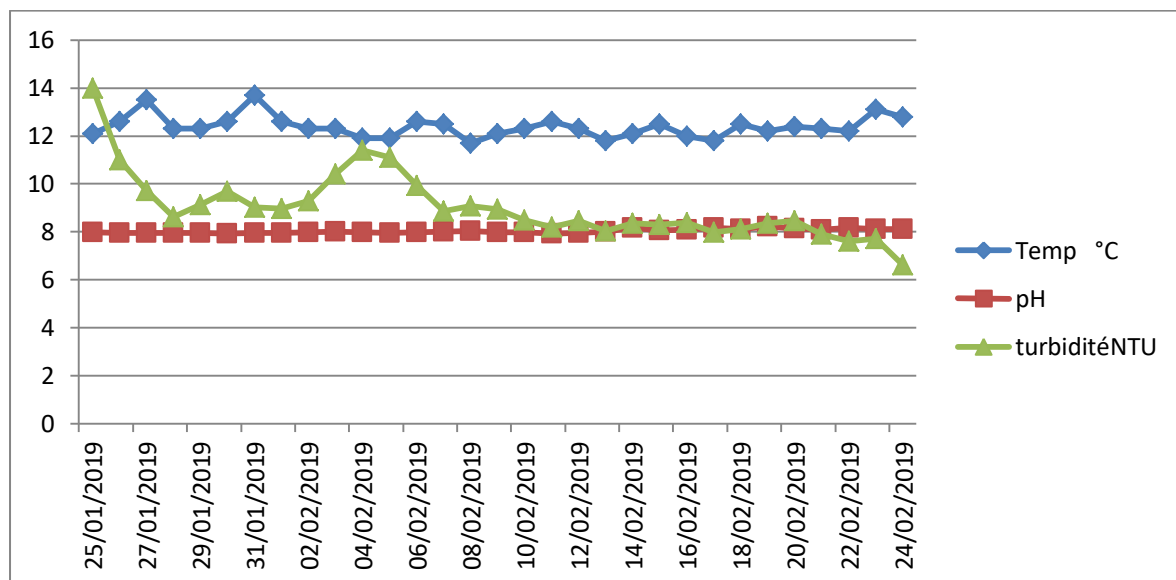


Figure N° 22: Evolution des paramètres physique de l'eau brute

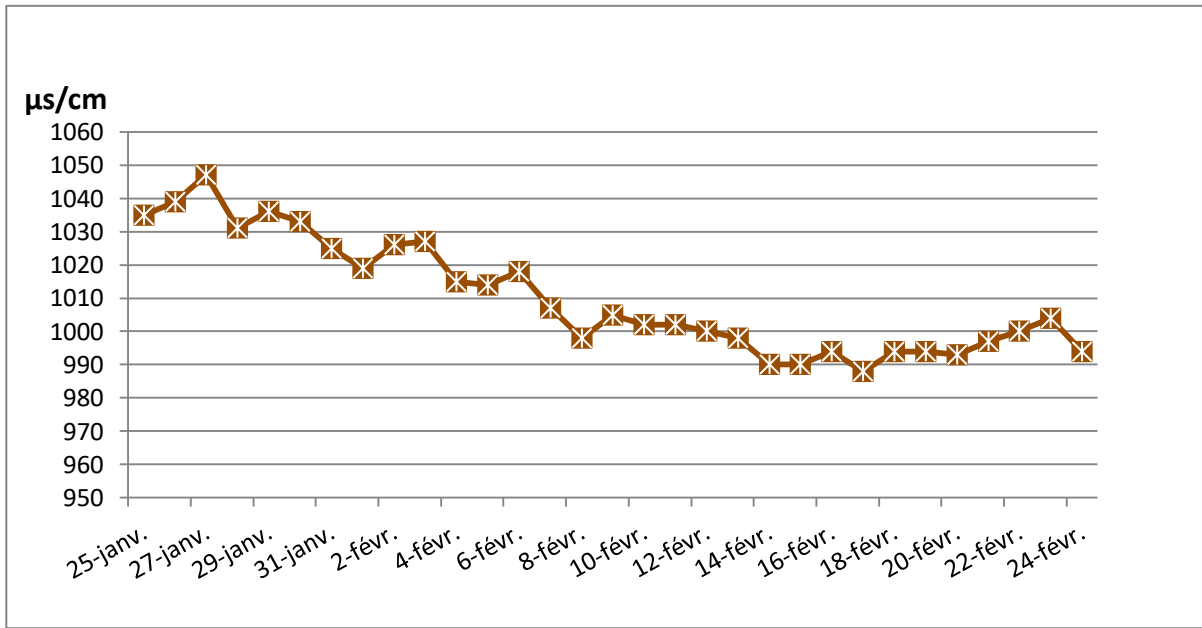


Figure N° 23: Evolution de la conductivité de l'eau brute

Commentaires et discussions

A la lumière des données (annexe N°3,6), on en déduit que :

- les paramètres physico-chimiques des eaux brutes Keddara n'ont pas subi une variation durant tout le mois de février.
- Bonne qualité bactériologique des eaux brutes.
- Faible concentration de la chlorophylle a.
- Faible concentration algale au niveau des eaux brutes Keddara.

Mois : Mars-2019

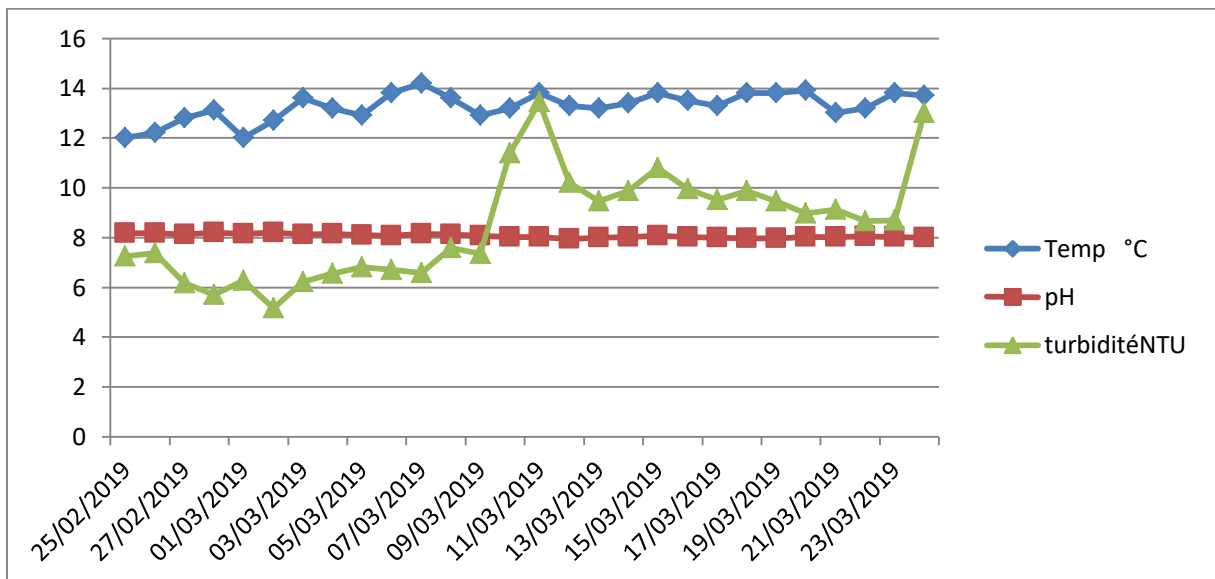


Figure N° 24: Evolution des paramètres physique de l'eau brute

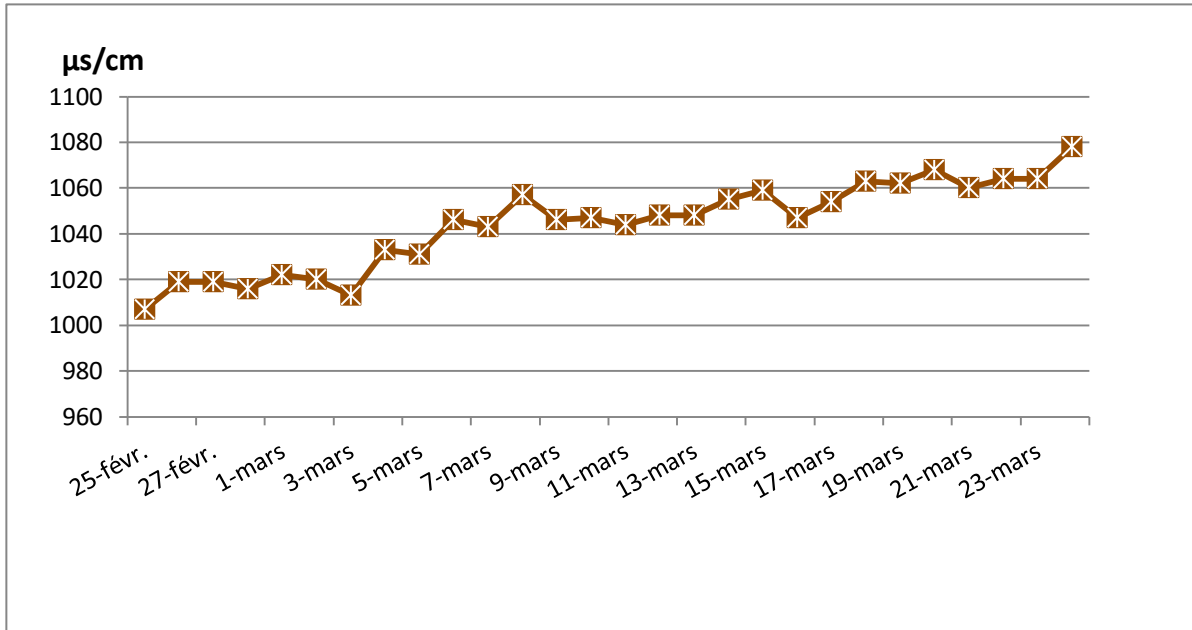


Figure N° 25: Evolution de la conductivité de l'eau brute

Commentaires et discussions

A la lumière des données(annexe N°4,7), On en déduit que :

- les paramètres physico-chimiques des eaux brutes KEDDARA n'ont pas subi une variation durant tout le mois de Mars.
- Bonne qualité bactériologique des eaux brutes.
- Faible concentration de la chlorophylle a.
- Faible concentration algale au niveau des eaux brutes Keddara.

Mois : Avril-2019

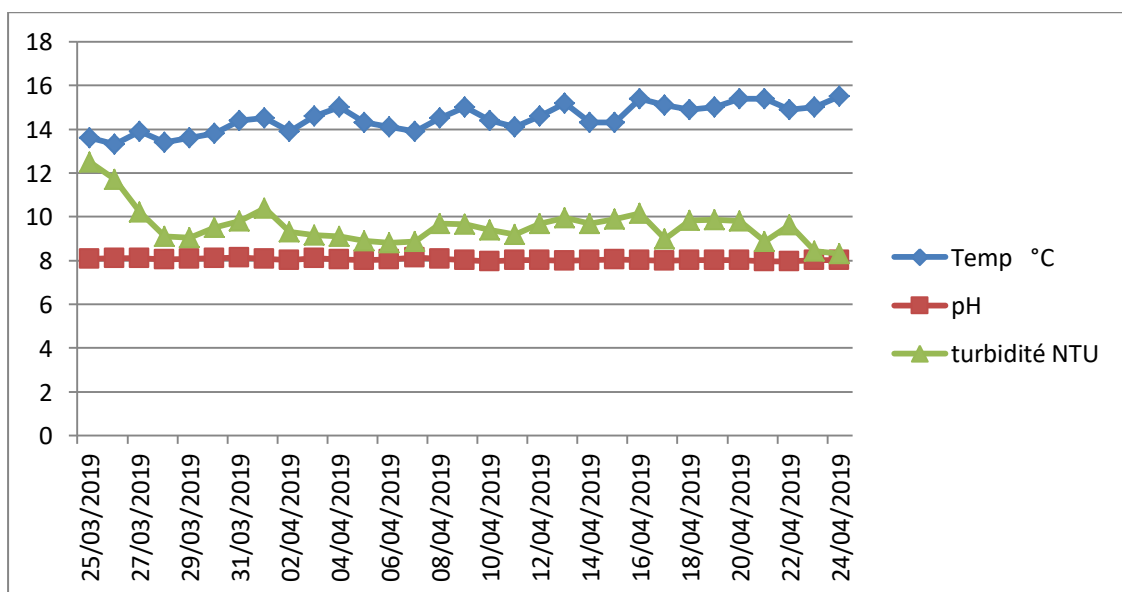


Figure N° 26: Evolution des paramètres physique de l'eau brute

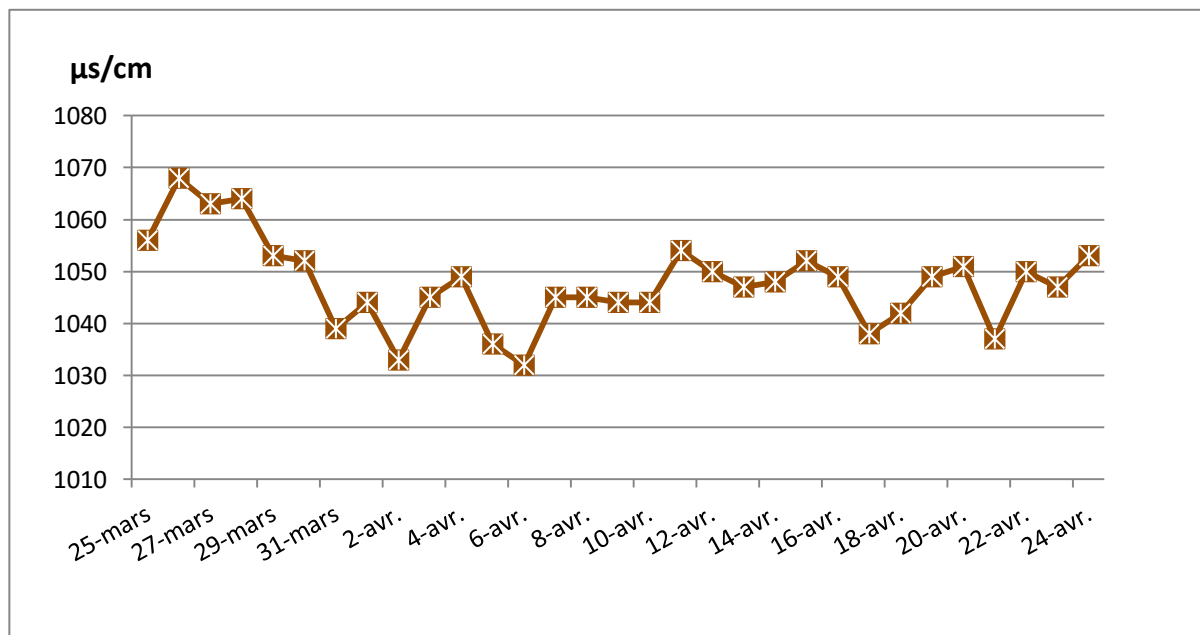


Figure N° 27: Evolution de la conductivité de l'eau brute

Commentaires et discussions

A la lumière des données (annexe N°5,8) On en déduit que :

- les paramètres physico-chimiques des eaux brutes Keddara n'ont pas subi une variation durant tout le mois d'avril.
- Bonne qualité bactériologique des eaux brutes.
- Faible concentration de la chlorophylle a.
- Faible concentration algale au niveau des eaux brutes Keddara.

V.1.2. Evaluation des paramètres de la qualité des eaux traitées

V.1.2.1. Evolution des paramètres physiques et bactériologiques

A cet effet, on va évaluer les paramètres globaux ci-après :

- a. Paramètres physiques et organoleptiques,
- b. Paramètres de pollutions
- c. Métaux indésirable
- d. Paramètres bactériologiques

Mois : Février-2019

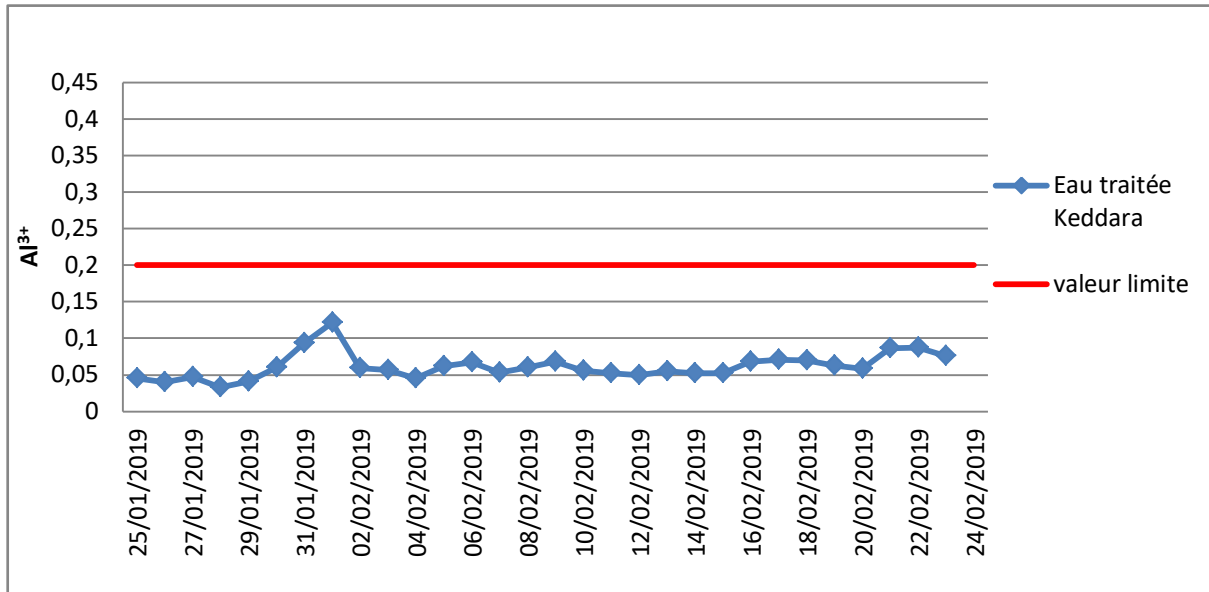


Figure N° 28: Evolution de la concentration d'aluminium résiduel

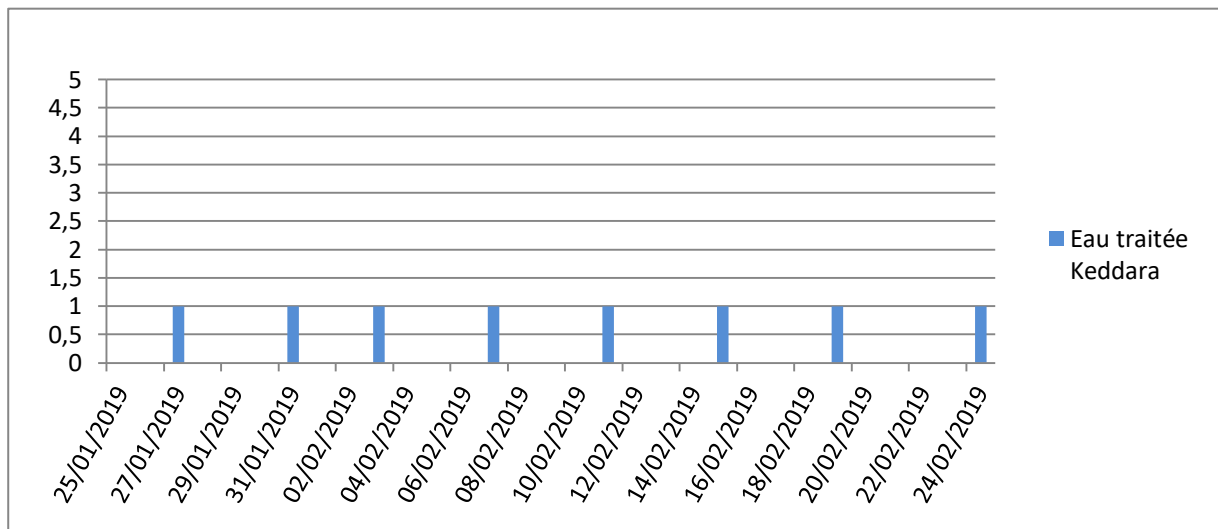


Figure N° 29: Evolution du seuil du goût de l'eau traité Keddara

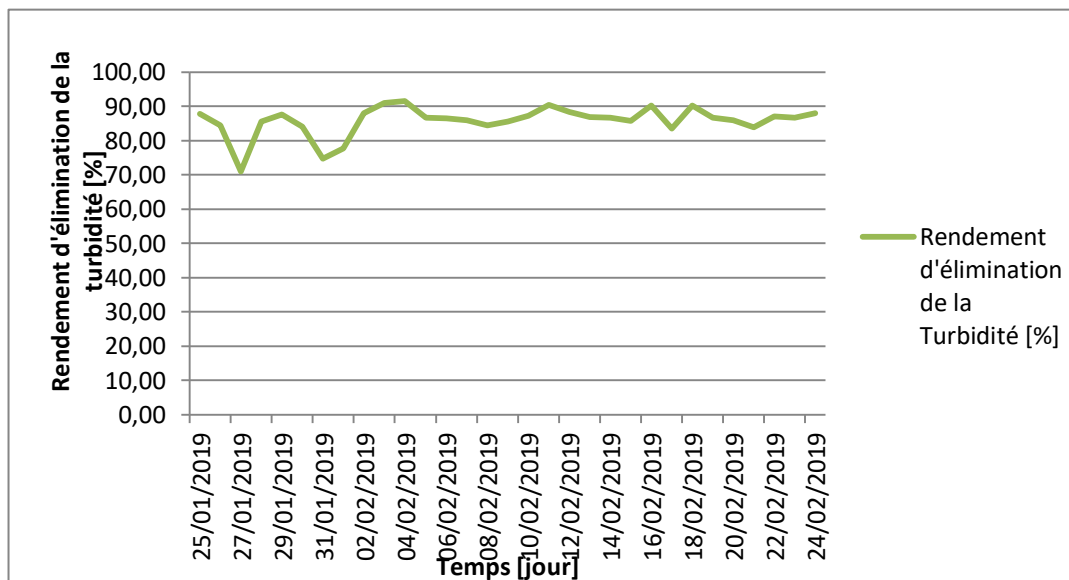


Figure N° 30: Rendement d'élimination de la turbidité

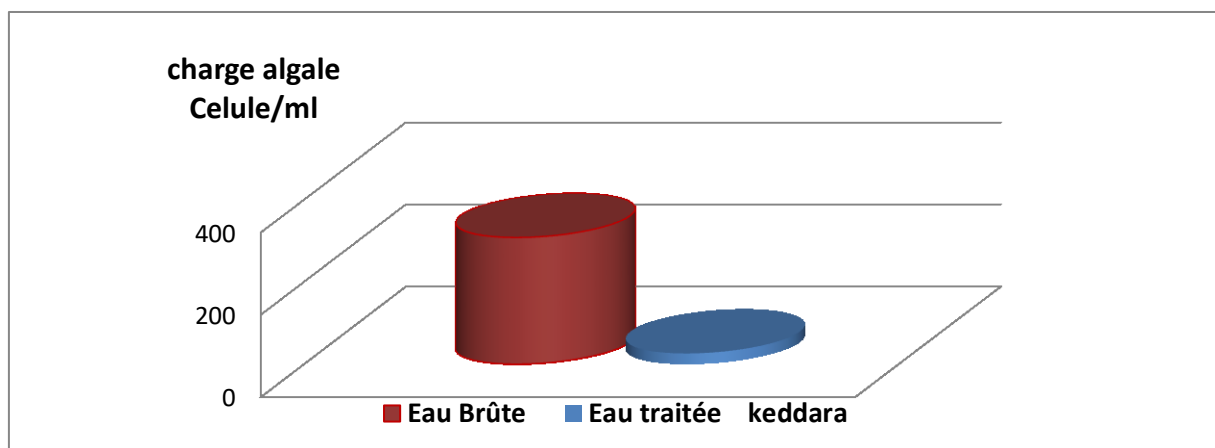


Figure N° 31: La charge algale

➤ Commentaires et discussions

A la lumière des données qui sont dans les tableaux (annexe N°9,12,15) On en déduit que :
 Traitement très satisfaisant au point de vue abattement de turbidité et algues :

- Turbidité : 86%
 - Matières organique : 15 %
 - Algues : 92%
 - Chlorophylle a : 100 %
- Chloration très satisfaisante.
 - Seuil de gout des eaux traitée =1
 - Absence du manganèse.
 - concentration d'aluminium dissous est inférieure à 0.1 mg/l.

Toutes les analyses bactériologique et physico-chimique sont conformes à la norme de potabilité Algérienne et OMS.

Mois : Mars-2019

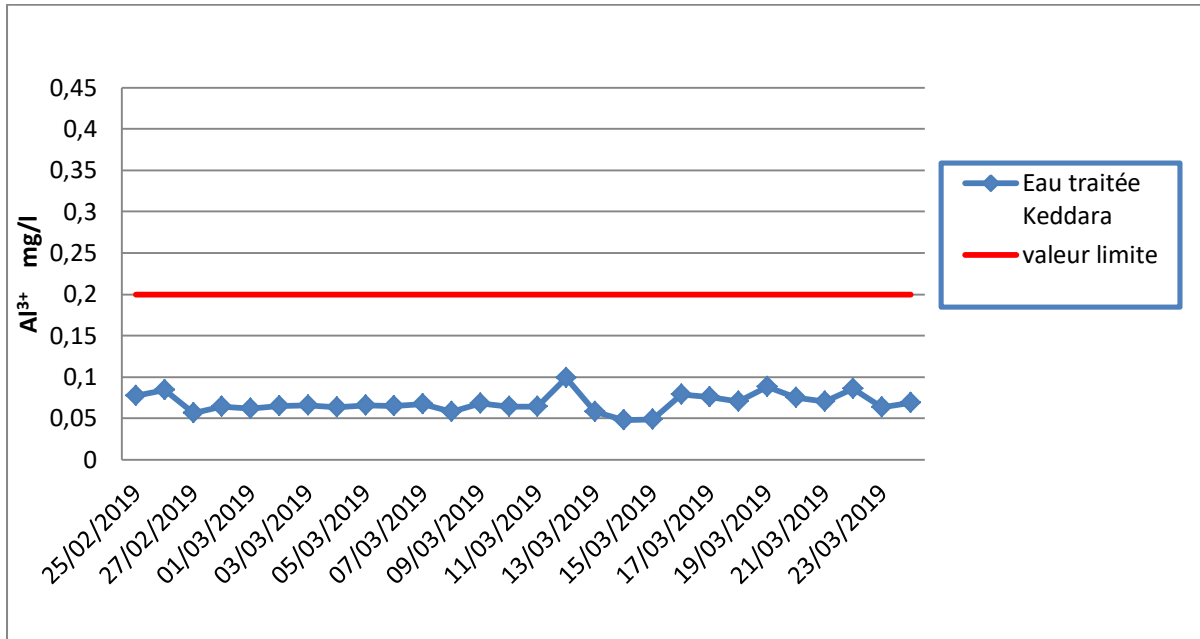


Figure N° 32: Evolution de la concentration d'aluminium résiduel

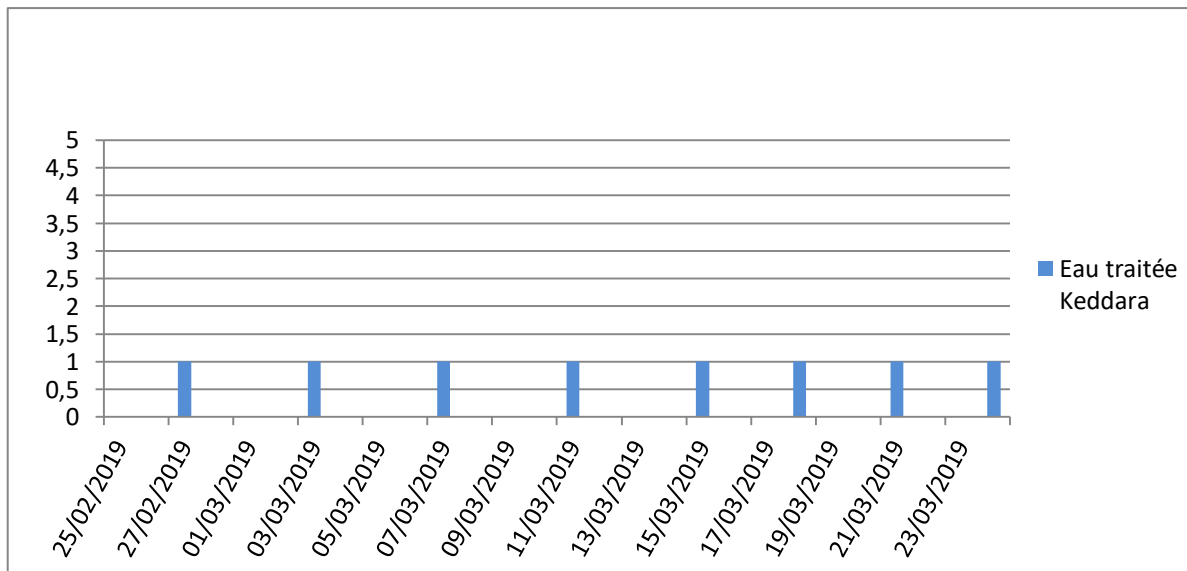


Figure N° 33: Evolution du seuil du gout

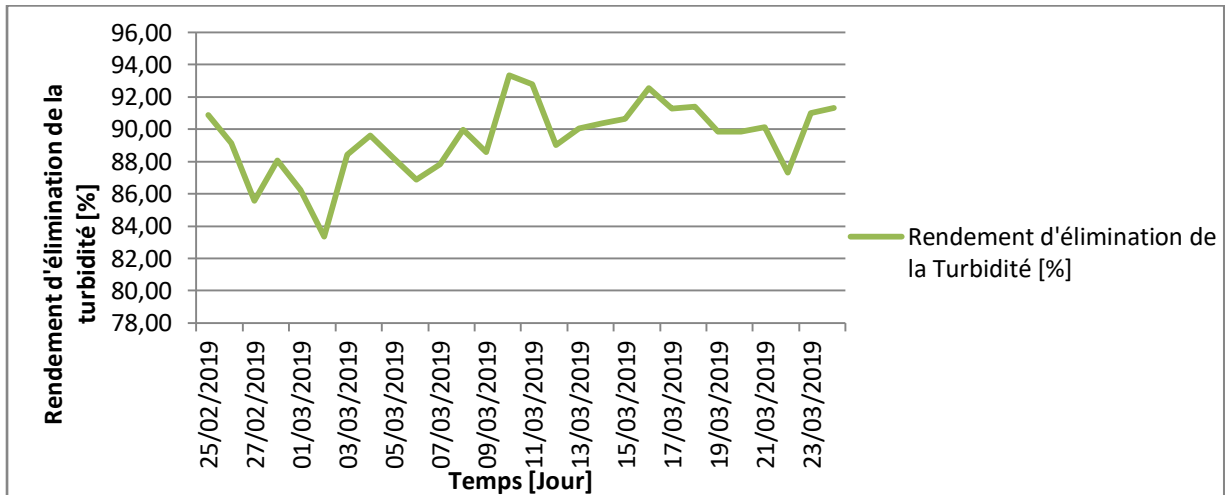


Figure N° 34: Rendement d'élimination de la turbidité

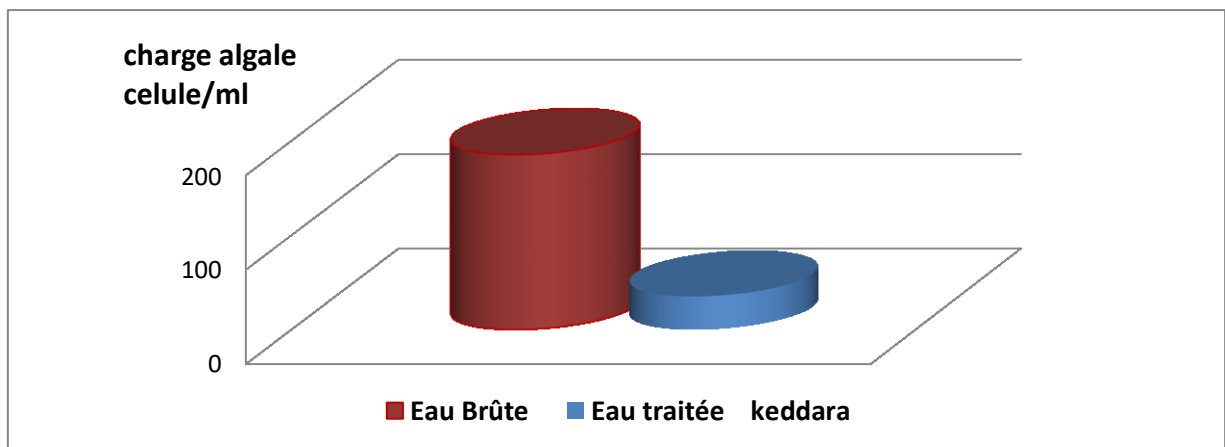


Figure N° 35: La charge algale

➤ Commentaires et discussions

A la lumière des données qui sont dans les tableaux en annexe N°10,13,15, on en déduit que

- Traitement très satisfaisant au point de vue abattement de turbidité et algues :
 - Turbidité : 90 %
 - Matières organique : 22.8 %
 - Algues : 81%
 - Chlorophylle a : 100 %
- Chloration très satisfaisante.
- Seuil de gout des eaux traitée =1
- Absence du manganèse.
- concentration d'aluminium dissous est inférieure à 0.1 mg/l.

Toutes les analyses bactériologique et physico-chimique sont conformes à la norme de potabilité Algérienne et OMS.

Mois : Avril-2019

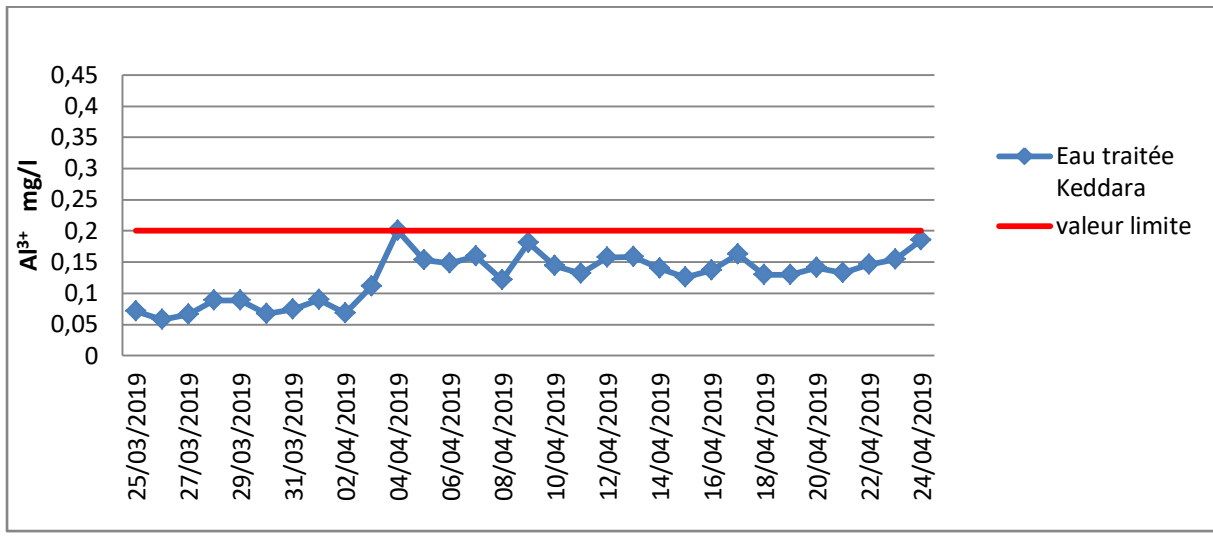


Figure N° 36: Evolution de la concentration d'aluminium résiduel

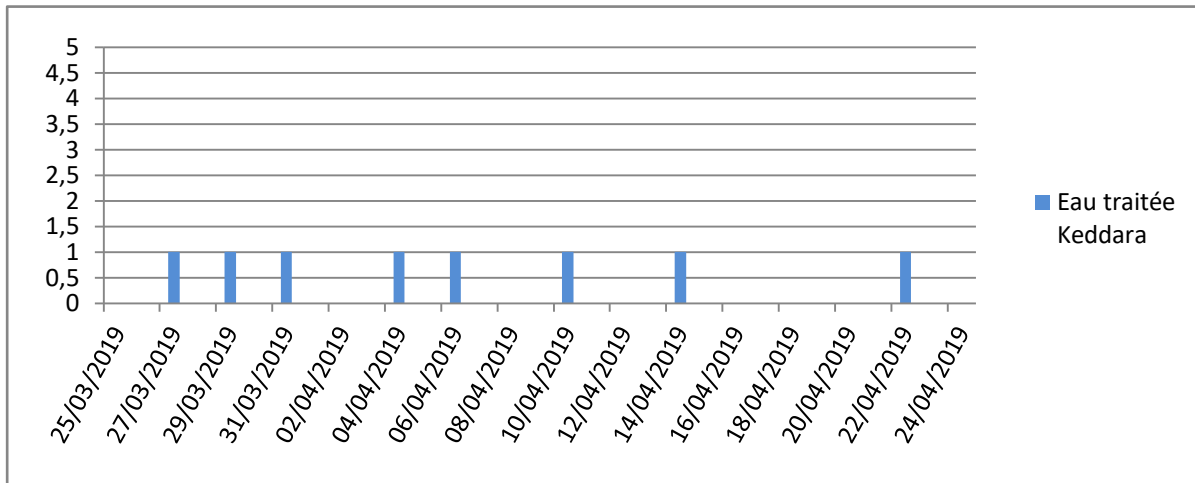


Figure N° 37: Evolution du seuil du gout

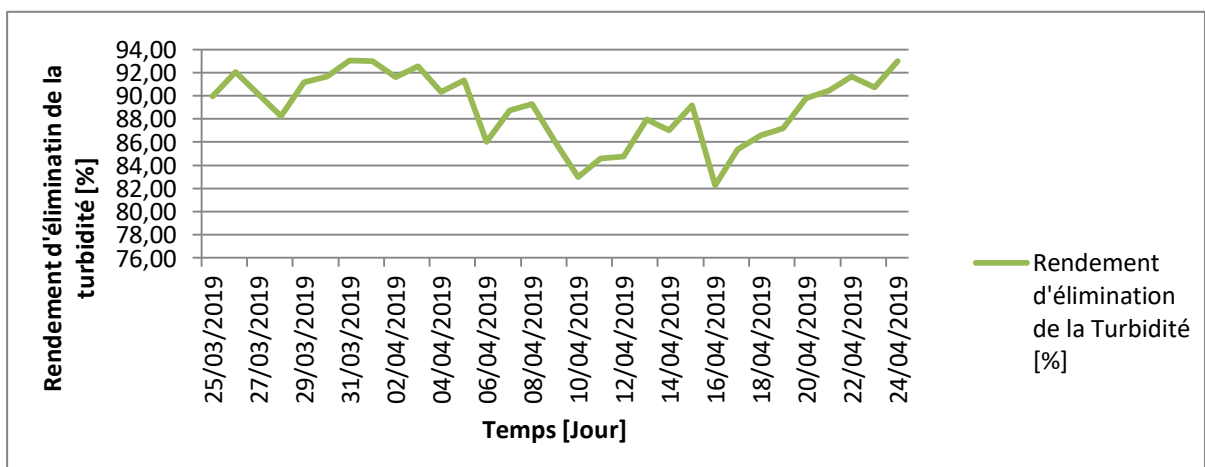


Figure N° 38: Rendement d'élimination de la turbidité.

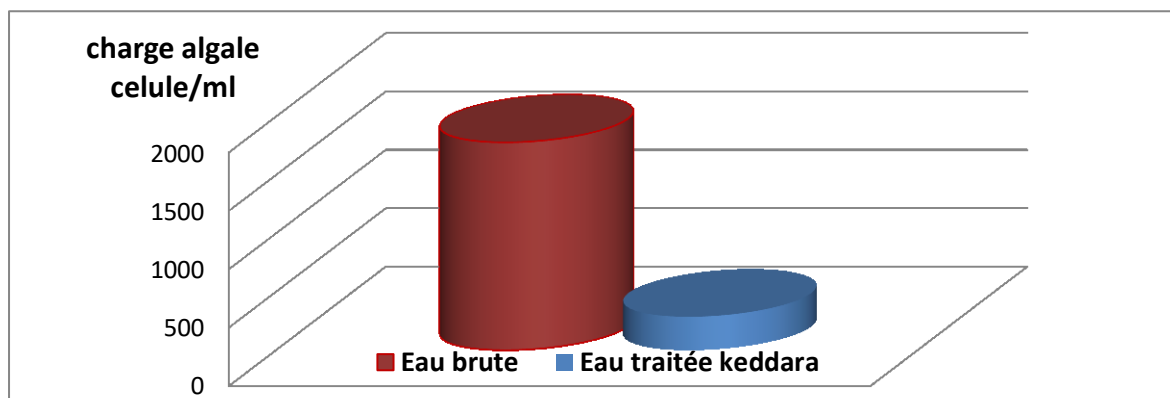


Figure N° 39: Evolution du seuil du gout

➤ Commentaires et discussions

A la lumière des données qui sont sur le tableau en annexe N°11 ,14,15, on en déduit que :

- Traitement très satisfaisant au point de vue abattement de turbidité et algues :
 - Turbidité : 89 %
 - Matières organique : 29 %
 - Algues : 73 %
 - Chlorophylle a : 100 %
- Chloration très satisfaisante.
- Seuil de gout des eaux traitée =1
- Absence du manganèse.
- concentration d'aluminium dissous est supérieure à 0.1 mg/l

Toutes les analyses bactériologique et physico-chimique sont conformes à la norme de potabilité Algérienne et OMS.

V.2.Optimisation de la dose de charbon actif en poudre pour l'élimination des matières organiques :

V.2.1. Essai de la détermination de la dose optimale de charbons en poudre pour l'élimination des matières organiques :

Les échantillons d'eaux brutes enrichies avec des doses croissantes en charbons actifs en poudre, les différentes doses comprises entre 5 et 30 mg/l, sont soumis pendant 2minutes à une agitation rapide de 180 tr/min, la vitesse est par la suite réduite à 40 tr/min pour une durée 18 minutes. C'est une phase plus longue d'agitation lente. Le surnageant est récupéré après un temps de décantation de 30 minutes pour être filtré sous vide sur membrane de porosité 0,45 µm, le filtrat et ensuite analysé pour déterminé les divers paramètres les plus indicatifs de

cette étape (Turbidité, Matière Organique, Absorbance). Les résultats des essais obtenus sont regroupés dans le tableau N°4.

Tableau N° 4: Résultat d'essais de la détermination de la dose optimale de charbons actifs en poudre

Caractéristique de l'eau Brute a traité :						
pH	Conductivité (µs/cm)	UV abs/254 (nm)	Température (°C)	Turbidité (NTU)	Oxydabilité mg/l O₂ Consommé	
8.03	1047	0.089	14.9	9.20	3.40	
Essai N°1:						
Dose de CAP mg/l	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>15</u>	<u>20</u>	<u>25</u>	<u>30</u>
Turbidité (NTU)	3.37	3.02	2.90	2.17	2.36	3.20
Absorbance UV 254 nm	0.049	0.045	0.039	0.042	0.043	0.045
Oxydabilité mg/l O ₂ Consommé	1.26	1.18	0.79	0.79	0.79	0.79
Caractéristique de l'eau Brute a traité :						
pH	Conductivité (µs/cm)	UV abs/254 (nm)	Température (°C)	Turbidité (NTU)	Oxydabilité mg/l O₂ Consommé	
8.01	1052	0.078	15.20	9.34	2.72	
Essai N°2 :						
Dose de C.A.P mg/l	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>15</u>	<u>20</u>	<u>25</u>	<u>30</u>
Turbidité (NTU)	3.35	3.15	2.08	1.57	2.17	3.37
Absorbance UV 254 nm	0.039	0.038	0.037	0.035	0.033	0.032
Oxydabilité mg/l O ₂ Consommé	1.75	1.58	1.02	0.79	0.79	1.82

Essai N°1

Les résultats d'évaluation de la détermination du rendement d'élimination des matières organiques obtenus sont regroupés dans la figure N°40.

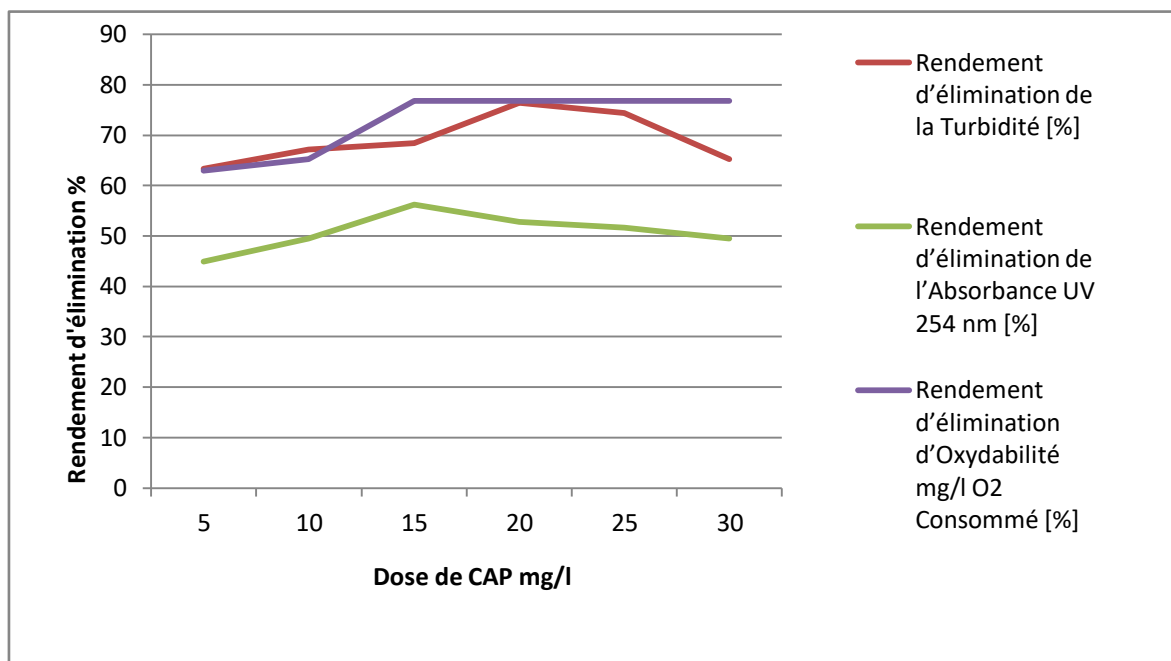


Figure N° 40: Dose optimale de charbon actif en poudre

Commentaires et discussion

A la lumière des données de l'essai N°1 :

- On déduit que la dose optimale de charbon actif en poudre à ajouter est de 20 mg/l. Nous pouvons constater que le rendement d'élimination des matières organiques s'améliore avec l'augmentation de la dose de l'adsorbant jusqu' à 20 mg/l de charbon actif en poudre introduit. Le pourcentage d'élimination des matières organique oxydable par KmnO_4 s'atteint alors une valeur de 76,76 %.Au-delà de cette dose optimale de l'adsorbant, le rendement reste constant.
- Par ailleurs, Nous constatant que le rendement d'abattement de l'absorbance UV 254 nm s'améliore avec l'augmentation de la dose de l'adsorbant jusqu' à 15 mg/l de charbon actif en poudre introduit. Le pourcentage d'élimination atteint alors une valeur de 56,18 %.

Essai N°2

Les résultats d'évaluation de la détermination du rendement d'élimination des matières organiques obtenus sont regroupés dans la figures N°41.

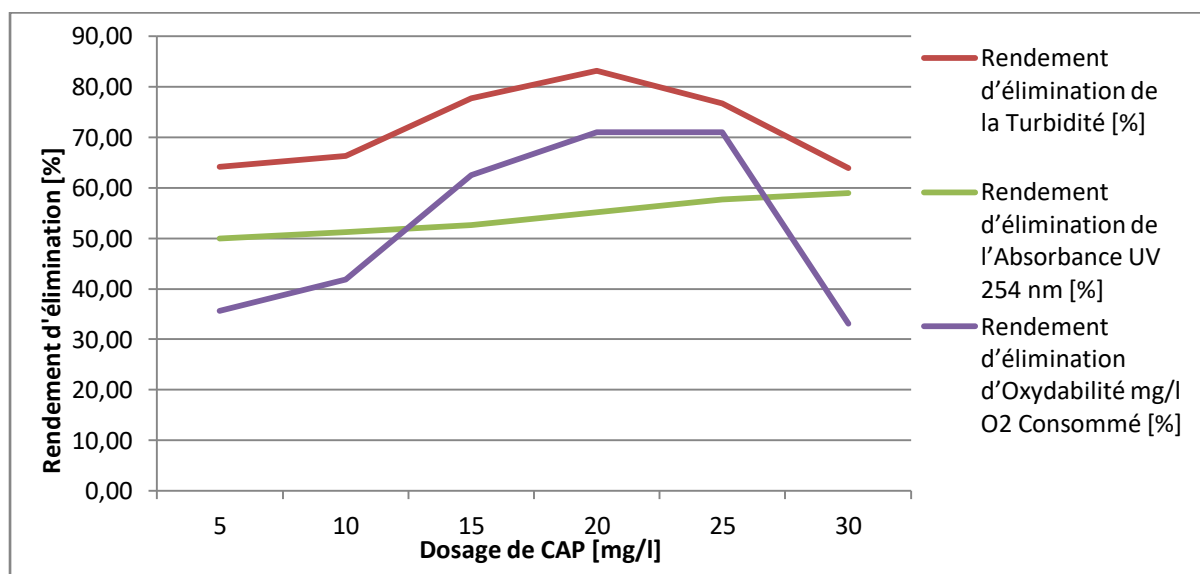


Figure N° 41: Dose optimale de charbon actif en poudre

A la lumière des données de l'essai N°2 et le graphe :

- On déduit que l'élimination des matières organiques est appréciable atteint alors une valeur de 70,96 % à la dose optimale de charbon actif de 20 mg/l à 25 mg/l. Nous constatons que le rendement d'élimination des matières organiques s'améliore avec l'augmentation de la dose de l'adsorbant jusqu' à 20 mg/l de charbon actif en poudre introduit, le rendement reste constant à 25 mg/l, Au-delà de cette dose optimale de l'adsorbant le rendement est diminué, cette diminution des rendements peut être justifiée par saturation des sites d'adsorption de charbon actif en poudre.
- Nous pouvons observer que les rendements d'élimination de l'Absorbance UV 254 nm subissent des variations significatives au fur et à mesure que les doses de charbon actif augmentent, En effet les rendements d'élimination sont très importants au dose de charbon actif en poudre égale à l'optimale 30mg/l, Par ailleurs, si on prend en considération le rendement d'élimination de la turbidité à cet effet les rendements d'élimination sont très importants au dose de 20mg/l.

V.2.2. Optimisation des conditions opérationnelles de charbon actif en poudre :

V.2.2.1. Optimisation de pH :

Pour cet essai, on fait varier le pH d'échantillons d'eau brute contenant des concentrations constantes de charbon actif (20 mg/l). Les résultats sont regroupés dans le tableau N°5.

Tableau N° 5: Optimisation de pH

Caractéristique de l'eau Brute a traité :						
pH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	UV abs/254 (nm)	Température (°C)	Turbidité (NTU)	Oxydabilité mg/l O₂ Consommé	
7.96	1059	0.066	16.10	4.84	1.70	
La dose optimale de charbons actifs en poudre est 20 mg/l						
Dose de C.A.P mg/l	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>
pH	<u>6.50</u>	<u>6.75</u>	<u>7.00</u>	<u>7.30</u>	<u>7.50</u>	<u>7.80</u>
Turbidité (NTU)	0.59	0.57	0.57	0.46	0.56	1.12
Absorbance UV 254 nm	0.035	0.035	0.036	0.034	0.037	0.037
Oxydabilité mg/l O ₂ Consommé	0.62	0.70	0.62	0.78	1.01	1.17

- Les résultats d'évaluation de la détermination du rendement d'élimination des matières organiques obtenus sont regroupés dans le graphe ci-après (figure N°42)

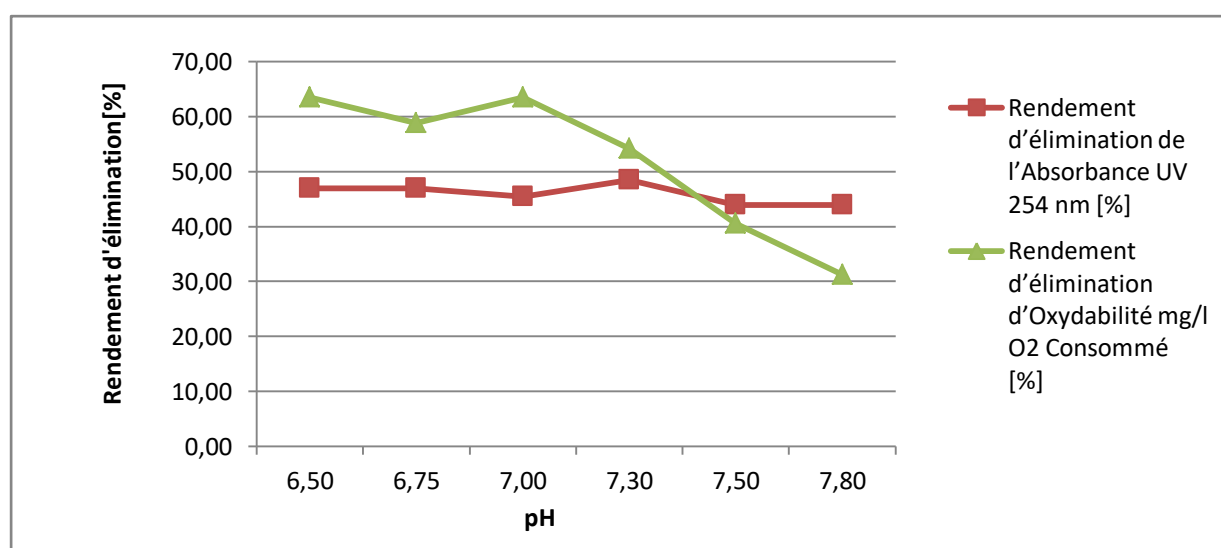


Figure N° 42: Rendement d'élimination de matière organique en fonction de pH

La courbe représente l'évolution des rendements d'élimination des matières organiques en fonction du pH, Les résultats obtenus montrent que les rendements d'élimination sont très importants au pH légèrement acide, et au pH proche de neutralité, en effet nous observons un rendement d'élimination maximal de 63,53 % des MO oxydables par KmnO_4 pour une plage de pH [6.50, 7.00].

V.2.2.2.Optimisation de temps de contact :

Cet essai est effectué par la mise en contact de la dose optimale de charbons actifs en poudre obtenue précédemment et pH optimal à des intervalles de temps différents, un échantillon de l'eau brute contenant une concentration constante de charbon actif (20 mg/l), en faisant varier le temps de contact. Les résultats des essais de jar-test, obtenus après ajout de chaque dose, sont regroupés dans le tableau N°6.

Tableau N° 6:optimisation de temps de contact

pH	Conductivité (µs/cm)	UV abs/254 (nm)	Température (°C)	Turbidité é (NTU)	Oxydabilité mg/l O ₂ Consommé
7.98	1062	0.075	16.4	4.39	1.67
Optimisation de temps de contact					
Dose de C.A.P mg/l	<u>20</u>		<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>
pH	<u>7</u>		<u>7</u>	<u>7</u>	<u>7</u>
Temps de contact [Minutes]	<u>15</u>		<u>20</u>	<u>25</u>	<u>30</u>
Turbidité (NTU)	1.30		0.70	0.63	0.61
Absorbance UV 254 nm	0.034		0.034	0.037	0.031
Oxydabilité mg/l O ₂ Consommé	1.30		0.90	0.80	0.75

- Les résultats d'évaluation de la détermination du rendement d'élimination des matières organiques obtenus sont regroupés le graphe ci-après.

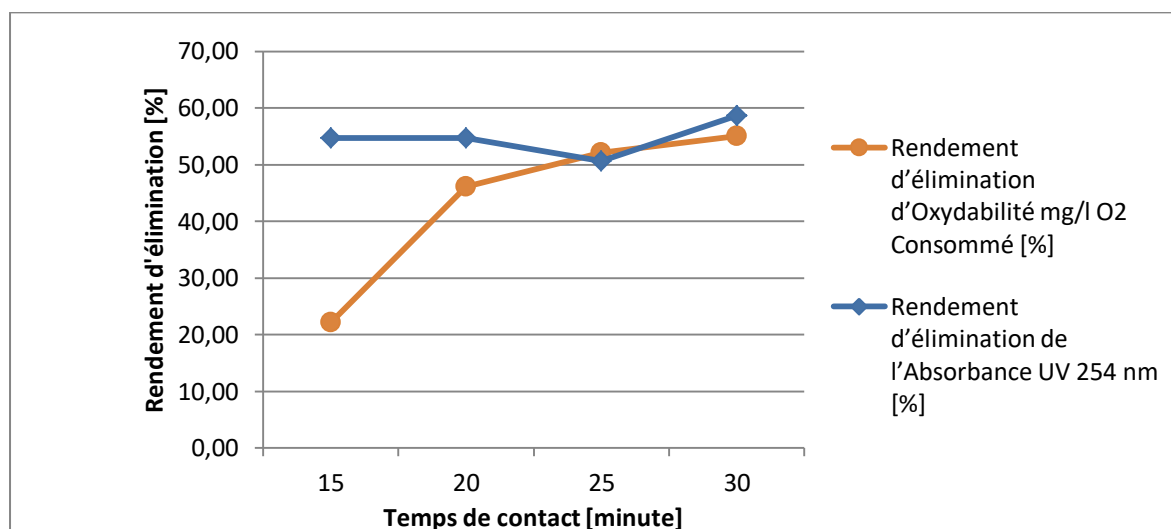


Figure N° 43: Rendement d'élimination de matière organique en fonction de temps de contact

La courbe représente l'évolution des rendements d'élimination des matières organiques en fonction du temps de contact de charbon actif en poudre, Les résultats obtenus montrent que les rendements d'élimination sont significatifs après un temps de contact de 15 minute et sont très importants après un temps de contact de 30 minutes, en effet nous observons un rendement d'élimination maximal de 55,09 % pour un temps de contact de 30 minutes.

V.2.3. Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif en poudre :

Nous avons testé au cours de cet essai le rôle de charbon actif en poudre en combinaison avec le coagulant sulfate d'aluminium. On va déterminer en premier temps :

- la dose optimale de coagulant sulfate d'aluminium ;
- la dose optimale de flocculant,

V.2.3.1 Essai de la détermination de la dose optimale de coagulant sulfate d'aluminium :

Au cours de cet essai, l'échantillon d'eau brute avec des doses croissantes en sulfate d'aluminium (30 à 80 mg/l), pour des conditions d'agitation des essais de Jar Test décrite précédemment, et nous avons déterminé les divers paramètres les plus indicatifs de cette étape (Turbidité, pH). Les résultats des essais de jar-test, obtenus après ajout de chaque dose, sont regroupés dans le tableau N°7.

Tableau N° 7: Résultats d'optimisation de la dose de coagulant

<u>Caractéristique de l'eau Brute a traité :</u>						
pH	Conductivité (µs/cm)	UV abs/254 (nm)	Température (°C)	Turbidité (NTU)		
7.99	1050	0.088	15.00	8.85		
<u>Essai de jar test : détermination de la dose optimale de coagulant sulfate d'aluminium</u>						
Dose de S.A mg/l	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	<u>60</u>	<u>70</u>	<u>80</u>
Turbidité (NTU)	3.44	2.15	1.32	1.45	1.6	1.9
Absorbance UV 254 nm	/	/	0.040	/	/	/
pH	7.70	7.56	7.40	7.37	7.30	7.25

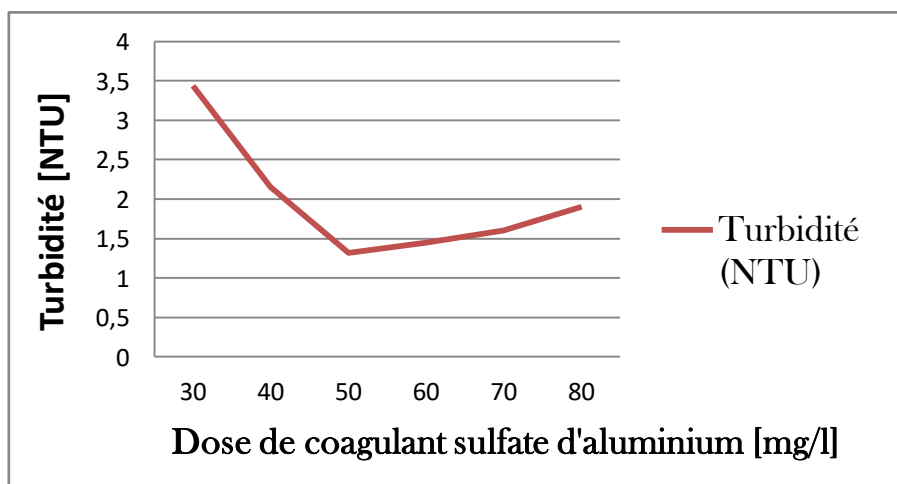


Figure N° 44: évolution de la turbidité en fonction de la dose de coagulant ajouté

- A la lumière des données de l'essai et le graphe, On en déduit que la dose optimale de coagulant à ajouter est de 50 mg/l

V.2.3.2. Essai de la détermination de la dose optimale de flocculant :

Au cours de cet essai, l'échantillon d'eau brute contenant une concentration constante de la dose optimale de sulfate d'aluminium, est flocculé avec des doses croissantes de flocculant (0.025 à 0.15 mg/l), pour des conditions d'agitation des essais de Jar Test décrites précédemment, et nous avons déterminé les divers paramètres les plus indicatifs de cette étape (Turbidité, pH). Les résultats des essais de jar-test, obtenus après ajout de chaque dose, sont regroupés dans le tableau N°8.

Tableau N° 8: optimisation de la dose de polyélectrolyte

Dose de S.A mg/l	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>
Dose de P.E mg/l	<u>0.025</u>	<u>0.05</u>	<u>0.075</u>	<u>0.1</u>	<u>0.125</u>	<u>0.15</u>
Turbidité (NTU)	1.75	1.22	0.98	1.02	1.19	1.27
pH	/	/	7.38	/	/	/
Absorbance UV 254 nm	/	/	0.038	/	/	/

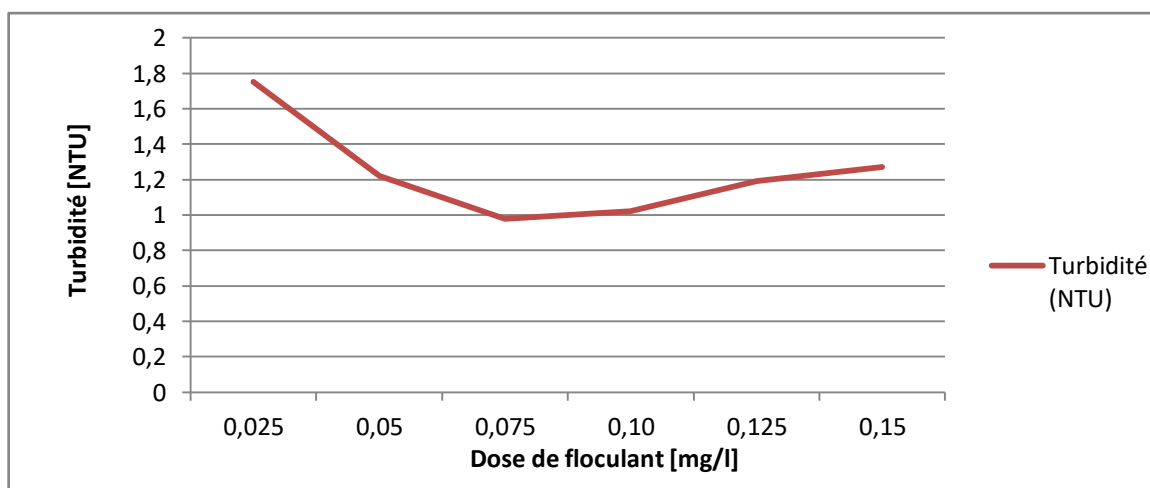


Figure N° 45: Evolution de la turbidité en fonction de la dose de flocculant ajouté

- A la lumière des données de l'essai et le graphe figure N°45, on en déduit que la dose optimale de flocculant est de 0,075 mg/l

V.2.3.3. Essai de Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif :

Un échantillon de l'eau brute contenant une concentration constante de la dose optimale de coagulant sulfate d'aluminium 50 mg/l, et les doses de charbon actif en poudre sont variables comprises entre 5 et 30 mg/l au pH de l'eau brute (sans variation de pH). Les conditions opérationnelles des essais de Jar Test sont celles qui décrite précédemment, et nous avons déterminé les divers paramètres les plus indicatifs de cette étape (Turbidité, Oxydabilité mg/l O₂ Consommé, UV.).

- Les résultats des essais de jar-test, obtenus après ajout de chaque dose, sont regroupés dans le tableau N°9.

Tableau N° 9: Essai de Jar test Combinaison sulfate d'aluminium / charbon actif

L'Oxydabilité (mg/l O ₂ Consommé) = 1,86 mg/l						
Dose de S.A mg/l	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>
Dose de C.A.P mg/l	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>15</u>	<u>20</u>	<u>25</u>	<u>30</u>
Turbidité (NTU)	2.48	2.35	1.65	1.53	1.72	1.85
Absorbance UV 254 nm	0.050	0.042	0.041	0.045	0.046	0.047
Oxydabilité mg/l O ₂ Consommé	1.00	0.75	0,39	0. 41	0.55	0.63

- Les résultats d'évaluation de la détermination du rendement d'élimination des matières organiques obtenus sont regroupés dans le graphe ci-après.

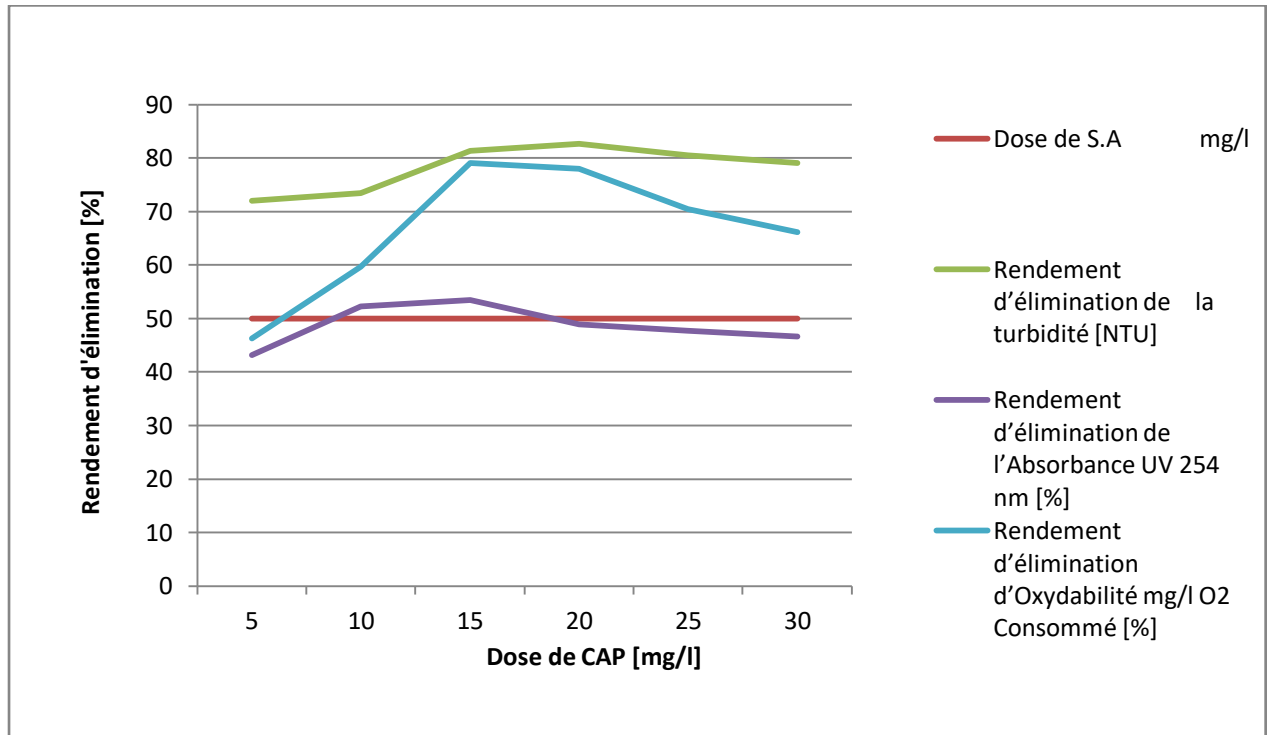


Figure N° 46:rendement d'élimination de matière organique en fonction de dose de charbon actif

Commentaires et discussion :

Au cours de cette étape, nous avons voulu tester l'efficacité de la combinaison charbon actif/sulfate d'aluminium sur l'élimination des matières organiques. Nous observons que les rendements d'élimination des matières organique subissent des variations significatives au fur et à mesure que les doses de charbon actif augmentent, En effet, le taux d'élimination est de 79,03% pour les matières organique oxydable au permanganate, et à 53,41% pour absorbance UV à 254 inférieur à la dose l'optimale de charbon actif qui est de 20 mg/l ce qui représente des économies de charbon actif.

Conclusion

Conclusion

Le travail que nous avons effectué au niveau de la station de potabilisation des eaux du barrage de Keddara (SEAL Boudouaou), avait pour premier objectif l'évaluation de l'efficacité des procédés de la station. Les analyses physico-chimiques effectuées nous ont permis de conclure que l'eau répond aux normes Algérienne et celles de l'OMS de potabilité, et peut être consommée sans aucun risque. Et pour un deuxième objectif l'optimisation de la dose de charbon actif en poudre pour l'élimination de composés organiques naturels.

Ce travail nous a permis de faire une application des procédés classiques de potabilisation (coagulation-floculation, combinaison avec adsorption sur CAP) sur une eau de surface algérienne, l'eau de barrage de Keddara qui alimente la station de traitement SAAL Boudouaou.

L'utilisation des matériaux adsorbants, combinés au coagulant à une dose optimale, et dans des conditions optimales (pH, temps de contact) est bénéfique, et on peut conclure que le charbon actif en poudre est très performant, car les rendements atteignent des valeurs maximales voisines de 80% .

Les résultats que nous avons obtenus ce qui concerne l'influence du pH sur l'élimination des matières organiques indiquent que le rendement d'abattement optimal est obtenu dans des conditions de pH de l'eau brute (sans nécessité d'ajustement).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] BERTRAND.G, Utiliser L'eau De Pluie, Editions Eyrolles, 2008.
- [2] RAYMOND DESJARDIN le traitement des eaux 2^{ème} édition 1990.
- [3] DEGREMONT, Mémento technique de l'eau », 2^{ème} édition Tom1, (2005).
- [4] A.KHADRAOUI, S .TALEB, Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité-pollution et impact sur le milieu), (2008).
- [5] DEGREMONT, Mémento technique de l'eau, 1^{ère} édition, (1952).
- [6]A. DUPONT , Hydrologie-captage et traitement des eaux, HYDRAULIQUE, Tome 1, 5^{ème} édition, Paris (1981)
- [7] JEAN RODIER . (2005)
- [8] H.TARDATH et J.P.BEAUDRY, chimie des eaux, les griffons d'argile, (1984).
- [9] H.TARDATH et J.P.BEAUDRY, chimie des eaux, les griffons d'argile , (1984).
- [10] HENRI ROQUE, Fondement théorique du traitement chimique des eaux vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).
- [11]LAPEGUE & RIBSTEIN,(2006).
- [12] JEAN RODIER, l'analyse de l'eau (1996).
- [13]BONTOUX,(1983).
- [14]Technique de la gestion et de la distribution de l'eau (2009).
- [15]DEGREMONT, Mémento technique de l'eau », tome 2 (1989).
- [16] CIDF Centre International De Formation. Principes généraux de traitement des eaux, Lyonnaise des Eaux (2000).
- [17] W.J. Masschelein Processus, unitaires du traitement de l'eau potable. Editeur : Cebedoc (1999).

[18] CLAUDE CARDDOT les traitement de l'eau pour l'ingénieur. procédés physico-chimique et biologique Cours et problèmes résolus(2010)

[19] JEAN RODIER, analyse de l'eau 3^{ème} édition (2009).

[20] C. CARDOT. Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses edition Marketing S.A,(1999).

[21] TARDAT-HENRY et BEADRY(1984) ; Petitjean et Gruau, (2005).

LES ANNEXES

Anexe N°1 : mode opératoire gout,

Les échantillons doivent être prélevés dans des récipients en verre convenablement nettoyés.

Les flacons seront rincés avec l'eau à prélever puis remplis complètement. L'examen doit être pratiqué le plus rapidement possible après le prélèvement.

L'échantillon peut éventuellement être conservé sous réfrigération pendant 24 h, mais pas au-delà de 48 h.

Principe :

Cette mesure repose sur la finesse du sens gustatif de l'opérateur. L'eau est diluée avec de l'eau sans gout (« eau de référence »). La dégustation est effectuée en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du gout.

Mode opératoire :

- S'assurer que les échantillons sont sans danger pour les opérateurs. s'il y a un doute sur la présence de micro-organismes nocifs, ou de substances toxiques à une concentration toxique, ne pas réaliser l'essai.
- Effectuer les dégustations dans un local réservé à cet usage et s'assurer de la propreté rigoureuse de la verrerie employée. Avant chaque dégustation, l'opérateur se rince la bouche avec de l'eau de référence. Effectuer la dégustation à 23 ± 2 °C.
- Dégustation : pour déguster, l'opérateur prendra de l'eau en quantité suffisante dans sa bouche (15 ml environ) pour l'imprégner en totalité. Prendre un peu d'eau dans la bouche et la faire voyager d'un côté à l'autre puis la rejeter.
Ne pas avaler les échantillons. La dégustation porte sur les dilutions suivantes et débute par les solutions les plus diluées. Utiliser pour les dilutions la même eau que celle confiée à l'opérateur.
Lorsque le seuil de gout est atteint, l'opérateur se rince la bouche et recommence la dégustation avec la dilution correspondante ceci permet de vérifier la validité de son impression.

Annexe N°2 : Dosage de l'aluminium Résiduel Al^{3+}

Réactifs :

- Acide ascorbique,
- Indicateur coloré Eriochrome cyanine R :
- Solution $Na_2S_2O_2$,
- Solution de H_2SO_4 à 0.04 N,
- Solution tampon pH=6.2,
- Solution étalon 0.1 mg/L à partir de la solution mère d' Al^{3+} à 1 g/L.

Préparation des solutions :

- Solution Eriochrome cyanine ($C_2H_{15}NaO_9$) On pèse 2.5g d'Eriochrome, dissoudre dans 250 mL d'eau distillée + 1 mL CH_3COOH concentré 1 N.

- Solution tampon pH=6.2 : On pèse 37.2 g d'acétate d'ammonium + 12 mL de CH_3COOH dans 1L E.D puis on contrôle le pH à 6.2 (18.6 g \implies 500 ml E.D)

Mode opératoire : Dans trois fioles de 50ml on introduit dans chacune d'elle :

- 1ère : 25 mL d'eau à analyser (eau traitée)
- 2ème : 25 mL de l'étalon à 0.1 mg/L
- 3ème : 25 mL eau distillée. On rajoute dans chaque fiole :
 - 1 goutte $Na_2S_2O_3$ pour faire échapper le chlore si présent.
 - 1 mL H_2SO_4 à 0.04 N.
 - 10 mL de la solution tampon pH = 6.2
 - 5 mL d'Eriochrome cyanine R.
 - Compléter chaque fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
 - On fait la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 535 nm de l'eau à analyser.

Anexe N°3 :Analyse bactériologique :

L'eau analysée en utilisant la méthode du nombre le plus probable NPP.

❖ Principe de la technique :

Cette méthode permet de révéler de plus faibles quantités de germes que la plupart des méthodes de numération en milieu solide. Elle repose sur une analyse statistique et fournit par calcul des nombres les plus probables.

Les milieux de cultures utilisés :

Bouillon de Rothe : utilisé pour effectuer le **test présomptif** de recherche et de dénombrement des *entérocoques* dans les eaux d'alimentation. (BIOKAR)

Bouillon de Litsky : Le bouillon de Litsky à l'éthyle-violet est utilisé pour effectuer le **test confirmatif** de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux d'alimentation, par la méthode du nombre le plus probable. (BIOKAR)

Bouillon de Lauryl : Ce milieu est utilisé pour le **test présomptif** des coliformes d'enrichissement sélectif

utilisé pour la recherche et le dénombrement des *coliformes* dans les eaux par la méthode de NPP. Le lauryl sulfate de sodium inhibe le développement de la flore secondaire contaminante.

Bouillon vert brillant : Test confirmatif pour les coliformes totaux.

Bouillon EC medium : Test confirmatif pour les coliformes fécaux.

Modes opératoire :

a) Analyses des coliformes fécaux et totaux :

• **Test présomptif :** (on utilise un échantillon de volume de 100 ml)

Dans 9 tubes contenant le milieu **Lauryl**, on transfère avec une pipette stérile, respectivement **10ml, 1ml, 0,1ml** de l'échantillon bien homogénéisé, et on mélange le contenu de ces 9 tubes de façon à obtenir une répartition homogène de l'inoculum et du milieu. Finalement les tubes sont incubés à **37°C** pendant **48 h**.

Les **tubes présentant un trouble avec production du gaz dans la cloche sont positifs** .

- **Test confirmatif :**

On procède à la confirmation de chaque culture provenant des tubes ayant donné une réaction positive, en ensemençant à l'aide d'une anse bouclée le bouillon lactosé au **vert brillant** pour les coliformes totaux et l'**ECmedium** pour les coliformes fécaux.

Les coliformes totaux sont incubés à **37°C** pendant **48h**.

Les coliformes fécaux sont incubés à **44°C** pendant **24h**.

- **Lectures des résultats :**

Les tubes présentant un trouble avec dégagement du gaz dans la cloche sont positifs, ils confirment la présence des coliformes, On compte le nombre de séries de tubes positifs et le nombre de tubes négatifs et on obtient les résultats en extrapolant sur la table de MAC GRADY. la formule utilisée est la suivante.

$$N = (NPP / V_{\text{ensemencé}}) * FD$$

Avec: NPP: nombre le plus probable trouvé dans la table de MAC CRADY.

FD : le facteur de dilution :égale à l'inverse de la dilution la plus faible.

N : nombre de bactéries exprimée en coliformes/ml.

Si on travaille sans dilution le N sera égale au NPP trouvé sur la table de MAC GRADY.

- b) Analyse des streptocoques fécaux :**

on utilise le bouillon de Rothe (on procédant le meme mode opératoire que les coliformes) pour le test

précomptif, les tubes sont incubés à **37°C** pendant **48h**. le bouillon Litsky utilisé pour le test confirmatif.

- **Lectures des résultats :** après 48h d'incubation, les tubes de Litsky présentant un trouble avec **dépôt violet** au fond sont positifs.

- Analyse bactériologiques d'eau traitée :**

L'analyse bactériologique de l'eau traitée est effectuée par la technique de **la membrane filtrante** et celle de **l'incorporation en gélose**. Cette analyse est effectuée de façon quotidienne afin de s'assurer du fonctionnement correcte de la station de traitement.

- ❖ **Principe de la technique de la membrane filtrante :**

C'est la plus utilisée au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matières en suspension et un nombre relativement faible de germes (Eaux traitées).

Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité 0,45/ 0,2 µm, susceptible de retenir les bactéries (RODIER et al.1997). Un échantillon de 100 ml d'eau est filtré sur cette membrane, et est déposée à la surface d'un milieu gélosé. Après incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en **UFC/100ml**.

- les milieux de cultures utilisés :**

- ❖ **Le Tergitol 7 TTC :**

Ce milieu permet d'effectuer la recherche et le dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries **coliformes** dans les eaux, notamment celles destinées à la consommation humaine par la méthode de la membrane filtrante. Le Tergitol 7 inhibe la croissance des microorganismes à Gram positif, limite l'envahissement par les Proteus et favorise la récupération des coliformes. Ces derniers présentent des colonies de coloration jaune, à l'intérieur d'un halo jaune visible sous la membrane. Celui-ci est provoqué par l'acidification du lactose en présence de l'indicateur coloré, le bleu de bromothymol. Les germes qui ne fermentent pas le lactose présentent des colonies entourées d'un halo bleu. Les autres microorganismes présentent des colonies dont la coloration rouge est due à la réduction du TTC en formazan insoluble.

- ❖ **Milieu Slanetz :**

C'est un milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des *entérocoques intestinaux*

(streptocoque fécaux) dans les eaux d'alimentation, par la technique de la membrane filtrante. L'azide de sodium permet d'inhiber la croissance des microorganismes à Gram négatif. Le TTC est un indicateur de la croissance bactérienne. Il est réduit en formazan insoluble à l'intérieur de la cellule. Cette réaction se manifeste par l'apparition de colonies de couleur rouge à marron. (BIOKAR)

❖ **Milieu TSC :**

La gélose Tryptone-Sulfite-Cyclosérine (TSC) utilisée pour l'isolement sélectif et le dénombrement de *Clostridium* dans les eaux destinées à l'alimentation humaine. Ce milieu est également recommandé pour le dénombrement des anaérobies sulfite-réducteurs dans les denrées d'origine animale. Les microorganismes sulfite-réducteurs réduisent le sulfite de sodium en sulfure, provoquant avec le citrate ferrique un précipité noir de sulfure de fer autour des colonies. (BIOKAR)

Mode opératoire :

Analyses des coliformes totaux et fécaux :

100 ml d'eau (de robinet de la station) est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de **0,45 µm** de porosité. Cette membrane est déposée sur le milieu gélosé Tergitol 7 TTC.

- les boîtes des *coliformes totaux* ,sont incubées à **37°C** pendant **48h**.
- Les boîtes des *coliformes fécaux*, sont incubées à **44°C** pendant **24h**.

Lecture des résultats : Après incubation, sont considérées comme positives, les boîtes ayant des colonies caractéristiques de couleur jaune avec un halo jaune.

Analyse des stréptocoques fécaux :

Le mode opératoire est identique à celui des coliformes, 100 ml d'eau est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de **0,45µm** de porosité.la membrane est déposée sur le milieu gélosé Slanetz.Les boîtes sont incubées à **37°C** pendant **48h**. Toutes les colonies présentant **une couleur rouge**, rose à marron sont Considérées positives.

Analyse des anaérobies sulfite-réducteurs :

On filtre sur une membrane stérile de **0, 2µm** de porosité, 100 ml d'échantillon d'eau traitée et on dépose la membrane Sur la boîte de pétri, face retournée sur la gélose, en évitant toute incorporation d'air. On place la boîte préparée dans la jarre d'anaérobiose. Puis on l'incube à **37°C** pendant **48h**.

Lecture des résultats : On fait la lecture après 48h, en considérant toute colonie noire comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfite-réductrice.

Annexe N°3 : Evolution des paramètres physique de l'eau brute de mois de Février

Date	Temp C°	pH	Condu µs/cm	turbidité
25/01/2019	12,1	7,97	1035	14
26/01/2019	12,6	7,95	1039	11
27/01/2019	13,5	7,95	1047	9,71
28/01/2019	12,3	7,95	1031	8,62
29/01/2019	12,3	7,96	1036	9,14
30/01/2019	12,6	7,94	1033	9,7
31/01/2019	13,7	7,95	1025	9,03
01/02/2019	12,6	7,96	1019	8,98
02/02/2019	12,3	7,97	1026	9,28
03/02/2019	12,3	8	1027	10,4
04/02/2019	11,9	7,98	1015	11,4
05/02/2019	11,9	7,96	1014	11,1
06/02/2019	12,6	7,97	1018	9,92
07/02/2019	12,5	8,02	1007	8,87
08/02/2019	11,7	8,04	998	9,08
09/02/2019	12,1	7,99	1005	8,95
10/02/2019	12,3	7,99	1002	8,5
11/02/2019	12,6	7,94	1002	8,2
12/02/2019	12,3	7,96	1000	8,46
13/02/2019	11,8	8	998	8,04
14/02/2019	12,1	8,16	990	8,36
15/02/2019	12,5	8,07	990	8,3
16/02/2019	12	8,08	994	8,38
17/02/2019	11,8	8,17	988	7,98
18/02/2019	12,5	8,11	994	8,11
19/02/2019	12,2	8,22	994	8,35
20/02/2019	12,4	8,14	993	8,45
21/02/2019	12,3	8,1	997	7,9
22/02/2019	12,2	8,17	1000	7,6
23/02/2019	13,1	8,11	1004	7,71
24/02/2019	12,8	8,11	994	6,61
Min	11,7	7,94	988	6,61
Max	13,7	8,22	1047	14
Moy	12,38	8,03	1010,16	9,04

Annexe N°4 : Evolution des paramètres physique de l'eau brute de mois de mars

Date	Temp C°	pH	Condu µs/cm	turbidité
25/02/2019	12	8,17	1007	7,24
26/02/2019	12,2	8,18	1019	7,38
27/02/2019	12,8	8,12	1019	6,17
28/02/2019	13,1	8,19	1016	5,7
01/03/2019	12	8,15	1022	6,26
02/03/2019	12,7	8,19	1020	5,17
03/03/2019	13,6	8,13	1013	6,23
04/03/2019	13,2	8,14	1033	6,55
05/03/2019	12,9	8,09	1031	6,8
06/03/2019	13,8	8,07	1046	6,7
07/03/2019	14,2	8,14	1043	6,57
08/03/2019	13,6	8,12	1057	7,58
09/03/2019	12,9	8,06	1046	7,36
10/03/2019	13,2	8,03	1047	11,4
11/03/2019	13,8	8,01	1044	13,44
12/03/2019	13,3	7,93	1048	10,2
13/03/2019	13,2	8	1048	9,45
14/03/2019	13,4	8,02	1055	9,87
15/03/2019	13,8	8,07	1059	10,8
16/03/2019	13,5	8,02	1047	9,96
17/03/2019	13,3	7,99	1054	9,51
18/03/2019	13,8	7,98	1063	9,87
19/03/2019	13,8	7,97	1062	9,47
20/03/2019	13,9	8,01	1068	8,96
21/03/2019	13	8,01	1060	9,12
22/03/2019	13,2	8,04	1064	8,67
23/03/2019	13,8	8,01	1064	8,69
24/03/2019	13,7	7,99	1078	13
Min	12	7,93	1007	5,17
Max	14,2	8,19	1078	13,44
Moy	13,28	8,07	1044	8,50

Annexe N°5 : Evolution des paramètres physique de l'eau brute de mois de avril

Date	Temp C°	pH	Condu µs/cm	turbidité
25/03/2019	13,6	8,09	1056	12,5
26/03/2019	13,3	8,11	1068	11,7
27/03/2019	13,9	8,1	1063	10,2
28/03/2019	13,4	8,05	1064	9,1
29/03/2019	13,6	8,08	1053	9,05
30/03/2019	13,8	8,1	1052	9,5
31/03/2019	14,4	8,14	1039	9,8
01/04/2019	14,5	8,09	1044	10,4
02/04/2019	13,9	8,01	1033	9,3
03/04/2019	14,6	8,1	1045	9,15
04/04/2019	15	8,04	1049	9,1
05/04/2019	14,3	8,02	1036	8,9
06/04/2019	14,1	8,05	1032	8,8
07/04/2019	13,9	8,14	1045	8,86
08/04/2019	14,5	8,07	1045	9,68
09/04/2019	15	8,01	1044	9,67
10/04/2019	14,4	7,97	1044	9,4
11/04/2019	14,1	8,01	1054	9,2
12/04/2019	14,6	8,02	1050	9,7
13/04/2019	15,2	8	1047	9,95
14/04/2019	14,3	8,01	1048	9,7
15/04/2019	14,3	8,04	1052	9,89
16/04/2019	15,4	8,01	1049	10,16
17/04/2019	15,1	8	1038	9
18/04/2019	14,9	8,02	1042	9,83
19/04/2019	15	8,02	1049	9,85
20/04/2019	15,4	8,01	1051	9,8
21/04/2019	15,4	7,96	1037	8,88
22/04/2019	14,9	7,95	1050	9,62
23/04/2019	15	8,03	1047	8,42
24/04/2019	15,5	8,01	1053	8,3
Min	13,3	7,95	1032	8,3
Max	15,5	8,14	1068	12,5
Moy	14,5	8,04	1048	9,6

Annexe N°6: Evolution des paramètres microbiologique de l'eau brute mois de février

Date	coli tot ufc/100 ml	coli fec ufc/100ml	strept f ufc/100 ml	sulf réducteur ufc/100ml	germe totaux 22°C ufc/ml	germe totaux 37°Cufc/ml	Chlorophyle a µg/l	algue celules/ml
27/01/2019	300	65	35					
28/01/2019					100	160		
30/01/2019							0,93	230
03/02/2019	307	28	20					
04/02/2019				1	220	350		
07/02/2019								320
10/02/2019	300	16	9					
11/02/2019					160	230		
12/02/2019								290
17/02/2019	300	8	3	Abs	120	100	0,88	
19/02/2019								390
24/02/2019	20	2	1					
Min	20	2	1	Abs	100	100	0,88	230
Max	300	65	35	1	220	350	0,93	390
Moy	245,40	23,80	13,60	0,50	150,00	210,00	0,91	307,50

Annexe N°7: Evolution des paramètres microbiologique de l'eau brute mois de mars

Date	coli tot ufc/100 ml	coli fec ufc/100ml	strept f ufc/100 ml	sulf reducteur ufc/100ml	germe totaux 22°C ufc/ml	germe totaux 37°Cufc/ml	Chlorophyle a µg/l	algue celules/ml
25/02/2019				14	220	300		
27/02/2019								140
03/03/2019	IND	11	2					
04/03/2019					180	160		
07/03/2019							0,61	
10/03/2019	IND	7	5					
11/03/2019					100	160		180
16/03/2019								220
17/03/2019	IND	18	1					
18/03/2019				Abs	160	140		
19/03/2019							0,7	200
23/03/2019	IND	92	Abs					
24/03/2019								
Min	IND	7	Abs	Abs	100	140	0,61	140
Max	IND	92	5	14	220	300	0,7	220
Moy	IND	32,00	4,00	7,00	165,00	190,00	0,66	185,00

Annexe N°8: Evolution des paramètres microbiologique de l'eau brute mois de avril

Date	coli tot ufc/100 ml	coli fec ufc/100ml	strept f ufc/100 ml	sulf reducteur ufc/100ml	germe totaux 22°C ufc/ml	germe totaux 37°Cufc/ml	Chlorophyle a µg/l	algue celules/ml
25/03/2019					170	140		
31/03/2019		9	Abs					
01/04/2019				Abs	160	210		
02/04/2019							0,93	
07/04/2019	67	5	Abs					
08/04/2019					130	180		
14/04/2019	120	16	1					
15/04/2019				Abs	200	120		
17/04/2019							0,94	
21/04/2019	160	15	Abs					
22/04/2019					180	70		
Min	67	5	Abs	Abs	130	70	0,93	0
Max	160	16	1	Abs	200	210	0,94	0
Moy	162,00	11,25	0,25	Abs	168,00	144,00	0,935	/

Annexe N°9: Evolution des paramètres physique d'eau traité mois de février

Date	Temp C°	pH	Condu µs/cm	turbidité
25/01/2019	11,5	7,6	1068	1,71
26/01/2019	12,2	7,68	1066	1,72
27/01/2019	12,5	7,64	1063	2,82
28/01/2019	12	7,4	1065	1,24
29/01/2019	12	7,41	1063	1,13
30/01/2019	12,4	7,49	1063	1,55
31/01/2019	13,2	7,4	1058	2,28
01/02/2019	12,5	7,55	1055	2
02/02/2019	12	7,45	1047	1,12
03/02/2019	12,3	7,49	1049	0,95
04/02/2019	11,2	7,39	1036	0,96
05/02/2019	11,3	7,63	1040	1,48
06/02/2019	12	7,52	1044	1,34
07/02/2019	12,2	7,48	1035	1,25
08/02/2019	11,3	7,64	1028	1,42
09/02/2019	12,2	7,61	1029	1,3
10/02/2019	12,1	7,53	1024	1,09
11/02/2019	12,3	7,55	1026	0,79
12/02/2019	12,1	7,51	1019	0,98
13/02/2019	11,4	7,63	1019	1,06
14/02/2019	11,7	7,59	1016	1,12
15/02/2019	12,5	7,52	1014	1,19
16/02/2019	11,8	7,6	1015	0,82
17/02/2019	11,6	7,7	1020	1,32
18/02/2019	12,1	7,67	1009	0,79
19/02/2019	12,2	7,6	1017	1,12
20/02/2019	12,4	7,49	1014	1,19
21/02/2019	12	7,72	1015	1,28
22/02/2019	12	7,65	1018	0,99
23/02/2019	12,9	7,62	1026	1,03
24/02/2019	12,6	7,58	1026	0,8
Min	11,2	7,39	1009	0,79
Max	13,2	7,72	1068	2,82
Moy	12,08	7,56	1035	1,29

Annexe N°10: Evolution des paramètres physique d'eau traité mois de mars

Date	Temp C°	pH	Condu µs/cm	turbidité
25/02/2019	11,9	7,53	1029	0,66
26/02/2019	12,1	7,67	1039	0,8
27/02/2019	12,5	7,61	1038	0,89
28/02/2019	12,7	7,55	1031	0,68
01/03/2019	12,1	7,68	1038	0,86
02/03/2019	12,6	7,64	1039	0,86
03/03/2019	13	7,7	1038	0,72
04/03/2019	13,3	7,57	1053	0,68
05/03/2019	12,8	7,59	1058	0,8
06/03/2019	13,7	7,61	1063	0,88
07/03/2019	14,3	7,69	1066	0,8
08/03/2019	13,6	7,58	1070	0,76
09/03/2019	13,4	7,62	1071	0,84
10/03/2019	13,2	7,49	1069	0,76
11/03/2019	13,9	7,62	1064	0,97
12/03/2019	13,4	7,56	1064	1,12
13/03/2019	13,5	7,5	1071	0,94
14/03/2019	13,3	7,5	1073	0,95
15/03/2019	13,8	7,78	1076	1,01
16/03/2019	13,8	7,57	1081	0,74
17/03/2019	13,6	7,44	1078	0,83
18/03/2019	13,7	7,58	1081	0,85
19/03/2019	13,6	7,52	1082	0,96
20/03/2019	13,3	7,53	1089	0,91
21/03/2019	12,8	7,52	1083	0,9
22/03/2019	13,1	7,65	1083	1,1
23/03/2019	13,8	7,59	1087	0,78
24/03/2019	13,3	7,57	1089	1,13
Min	11,9	7,44	1029	0,66
Max	14,3	7,78	1089	1,13
Moy	13,22	7,59	1064	0,86

Annexe N°11: Evolution des paramètres physique d'eau traité mois de avril

Date	Temp C°	pH	Condu µs/cm	turbidité
25/03/2019	13,6	7,52	1076	1,26
26/03/2019	13,4	7,49	1084	0,93
27/03/2019	13,8	7,41	1085	1,01
28/03/2019	13,5	7,32	1076	1,07
29/03/2019	13,5	7,52	1075	0,8
30/03/2019	14,3	7,53	1072	0,79
31/03/2019	14,8	7,51	1065	0,68
01/04/2019	14,7	7,48	1067	0,73
02/04/2019	14,1	7,44	1061	0,78
03/04/2019	14,8	7,61	1061	0,68
04/04/2019	14,8	7,97	1060	0,88
05/04/2019	14,6	7,9	1052	0,77
06/04/2019	14,1	7,97	1055	1,23
07/04/2019	13,3	8,04	1055	1
08/04/2019	14,3	8	1054	1,04
09/04/2019	14,7	7,86	1063	1,35
10/04/2019	14	7,88	1058	1,6
11/04/2019	14	8,02	1061	1,42
12/04/2019	14,5	7,96	1064	1,48
13/04/2019	14,6	7,96	1062	1,2
14/04/2019	14,6	8,04	1064	1,26
15/04/2019	14,6	8,02	1063	1,07
16/04/2019	15,8	8,03	1062	1,8
17/04/2019	15,8	7,98	1063	1,32
18/04/2019	15,7	7,97	1064	1,32
19/04/2019	15,3	8,04	1059	1,26
20/04/2019	15,1	8,03	1060	1
21/04/2019	15,3	7,95	1060	0,85
22/04/2019	15,1	7,65	1064	0,8
23/04/2019	14,3	7,76	1055	0,78
24/04/2019	15,7	7,98	1063	0,58
Min	13,3	7,32	1052	0,58
Max	15,8	8,04	1085	1,8
Moy	14,54	7,80	1064	1,06

Annexe N°12: Evolution des paramètres microbiologique d'eau traité mois de février

Date	coli tot ufc/100 ml	coli fec ufc/100 ml	strept f ufc/100 ml	germe total 22°C ufc/ml	germe total 37°Cufc/ ml	sulf reducteu r E	Chlorop hyle a µg/l	algue celules/ ml
25/01/2019	Abs	Abs	Abs					
26/01/2019	Abs	Abs	Abs					
27/01/2019	Abs	Abs	Abs					
28/01/2019				Abs	Abs			
29/01/2019	Abs	Abs	Abs					
30/01/2019	Abs	Abs	Abs				0	0
31/01/2019	Abs	Abs	Abs					
01/02/2019	Abs	Abs	Abs					
02/02/2019	Abs	Abs	Abs					
03/02/2019	Abs	Abs	Abs					
04/02/2019				Abs	Abs	Abs		
05/02/2019	Abs	Abs	Abs					
06/02/2019	Abs	Abs	Abs					
07/02/2019	Abs	Abs	Abs					28
08/02/2019	Abs	Abs	Abs					
09/02/2019	Abs	Abs	Abs					
10/02/2019	Abs	Abs	Abs					
11/02/2019				Abs	Abs			
12/02/2019	Abs	Abs	Abs					35
13/02/2019	Abs	Abs	Abs					
14/02/2019	Abs	Abs	Abs					
15/02/2019	Abs	Abs	Abs					
16/02/2019	Abs	Abs	Abs					
17/02/2019	Abs	Abs	Abs				0	
18/02/2019				Abs	Abs	Abs		
19/02/2019	Abs	Abs	Abs					40
20/02/2019	Abs	Abs	Abs					
21/02/2019	Abs	Abs	Abs					
22/02/2019	Abs	Abs	Abs					
23/02/2019	Abs	Abs	Abs					
24/02/2019	Abs	Abs	Abs					
Min	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0	0
Max	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0	40
Moy	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0,00	25,75

Annexe N°13: Evolution des paramètres microbiologique d'eau traité mois de mars

Date	coli tot ufc/100ml	coli fec ufc/100ml	strept f ufc/100ml	germe totaux 22°C ufc/ml	germe totaux 37°Cufc/ ml	sulf reducteur E Traitée I	Chloroph yle a µg/l	algue celules/ml
25/02/2019				Abs	Abs	abs		
26/02/2019	Abs	Abs	Abs					
27/02/2019	Abs	Abs	Abs					20
28/02/2019	Abs	Abs	Abs					
01/03/2019	Abs	Abs	Abs					
02/03/2019	Abs	Abs	Abs					
03/03/2019	Abs	Abs	Abs					
04/03/2019				Abs	Abs			
05/03/2019	Abs	Abs	Abs					
06/03/2019	Abs	Abs	Abs					
07/03/2019	Abs	Abs	Abs				0	
08/03/2019	Abs	Abs	Abs					
09/03/2019	Abs	Abs	Abs					
10/03/2019	Abs	Abs	Abs					
11/03/2019				Abs	Abs			40
12/03/2019	Abs	Abs	Abs					
13/03/2019	Abs	Abs	Abs					
14/03/2019	Abs	Abs	Abs					
15/03/2019	Abs	Abs	Abs					
16/03/2019	Abs	Abs	Abs					50
17/03/2019	Abs	Abs	Abs					
18/03/2019				Abs	Abs	Abs		
19/03/2019	Abs	Abs	Abs				0	30
20/03/2019	Abs	Abs	Abs					
21/03/2019	Abs	Abs	Abs					
22/03/2019	Abs	Abs	Abs					
23/03/2019	Abs	Abs	Abs					
24/03/2019								
Min	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0	20
Max	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0	50
Moy	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0,00	35,00

Annexe N°15: Evolution de l'aluminium résiduel

Date	AL ³⁺ mg/l	Date	AL ³⁺ mg/l	Date	AL ³⁺ mg/l
25/01/2019	0,045	25/02/2019	0,077	25/03/2019	0,071
26/01/2019	0,04	26/02/2019	0,084	26/03/2019	0,058
27/01/2019	0,047	27/02/2019	0,056	27/03/2019	0,066
28/01/2019	0,033	28/02/2019	0,064	28/03/2019	0,089
29/01/2019	0,041	01/03/2019	0,062	29/03/2019	0,089
30/01/2019	0,06	02/03/2019	0,065	30/03/2019	0,067
31/01/2019	0,093	03/03/2019	0,066	31/03/2019	0,074
01/02/2019	0,121	04/03/2019	0,063	01/04/2019	0,09
02/02/2019	0,059	05/03/2019	0,066	02/04/2019	0,068
03/02/2019	0,057	06/03/2019	0,065	03/04/2019	0,111
04/02/2019	0,045	07/03/2019	0,067	04/04/2019	0,2
05/02/2019	0,062	08/03/2019	0,058	05/04/2019	0,153
06/02/2019	0,067	09/03/2019	0,068	06/04/2019	0,148
07/02/2019	0,053	10/03/2019	0,064	07/04/2019	0,159
08/02/2019	0,06	11/03/2019	0,064	08/04/2019	0,121
09/02/2019	0,068	12/03/2019	0,099	09/04/2019	0,181
10/02/2019	0,056	13/03/2019	0,058	10/04/2019	0,144
11/02/2019	0,052	14/03/2019	0,048	11/04/2019	0,132
12/02/2019	0,05	15/03/2019	0,049	12/04/2019	0,157
13/02/2019	0,055	16/03/2019	0,079	13/04/2019	0,158
14/02/2019	0,052	17/03/2019	0,076	14/04/2019	0,14
15/02/2019	0,052	18/03/2019	0,07	15/04/2019	0,126
16/02/2019	0,068	19/03/2019	0,088	16/04/2019	0,137
17/02/2019	0,071	20/03/2019	0,075	17/04/2019	0,162
18/02/2019	0,07	21/03/2019	0,07	18/04/2019	0,13
19/02/2019	0,063	22/03/2019	0,086	19/04/2019	0,13
20/02/2019	0,058	23/03/2019	0,063	20/04/2019	0,141
21/02/2019	0,086	24/03/2019	0,069	21/04/2019	0,133
22/02/2019	0,087	/	/	22/04/2019	0,146
23/02/2019	0,076	/	/	23/04/2019	0,154
24/02/2019	0,076	/	/	24/04/2019	0,185
Min	0,033	Min	0,048	Min	0,058
Max	0,121	Max	0,099	Max	0,200
Moy	0,062	Moy	0,069	Moy	0,126

Annexe N°16: Evolution de l'aluminium résiduel

Date	test de gout	Date	test de gout	Date	Seuil gout
27/01/2019	1,00	27/02/2019	1,00	27/03/2019	
29/01/2019		01/03/2019		29/03/2019	1,00
03/02/2019	1	06/03/2019		03/04/2019	
04/02/2019		07/03/2019	1	04/04/2019	
05/02/2019		08/03/2019		05/04/2019	
06/02/2019		09/03/2019		06/04/2019	1
11/02/2019	1	14/03/2019		11/04/2019	
12/02/2019		15/03/2019	1	12/04/2019	
14/02/2019		17/03/2019		14/04/2019	1
19/02/2019	1	22/03/2019		19/04/2019	
20/02/2019		23/03/2019	1	20/04/2019	
22/02/2019		/		22/04/2019	1
Min	1	Min	1	Min	1
Max	1	Max	1	Max	1
Moy	1,00	Moy	1	Moy	1,00

