

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : HYDRAULIQUE

N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FILIERE : HYDRAULIQUE

OPTION : RESSOURCES HYDRAULIQUE

**Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique**

Par: CHENNAFI BOTHAYNA ALZAHRAA

DOAUDI AHLAM

Intitulé

**Traitement des Eaux de Surface du Barrage El K'sob
par Coagulation Flocculation**

Soutenu devant le jury composé de:

.....	Université de M'sila	Président
.....	Université de M'sila	Rapporteur
.....	Université de M'sila	Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

المخلص :

الهدف من هذا العمل هو دراسة معالجة المياه السطحية لسد القصب بطريقة تجريبية باستخدام تقنية التخثر والتلبد (C-F). لقد درسنا العوامل الرئيسية مثل ، وقت التحريض وسرعته ، ووقت الترسيب ، والجرعة المثلى من مواد التخثر (كبريتات الألومنيوم وكلوريد الحديدية) ، وتأثير الأس الهيدروجيني الأولي (في وجود كبريتات الألومنيوم وفي وجود كلوريد الحديدية) ، تأثير جرعة المادة الندفية (وجود كبريتات الألومنيوم + الكربون المنشط وكبريتات الألومنيوم + الطين وكلوريد الحديدية + الكربون المنشط والكربون المنشط + الطين)

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن التخثر والتلبد تقنية جيدة لمعالجة المياه السطحية مع الأخذ بعين الاعتبار نوع المخثر والعوامل التي تؤثر عليه .

الكلمات الرئيسية: التخثر - التلبد ، التعكر ، ، كبريتات الألومنيوم ، كلوريد الحديدية ، اختبار الجرة.

Résumé :

L'objectif de ce travail d'étudier expérimentalement le traitement des eaux de surface du barrage el k'sob par la technique de coagulation-floculation (C-F). Nous avons étudié les principaux paramètres tels que, le temps et la vitesse d'agitation, le temps de décantation, la dose optimale des coagulants (Sulfate d'aluminium et Chlorure ferrique), effet de pH initial (en présence Sulfate d'aluminium et en présence de Chlorure ferrique), effet de la dose du floculant (présence Sulfate d'aluminium avec charbon actif ET Sulfate d'aluminium avec argile et Chlorure ferrique avec charbon actif ET charbon actif avec argile.

Les résultats obtenus ont montré que la coagulation et la floculation sont une bonne technique pour le traitement des eaux de surface compte tenu du type de coagulant et des facteurs qui l'affectent.

Mots clés : Coagulation-floculation, Turbidité, Jar test, Sulfate d'aluminium, Chlorure ferrique,

Abstarct :

The objective of this work is to experimentally study the treatment of surface water for the dam using coagulation and flocculation (C-F) technique. We have studied the main parameters such as, time and speed of agitation, sedimentation time, optimum dose of coagulant (aluminum sulfate and ferric chloride), the effect of initial pH (in the presence of aluminum sulfate and in the presence of ferric chloride), the effect of flocculant dose (presence of aluminum sulfate + carbon). Activated aluminum sulfate + clay, ferric chloride + activated carbon, activated carbon + clay

The results obtained showed that coagulation and flocculation are a good technique for surface water treatment, taking into account the type of coagulation and the factors affecting it

Keywords: Coagulation-flocculation, Turbidity, Jar test, Aluminum sulphate, Ferric chloride.

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
Chapitre II		
Tableau II.1	Principales caractéristiques du barrage El K'sob	21
Tableau II.2	Les caractéristiques physiques du bassin versant de Oued El k'sob	22
Tableau II.3	Répartition spatiale de couverture végétale du bassin versant Oued.K'sob	25
Tableau II.4	Les caractéristiques de la station météorologique de la région de M'SLA	26
Tableau II.5	Les précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la zone d'étude pour la période (1988 – 2019)	28
Tableau II.6	Valeurs du quotient pluviométrique de M'sila	29
Chapitre IV		
Tableau IV.1	Volume d'échantillon en fonction de la gamme de la DBO5	51

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
Chapitre I		
Figure I.1	Les étapes d'une filière classique de traitement d'eau potable	13
Chapitre II		
Figure II.1	Position géographique du barrage El K'sob	19
Figure II.2	Photo indiquant une Vue du barrage, face aval	21
Figure II.3	Diagramme Ombrothermiques de la région du M'sila durant la période	24
Figure II.4	Carte géologique du bassin de K'sob	26
Figure II.5	Photo des contreforts du barrage EL K'sob	27
Figure II.6	Photo des voûtes en face amont du barrage K'sob	28
Figure II.7	Lithologie du bassin versant d'Oued El K'sob	30
Chapitre III		
Figure III.1	Processus de coagulation flocculation	33
Figure III.2	Potentiel électrique de particules	35
Figure III.3	La formule chimique est présentée	37
Chapitre IV		
Figure IV.1	Appareil du Jar test	42
Figure IV.2	Microprocesseur pH Mètre "Hanna pH 210"	42
Figure IV.3	Turbidimètre Hanna "HI88703"	43
Figure IV.4	Dispositif représentant le spectrophotomètre utilisé	46
Figure IV.5	Conductimètre " Hanna, EC214 "	47
Figure IV.6	la balance de laboratoire utilisé	48
Figure IV.7	déférents béciers utilise (1000 ml / 500 ml /100 ml)	49
Figure IV.8	DBO-mètre "OxiDirect"	50
Figure IV.9	mode opératoire de préparation de la solution mère	51
Chapitre V		
Figure V.1	Effet du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité (Coagulation) : $C_{(SA)} = 100$ mg/L, pH initial = 8.6, conductivité $\kappa = 2.9$ mS/cm	55
Figure IV.2	Effet du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité (Flocculation): $C (SA) = 100$ mg/L, pH initial = 8.6, conductivité K = 2.9 mS/cm	56

Figure V.3	Effet de la dose du coagulant (SA) et du temps de décantation sur l'élimination de la turbidité : pH initial = 8.7, conductivité K = 2.9 mS/cm	56
Figure V.4	Effet de la dose du coagulant (FeCl ₃) et du temps de décantation sur l'élimination de la turbidité : pH initial = 8.34	57
Figure V.5	Effet du pH initial sur l'élimination de la turbidité C(SA)	58
Figure V.6	Evolution du pH au cours de la C-F en présence de SA	58
Figure V.7	Effet du pH initial sur l'élimination de la turbidité C(FeCl ₃)	59
Figure V.8	Evolution du pH au cours de la C-F en présence de FeCl ₃	59
Figure V.9	Effet de la dose du floculant ' <i>charbon actif</i> ' en présence du SA sur l'élimination de la turbidité : C (SA) = 250 mg/L, pH initial = 8.34	60
Figure V.10	Effet de la dose du floculant ' <i>Argile</i> ' en présence du SA sur l'élimination de la turbidité : C (SA) = 250 mg/L, pH initial = 8.34	61
Figure V.11	Effet de la dose du floculant ' <i>charbon actif</i> ' en présence du Fecl ₃ sur l'élimination de la turbidité : C (Fecl3) = 150 mg/L, pH initial = 8.34	61
Figure V.12	Effet de la dose du floculant ' <i>argile</i> ' en présence du Fecl ₃ sur l'élimination de la turbidité : C (Fecl3) = 150 mg/L, pH initial = 8.34	62

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction générale.....2

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et les différents Procédés de traitement

I.1.Introduction :	2
I.2. Définition des eaux naturelles :	2
I.2.1. Les eaux souterraines	2
I.2.1.1. Origine.....	2
I.2.1.2. caractéristiques générales :	3
I.2.1.3. Potabilité.....	5
I.2.1.4. Les eaux minérales, Les eaux de sources et Les eaux de table :	5
I.2.2. Les eaux de surface :	6
I.2.2.1. Origine :	6
I.2.2.2. Caractéristiques générales :	6
I.2.2.3.Paramètres des eaux de surface :	7
I.2.2.3-1 : Paramétrées minérales :	7
I.2.2.3-2 : Paramétrées organique :	9
I.2.2.4. Potabilité des eaux de surface :	12
I.3.1. Le pré-traitement:	13
I.3.2. La clarification.....	14
I.3.3. L'affinage.....	15
I.3.4. La désinfection	16
CONCLUSION :	17

Chapitre II : Description du bassin versant barrage El K'sob

Introduction :	18
II.1.Présentation du barrage El K'sob :	18
II.1.1. Situation géographique du barrage El K'sob :	18
Figure. II.1- Position géographique du barrage El K'sob.....	19
II.1.2 Présentation du bassin versant d'El Ksob :	19
II.2. Caractéristiques générales du bassin versant :	20
II.3. Caractéristiques physiques du bassin versant de Oued El K'sob :	21
II.4. Régime hydrologique :	23
II.5. Réseau hydrographique :	24
II.6. La Température :	25
II.8. Géomorphologie [8] :	27

II.9. Végétation de bassin versant de Oued El k'sob :	27
II.10. Climatologie :	28
II.11. Précipitation :	28
II-12- Lithologie de bassin versant du K'sob:	29
Conclusion :	30

Chapitre III: Procédé de la coagulation floculation

Introduction :	31
III.1. Définition :	31
III.2. La coagulation :	32
III.3. La floculation :	32
III.4. Rôle de la coagulation-floculation :	33
III.5. Mécanisme de la coagulation floculation :	33
III.5.1 La coagulation.....	33
III.5.2 La floculation	33
III.5.3. La décantation	33
III .6. Matières en suspension et colloïdales :	34
III.7 .Structure des colloïdes :	34
III.7.1- Théorie de Helmholtz.....	34
III.7.2- Théorie de Gouy-Chapman	34
III.7.3 - Théorie de Stern.....	35
III.8.Facteurs influençant sur la coagulation-floculation :	38
III.8.1 Influence de la température :	38
III.8.2 Influence du pH :	39
III.8.3 Influence de la turbidité :	39
III.8.4 Influence de la dose coagulant :	39
III.8.5 Influence de la vitesse et temps d'agitation :	39
Conclusion :	39

Chapitre IV : Matériels et méthodes

Introduction :	41
IV.1.Appareillage d'expérimentation (jar-test) : Procédure expérimentale	41
IV.1.1Mode opératoire en Jar-test	42
IV.2.Prélèvement des déchantions :	43
IV.2.1. Méthodes de dosage des paramètres physico chimiques	43
IV.3. Appareils de mesures et Analyses :	43
IV.3.1. Paramètres physiques :	43

IV.3.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) :	43
IV.3.1.3. La spectrophotométrie	45
IV.3.1.4. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)	46
IV.3.1.5. la conductivité (CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)) :	47
IV.3.1.7. Mesure de la demande biochimique en oxygène DBO_5	48
IV.3.1.7.1 Principe de la méthode manométrique :	49
IV.4. Préparation des coagulants :	51
IV.4.1. Préparation des solutions :	52
IV.4.1. Préparation du sulfate d'aluminium :	52
IV.4.2. Dose du coagulant (Sulfate d'aluminium ⁽¹⁾ et Chlorure ferrique ⁽²⁾)	52
IV.5. Protocole expérimentale :	53
IV.5.1. Effet du temps et de la vitesse d'agitation	53
IV.6. Conclusion :	54

Chapitre V. Résultats et discussions

V.1. Introduction.....	55
V.2. les objectifs de travail.....	55
V.3. Influence du temps et de la vitesse d'agitation	56
V.3.1. Influence de la vitesse et de la durée d'agitation durant <u>la coagulation</u>	56
V.3.2. Influence de la vitesse et de la durée d'agitation durant la floculation.....	57
V.4. Effet de la dose du coagulant (Sulfate d'alumine)	58
V.4.1. En absence du floculant	58
V.5.. Influence de la dose du floculants	60
V.5.1. En Présence de sulfate d'alumine et du charbon actif	60
V.5.2.. En Présence de FeCl_3 et du charbon actif.....	61
V.5.3. En Présence de FeCl_3 et de l'argile.....	61
V.Conclusion	63

Conclusion générale

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale:

L'eau est l'élément central de tous les processus socio-économiques, quel que soit le degré de développement de la société. L'augmentation des activités agro-industrielles engendre une pression grandissante sur les réserves en eau douce de la planète. En effet, ces activités génèrent une grande diversité de produits chimiques qui se déversent dans le cycle de l'eau, mettant en péril le fragile équilibre naturel qui a permis à la vie de se développer sur la terre. Souvent, les substances chimiques contenues dans les eaux sont difficilement biodégradables et le manque ou l'insuffisance de systèmes de traitement mène ainsi à leurs accumulations dans le cycle de l'eau. La protection de l'environnement est devenue ainsi un enjeu économique et politique majeur. Tous les pays du monde sont concernés par la sauvegarde des ressources en eau douce, soit parce qu'ils manquent d'eau, soit parce qu'ils la polluent.

Différentes techniques sont utilisées pour la clarification des eaux. Parmi lesquelles la coagulation-floculation (C-F) est le traitement chimique le plus utilisé. C'est une étape indispensable au traitement des eaux chargées en particules colloïdales, trop petites pour décanter sous l'effet de la gravité et qui sont à l'origine de la couleur et de la turbidité des eaux. L'étude de l'étape de coagulation-floculation se fait en laboratoire, dans une installation appelée Jar-Test, permettant la sélection du meilleur jeu de conditions opératoires en vue de l'étape de décantation.

Cette étude a pour objectif de trouver ces conditions opératoires pour la clarification des eaux résiduaires par C-F, en étudiant l'effet de la vitesse et le temps d'agitation, le temps de décantation, la dose et le type du coagulant et floculant et le pH initial.

.Pour mener cette étude, nous avons adopté le plan suivant :

- Introduction générale
- Le chapitre I présente généralité sur les eaux naturelles.
- Le chapitre II Présentation du barrage de ksob .
- Le chapitre III présente procédé de la coagulation floculation de traitement des eaux de surface.
- Le chapitre IV contient Matériels et Méthodes.

Introduction générale

- Le chapitre V résultats et discussion
- Une conclusion générale et les perspectives viendront résumer ce travail.

Chapitre I

Généralités sur les eaux naturelles et les différents Procédés de traitement

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

I.1. Introduction :

Le traitement des eaux de surface consiste à rendre propre à l'utilisation ou à la consommation les eaux prélevées en surface (nappes, lacs, fleuves ou rivières, bassins). Les eaux de surface sont facilement accessibles, mais nécessitent généralement des traitements spécifiques car elles contiennent de grandes quantités d'éléments en suspension, tels que des bactéries, des matières organiques, des algues, qui sont à l'origine de goûts ou d'odeurs désagréables. Ces eaux peuvent également être saumâtres. Les principaux traitements destinés à dépolluer les eaux de surface sont : la coagulation, la floculation, la flottation, la sédimentation, la clarification, la filtration par le sable, la désinfection, adsorption par charbon actif, l'ultrafiltration et l'écémage.

I.2. Définition des eaux naturelles :

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

I.2.1. Les eaux souterraines

I.2.1.1. Origine

Les nappes sont contenues dans des terrains réservoirs appelés aquifères. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine.

Une nappe peut être **libre (ou phréatique)** si elle est suffisamment proche de la surface pour être accessible par puits). Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de pluie. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue.

Un cas particulier est représenté par les **nappes alluviales** dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. La qualité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière.

Une nappe peut être **captive** si elle est emprisonnée entre deux couches de terrains imperméables ; les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement les plus profondes

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

; il y règne une certaine pression : leur niveau piézométrique se situe généralement entre leur toit imperméable et la surface du sol ; elles sont dites **artésiennes** quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (d'où un jaillissement de l'eau lors d'un forage).

L'eau peut soit imprégner la totalité de la couche géologique considérée : c'est le cas des terrains poreux tels que sables, grès, alluvions, soit s'établir seulement dans des fissures ou fractures de roches compactes : c'est le cas des roches éruptives ou métamorphiques et des terrains calcaires ; dans ces derniers, les fissures originelles ont été progressivement élargies par dissolution dans l'eau chargée de gaz carbonique qui y circule ; on aboutit à des cavernes importantes, avec parfois formation de réseaux parcourus par de vrais cours d'eau souterrains; c'est la structure **karstique**.

I.2.1.2. caractéristiques générales :

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la **composition chimique** de l'eau retenue. À tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule : il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées. Les eaux circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatées calciques et présentent souvent une dureté élevée.

Le tableau 1 donne les caractéristiques des eaux souterraines selon les principaux paramètres analytiques. On notera en particulier une bonne pureté bactériologique, une faible turbidité, une température et une composition chimique constantes, l'absence presque générale d'oxygène provoquant la présence d'éléments réduits indésirables.

Dans le cas des eaux karstiques, on peut cependant relever des variations brutales de qualité, avec apparition de turbidité et de pollutions diverses. Ces variations sont liées à la pluviométrie et aux ruissellements entraînés sans réelle filtration dans le réseau souterrain.

Tableau I.1 : caractéristiques comparées des eaux de surfaces et eaux souterraines

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou	Variable (parfois élevée / crues,	Faible ou nulle sauf en pays

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

colloïdales	rejets de carrières, fortes pluies	karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H ₂ S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O ₂ dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H ₂ S	Absent	Présent
NH ₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur normalement modérée	Teneur élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisés	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Normalement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	bactéries sulfato-réductrices et ferrobactéries surtout
Eutrophie	Possible, davantage si les eaux sont chaudes	Jamais

D'après Mémento technique de l'eau / Degrémont / 2005

I.2.1.3. Potabilité

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles.

Néanmoins, de nombreuses nappes sont « influencées » par la qualité des eaux de surface, c'est le cas déjà vu des réseaux karstiques, mais aussi des nappes alluviales.

Lorsqu'une nappe souterraine a été polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également adsorbés sur les roches et minéraux du sous-sol.

Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage et, pour certains de ces éléments, au caractère réducteur de l'eau. On peut citer Fe, Mn, NH₄, H₂S...

Les eaux souterraines doivent être traitées avant distribution toutes les fois que la concentration d'un ou plusieurs de ces éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur.

I.2.1.4. Les eaux minérales, Les eaux de sources et Les eaux de table :

Les eaux minérales sont des eaux profondes qui peuvent contenir certains éléments en concentration supérieure à la concentration autorisée pour les eaux potables et qui sont douées de propriétés thérapeutiques reconnues. Elles sont distribuées en bouteille, avec parfois certains traitements bien définis comme : décantation naturelle, désertisation par simple aération et filtration sur sable, élimination et/ou réincorporation du CO₂ originel.

Les eaux de source sont des eaux qui, contrairement aux eaux minérales, doivent en principe répondre, à l'émergence, aux critères de potabilité et ne subir aucun traitement ; certaines tolérances existent toutefois pour ôter certains éléments instables, comme le fer dissous, par les mêmes moyens naturels que pour les eaux minérales.

À ces deux types d'eaux, on peut opposer le terme « eaux rendues potables par traitement » (anciennement « **eaux de table** ») qui correspond à des eaux embouteillées dont le seul critère est de répondre aux normes de potabilité, tout traitement préalable étant autorisé.

I.2.2. Les eaux de surface :

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents.

I.2.2.1. Origine :

Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) où peut apparaître une grande hétérogénéité de la qualité selon la profondeur.

I.2.2.2. Caractéristiques générales :

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. En revanche, sa teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique) dépend des échanges à l'interface eau-atmosphère et de l'activité métabolique des organismes aquatiques au sein de l'eau.

- La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène ;
- Une concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes. Ces matières en suspension sont très diverses, allant des particules colloïdales aux éléments figurés entraînés par les rivières en cas d'augmentation importante du débit.

Dans le cas des eaux de barrage, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers : la turbidité résiduelle est alors faible et colloïdale ;

- La présence de matières organiques d'origine naturelle provenant du métabolisme, puis de la décomposition des organismes végétaux ou animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière ;
- La présence de plancton : les eaux de surface sont parfois le siège d'un développement important de phytoplancton (algues...) et de zooplancton, surtout dans les cas d'eutrophisation (voir pollution et eutrophisation). Certains de ces organismes peuvent sécréter des produits sapides et odorants ou des toxines ;
- Des **variations journalières** (différence de température, d'ensoleillement) ou **saisonniers** : variations climatiques (température, précipitations, fonte des neiges), de végétation (chute des feuilles). Elles peuvent être aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles.

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, pH, O₂, Fe, Mn, oxydabilité, plancton). Le profil de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de stratification ou de circulation des couches d'eau suivant les saisons.

I.2.2.3. Paramètres des eaux de surface :

I.2.2.3-1 : Paramétrées minérales :

- **Température :**

La température de l'eau influe sur beaucoup de paramètres d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique. Plus la température de l'eau s'élève, plus la quantité d'oxygène dissous diminue. Une température trop élevée des eaux peut donc aboutir à des situations dramatique de manque d'oxygène dissous pouvant entraîner : la disparition des espèces, la réduction de l'auto épuration, l'accumulation des dépôts nauséabonds, la croissance accélérée de des végétaux (dont les algues).

- **Turbidité:**

La mesure de la turbidité permet d'apprécier les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension et diminuer la lumière utilisée par les plantes aquatiques pour la photosynthèse.

La turbidité s'exprime en unité néphélogétrie de turbidité(NTU) et doit être inférieur à 5 NTU.

- **Conductivité:**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes. La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est importante lorsque la température augmente .La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou milli Siemens par centimètre (mS/cm)

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

- **pH :**

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ion H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur terrain. Le pH doit être situé entre 6,5 et 8,5

- **Ions majeurs :**

La minéralisation de la plus part des eaux est dominé par huit (8) ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorures, sulfates, nitrate et bicarbonate.

- **Fluor :**

Les sources principales de production du fluor sont les roches sédimentaires.

Les concentrations en fluor sont plus faible si la teneur en Ca^{2+} est forte.

Le fluor est connu comme un élément essentiel pour la prévention des caries. Cependant une ingestion régulière d'eau dont la concentration en fluor est supérieur à 2 mg/l (OMS) entraîne des problèmes de fluoroses osseuse et dentaire (coloration en brun des dents pouvant évoluer jusqu'à leurs pertes). Sa concentration doit être inférieure ou égale à 0,7 mg/l.

- **Dureté :**

Une eau est dite douce lorsqu'elle est peu chargée en calcium et en magnésium. A l'inverse elle est dite dure.

Une eau dure, par son apport en calcium et en magnésium, est bonne pour la santé, mais elle accélère par contre l'entartrage des conduites et réagit mal au savon. A l'inverse, une eau trop douce a tendance à corroder les canalisations.

- **Oxygène dissous :**

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies. Elle permet également le processus d'oxydation des matières organiques, mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène.

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

L'oxygénation de l'eau provient d'abord du contact de sa surface avec l'atmosphère. Elle est favorisée par les remous, les cascades et surtout la température car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène y est soluble. Des apports en dioxygène dans les eaux sont :

- ✓ La dissolution du dioxygène de l'air,
- ✓ La photosynthèse des algues vivant dans l'eau.
- ✓ La concentration en oxygène dissous doit être supérieure à 7 mg/l.

I.2.2.3-2 : Paramétrées organique :

- **Matières organiques(MO) :**

Contenue dans les eaux, c'est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjection d'organismes vivants). La dégradation de la MO consomme et réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique. La charge de pollution organique est quantifiable par les techniques normalisées : la DCO, la DBO₅. La MO constituée en grande partie d'azote organique est en final décomposée par les bactéries principalement en ammonium, nitrites et enfin en nitrates.

- **Azote ammoniacal (NH₄⁺) :**

La présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine domestique ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammoniaque. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée (NH₃). La proportion de NH₃ augmente en fonction croissante du pH et de la température. La concentration doit être inférieure ou égale à 0,1 mg/l.

- **Nitrites (NO₂⁻) :**

Les nitrites, (NO₂), comme les nitrates, sont présents à l'état naturel dans les sols, les eaux et les plantes, mais généralement en faible quantité. Plus une eau est riche en nitrates, plus le risque est important de consommer des nitrites, car les nitrates se transforment en nitrites par le phénomène chimique de la réduction (élimination d'oxygène). Une trop forte concentration de nitrites dans l'organisme peut provoquer des maladies graves (des cyanoses notamment).

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

- **Nitrates (NO_3^-) :**

Les nitrates (NO_3^-) résultent de l'oxydation de l'azote organique provenant du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique.

Les nitrates aident les plantes à pousser surtout les algues. Or les algues ont besoin d'oxygène pour vivre. Lorsqu'elles se développent trop, elles provoquent une situation d'anoxie (absence d'oxygène) dans l'eau. Dans ces conditions, les poissons et les invertébrés du milieu meurent en grand nombre.

Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé, c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac qui peut être toxique.

La concentration des nitrates doit être inférieure à 50 mg/l

- **Ortho phosphates (PO_4^{3-}) :**

D'origine naturelle, urbaine (composant des détergents) ou agricole (lessivage d'engrais), les ortho phosphates sont comme les nitrates un nutriment majeur des végétaux et peuvent entraîner leur prolifération. On considère généralement que les phosphates constituent l'élément limitant des phénomènes d'eutrophisation.

- **La demande chimique en oxygène(DCO) :**

La demande chimique en oxygène(DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydantes présentes dans l'eau quelles que soit leur origine organique ou minérale.

La mesure de la DCO est surtout utilisée pour la surveillance des eaux usées urbaines et industrielles. Elle permet d'estimer la quantité de matière organique présente dans l'eau. Une forte DCO indique une situation d'insuffisance d'oxygène. La vie des poissons est très menacée dans ce cas.

La DCO doit être inférieure ou égale à 20 mg/l.

- **La demande biologique en oxygène (DBO_5) :**

La demande biologique en oxygène sur 5 jours(DBO_5), représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique biodégradable présente dans un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

jours. La mesure de la DBO5 est utilisée pour surveiller les rejets. Une DBO élevée indique que les concentrations en oxygène dissous seront réduites, ce qui peut représenter une menace pour certaines espèces de poissons, dont particulièrement les salmonidés (ombles et truites).

La DBO5 doit être inférieure ou égale à 3 mg/l.

- **Les métaux lourds :**

Il s'agit de l'arsenic, du cadmium, du chrome, du zinc, du cuivre, du plomb, du nickel...

Libérés par les activités humaines au niveau des bassins versants (circulation automobile, artisans, bâtiments,...) et déposés sur les surfaces imperméabilisées, les métaux lourds sont ensuite lessivés par les eaux de ruissellement et entraînés dans les fleuves par l'intermédiaire des réseaux d'eaux pluviales.

Les éléments métalliques et leurs dérivés sont pour certain très dangereux parce que potentiellement toxique, non biodégradables et bio-accumulables dans les chaînes alimentaires. Ils sont principalement d'origine industrielle mais pas seulement (rejets atmosphériques des incinérateurs de déchets...).

- **Arsenic(As) :**

Fortement toxique, il peut être présent dans l'eau de façon naturelle ou sol pollué.

Sa concentration doit être inférieure ou égale à 0,01 mg/l.

- **Cadmium(Cd) :**

Il provient des rejets industriels, des incinérations de déchets, de l'utilisation d'engrais. Extrêmement toxique, le cadmium s'accumule dans la chaîne alimentaire et menace les prédateurs.

La concentration du cadmium doit être inférieure ou égale à 0,001 mg/l.

- **Chrome(Cr) :**

Métal très dur utilisé en traitement de surface des métaux pour améliorer leur résistance. La forme chrome VI (Cr^{6+}) et les chromates(CrO_4) sont extrêmement toxiques et cancérigènes.

Sa présence dans les eaux provient de l'érosion des conduites ou de l'activité industrielle.

Sa concentration doit être inférieure ou égale à 0,05 mg/l.

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

- **Zinc(Zn) :**

Utilisé pour recouvrir les métaux, il est peu toxique au niveau de traces mais sa présence dans les eaux indique souvent celle d'autres métaux ou polluants toxique industriels. Il peut provenir des rejets industriels.

Sa concentration doit être inférieure ou égale à 0,5 mg/l.

- **Manganèse et Fer :**

Le fer et le manganèse sont souvent présents à l'état naturel, ainsi que dans les régions où l'eau coule à travers des sols riches en matières organiques.

Les sources artificielles sont les suivantes : canalisations, pompes, réservoirs, et autres objets faits en fonte ou en acier pouvant être en contact avec de l'eau. Les effluents industriels, les eaux d'exhaure acide, les eaux usées provenant des sites d'enfouissement des déchets peuvent également contribuer à la présence de fer et de manganèse.

Un résultat d'analyse dépassant le niveau préconisé peut indiquer que l'eau aura un goût, une odeur ou une apparence désagréable ou d'autres caractéristiques.

La concentration du fer doit être inférieure ou égale à 0,5 mg/l ; celle du manganèse doit être inférieure ou égale à 0,1 mg/l.

- **Plomb(Pb) :**

Entraîne le saturnisme (érosion des canalisations d'eau potable en plomb). Le plomb est utilisé dans l'industrie : batteries, alliages, traitement de surfaces, munitions etc. sa teneur dans les eaux de surface doit être inférieure ou égale à 0,05 mg/l.

- **Cyanure :**

C'est un composé chimique très toxique. Il existe à l'état naturel à très faible concentration mais aussi industriel. Sa présence dans l'eau est due à plusieurs facteurs dont sa large utilisation dans les activités minières. A très forte quantité, le cyanure peut tuer toutes les bactéries, ce qui empêchera le processus de dégradation.

Sa concentration dans les eaux de surface doit être inférieure ou égale à 0,05 mg/l.

I.2.2.4. Potabilité des eaux de surface :

Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement et sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets :

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

- D'origine urbaine : les rejets provenant de la collecte des **ERU**, même après leur traitement en station d'épuration ;
- D'origine industrielle : polluants et micropolluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniacque, produits toxiques),
- D'origine agricole : engrais et produits pesticides (herbicides, insecticides, fongicides), entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement ; dans les zones d'élevage intensif, rejets riches en composés de l'azote et du phosphore ainsi qu'en pollution organique,
- Pollution bactériologique d'origines humaine et animale.

I.3 . Etapes d'une filière classique de traitement d'une potable

La filière classique de traitement, quelle que soit l'origine de l'eau, est constituée d'une désinfection (étape obligatoire) précédée au plus par trois types de traitement : étapes de prétraitement, étapes de clarification et étapes d'affinage.

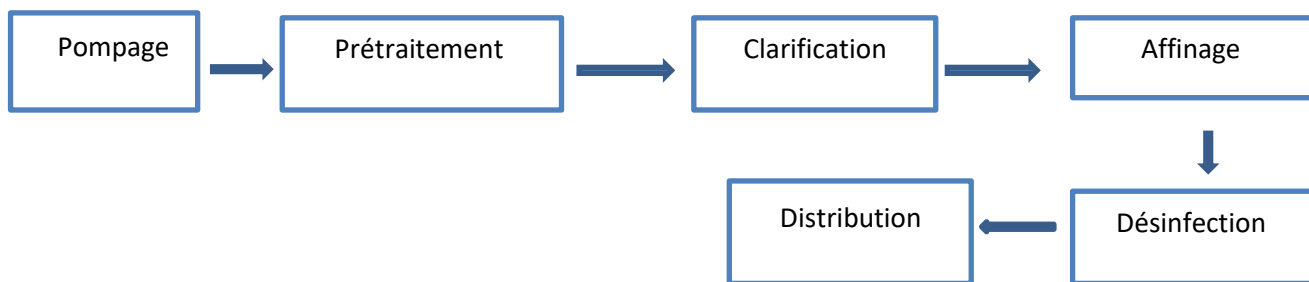


Figure I .1 . Etapes d'une filière classique de traitement d'une potable

I.3.1. Le pré-traitement:

- Le dégrillage et le tamisage (réservés aux eaux de surface) Ce sont des procédés physiques. Les gros déchets sont retenus par une simple grille, les plus fins dans des tamis à mailles fines.
- **La peroxydation** : C'est un procédé chimique qui utilise le chlore (ou l'hypochlorite de sodium), l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. Il est destiné à permettre l'élimination du fer et du manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur et des algues (essentiellement pour les eaux superficielles).

I.3.2. La clarification

C'est une étape indispensable pour les eaux de surface et les eaux souterraines karstiques. Elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination des matières en suspension, et donc de la turbidité.

La clarification peut combiner les procédés suivants :

- **coagulation / flocculation** C'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales [1] (particules qui ne s'agglomèrent pas naturellement [2]).

L'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération [3] de ces particules en suspension en agrégats floconneux, dont l'ensemble forme une masse qu'on appelle le "floc". Les réactifs utilisés sont généralement des sels de fer ou d'aluminium. Chaque réactif coagulant n'étant actif que dans une certaine zone de pH, un ajustement du pH peut s'avérer nécessaire. Sous l'effet de son propre poids, le floc se dépose lentement.

- **décantation ou flottation** Ce sont des procédés physiques intervenant après la coagulation-flocculation. de la gravité. L'eau coagulée et flocculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les flocs se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface. A l'inverse, la *flottation* consiste à favoriser la clarification par entraînement des particules en surface, grâce à la génération de bulles d'air, qui s'accrochent aux matières en suspension et aux flocs. Les flottants sont récupérés en surface par bras racleur.
- **Filtration** C'est un procédé physique disposé généralement après la décantation ou la flottation (notamment dans le cas des eaux de surface). Ce procédé peut être toutefois situé directement après une coagulation (cas des eaux souterraines karstiques) ou après une préoxydation (cas des eaux souterraines contenant du fer, du manganèse ou de l'arsenic).

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors de la préoxydation. Elle est réalisée sur matériaux classiques (sables) ou sur membranes (cas des eaux souterraines karstiques). La plus répandue est la filtration sur *lit de sable* (lit filtrant) : une couche de sable retient les particules et laisse passer l'eau filtrée. Le filtre peut jouer un double rôle suivant les conditions d'exploitation : d'une part, il retient les matières en suspension par filtration et d'autre part, il constitue un support bactérien permettant un traitement biologique, c'est à

dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniac, ou du fer et du manganèse, par les bactéries qui sont développées sur le sable.

Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenues entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau. La filtration sur lit de sable, efficace, simple et peu coûteuse, s'est imposée, en raison des énormes volumes d'eau à filtrer.

La *filtration sur membranes* (microfiltration notamment) est de plus en plus fréquemment utilisée, mais elle reste encore onéreuse. Elle est fondée sur l'utilisation de membranes de faible épaisseur, comportant des pores réguliers de très petites dimensions. Ces membranes, sortes de barrières physiques, peuvent être d'origine organique ou minérale.

I.3.3. L'affinage

Les traitements d'affinage de l'eau font intervenir des procédés d'ozonation, de filtration sur charbon actif ou de filtration sur membranes (ultrafiltration ou nanofiltration).

- **L'affinage** a pour effet l'oxydation et la biodégradation des matières organiques et l'élimination ou l'absorption de certains micropolluants. En outre, il améliore les qualités organoleptiques de l'eau (saveur, odeur, limpidité).
- **L'ozone**, outre son grand pouvoir désinfectant (élimination des virus et des spores bactériennes), permet l'oxydation de certains micropolluants organiques (pesticides, composés aromatiques ...) et transforme les matières organiques naturelles (qui sont ensuite éliminées par le charbon actif biologique) en augmentant leur biodégradabilité.
- **Le charbon actif** est un matériau poreux qui possède une très grande surface spécifique qui permet l'adsorption et la dégradation par voie microbiologique des matières organiques naturelles et des micropolluants organiques (notamment pesticides).

L'utilisation de *membranes* présentant un seuil de coupure très faible (ultrafiltration ou nano filtration) commence à être pratiquée en traitement d'affinage. Elles permettent de retenir des molécules de taille importante (ultrafiltration) à petite (ultrafiltration couplée à une injection de charbon actif en poudre, nano filtration), comme les pesticides.

I.3.4. La désinfection

Cette **étape**, commune à tous les traitements, est **la plus importante**. Elle a pour but de neutraliser tous les virus et bactéries pathogènes. Elle n'est efficace que si l'eau a été préalablement bien traitée, notamment dans le cas des eaux de surface. Bien que les eaux

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

souterraines soient souvent naturellement exemptes de microorganismes, la désinfection prévient le risque d'une contamination par infiltration dans la ressource et dans le réseau.

Elle peut être effectuée :

- ***par des procédés chimiques*** : oxydation chimique avec des agents chlorés (chlore gazeux, eau de Javel, bioxyde de chlore) et ozone, ou rayonnements ultraviolets,
- ***par des procédés physiques*** comme la filtration sur membranes.

Pour que la désinfection soit totalement efficace, il convient de maintenir un résiduel de désinfectant dans l'eau distribuée jusqu'au robinet du consommateur. Lorsque la désinfection finale est réalisée par l'ozone (qui présente un faible pouvoir rémanent), par les UV ou par les membranes, une légère injection de réactifs chlorés (chlore, eau de Javel ou dioxyde de chlore) est nécessaire.

- **La désinfection par *oxydation chimique*** : La chloration est actuellement le procédé de désinfection le plus fréquemment rencontré, à la fois pour le prix de revient du chlore et pour sa simplicité de mise en œuvre. Le chlore gazeux est injecté à des doses précises ; un temps de contact suffisant doit être respecté afin d'assurer une efficacité maximale de l'oxydation. La combinaison du chlore et de la matière organique, lorsqu'elle est incomplètement éliminée au cours des étapes précédentes, conduit à la formation des composés sapides (qui donnent un goût) et de produits organo-chlorés potentiellement cancérogènes, pour lesquels la réglementation impose une teneur maximale admissible (limite de qualité "Trihalométhanes"). L'eau de Javel est souvent utilisée sur de petites installations ; ses avantages et inconvénients sont les mêmes que le chlore gazeux (à pH identique). Le bioxyde de chlore, sous forme liquide, évite la formation de ces composés organo-chlorés. C'est pourquoi il peut être préféré dans certains cas. Cependant, il est beaucoup moins utilisé, plus onéreux, et d'une mise en œuvre plus complexe. De plus, il génère dans les eaux désinfectées des ions chlorites (et parfois chlorates), qui font l'objet d'une référence de qualité du nouveau décret, 2001-1220. L'ozone est très fréquemment utilisé par les usines de production d'eau potable à partir d'eaux de surface, pour son grand pouvoir désinfectant, notamment vis à vis des virus et des spores bactériennes, et ses autres propriétés en traitement d'affinage. Cependant, fabriqué sur le site, l'ozone est coûteux et sa mise en œuvre est relativement complexe. Ce traitement produit en outre des ions bromates (nouvelle limite de qualité du décret n°2001-1200) à partir des ions bromure naturellement présents dans les eaux. Enfin, un

Chapitre I : Généralités sur les eaux naturelles et Les différents Procédés de traitement

complément par l'utilisation d'un désinfectant rémanent [4] est nécessaire pour protéger l'eau lors de son transport jusque chez l'utilisateur.

- **Les rayonnements ultraviolets et la filtration sur membrane** Les rayons ultraviolets ont un pouvoir germicide élevé et les procédés à membrane empêchent théoriquement tout microorganisme de pénétrer dans le réseau de distribution. Tout comme l'ozone, ces procédés n'ont pas d'action rémanente, c'est-à-dire qu'ils ont une action limitée dans le temps. Leur utilisation nécessite donc une injection de désinfectant chloré en aval afin d'éviter toute contamination par le réseau de distribution.

Conclusion :

Au terme de cette revue bibliographique, il apparaît que l'eau est un milieu complexe pouvant renfermer de nombreuses particules minérales et/ou organique à l'état de suspension ou sous forme dissoute et a des teneurs variables, selon l'origine et le parcours de l'eau aussi que sur l'exploitation éventuelle aux différentes pollutions de l'environnement. Selon sa composition, la consommation de l'eau peut exposer le consommateur à des risques sanitaires (toxiques et infectieux). Par conséquent, des opérations d'analyses continues sont indispensables en vue de déterminer les corrections éventuelles à lui appliquer de manière à le rendre conforme aux normes de potabilité ; c'est l'objectif de traitement de l'eau.

Chapitre II

Description du bassin versant barrage El K'sob

Chapitre II : Description du bassin versant barrage El K'sob

Introduction :

Le barrage « K'sob » est l'un des plus anciens barrages d'Algérie, situé dans le village de Boukhmisia dans la wilaya de M'sila et est actuellement utilisé pour l'irrigation, ce barrage a été construit par une entreprise française en 1934 [5]. Le bassin versant de K'sob fonctionne donc comme un collecteur chargé de recueillir les précipitations et de les transporter par écoulement vers le point le plus bas appelé exutoire K'sob [5].

Ce chapitre est consacré à une description générale de bassin versant K'sob, afin de déterminer les Caractéristiques général.

II.1.Présentation du barrage El K'sob :

II.1.1. Situation géographique du barrage El K'sob :

Le bassin versant de l'oued K'sob est situé dans le grand bassin du Hodna au Nord de L'Algérie (Figures I.1). Il est limité au Nord-Ouest par la chaîne montagneuse des Bibans ; au Sud et au Sud-ouest par les monts du Hodna et à l'Est par les hautes plaines de Sétif. Il se situe Aussi entre les méridiens de longitudes $5^{\circ} 6'$ et $4^{\circ} 34'$ Est et les parallèles de latitude $35^{\circ} 33'$ et $36^{\circ} 18'$ Nord .Il s'étend sur la totalité de la wilaya de Bordj Bou Arreridj dont son exutoire est à la limite Nord de la wilaya de M'sila.[5]

Le barrage El K'sob fait partie du territoire de la wilaya de M'sila, il est localisé dans la partie Sud du bassin versant d'Oued EL K'sob, à 15 km au Nord de la ville de M'sila et à 40 km au Sud de ville de Bordj Bou Arreridj - au lieu-dit Hammam entre les monts Kef El Ouerad et Djebel El Groun [5]

Ce barrage est actuellement envasé à 70% suite à l'érosion intense dans le bassin versant [6].

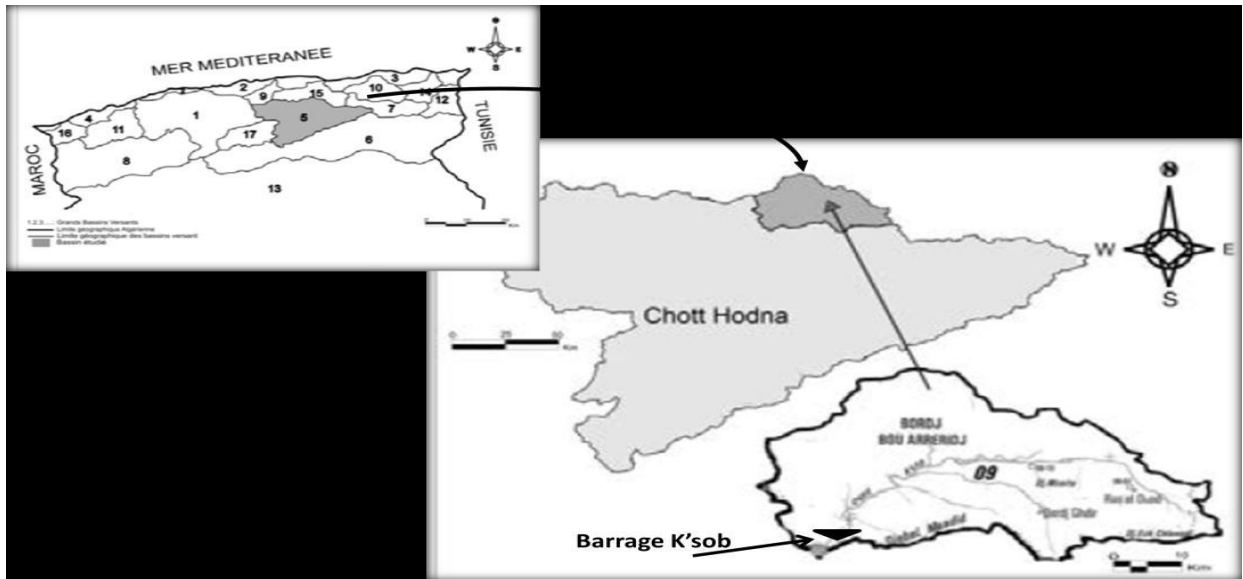


Figure. II.1- Position géographique du barrage El K'sob.

II.1.2 Présentation du bassin versant d'El Ksob :

Le bassin versant du El K'sob appartenant au grand bassin de Chott El Honda, il se situe aux confins Nord de ce dernier, il constitue la partie Ouest des hautes plaines Constantinoises représentant un trait d'union entre le Tell et des monts du Hodna. Ainsi, se trouvant à près de 100 Km à vol d'oiseau de la méditerranée, le bassin du El K'sob s'étend sur une superficie planimétrie de 1494,5 Km² situé sur le versant Nord des monts du Hodna et s'étale jusqu'au Nord de Bordj Bou Arreridj.

- Au Nord, sa limite est constituée par la ligne des partages des eaux entre le bassin du Soummam et le Chotte d'El-Hodna jusqu'au Djebel Mourissane puis jusqu'au sommet de Teniet Ben Azrag sur le Djebel Tarchett. Cette limite continue vers le Nord-Ouest jusqu'au sommet de Djebel Manssorah.
- Au Sud est constituée par les monts de Honda matérialisés par la ligne de crête Ouest Est de Djebel Maàdid.
- A l'Est, s'étend de Djebel Safi et El Hamra jusqu'à l'Elalleche en prenant la direction Nord-Ouest à Dràa Ouled Dehleb, passant par Bir Aissa.
- A l'Ouest sa limite est Nord -Sud de Djebel Manssorah jusqu'au niveau du barrage El K'sob.

Selon le découpage administratif du 04 Février 1984, le bassin versant du El K'sob se situe à 97,7 % en superficie dans la wilaya de Bordj Bou Arréridj (B.B.Arréridj, Medjana, Hasnaoua, El K'sob, El Euch, Rabta, Hammadia, Belimour, Bordj Ghdid, Ras El Oued, El Annasser, Ouled Braham) et à 1,3 % et 1 % en superficie, respectivement dans les wilayas de Sétif (Ain Oulmène) et M'sila.

Ce bassin est situé sur les versants Sud des monts du Hodna et ses eaux s'écoulent vers le Chott Hodna qui est un lac endoréique, c'est-à-dire dépourvu d'exutoire. En raison de la présence des villes de Sétif et Bou Arreridj sur leur territoire.

II.2. Caractéristiques générales du bassin versant :

Le bassin versant est un objet complexe dont l'ensemble des caractéristiques (géométriques, géologique, physiologiques, humaines, etc...) joueront un rôle dans la réponse hydrologique, du bassin à une sollicitation des précipitations. Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Le temps de concentration t_c qui caractérise en partie la vitesse et l'intensité de la réaction du bassin versant à une sollicitation des précipitations, est influencé par diverses caractéristiques et son orientation. A ces facteurs s'ajoutent encore le type de sol, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique. Ces facteurs, d'ordre purement géométrique ou physique, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques. Morphologiques en premier lieu, la taille du bassin, sa forme, son élévation, sa pente [8].

Le bassin est subdivisé en 8 sous bassins dont les plus hiérarchisés sont ceux des Oueds de Ras El Oued, Bordj El R'dir, Soulit et Rabta. Les sous bassins restants ne reçoivent que les affluents non hiérarchisés surtout entre Medjez et le barrage El K'sob. Le bassin versant de Oued El K'sob est situé sur les versants Sud des monts du Hodna et ses eaux s'écoulent vers le Chott Hodna qui est un lac endoréique, c'est-à-dire dépourvu d'exutoire.

II.3. Caractéristiques physiques du bassin versant de Oued El K'sob :

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont tirées de la monographie des grands barrages (Tab. II.1).

Tableau II.1 : Les caractéristiques physiques du bassin versant de Oued El k'sob [8].

Caractéristiques	valeur donnée
Surface de BV	1494,5 km ²
Périmètre de BV	180 km
Longueur de Talweg principal	83 km
Coefficient de compacité de graveleuse	1,3
Altitude maximale	1585 m
Altitude minimale	590 m
Altitude moyenne	1070 m
L'altitude de sommet principal ; Djebel Nechar	1885 m
L'altitude de sommet principal ; Safiet El Hamra	1789 m

Le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques du barrage. (Tableau II.3 [9])

Tableau II-2- Principales caractéristiques du barrage El K'sob.

Caractéristique générales	Données		
Superficie du bassin versant	1 460 km ²		
Périmètre du bassin versant	180 km		
Altitude moyen	1070 m		
Apport annuel moyen	51.5 Hm ³		
Précipitation moyenne annuelle	220.0 mm		
Déversoir	Evacuateurs de crue en rive droite		
Caractéristique du barrage	Barrage initial	Après surélévation	Récent
Début et fin des travaux	1934 à 1940	1972 à 1976	-
Année tenue en eau	1940	1977	-
Surface du plan d'eau	121 ha	252.5 ha	-
Altitude maximale de la retenue	591m	605.5	-
Hauteur de surélévation	-	15 m	-
Hauteur maximal	31 m	46 m	-
Longueur crête	254.5 m	280 m	-
Largeur de la crête	5.5 m	3 m	-
Base de la digue	48 m	56 m	-
Pente des parements amont	0.9	-	-
Pente des parements aval	0.4	-	-
Cote de la retenue maximale	591.00	605.50	-
Cote de la retenue normale	590.00	604.00	-
Capacité à la retenue normale	11.5 hm ³ (590)	29.5 hm ³ (604)	11.8
Taux d'envasement	69 % Levé 1968	60 % Levé 2008	hm ³
Périmètre irrigué.	13000 ha	6250 ha	(2008)
			-
			4840 ha

II.4. Régime hydrologique :

Les régimes hydrologiques des systèmes fluviaux du bassin versant Oued El K'sob sont caractérisées par une grande variabilité spatiale et temporelle. Oued El K'sob, qui est le chargeur et le pivot de l'activité agricole dans la région [9].

L'envasement progressif du réservoir est un phénomène problématique en raison de la diminution résultant en sa qualité de l'eau pose la question de l'efficacité. La capacité maximale du réservoir permet actuellement moins de 25 hm³ du volume d'eau régularisée (surface 230 ha) [7].

L'analyse de la courbe des variations de précipitations, sur une période de 12 mois, montre que le mois le plus pluvieux est le mois de mars (47 mm) (Fig. II.3), alors que les mois les plus sec sont le mois de septembre 2010 et aout 2011, avec une absence totale de précipitation.

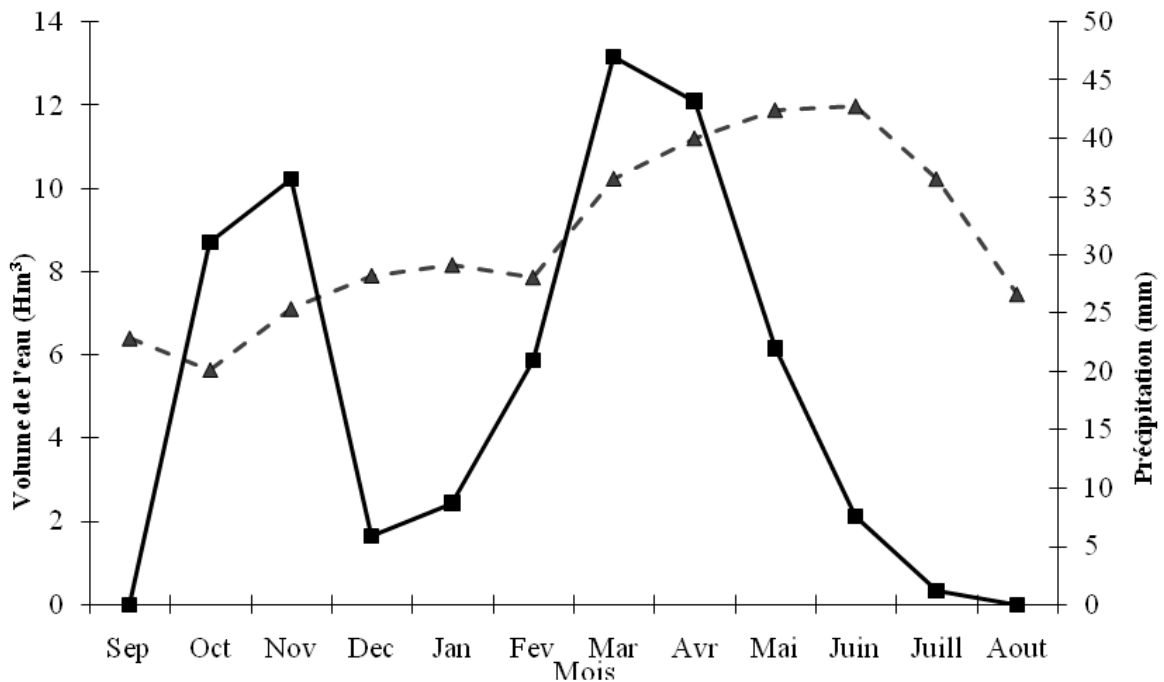


Figure II.2: Variation mensuelle de précipitation et de volume de l'eau du barrage d'El K'sob entre Septembre 2010 et Aout 2011 (Précipitation, volume de l'eau [7])

II.5. Réseau hydrographique :

L'Oued El K'sob résulte de la jonction de deux cours d'eau qui sont Oued Soulite et Oued Beyata prend d'abord une direction Nord-est / Sud-ouest jusqu'au barrage d'El K'sob, le lit d'Oued est large de 15m en moyenne et le régime d'écoulement de Oued El K'sob est endoréique (Fig .II.2). Les principaux affluents sont :

- Oued Toubou venant de la partie Nord-Ouest.
- Oued Rabta venant de la partie Sud-est.
- Oued Rhafistane du Sud-est.
- Oued Mezroug du Nord-Ouest.

Oued El K'sob avant l'entrée dans le barrage à une abondance annuelle moyenne de 60 millions de m³ soit un débit spécifique de 1,5 l/s/km² soit un coefficient d'écoulement moyen de 11%. La densité moyenne du réseau hydrographique y est extrêmement forte (5,45 km/km²), cette zone est située surtout près du barrage [8]

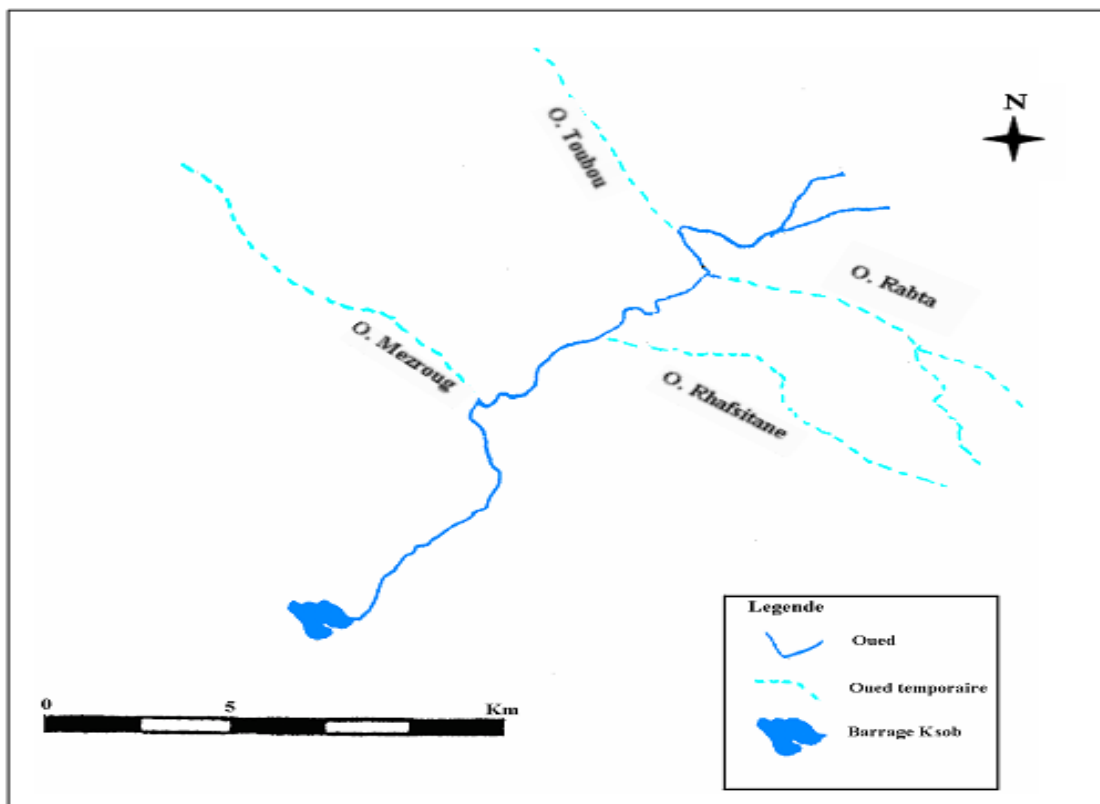


Figure II.3. Réseau hydrographique de la zone d'étude (Oued K'sob)

Extrait de la carte du bassin versant du K'sob

II.6. La Température :

La caractéristique de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins cinq variables importantes qui sont les moyennes des Minimums et des maximums, la moyenne mensuelle, le minimum absolu et le maximum absolu ainsi que l'amplitude thermique [9].le Tableau. II.3. représente lesMoyennes mensuelles et annuelles des températures de la station de M'sila.

Tableau. II.3. Moyennes mensuelles et annuelles des températures de la station de M'sila [3].

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy/an
m (°C)	3.1	3.6	7.03	9.9	15.6	20.6	24.2	23.9	19.1	14.1	8.11	4.2	12.8
M (°C)	14.5	16.5	20.6	23.8	28.3	35.0	39.0	38.3	32.4	26.2	19.2	14.6	25.7
Tmoy (°C)	8.8	10.0	13.8	16.9	21.9	27.8	31.6	31.1	25.8	20.2	13.6	9.4	19.2

Le (tab .II.3) Ci-dessus montre que au niveau de la station du El K'sob le mois de Janvier est le mois le plus froid (8,8 °C), bien que le mois de Juillet est le mois le plus chaud (31.67°C).

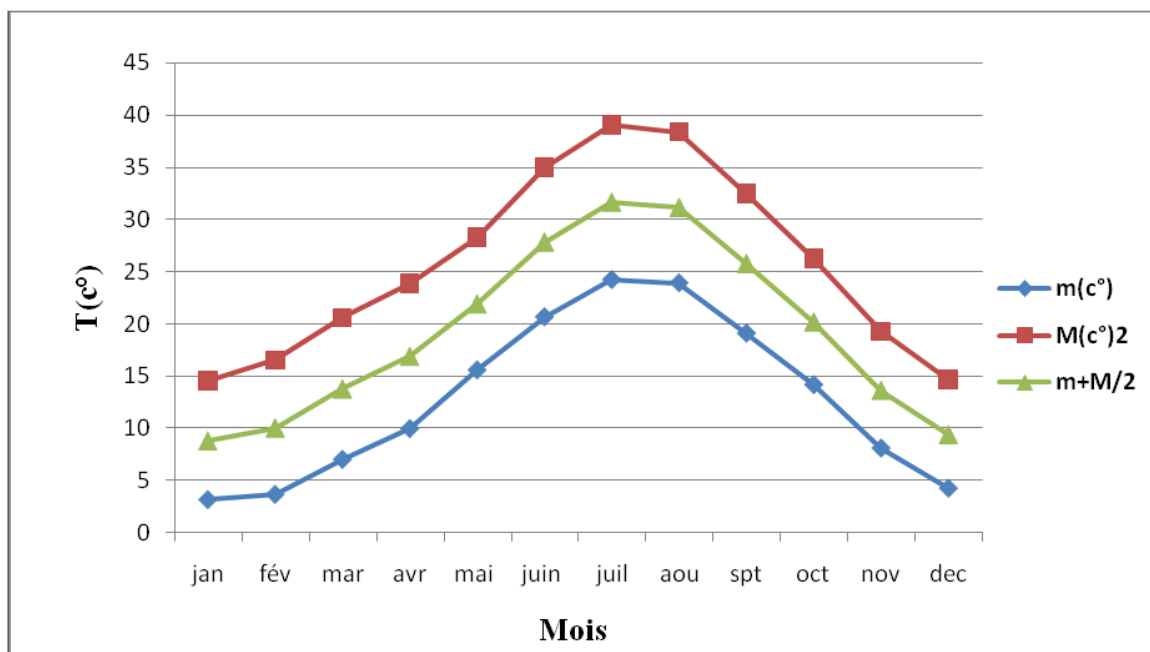


Figure .II.4. Les courbes des températures minimales, moyennes et maximales mensuelle et annuelles (°C) de la région de M'sila (1988-2013).

II.7. Humidité relative :

Le tableau ci-dessous représente les moyennes mensuelles et annuelles de l'humidité de la station de M'sila [9].

Tableau .II.4. Moyennes mensuelles et annuelles de l'humidité en (%).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
H (%)	73.8	66.4	60.2	56.7	49.1	41.8	35.8	38.0	52.8	60.1	69.4	75.1	56.6

D'après le (tab .II.4) nous constatons que le mois de Décembre présente l'humidité la plus élevée (75.1%), par contre la plus faible moyenne mensuelle est enregistrée pendant le mois de Juillet avec (35,8 %).

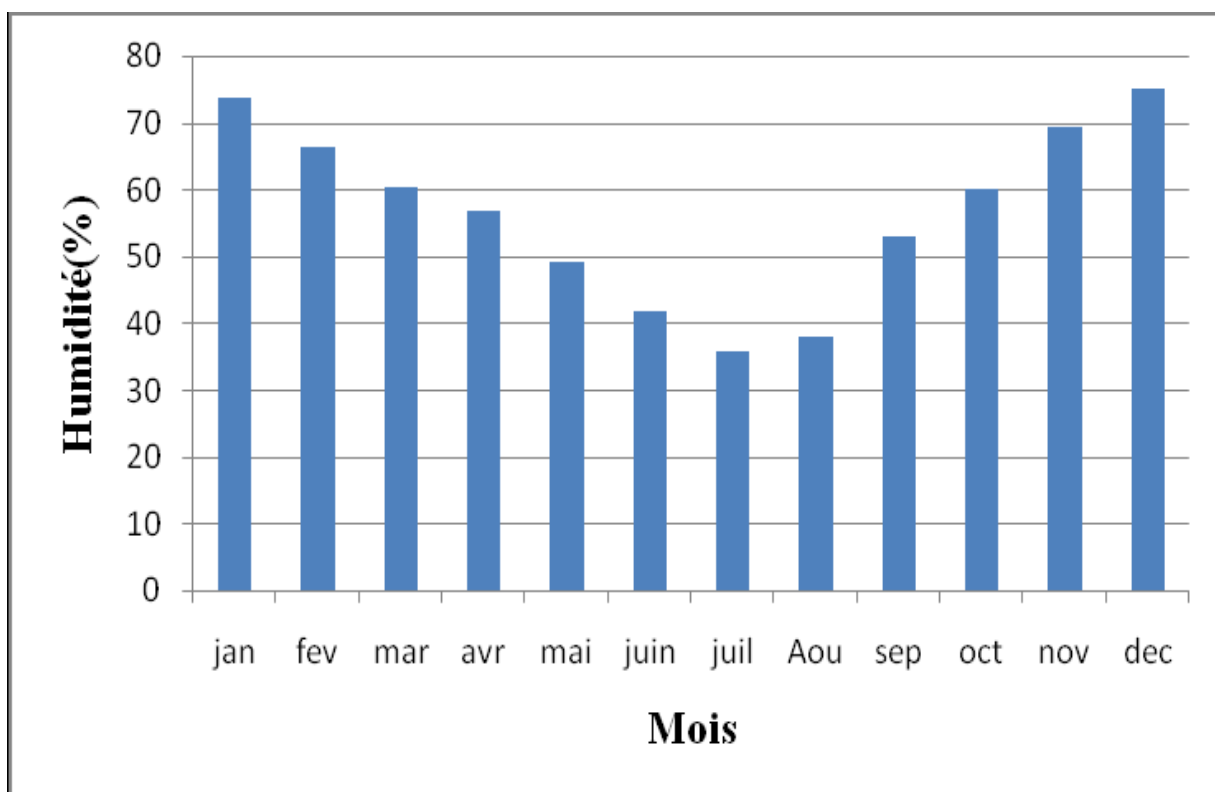


Figure .II.5. Humidité moyennes mensuelles et annuelles de la région de M'sila durant la période (1988-2013).

II.8. Géomorphologie [8] :

Le bassin versant de l'Oued El K'sob se présente sous forme de cuvette à demi fermé, encadré par une ligne de relief relativement élevée, constituée au Nord par les monts de Medjana à l'Ouest par les massif de Djebel Mansoura et au Sud par les monts du Hodna [8] Ces reliefs sont composés de :

- **Les plaines** : occupant (31%) situées dans sa partie centre Est et Sud Est. (Comprise entre 800 à 1000m).
- **Les piémonts**: occupant (28%) ce sont des glacis qui forment le record entre la pleine et le relief (100 à 1200m). Avec une pente de 3 à 12,5%
- **Les plateaux**: occupant (22%) ce sont des plates-formes, situées en contre bas et en bordure des montagnes.
- **Les montagnes** : moyennes montagne occupent 6 % situé à l'Ouest de bassin versant, altitude (1000 à 1400 m).
- **Hautes montagnes** : occupent 13 %, située au sud de bassin versant et correspond au Mont de Hodna (altitude 1500 à 1885 m) avec une pente de plus de 45%.

II.9. Végétation de bassin versant de Oued El k'sob :

D'après (Martinez et al. 2011 Benkadja, 2012), l'utilisation des terres du bassin de Oued El K'sob selon l'image satellite Landsat de 2006, montre que la végétation se compose principalement de céréales saisonniers, qui occupent presque tout le bassin (55%). Les terres agricoles réservées aux céréales s'étendent principalement sur les plaines de Ras El Oued, Bordj Ghdir, Bordj Bou Arreridj, El Achir , et Medjana (Tab .II.2) .

- Les forêts représentent environ 10 % et sont localisées principalement sur des terrains denses dans la partie sud du bassin. Plusieurs programmes de reboisement sont mis en œuvre dans le cadre de la restauration et de la protection du sol du périmètre du barrage El K'sob.
- Les surfaces nues ou des zones mal protégées ne représentent qu'environ 20 % car les parcours sont très limitées et les conditions de pédoclimatiques (pente et l'épaisseur du sol, les précipitations et les températures) sont toujours favorables aux cultures céréalières traditionnelles.

Tableau II.5 : Répartition spatiale de couverture végétale du bassin versant de Oued El K'sob.

Superficies	Km2	%
Type de végétation		
Surfaces incomplètement protégées (Céréales, Arboriculture).	724	55
Surfaces bien protégées (Forets).	131	10

II.10. Climatologie :

Pour bien caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série d'observations sur une période de référence de 25 ans de 1988 à 2013, relevée dans la station météorologique de M'sila, car c'est la plus proche au barrage El K'sob.

Tableau II.6. Les caractéristiques de la station météorologique de la région de M'sila. [9]

Sources des données	Périodes	Données disponibles	Altitude (m)	Coordonnées géographiques		Caractéristique de la station
				Longitude	Latitude	
SMM	1988-2013	P et T	441 m	4°30' E	35°40' N	M'sila

P : Pluviométrie (mm) , T : Température (°C). S.M.M: Station météorologique de M'sila,

II.11. Précipitation :

Les précipitations jouent un rôle important dans l'apparition et la disparition de tapis végétal. La répartition mensuelle des pluviométries moyennes sur une période de 25 ans (1988-2019) est enregistrée dans le tableau ci-dessous. [7]

Tableau II.7. Les précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la zone d'étude pour la période (1988 – 2019)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
P (mm)	15.2	13.0	15.5	25.0	24.5	9.4	3.7	7.4	24.4	26.8	19.6	19.0	204.1

D'après le (tab .II.5.)le mois le plus pluvieux au barrage du K'sob est le mois de Octobre 26,8 mm, alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet avec 3,7 mm. La moyenne des précipitations annuelles enregistrées pendant la série (1988-2019) est de 204.1 mm à la station de M'sila.

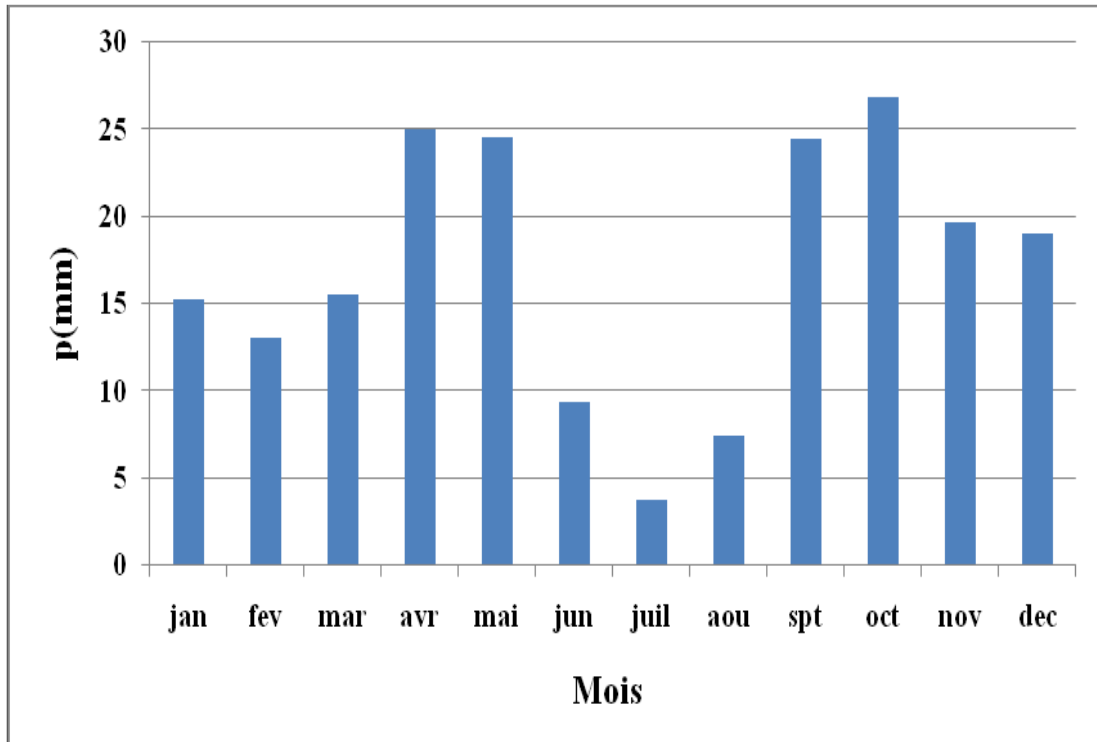


Figure II.6. Histogramme de précipitation moyenne mensuelle et annuelle de la région de M'sila (1988-2019).

II-12- Lithologie de bassin versant du K'sob:

La lithologie d'un bassin versant joue un rôle important dans l'infiltration, l'érosion, le transport solide et les sédiments dans la retenue.

Le bassin versant du K'sob et ses affluents, comprend la grande dépression de la Medjana au Nord de Bordj Bou Arreridj et la bordure Nord du massif du Maâdid (cuvettes de Bordj Ghdir et de Ras El Oued). Sa lithologie est constituée des formations visualisées sur la figure II.7.

Les formations lithologiques sont aussi très variées mais avec une prédominance des formations calcaires. Les séries exclusivement calcaires de l'Aptien inférieur constituent un ensemble homogène qui s'étend au Sud sur les monts du Hodna et le Djebel Mzaita ; on note cependant quelques affleurements au Nord et au Nord-est. [6]

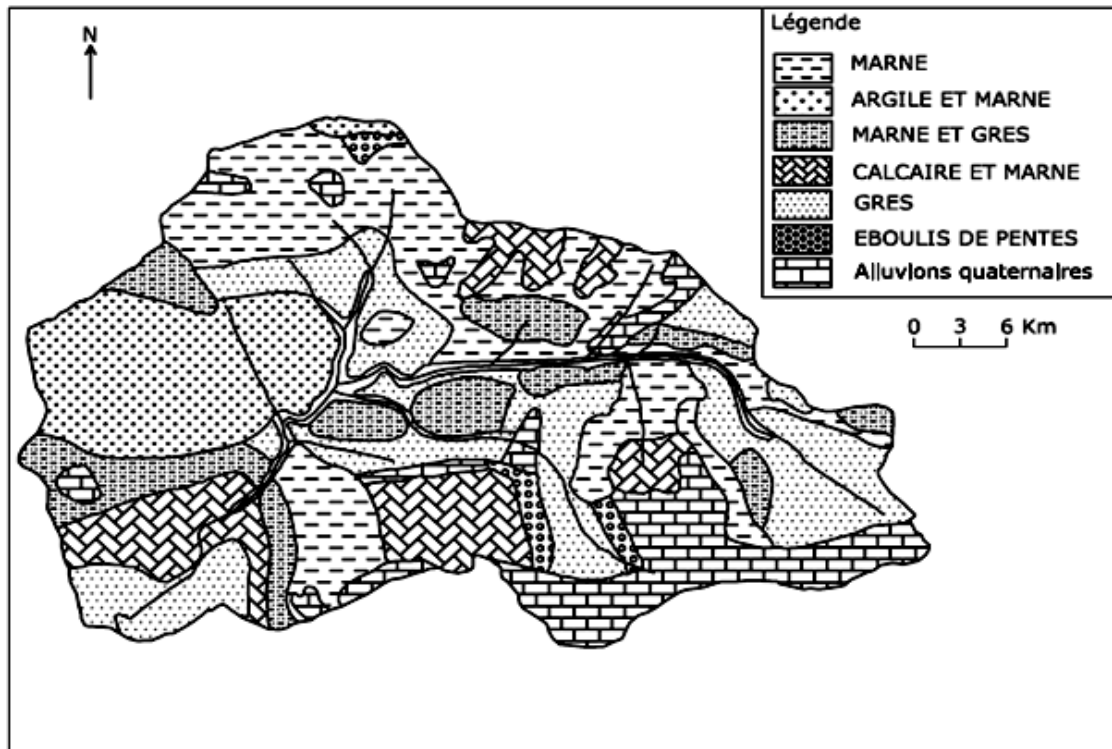


Figure II.7.Lithologie du bassin versant d'Oued El K'sob.

Conclusion :

Dans ce chapitre après avoir donné un aperçu générale sur la description du bassin versant du barrage El K'sob ou se située le barrage du El K'sob qui représente un réservoir des eaux naturelles de surface (source de notre échantillons) ; A travers ce chapitre nous avons présentée le bassin versant du barrage El K'sob et ces caractéristiques générales. Ainsi la géomorphologie et végétation de bassin versant de Oued El k'sob, en plus la lithologie de bassin versant du K'sob :

D'autre part nous avons présenté les paramètres et facteurs qui affectent sur la quantité et la qualité des eaux du surfaces tels que ; Les régimes hydrologiques le réseau hydrographique, la température et l'humidité relatif, la nature géologique, les précipitations la climatologie.

Chapitre III

Procédé de la coagulation floculation

Chapitre III : Procédé de la coagulation floculation

Introduction :

La coagulation-floculation apparaît, de plus en plus, comme non seulement un procédé de clarification mais également comme un traitement d'élimination spécifique capable, dans une certaine mesure, de rivaliser avec des traitements plus coûteux comme l'adsorption sur charbon actif (**Fiessinger, 1980**) ou l'oxydation par l'ozone (**Mouchet, 1991**).

Les procédés physico-chimiques de traitement et d'épuration des eaux utilisant des produits chimiques sont efficaces mais posent de sérieux problèmes environnementaux et de santé (**Shih et al., 2001; Zhong et al., 2009**).

La demande du public en matières de produits renouvelables et biodégradables croît avec la sensibilisation à la protection de l'environnement, les matériaux d'origine animale comme le chitosane apparaissent porteurs de solutions.

Louis Pasteur était la première personne qui a découvert la présence des floculants dans un système de micro-organisme (**Gong et al., 2008**).

D'autres études ont établi l'existence d'une corrélation entre l'accumulation des biofloculants extracellulaires et l'agrégation des cellules (**Jie et al., 2006**).

Un certain nombre de micro-organismes, y compris des algues, des bactéries, des actinomycètes et des mycètes, ont été employés pour produire des biofloculants (**Takagi et Kadowaki, 1985; Zhang et al., 1999; Huang et al., 2005**).

III.1. Définition :

La coagulation et floculation sont des processus souvent indissociables. En effet, la coagulation, en diminuant les forces de répulsion entre les particules, favorise les collisions et la formation d'agrégats ; et la floculation, en permettant la croissance des agrégats accélère la séparation des phases. Ils éliminent près de 80% des matières en suspension. **[10]**

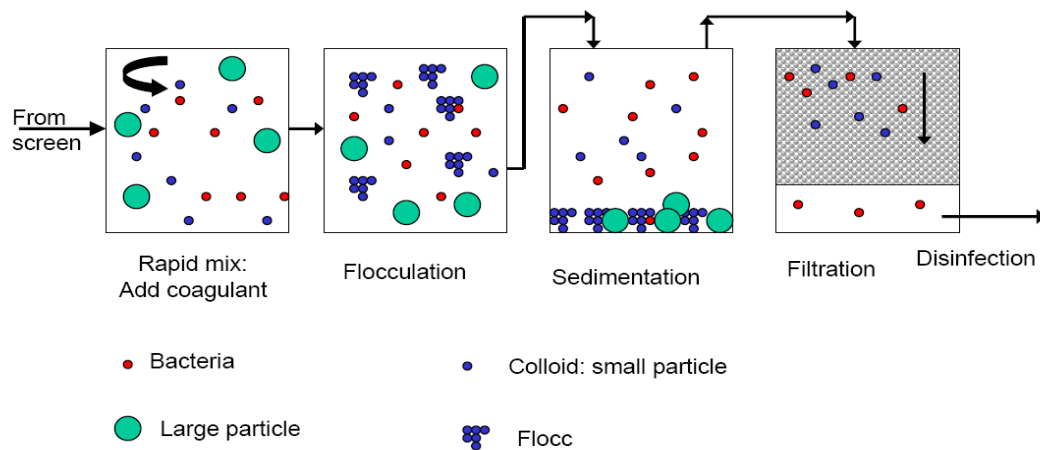


Figure III.1: Processus de coagulation floculation

III.2. La coagulation :

La coagulation consiste en 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 bien sûr de son coût

III.3. La floculation :

La floculation est le phénomène de formation de flocons de taille plus importante (agglomération des colloïdes). On utilise, pour se faire, des floculants ou adjuvants de floculation. Contrairement à l'étape de coagulation, la floculation nécessite une agitation lente. Les floculant 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

III.4. Rôle de la coagulation-floculation :

Les procédés de coagulation et de floculation facilitent l'élimination des MES et des colloïdes en les rassemblant sous forme de floc dont la séparation est ensuite effectuée par des systèmes de décantation, flottation et/ou filtration (voir décantation et filtration, de même que flocculateur - décanteurs - flottateurs-et les filtres) ;Ils constituent les traitements de base appliqués pour corriger tout ou partie des défauts de l'eau liés aux fractions particulières inertes (limons, argiles, colloïdes) ou vivantes (micro-algues planctoniques ; micro invertébrés, en particulier les kystes des protozoaires parasites : amibes, Giardia, Cryptospridium...; bactéries).

Ils assurent aussi l'élimination de la fraction « floculable » des matières organiques (macromolécules, en particulier la plupart des acides humiques responsables de la couleur), de certains métaux lourds, plus généralement de la fraction des micropolluants associée à ces MES et macromolécules colloïdales dont les virus, pratiquement toujours portés par les MES et colloïdes de l'eau.[11]

III.5. Mécanisme de la coagulation floculation :

III.5.1 La coagulation

Représente l'ensemble des phénomènes physico-chimiques visant à déstabiliser une solution de particules très petites de charge négative, appelées colloïdes

($\varnothing < 1\mu\text{m}$), et favoriser leur agglomération. Généralement les particules colloïdales possèdent une charge électrique négative et identique ce qui les amène à se repousser et ne pas former de floccs facilement décantables. Elle permet la neutralisation de la surface de la charge des colloïdes par l'addition ions à charge positive, sels métalliques ou minéraux.

III.5.2 La floculation

C'est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques menant à l'agrégation de particules stabilisées pour former des flocons ou floccs. Après coagulation, les particules possèdent une énergie cinétique supérieure à celle qui est nécessaire pour vaincre les forces électrostatiques de répulsion ; le phénomène est réversible, c'est-à-dire que l'on peut casser ces agrégats, par exemple en agitant fortement le liquide, pour retrouver la solution de colloïdes initiale.

III.5.3. La décantation

Quant à elle, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où

on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration.

Le temps de décantation des particules coagulées dépend du type de particules, du diamètre des particules et de leur surface spécifique, Il est donc impossible que certaines particules notamment les colloïdes et les particules à surface spécifique très élevée décantent naturellement. Pour obtenir la décantation de ces particules, il faudrait assembler un très grand nombre de colloïdes en agrégats d'au moins 10 à 100µm.

III .6. Matières en suspension et colloïdales :

Les matières en suspension (MES) dans les eaux de surface proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution de substance minérales et de la décomposition de substances organiques.

A cet apport naturel, s'ajoute les déversements des eaux d'égout domestiques, industrielles et agricole. En général, la turbidité de l'eau est causée par des particules de matière inorganiques alors que la couleur est imputable à des particules organiques et d'hydroxyde de métal. [13]

L'eau contient de nombreux composés qui peuvent se regrouper en trois catégories :

- Matières en suspension.

Ces produits ils peuvent être d'origine minérales (sables, limons, argiles...) ou organique (produits de décomposition des matières végétales et animales). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que les bactéries, planctons, virus et algue. Ces substances responsables, en particulier de la turbidité et de la couleur. [12]

- Matières colloïdales.
- Matières dissoutes.

Ce sont généralement des cations et des anions, une partie de la matière organique dissoute on trouve aussi des gaz (O₂, CO₂... etc) [12]

III.7 .Structure des colloïdes :

Les colloïdes sont généralement chargés négativement. Afin de neutraliser cette charge négative de surface, des ions positifs présents dans l'eau brute ou ajoutés sont attirés et forment une couche autour du colloïde. Diverses théories expliquent ce phénomène. [13]

III.7.1- Théorie de Helmholtz

Une couche d'ions positifs recouvre intégralement la surface du colloïde et assure la neutralité de l'ensemble (couche fixée) ;

III.7.2- Théorie de Gouy-Chapman

La couche d'ions positifs est inégalement répartie autour du colloïde ; la neutralité est obtenue à une plus grande distance (couche diffuse) ;

III.7.3 - Théorie de Stern

qui combine les deux théories précédentes et considère la formation **d'une double couche** : la première formée d'ions du liquide mais adhérente au colloïde, la seconde diffuse dans le liquide environnant. Comme illustré sur(la figure III.1)le potentiel subit une première chute significative dans la couche fixée, puis diminue plus lentement à mesure que la distance augmente jusqu'à son annulation au point A (**point isoélectrique**).

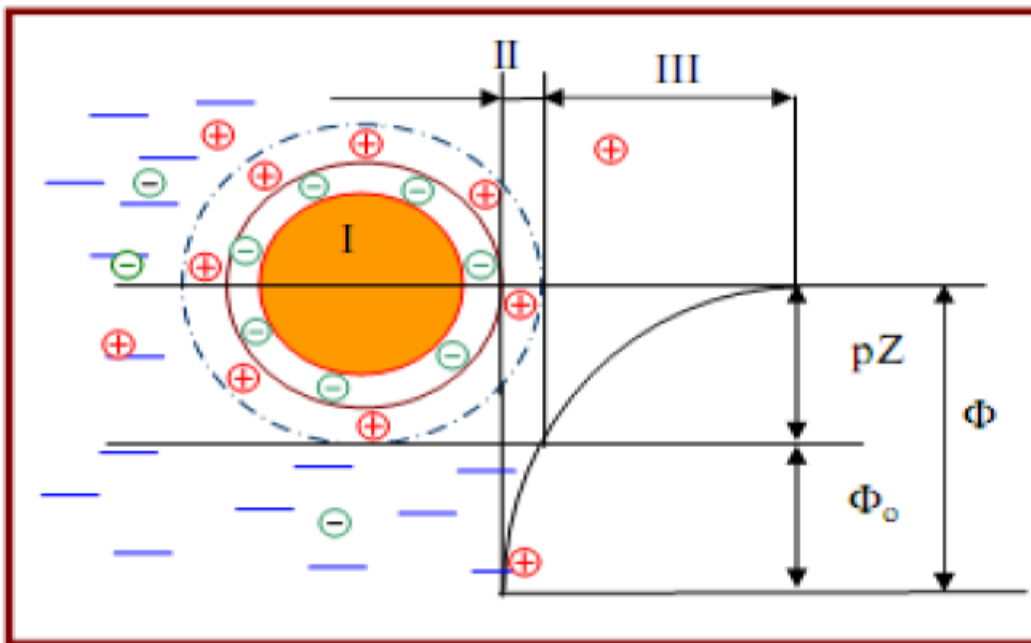


Figure III.2 : Potentiel électrique de particules

I : Particule colloïdale

II : Couche adhérente de Stern

III : Couche diffuse de Gouy-Chapman

Φ: Potentiel total à l'interface

Φ₀ :Potentiel différentiel dans la couche adsorbée

pZ : Potentiel zeta

- **Le coagulant :**

Plusieurs agents chimiques peuvent être employés dans le procédé de coagulation-floculation. Les sels métalliques sont indéniablement les coagulants les plus utilisés dans le monde actuellement.

Les coagulants les plus efficaces sont des sels de métaux, à bases d'aluminium ou de fer. Ils sont cités dans le tableau III.

Tableau.III.1 Les coagulant les plus utilisés

Coagulant	Formule chimique	pH optimal
Sulfate d'aluminium (alun)	$Al_2(SO_4)_3$	6 – 7,5
Chlorure ferrique	$FeCl_3$	Supérieur à 5

Ces coagulants, une fois introduits dans l'eau, forment des produits d'hydrolyse qui déterminent l'efficacité de la coagulation. [14]

- **Les flocculant**

Le principal agent flocculant d'origine minérale employé dans le domaine du traitement des eaux est la silice activée Ce composé offre de bons rendements lorsqu'il est associé au sulfate d'aluminium en eau froide. Un inconvénient accompagne l'utilisation de la silice, elle doit être préparée juste avant son utilisation, vu sa faible stabilité. [15]

Bien d'autre flocculant existant et peuvent donner des résultats beaucoup plus satisfaisante dans le traitement des eaux.

- **Les Bio-polymères d'origines naturelles organiques :**

Les polysaccharides (plantes, algues) amidon, cellulose, pectine, agar, alginate, carraghénane... Ces sont des polymères hydrosolubles d'origine animale ou végétale.

- Non ioniques, ils peuvent être modifiés chimiquement.
- Leur poids moléculaire est plus faible que celui des polymères de synthèse, ce qui leur confère de moins bonnes propriétés de floculation.
- Non toxique et biodégradable comme : Alginate, amidons, jus da cactus... [16]

- **Alginates**

Les alginates de sodium sont extraits de l'acide alginique, un composé provenant d'algues marines. Ces produits sont particulièrement employés en combinaison avec les sels ferriques, mais peuvent donner de bons résultats avec les sels d'aluminium [17].

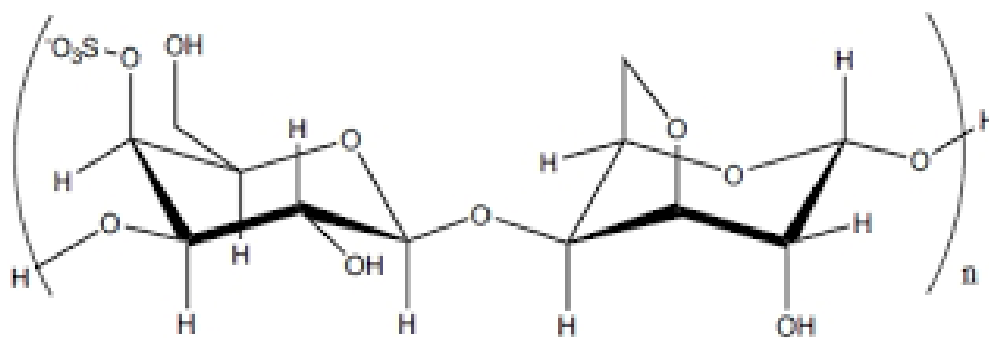
Les principales propriétés des alginates :

- Est de modifier la viscosité des solutions en l'augmentant fortement.

- Ces longues molécules très hydrophiles et déformables se déploient dans tout le solvant en s'entourant de molécules d'eau.
- Dans des solutions contenant des cations divalents, des zones de jonction entre macromolécules peuvent s'établir au niveau de certaines séquences, ce qui conduit à la formation d'un réseau tridimensionnel.

• Le carraghénane

Le carraghéna est un polysaccharide (galactane) extrait d'algues rouges servant d'agent d'épaississement et de stabilisation dans l'industrie alimentaire. Il porte le code E407 de la classification des additifs alimentaires



Carragénane κ

Figure III.3 : La formule chimique Le carraghénane

Les carraghénane permettent de former des gels à chaud (jusqu'à 60 °C) et présentent donc un intérêt par rapport aux gélatines animales traditionnelles. La formule chimique est présentée dans la **Figure III.3**

Leur encombrement stérique et leurs propriétés hydrophiles leur permettent d'accroître fortement la viscosité du milieu sans former de réseau tridimensionnel.

• Pectine

Ce sont des substances d'origine végétale, ils sont présents en grande quantité dans les parois primaires des dicotylédones, et en particulier dans les parois végétales de nombreux fruits. Les molécules d'acides uroniques possèdent des fonctions carboxyliques, ces dernières confèrent aux pectines la capacité d'échanges ioniques, elles se caractérisent aussi par leur facilité de dégradation. La pectine est soluble dans l'eau, formant une solution colloïdale.

L'acidité du milieu neutralise les fonctions acides, permettant ainsi le rapprochement des chaînes et l'établissement de liaisons hydrogène, la formation de ces liaisons est favorisée par la réduction de l'activité de l'eau. [18]

- **Bentonite**

Est une argile en partie amorphe avec une composition variable elle contient plus de 75% de montmorillonite et d'autres minéraux d'argile telle que l'illite la kaolinite. Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption et d'échange ionique.

Elles forment avec l'eau des solutions colloïdales qui flocculent lorsque les charges de surface sont neutralisées par des ions. [19]

- **Charbon actif en poudre :**

Le charbon actif utilisé au cours de certains protocoles du traitement de l'eau peut se présenter sous deux formes, en grains ou poudre.

Le charbon actif en poudre (**CAP**) est utilisé en filière de potabilisation avec les réactifs de coagulation et de floculation. Il s'agit d'une technique couramment employée afin d'améliorer la qualité des eaux. La capacité d'adsorption du charbon actif diminue au fur et à mesure de son utilisation et son coût va obliger ses utilisateurs à le régénérer après usage.

Du fait de sa structure poreuse, le charbon actif va être capable de séquestrer un grand nombre de molécules organiques. La charge organique globale d'une eau, mesurée par l'oxydabilité au permanganate ou le COT est diminuée par le charbon actif en poudre (CAP) d'environ 10% dès l'étape de décantation. Cette adsorption élimine indifféremment la matière organique biodégradable et non biodégradable.

III.8.Facteurs influençant sur la coagulation-floculation :

Le processus de coagulation est complexe et peut être influencé par plusieurs facteurs. Dans cette partie, nous discutons brièvement des effets de la température, du pH et de l'alcalinité. Dans un souci de concision, seuls ces paramètres sont abordés dans le cadre de notre projet de recherche. Toutefois, il convient de préciser que d'autres paramètres tels que la dose du coagulant, la concentration des particules colloïdales, la couleur, la présence d'anions et cations, l'intensité du mélange et le potentiel Zêta sont importants.

III.8.1 Influence de la température :

Nous savons qu'une baisse de la température ralentit la cinétique des réactions chimiques. L'équation d'Arrhenius décrit bien l'effet de la température sur les constantes cinétiques. Une baisse de température se traduit par une réduction de la constante de vitesse k : [20]

III.8.2 Influence du pH :

Le pH est un des paramètres qui affecte beaucoup plus la coagulation-floculation. Son contrôle est donc conseillé. Selon les caractéristiques d'une eau, il existe un pH optimal permettant la meilleure coagulation [21].

Ce pH se situe souvent dans la plage où la solubilité du coagulant utilisé est minimale, ce qui donne une meilleure précipitation. Le contrôle du pH permet aussi d'améliorer la coagulation lorsque la température de l'eau est faible.

III.8.3 Influence de la turbidité :

La turbidité est aussi, considérée comme un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant. Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des MES favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation. [22]

III.8.4 Influence de la dose coagulant :

La détermination de la concentration du coagulant est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes. Une surdose du coagulant produit inévitablement une rentabilisation des particules colloïdales qui sont susceptibles de rester à la surface. Aussi les sites d'adsorption des particules colloïdales ne seraient plus disponibles pour la formation. Des ponts inter-particulaires un traitement de coagulation mal ajusté peut donc conduire à une dégradation rapide de la qualité de l'eau et à des dépenses d'exploitation non justifiées. Bien souvent, la dose de coagulant conditionne de fonctionnement des ouvrages de séparation et il se trouve tout simplement impossible de réaliser la clarification si cette dose est mal ajustée [23].

III.8.5 Influence de la vitesse et temps d'agitation :

Lors de l'introduction du coagulant dans l'eau, on procède à une agitation rapide pour la dispersion et l'homogénéisation de la solution. Mais une agitation intense empêche

l'agrégation des particules, tandis qu'une agitation prolongée, permet l'effraction des liaisons entre coagulant et la surface des particules, et le rabattement ultérieur des segments étendus sur la surface des particules. [24]

Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons présenté le procédé de coagulation-floculation parmi les techniques alternatives aux traitements des eaux de surface et notamment des usées. L'opération de coagulation-floculation est essentielle dans l'étape de clarification des eaux ; elle est utilisée pour séparer les matières en suspensions ainsi que les matières colloïdales dans l'eau. Cette méthode dépend de nombreux facteurs afin d'obtenir une eau potable le cas des eaux de surfaces ou bien une eau prête à être réutilisé avant le rejet dans l'environnement.

Sur la base de cette bibliographie, l'objectif principal de cette étude est l'application de la coagulation-floculation en vue d'élimination ou de réduction de quelques paramètres affectant la qualité des eaux de, en s'intéressant sur l'effet des paramètres de fonctionnement, tels que, le temps et la vitesse d'agitation, le temps de décantation et l'utilisation des coagulants et des floculants.

Les Facteurs influençant sur la coagulation-floculation ont été présenté tels que : L'influence de la température, du pH, L'influence de la dose coagulant et aussi l'Influence de la vitesse et temps d'agitation.

Chapitre IV

Matériels et méthodes

Chapitre IV : Matériels et méthodes

Introduction :

Dans ce chapitre nous y présentons le matériel et les méthodes utilisés pour effectuer les essais expérimentales pour atteindre nos objectifs. En effet plusieurs paramètres seront mesurés ou bien calculées par les matériels et les méthodes adéquates. Dans le même cadre nous y présentons aussi la préparation et la caractérisation des coagulants et des floculant utilisés pour les différentes mesures, nous définissons les réactifs de coagulants utilisés qui devront permettre de juger de L'efficacité du procédé de traitement étudié. Nous décrivons la méthode de coagulation-floculation basée sur les essais de jar-test et étudier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau du barrage El k'sob de la wilaya de Msila.

L'appareillage d'expérimentation (jar-test), le procédure expérimentale, le mode prélèvement des échantillons, et les méthodes de dosage des paramètres physico chimiques et les appareils de mesures et les analyses seront démontrée.

De façon générale les eaux de surface contiennent des matières de nature et de tailles très différentes, l'objectif de cette partie est de mettre en évidence l'influence des paramètres influençant le fonctionnement de la technique (C-F), tels que, le temps et la vitesse d'agitation, le temps de décantation, la dose optimale des coagulants (Sulfate d'aluminium ou Chlorure ferrique) et de quelques floculant (charbon actif poudre (CAP) et de l'argile), le pH initial pour l'optimisation de la qualité de ce type d'eau par l'élimination du certaines paramètres. Les paramètres optimisés seront appliqués au traitement des eaux de surface.

IV.1.Appareillage d'expérimentation (jar-test) : Procédure expérimentale

Afin de poursuivre le phénomène de la coagulation-floculation et l'optimisation des paramètres qui l'influent sur la qualité des eaux de surface, nous avons effectué des séries d'essais sur Jar test en laboratoire (Fig. IV.1).

Le Jar-Test est la méthode la plus ancienne, la moins onéreuse, la plus simple et de ce fait, le plus utilisée. Depuis plus de 50 ans, le Jar Test est la technique standard utilisée pour optimiser l'addition de coagulants et de floculant dans le domaine du traitement de l'eau [1].

Le Jar Test est un appareil couramment utilisé pour les essais de coagulation-

floculation. Il est composé de 6 postes à vitesse réglable de 0 à 250 tr/min, un régulateur de vitesse et une minuterie (Fig. IV.1). Les vases de floculation utilisés sont des béchers de forme haute de 95 mm de diamètre utile et d'une capacité de 1 L. Les agitateurs sont des pales rectangulaires de 2 x 5,5 cm et placées à 4 cm du fond du bécher.

Les essais de coagulation floculation de cette présente étude sont réalisés dans un floculateur de type Jar-Test de marque floculateur 11197, composé d'une batterie de 6 bécher d'une capacité d'un litre.

Chaque bêche est muni d'une pale rectangulaire à vitesse de rotation variable la vitesse de rotation est déterminée à l'aide régulateur de vitesse manuel.[1].

IV.1.1 Mode opératoire en Jar-test

- 1- Remplir les 6 béchers du (1 L ou 300 ml) par l'eau brute à traiter ;
- 2- A $t = 0$, ajouter le coagulant le plus rapidement possible avec une pipette et de façon identique dans chaque vase. Ajouter des doses croissantes de façon à encadrer la dose optimale présumée.
- 3- Mettre en route les agitateurs (150– 200-250 tr/min pendant 2 ou 3 min) : c'est *la phase de coagulation* (agitation rapide) ;
- 4- Après *la phase de coagulation* (agitation rapide) réduire la vitesse à 40 -30 – 60tr/min pendant 20 ou 30 min c'est *la phase de floculation* (agitation lente) ;
- 5-Laisser 15 à 30 min d'agitation lente, et laisser décanter tout en ayant arrêté et levé les pales ;
- 6-Après 10 – 60 min de décantation, prélever chaque 10 min une quantité suffisante du surnageant (*l'eau claire*) dans chaque bécher, mesurer les paramètres de rendement choisis (pH, Turbidité ...).

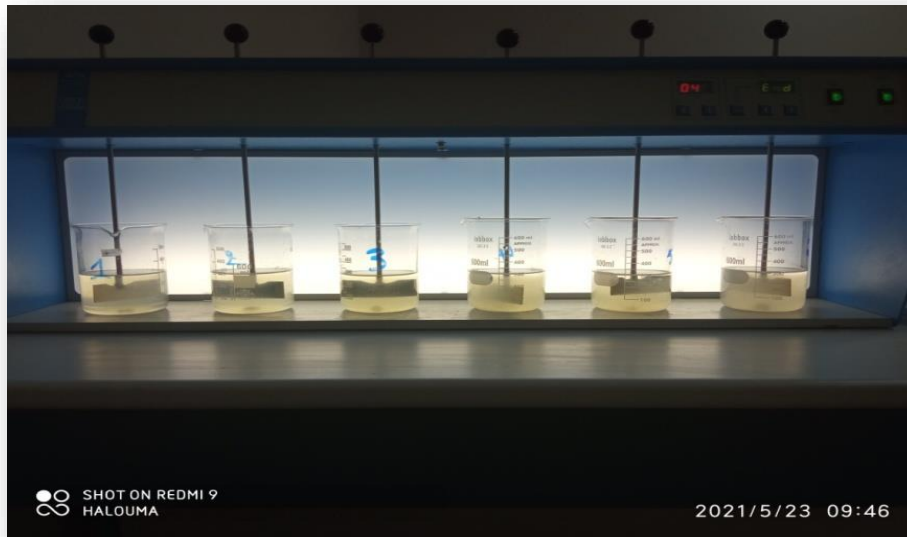


Figure. IV.1 : Appareil du Jar test

IV.2.Prélèvement des échantillons :

Selon le type et l'objectif des analyses, des prises d'échantillons sont effectuées à plusieurs points à la sortie du barrage El k'sob.

Pour la réalisation des analyses physico chimiques, le prélèvement des échantillons se fait manuellement à l'aide d'une perche spéciale.

IV.2.1. Méthodes de dosage des paramètres physico chimiques

Malgré le problème d'insuffisance des matériels réactifs, on a essayé de réaliser toutes les analyses physico-chimiques disponibles au niveau du laboratoire du traitement des eaux du département d'hydraulique.

Les paramètres suivants ont été analysés :

pH (potentiel hydrogène), **T**(Température), **CE**(Conductivitéélectrique), la turbidité, l'absorbance et le TAC

Il est important de signaler que nos échantillonnages sont étalés sur une période allant du mois de mars jusqu'au la dernière semaine du mois d'avril 2021. Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par Rodier (2009) ou dans les catalogues de l'appareillage utilisé.

IV.3. Appareils de mesures et Analyses :

Afin de réaliser nos expériences et d'apprécier les résultats de nos expériences certains analyses sont nécessaires pour la détermination des paramètres étudié. Les paramètres à

analyser, leurs méthodes d'analyse et l'appareillage de mesure nécessaire sont définies ci-après :

IV.3.1. Paramètres physiques :

IV.3.1.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présents dans l'eau. La valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil de pH mètre, après calibrage de l'appareil avec trois solutions tampons de pH (pH= 4, 7 et 9).

Les pH des échantillons prélevés sont mesurés par un pH mètre "Hanna, pH210" muni d'une électrode en verre contenant une solution de KCl de concentration 4M. Le pH initial a été varié entre 3.5 et 10.6 en utilisant une solution de HCl (0,1 N) ou une solution de NaOH (2N).

Il est recommandé de déterminer le pH des eaux de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suite d'un transport ou d'un séjour plus ou moins prolongé des échantillons d'eau dans des flacons.

❖ Mode opératoire :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche, l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil de pH mètre.



Fig. IV.2 : Microprocesseur pH Mètre "Hanna pH 210"

b) Température :

La valeur de la température est lue directement sur l'écran du pH-mètre **pH 510** qui permet, en même temps, la mesure de la température de l'eau (multi-paramètres).

d) Salinité

Pour la mesure de la salinité, nous avons suivi la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre.

IV.3.1.2. Turbidité :

Afin d'apprécier l'efficacité de la coagulation, floculation et décantation le paramètre a mesuré et sans doute la turbidité de l'eau finale.

❖ Mesure de la turbidité

La turbidité et l'absorbance sont mesurées sur le surnageant clair. Nous avons utilisé un appareil de type Hanna instruments "HI88703" comportant une diode infrarouge de longueur d'onde 890 nm et un détecteur de lumière réfléchi qui est un appareil à lecture directe pour la mesure de la turbidité. La mesure est basée sur l'absorption par les particules en suspension. L'unité utilisée pour la turbidité est la Néphélogétrie Turbidity Unit (NTU).

Le rendement d'élimination des paramètres étudiés (Turbidité) Y (%) est déterminé par la relation suivante :

$$Y(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i}$$

Y_i et Y_f sont les concentrations de la solution avant et après traitement par C-F.



Figure. IV.3: Turbidimètre Hanna "HI88703"

IV.3.1.3. La spectrophotométrie

La technique de spectrophotométrie est basée sur la propriété de la matière et plus

particulièrement de certaines molécules, il consiste à absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration. [2].

❖ Mode d'opérateur : [3]

La mesure de l'absorbance sur spectrophotomètre se réalise selon les actions suivantes :

- Mettre en marche le spectrophotomètre on/off.
- Sélectionner le mode absorbance (λ). (290)
- Introduire la cuve de référence (blanc) dans la porte cuve, et mettre à zéro l'absorbance.
- Programmer la longueur d'onde désirée.
- Enlever la cuve de référence.
- Introduire une à une les cuve des échantillons a mesuré et lire l'absorbance.
- De temps à autre passer la balance pour vérifier le calage de l'appareil

L'absorbance des différents prélèvements se mesure sur le surnageant clair. Ces mesures se font en spectrométrie UV [3]



Figure. IV.4 : Dispositif représentant le spectrophotomètre utilisé

IV.3.1.4. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet **TAC** correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Ces mesures sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral, en présence d'un indicateur coloré.

Réactifs :

- Acide chlorhydrique ou acide sulfurique concentré.
- Indicateur coloré (phénophtaléine).
- Solution de méthylorange
- Eau permutée.

Verrerie : Ballon ou Erlenmeyer (Récipient en verre à fond plat, de forme conique avec un col cylindrique, utilisé en laboratoire.) de 500 ml, Fiole jaugée de 1000 ml, Bécher 500 ml, Burette graduée.

❖ Mode opératoire :**❖ Détermination du TAC :**

- Sur le même échantillon, ajouter 2 gouttes de solution méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune orangé au rose orangé.
- Soit V' le nombre de millilitres d'acide 0.02 N verser depuis le début du dosage.
- Répéter 3 fois le titrage et prendre la moyenne des 3 valeurs pour le TA et pour le TAC.

IV.3.1.5. la conductivité (CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :

La conductivité électrique d'une eau augmente avec la teneur en sels électrolytables dissous, la valeur de la CE est lue directement sur l'écran du **conductimètre**. Hanna, EC214 conductimètre ".



Figure .IV.5 : Conductimètre " Hanna, EC214 "**IV.3.1.6. Autres équipements :**

Nous avons utilisé d'autres matériels et accessoires pour les manipulations et la précision des mesures.

- Une balance électronique.
- Les béchers.
- Pipette, pissette.
- Erlenmeyer pour la préparation de la solution.

**Figure .IV.6:** la balance de laboratoire utilisé.**Figure IV.7 :** différents béchers utilise (1000 ml / 500 ml /100 ml)

IV.3.1.7. Mesure de la demande biochimique en oxygène DBO₅

La demande biochimique en oxygène (DBO) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. La mesure de la DBO₅ est faite selon la méthode manométrique (par mesure de pression dans un système fermé) basée sur le principe du respiromètre de **WARBURG** au cours duquel la respiration de la biomasse est directement mesurée par un appareil. Un volume d'échantillon est placé dans des flacons à bouchon rodé.

IV.3.1.7.1 Principe de la méthode manométrique :

Une quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 510 ml, fermée avec un bouchon muni d'un capteur de pression (oxyton). Le volume choisi est fonction de la gamme de mesures souhaitée. L'appareil de mesure, de type OxiDirect (BSB BOD), est placé dans un réfrigérateur maintenu à 20 °C. On suit ensuite, en fonction du temps, soit tous les jours pendant 5 jours pour la **DBO₅**, la consommation d'oxygène, qui se traduit par une diminution de la pression d'air. L'oxydation des matières organiques provoque la formation de CO₂ qui sera piégé par une solution de l'hydroxyde de potassium (KOH) qui se trouve dans le joint caoutchouc du flacon. Ainsi il se développe une dépression dans la bouteille.

L'ajout de l'inhibiteur de nitrification (ATH : allyle 2 thio-urée) permet de freiner la nitrification, car l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates absorbe également de l'oxygène. Cette amine joue un rôle d'inhibiteur.

❖ Mode opératoire :

- Evaluer la plage de mesure de l'échantillon à analyser et choisir le volume d'échantillon selon le tableau ci-dessous
- Mesurer exactement le volume d'échantillon à l'aide du ballon de débordement et le verser dans un flacon DBO (éventuellement utiliser un entonnoir)
- Introduire un barreau d'agitation dans le flacon DBO
- Ajouter les gouttes nécessaires d'ATH (tableau ci-après) dans le flacon
- Visser la sonde DBO sur le flacon
- Poser l'échantillon sur le support à flacons

- Mettre l'appareil en marche en appuyant sur la touche ON/OFF
- Incuber l'échantillon à 20 °C.
- Relever les valeurs après 5 jours.



Fig. IV.9: DBO-mètre "OxiDirect"

Gamme de la DBO₅ (mg O₂/L)	Volume de l'échantillon (mL)	Dosage ATH
0 - 40	428	10 gouttes
0 - 80	360	10 gouttes
0 - 200	244	5 gouttes
0 - 400	157	5 gouttes
0 - 800	94	3 gouttes
0 - 2000	56	3 gouttes
0 - 4000	21,7	1 goutte

Tableau IV.3 : Volume d'échantillon en fonction de la gamme de la DBO₅

IV.4. Préparation des coagulants :

Les réactifs chimiques utilisés dans cette étude sont le sulfate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), les chlorures ferriques (FeCl_3). Le choix de ces coagulants est justifié par leurs disponibilités aux niveaux du laboratoire, et ils sont utilisés à grande échelle dans les stations de traitement des eaux.

La solution mère des coagulants utiliser est préparée quotidiennement avec de l'eau distillée.

- La figure nous montre les étapes à suivre pour la préparation de la solution

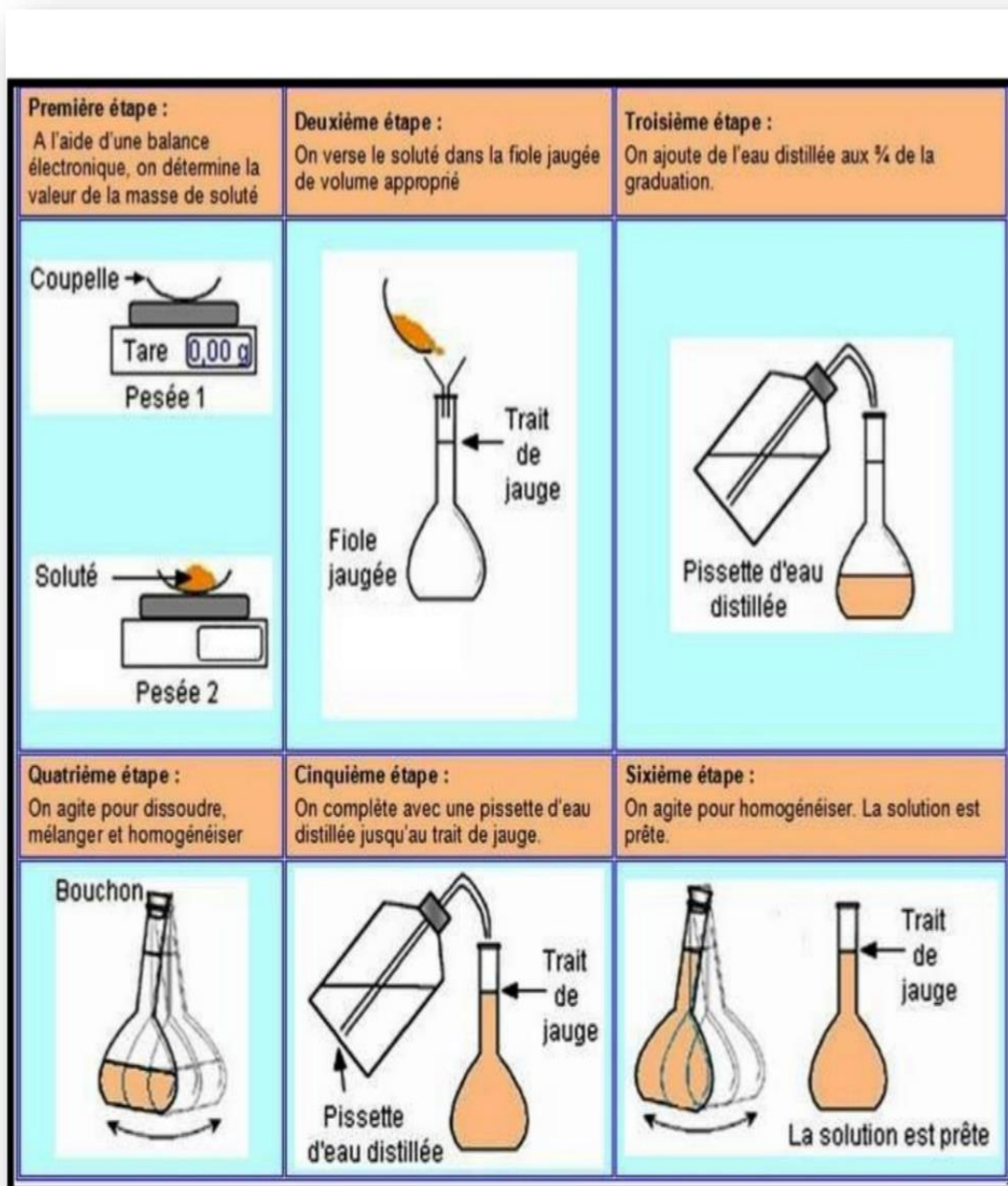


Figure IV .10 : mode opératoire de préparation de la solution mère

IV.4.1. Préparation des solutions :

IV.4.1. Préparation du sulfate d'aluminium :

On pose la capsule sur le plateau de la balance de précision. On tare la balance pour qu'elle affiche 0. Grâce à la spatule, on place la masse souhaitée de sulfate d'alumine 20g d'une pureté de 98% dans la capsule en s'aidant de la partie plus fine de cette spatule pour terminer ou pour enlever du solide si on a dépassé la masse voulue. Après on transvase le contenu de la capsule dans un bécher posé sur un agitateur magnétique et contenant un barreau aimanté ainsi que de l'eau distillée à raison de 50 à 70 % du volume final de la solution.

Ensuite on rince la capsule avec de l'eau distillée d'une pissette pendant que le barreau aimanté tourne. On verse le contenu du bécher dans une béchers de 1 litre munie d'un entonnoir.

En fin on complète avec une pissette d'eau distillée jusqu'au trait de jauge, on laisse reposer, on bouche et on pose une étiquette d'identification.

IV.4.2. Dose du coagulant (Sulfate d'aluminium ⁽¹⁾ et Chlorure ferrique ⁽²⁾)

Une solution mère de 5 g/L est préparée périodiquement par dissolution du coagulant dans de l'eau distillée. Cette solution permet un ajout de faibles quantités pour les doses voulues de coagulant.

$$C_m \cdot V_m = C_f \cdot V_f \Rightarrow V_m = (C_f \cdot V_f) / C_m$$

C_m : concentration de la solution mère (mg/L), V_m : volume à prélever de la solution mère (ml)

C_f : concentration de la solution fille (mg/L), V_f : volume de la fiole où on va mettre le volume

Prélevé (V_m) ou le volume de la solution à traiter (ml).

Exemple :

Solution mère (Coagulant) : $C_m = 5 \text{ g/L} = 5000 \text{ mg/L}$ (eau distillée)

C (SA) mg/L	50	100	150	200	250	300	400	500
V (SA) ml	8	16	24	32	40	48	56	64

⁽¹⁾*Sulfate d'aluminium*: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$, ⁽²⁾*Chlorure ferrique* $\text{FeCl}_3, 6\text{H}_2\text{O}$

IV.5. Protocole expérimentale :

Afin d'atteindre nos objectifs, diverses expériences sont entreprises pour étudier l'influence des particules solide sur la coagulation floculation. Le protocole expérimental de chaque expérience est présenté dans ce qui suit :

IV.5.1. Effet du temps et de la vitesse d'agitation

Le temps et de la vitesse d'agitation sont des paramètres important dans la formation des coagulants et floculant. La coagulation demande une vitesse d'agitation rapide afin que le coagulant et les particules se rencontrent et se neutralisent, alors que la floculation nécessite une vitesse relativement lente afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes sans détruire les floes déjà formés. On cherche à obtenir au final une eau plus limpide et des floes volumineux pour faciliter leur décantation.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter le matériel et la procédure expérimentale suivie pour la réalisation de nos essais en laboratoire.

Chapitre V

Résultats et discussions

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'évaluation des performances du procédé de coagulation-floculation (C-F), pour le traitement des eaux de surface .

Les expériences ont été réalisées pour examiner l'effet des paramètres de fonctionnement du procédé, tels que, la vitesse et le temps d'agitation, le temps de décantation, la concentration et le type du coagulant, la concentration du floculant, le pH initial, la concentration initiale.

Puisque la coagulation floculation prend sa place pratiquement dans toutes les stations de *traitement* ou d'épuration des eaux, on procède dans ce travail de montrer la mise en œuvre et le fonctionnement de cette étape de traitement à l'aide de l'étude expérimentale de la coagulation floculation, dans cette partie expérimentale, nous avons montré l'importance du Jar-test dans le choix d'un réactif et la détermination des concentrations optimales nécessaire à une réduction maximale de la turbidité d'une eau de surface du barrage El'Ksob, les essais ont été réalisés au laboratoire de traitement et d'épuration des eaux du département d'Hydraulique à l'Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila sur des échantillon d'eaux de surface turbides.

V.2. les objectifs de travail

L'objectif de ce travail était d'optimiser les paramètres de fonctionnement du procédé, tels que :

- La vitesse et le temps d'agitation ;
- Le temps de décantation ;
- La concentration et le type du coagulant ;
- La concentration du floculant ;
- Le pH initial.

V.3. influence du temps et de la vitesse d'agitation

L'agitation permet d'homogénéiser la solution. Il est important de dissocier la vitesse d'agitation durant la phase de coagulation et durant la phase de floculation.

La pratique consiste à mettre en œuvre deux séquences d'agitations : une rapide qui favorise le mélange des réactifs et la déstabilisation des particules (phase de coagulation) et une lente pour favoriser les collisions entre les particules déstabilisées et ainsi entraîner leur agrégation (phase de floculation). En floculation, le gradient de vitesse agit sur la probabilité de rencontre des microflocs, mais il n'est pas possible de l'augmenter exagérément. En effet, pour des valeurs trop élevées du gradient de vitesse, le floc formé peut subir un cisaillement mécanique entraînant sa destruction.

Le temps et de la vitesse d'agitation sont des paramètres important dans la formation des coagulants et floculants. La coagulation demande une vitesse d'agitation rapide afin que le coagulant et les particules se rencontrent et se neutralisent, alors que la floculation nécessite une vitesse relativement lente afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes sans détruire les flocs déjà formés. On cherche à obtenir au final une eau plus limpide et des flocs volumineux pour faciliter leur décantation.

V.3.1. influence de la vitesse et de la durée d'agitation durant la coagulation

Les vitesses étudiées sont 100, 150 et 200 tr/min. Les temps d'agitation sont 2 et 3 min. Pour chaque vitesse on varie la durée d'agitation. La dose du coagulant de sulfate d'aluminium est fixée à 100 mg/L. Après chaque temps d'agitation rapide, on réduit la vitesse à 60 tr/min pendant 20 min d'agitation. Après ce temps, l'appareil s'éteint, on lève les outils d'agitation et on laisse décanter pendant 60 min. Chaque 10 min, un échantillon de 50 ml de surnageant est prélevé avec une pipette dans chaque bécher, sans perturbation du liquide pour l'analyse. Les résultats trouvés sont représentés sur les figures suivantes (Fig. V.1).

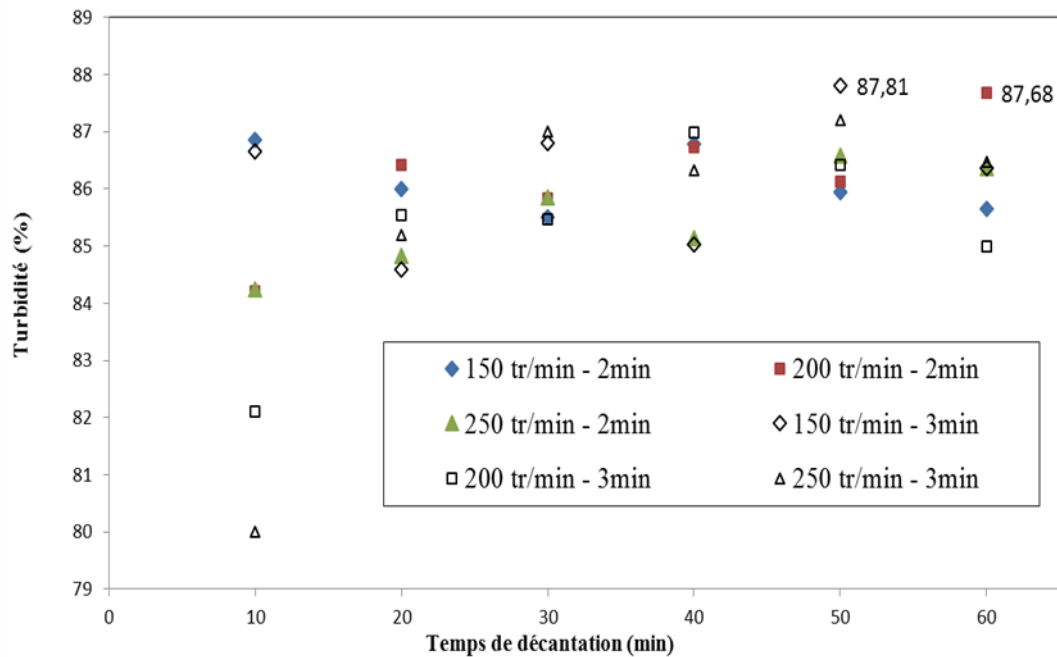


Figure V.1 : Effet du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité (Coagulation) : $C_{(SA)} = 100 \text{ mg/L}$, pH initial = 7.3

On voit que les résultats de 150 tr/min pendant 3 min et de 200 tr/min pendant 2 min sont proches. Pour cela, une agitation rapide de 150 tr/min pendant 3 min sera prise comme la vitesse de la coagulation. Les résultats expérimentaux montrent que le taux d'élimination de la turbidité augmente avec le temps de décantation.

V.3.2. influence de la vitesse et de la durée d'agitation durant la floculation

Le temps de floculation est un paramètre évolue de la même manière que la vitesse d'agitation. Il faut une durée suffisamment importante pour que toutes les particules se rencontrent et puisse s'agglomérer, mais pas trop grande non plus pour éviter le phénomène inverse, et la remise en suspension de ces particules (Thomas et al., 1999). Il est possible de s'attendre à une assez forte interaction entre temps de floculation et vitesse de floculation à effet négatif. Il y a en effet antagonisme entre les deux facteurs : plus le temps est long et plus la vitesse est courte, plus il y a possibilité de remettre en suspension les colloïdes et donc moins l'abattement de turbidité sera important (Shi et al., 2011).

Pour déterminé la vitesse d'agitation lente (de la floculation) En fixant la vitesse de la coagulation à 150 tr/min durant 3 min d'agitation, et pour les mêmes concentrations de coagulant, on fixe l'agitateur mécanique à la vitesse voulue (30, 40 et 60 tr/min). Pour chaque

vitesse, on varie le temps d'agitation lente (20 et 30 min). Juste après l'arrêt de l'appareil et la levée des hélices d'agitation, on laisse décanter pendant 60 min. L'analyse des échantillons prélevés nous donne la figure suivante (Fig. V.2).

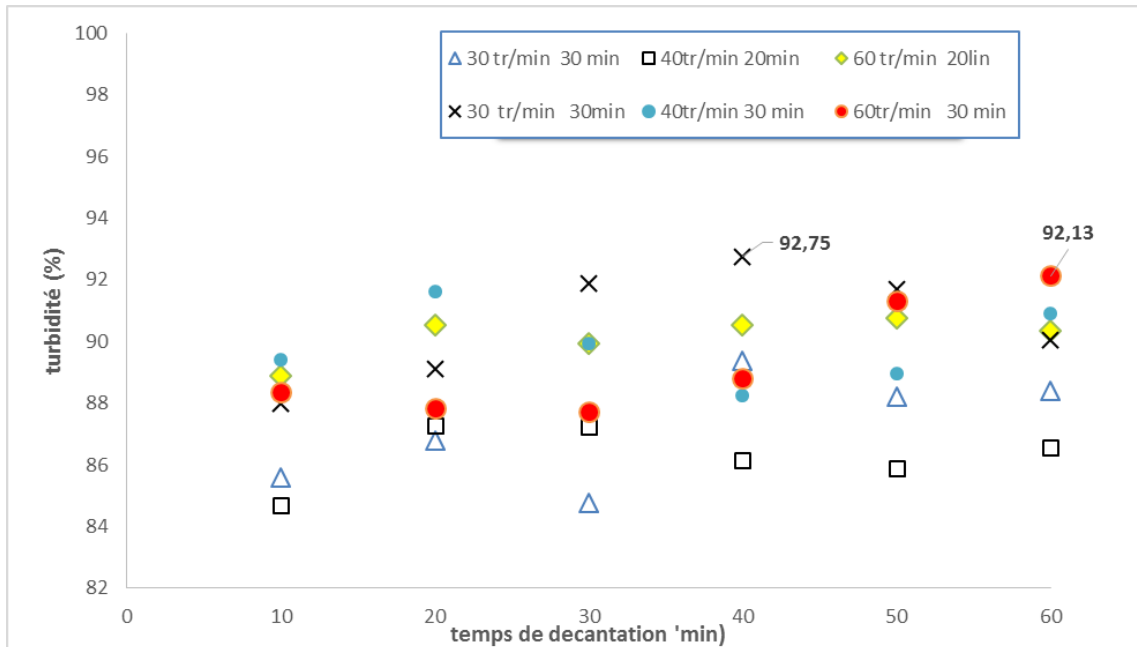


Figure V.2 : Effet du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité (Floculation): $C(SA) = 100 \text{ mg/L}$, $\text{pH initial} = 7.3$

Les résultats obtenus montrent que pour une vitesse de 30 tr/min pendant 30 min et la vitesse de 60 tr/min pendant 30 min sont proches. Pour cela on opte pour une agitation lente de 30 tr/min pendant 30 min sera prise comme la vitesse de la floculation pour les prochaines expériences.

V.4. Influence de la dose du coagulant (Sulfate d'alumine)

V.4. 1. En absence du floculant

Bien que la dose de coagulant soit le paramètre avec un effet positif sur l'efficacité de la coagulation, il est aussi le principal responsable pour la présence d'aluminium ou de fer résiduel dans l'eau traitée. De cette manière, trouver une limite de concentration peut éviter la saturation de l'eau en Al ou de Fer (III) et donc l'apparition d'Al ou Fe dissous.

En effet, le surdosage de coagulant peut provoquer l'effet inverse où des charges positives se disposent sur la surface des particules, ce que provoque l'inversion du potentiel Zêta, la

redéstabilisation des floes et la redispersion des particules (*Amistharajah, 1982*). Lors de la sur-injection du coagulant, le pH chute et entraîne la formation d'espèces plus solubles que le précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Pour déterminer la dose optimale de coagulant, nous avons réalisé l'essai de Jar test sur une eau de surface turbide avec des doses croissantes de sulfate d'alumine. Tous les paramètres ont été maintenus constants ($v_{\text{coag}} = 150$ tr/min, $T_{\text{coag}} = 3$ min, $v_{\text{floc}} = 30$ tr/min, $T_{\text{floc}} = 30$ min), excepté la concentration du coagulant. L'effet de la dose du sulfate d'aluminium est illustré dans la figure (V.3).

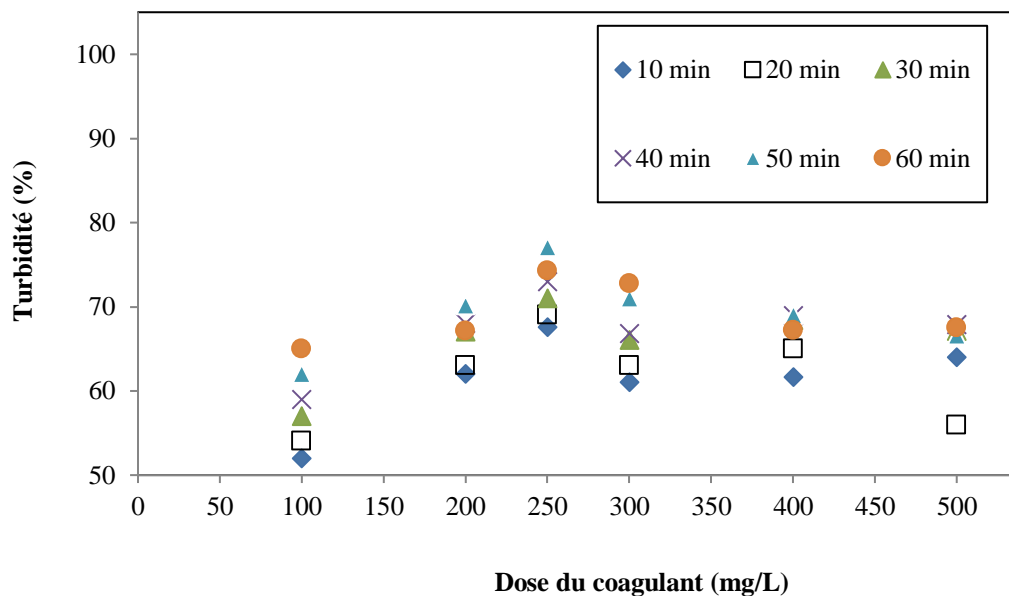


Figure V.3 : Effet de la dose du coagulant (SA) et du temps de décantation sur l'élimination de la turbidité : pH initial = 6.67

On voit clairement que le taux d'élimination de la turbidité augmente avec l'accroissement de la dose du coagulant et de temps de décantation pour les premières concentrations (50 – 250 mg/L). le taux le taux d'élimination dans leur majorité est supérieur à 50 % - Comme le montre cette figure, un taux maximal de **77.05 %** est enregistré pour une dose de **250 mg/L** du coagulant après une heure (**60 min**) de décantation. Pour des doses supérieures à 300 mg/L, on voit l'effet inverse, c'est-à-dire, le taux diminue et ce en raison de la précipitation étendue de l'excès d'hydroxyde d'aluminium, qui gêne légèrement la coagulation [69]. Il est à noter que le temps de décantation a une influence sur l'abattement de la turbidité.

V.5. Influence de la dose du flocculants

A partir des concentrations optimales des coagulants déterminées précédemment, une série d’essais avec des différents flocculants seront réalisés. En utilise deux flocculants le charbon actif en poudre CAP et l’argile

V.5.1. En Présence de sulfate d’alumine et du charbon actif

Le flocculant étudié c’est le *charbon actif en poudre* avec des doses croissante, Afin de voir l’effet de l’ajout du flocculant, nous avons testé les concentrations suivantes : 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 et 0.3 mg/L.

La figure (V.9) montre le taux d’abattement de la turbidité en présence de sulfate d’alumine et du charbon actif. Nous avons voir que le maximum d’abattement de la turbidité est atteindre à **99.1 %** qui a été observé pour une concentration de **0.25 g**. Alors par comparaison avec le taux d’abattement de la turbidité en absence du flocculant avec le coagulant *sulfate d’alumine SA* uniquement qui été égale de **77.05%**, soit une augmentation d’environ **24.05 %**.

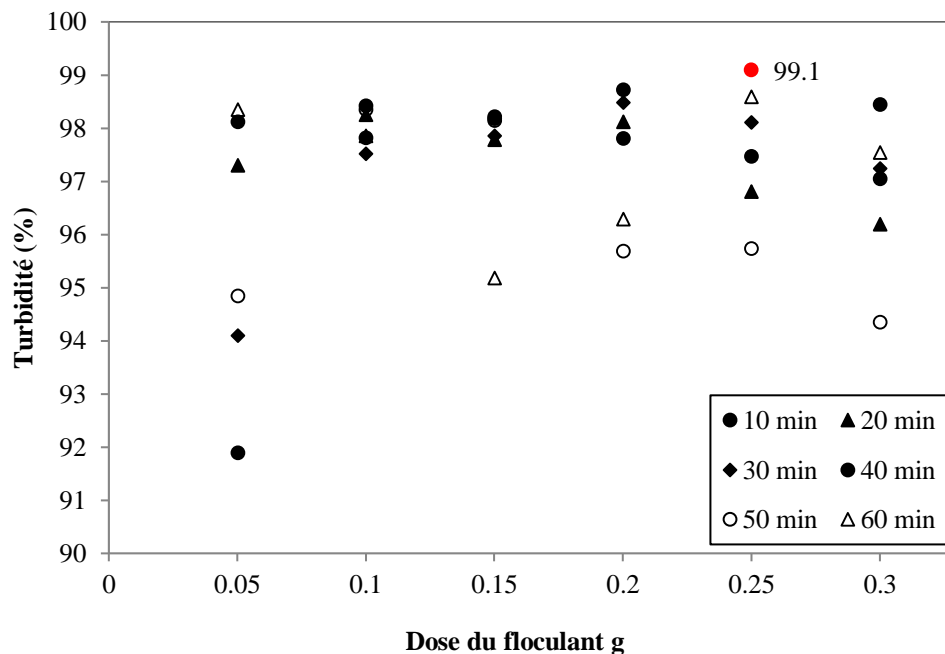


Figure V.9: Effet de la dose du flocculant (*charbon actif*) en présence du SA sur l’élimination de la turbidité : C (SA) = 250 mg/L, pH initial = 8.34

V.5.2.- En Présence de $FeCl_3$ et du charbon actif

La figure (V.10) montre le taux d'abattement de la turbidité en présence de $FeCl_3$ et du charbon actif nous avons voir que le maximum d'abattement de la turbidité est atteindré à que le maximum d'abattement de la turbidité (98.63 %) a été observé pour une concentration de 0.3 g. Alors par comparaison avec le taux d'abattement de la turbidité en absence du flocculant avec le coagulant chlorure ferrique $FeCl_3$ uniquement qui a été égale à 90.01 %, soit une augmentation d'environ 8.92 %.

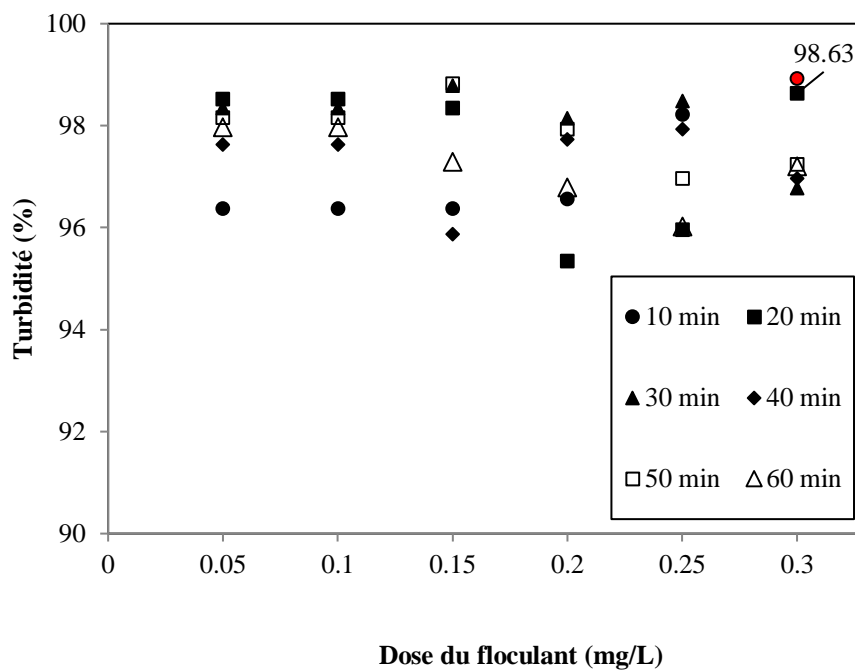


Figure V.10: Effet de la dose du flocculant (*charbon actif*) en présence du $FeCl_3$ sur l'élimination de la turbidité : C ($FeCl_3$) = 150 mg/L, pH initial = 8.34

V.5.3. En Présence de $FeCl_3$ et de l'argile

La figure (V.11) montre le taux d'abattement de la turbidité en présence de chlorure ferrique $FeCl_3$ et du l'argile. Nous avons voir que le maximum d'abattement de la turbidité est atteindré à (99.23 %) qui a été enregistré pour une concentration de 0.1 g. Le taux observé en absence du flocculant avec le coagulant chlorure ferrique $FeCl_3$ a été égale à 90.01 %, soit une augmentation d'environ 9.22 %.

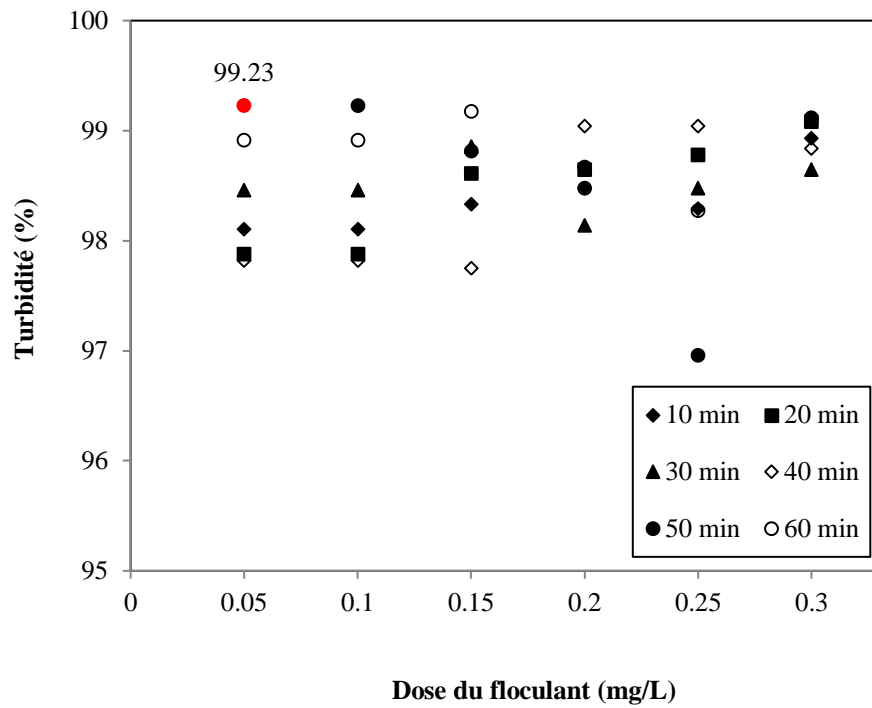


Figure V.11: Effet de la dose du flocculant (*argile*) en présence du $FeCl_3$ sur l'élimination de la turbidité : $C(FeCl_3) = 150 \text{ mg/L}$, $pH \text{ initial} = 8.34$

V.8. Conclusion

Une série d'expériences a été réalisée afin de trouver les effets des paramètres influençant le procédé de coagulation-floculation, pour le traitement d'une eau de surface (du Barrage El K'sob de M'sila). Les résultats obtenus permettent de confirmer que le taux de la réduction de la turbidité par le procédé de C-F a été influencée par la vitesse et le temps d'agitation, le temps de décantation, ainsi la concentration et le type du coagulant, en plus par la concentration du floculant et le pH initial.

Nos résultats soulignent l'opportunité d'appliquer cette technique pour un abattement efficace de la turbidité. Le coagulant sulfate d'alumine (SA) en absence d'un floculant permet de obtenir à un taux d'abattement de la turbidité environ 77.05 %. Cependant l'utilisation des floculants du charbon active en poudre (CAP) et de l'argile comme des adjuvants permettent d'améliorer le taux d'abattement de la turbidité.

Par l'utilisation du floculant du charbon active en poudre (CAP) le taux d'abattement a enregistré un maximum d'abattement de la turbidité environ (98.63 %) ce résultat a été marqué pour une concentration de floculant du CAP de **0.3 g**.

Par l'utilisation du floculant d'argile le taux d'abattement a enregistré un maximum d'abattement de la turbidité environ (99.23 %) ce résultat a été marqué pour une concentration de floculant d'argile de **0.1 g**.

De ce fait, le processus de C-F peut être considéré comme un processus efficace et fiable permettant d'obtenir un degré élevé d'élimination de la turbidité dans les eaux de surface. Cette technique leur efficacité est conditionnée par des plusieurs paramètres notamment :

- La vitesse et le temps d'agitation ;
- Le temps de décantation ;
- La concentration et le type du coagulant ;
- La concentration du floculant ;
- Le pH initial.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'importance de l'eau pour la vie comme composant de l'écosystème mondiale n'est plus à démontrer, Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est élément clé du développement, . En outre l'eau est vitale pour tous les écosystèmes du monde (communauté européennes 2002) à la fin du siècle dernier le nombre de personnes qui n'avaient pas accès à l'eau potable était estimé à 1.1 milliards soit 1/6 de la population mondiale (Hot et al.2005) Les eaux des barrages (eaux de surface) sont exposées quotidiennement à la variation de leur qualité à cause de plusieurs facteurs, essentiellement les facteurs climatologiques et humains (rejets d'eau usées):

L'objectif de cette étude est de traiter les eaux de surface par la technique / procédé de coagulation et floculation par l'utilisation des agents coagulants tels que le chlorure ferrique et du sulfate d'aluminium, cette technique est effectuée par plusieurs facteurs et paramètres .

- La vitesse et le temps d'agitation ;
- Le temps de décantation ;
- Le type / la nature de l'eau à traité
- La concentration et le type du coagulant ;
- La concentration du floculant ;
- Le pH initial.

Au terme de cette étude, on peut conclure que :

- La vitesse d'agitation pour la coagulation doit être rapide en un temps de mélange très court (150 tr/ min - 3 minutes).
- La vitesse d'agitation de floculation doit être lente en un temps de mélange moyen (30 tr/min - 30 min).
- La dose optimale du coagulant testé sulfate d'aluminium est de 250 mg/L.

Conclusion générale

- La dose optimale du flocculant du charbon actif en poudre pour l'élimination de la turbidité avec le sulfate d'aluminium est de 0.25 g, et celui de chlorure ferrique est de 0.3 g.
- La dose optimale du flocculant naturel (argile) pour l'élimination de la turbidité avec le chlorure ferrique est de 0.1 g

Le taux d'abattement du turbidité par l'utilisation du coagulant sec du sulfate d'aluminium SA permettre d'atteindre a un taux de 77.05 % .Cependant l'utilisation des flocculants du charbon active en poudre (CAP) et de l'argile comme des adjuvants permettre d'améliorer le taux d'abattement de la turbidité ou on a enregistré que dans le cas d'utilisation de le chlorure ferrique $FeCl_3$ comme coagulant et Par l'utilisation du flocculant du charbon active en poudre (CAP) le taux d'abattement a enregistré un maximum d'abattement de la turbidité environs (98.63 %) cette résultat a été marqué pour une concentration de flocculant du CAP de 0.3 g, , par contre dans le cas d'utilisation du flocculant d'argile le taux d'abattement a enregistré un maximum d'abattement de la turbidité environs (99.23 %) cette résultat a été marqué pour une .concentration de flocculant d'argile de 0.1 g

De ce fait, le processus de C-F peut être considéré comme un processus efficace et fiable permettant d'obtenir un degré élevé d'élimination de la turbidité dans les eaux de surface.

A titre de **perspectives**, d'autres travaux peuvent être envisagés :

- Etude comparative avec d'autres techniques de traitement telles que, l'électrocoagulation, l'adsorption ...
- Etude d'autres coagulants et flocculants naturels (bentonite, alginates, chlorure ferrique ; chitosane...) et un flocculant cationique.
- Etude du couplage électrocoagulation et coagulation-floculation.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] Les particules en suspension inférieures au micromètre et supérieures à quelques nanomètres sont dites en suspension colloïdale. Les argiles, oxydes métalliques, carbonates, ainsi que les acides humiques, les protéines de haute masse moléculaire et certains virus font partie de cette classe substances colloïdales (Source : "Le traitement des eaux de surface pour la production d'eau potable", guide technique, Agence de l'Eau Loire Bretagne, et B. Lègue, septembre 1999).

[2] Car leurs charges de surface induisent des forces de répulsion électrostatiques

[3] La coagulation consiste à ajouter des substances chimiques (sels de fer et d'aluminium), capables d'annuler les forces répulsives. Déstabilisées, les matières colloïdales sont soumises aux mécanismes d'agrégation ou d'adsorption (elles s'agglomèrent entre elles ou sont retenues à la surface d'autres molécules)

[4] qui persiste

[5]-ANBT, agence nationale des barrages et transferts

[6] Abd elkebir yamina, MÉMOIRE Présenté pour obtenir le diplôme de Magistère en hydraulique Thème : << Etude critique des méthodes de détermination du crues-cas bassin versant du Ksob >> , Université de mohamedvboudiaf

[7] La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 340 mm (période 1973-2010) (Benkadja et al., 2012).

[8] TATAR BOULKHEDID, H. A. F. I. Z. A. (1985). Les milieux et l'occupation du sol dans le bassin versant du k'sob (Doctoral dissertation, Caen).

[9] Station météorologique de M'sila

[10] P.Mouchet, "traitement des eaux avant utilisation (matière particulaire)", janvier 2010.

[11] Y.mottot, texte de la 279^e conférence de l'université de tous les savoirs, 5 octobre 2000

[12] Ce sont des MES de même origine que les précédentes mais de plus petite taille, dont la décantation est excessivement lente.

- [13] BUFFLE.J, WILKINSON. K. J, FILLELLA. M, ZANG. J. A generalized description of aquatic colloidal interactions: the three-colloidal component approach. *Environmental Science and Technology*, (1998)
- [14] GREGORY J. *Particles in water. Properties and processes.* London: IWA publishing (2005).
- [15] DEGUMENT. *Mémento techniques de l'eau. Edition : techniques et documentation, paris.* (2005)
- [16] Yves MOTTOT., *texte de la 279e conférence de l'université de tous les savoirs donnée coagulant et floculant.*(2000)
- [17] BOUZIANE.N. *Élimination du 2-meccaptobenzo-thiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le CAP. Mémoire magister, université Mentouri de Constantine.* (2007)
- [18] *Sciences Encyclopédie du savoir, les polysaccharides d'algues* (2002).
- [19] BOUZIANE.N. *Élimination du 2-meccaptobenzo-thiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le CAP. Mémoire magister, université Mentouri de Constantine.* (2007)
- [20] CAMP, T.R., ROST, D.K., and BHOSTA, B.V. Effects of temperature on the rate of floc formation, *Journal.* (1940)893- 901
- [21] JULIEN.R. *Étude de la coagulation-floculation-décantation d'une eau colorée de faible alcalinité, École Polytechnique de Montréal,* (1983)
- [22] REYMOND DES JARDINS, *Le traitement des eaux* (1997).
- [23] CAMP, T.R., ROST, D.K., and BHOSTA, B.V. Effects of temperature on the rate of floc formation, *Journal.* (1940)893- 901
- [24] CAMP, T.R., ROST, D.K., and BHOSTA, B.V. Effects of temperature on the rate of floc formation, *Journal.* (1940)893- 901
- [25] Cabana, H. (2011). *La coagulation, la floculation et l'agitation. Conception: usine de traitement des eaux potables.*
- [26] TIAIBA, M. (2015), *Traitement d'un effluent simulé de l'industrie de textile par un réacteur continu d'électrocoagulation. Mémoire de fin d'études, Université de M'sila.*
- [27] SELKA, M. K. *Influence des particules argileuses sur la coagulation-floculation (Doctoral dissertation).*

References N V

THOMAS D.N, JUDD S.J., FAWCETT N.,1999, *Flocculation modelling : a review.*
Wat. Res. 7, p. 1579-1592

SHI J., ZHANG Y., ZOU K., XIAO F., 2011, Speciation characterization and coagulation of poly-silica-ferric chloride, the role of hydrolyzed Fe (III) and silica interaction. *Journ. of Envir. Sci.* 23 : p. 749-756.

[50] Amirtharajah, A., & Mills, K. M. (1982). *Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation.* *Journal - American Water Works Association*, 74(4), 210–216.

[49] JULIEN, R. Étude de la coagulation-floculation-décantation d'une eau colorée fioide de faible alcalinité. Mémoire de maîtrise - Département de Génie Civil, École Polyrechniqrie de Montréal, (1983) 157.

[100] G. Chen, Electrochemical technologies in wastewater treatment, *Sep. Purif. Technol.* 38 (2004)11–41.

[177] P.V. Shrivastava, A.B. Soni, Treatment of rice mill effluent for pollution control by Electrocoagulation. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 2(1) (2012) 480-483.