



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN

MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Spécialité : Chimie de l'Environnement

Par :

Melle OULD-ABBAS Narimene
Melle MEZOUARI Rania

Sur le thème

Suivi de la qualité de l'eau au niveau de la station de traitement de Sekkak

Soutenu le 17 Juin 2025 à Tlemcen devant le jury composé de :

Mme MERGHACHE Salima	Professeure	Université de Tlemcen	Présidente
Mr BENGUELLA Belkacem	Professeur	Université de Tlemcen	Encadrant
Mme BELFILALI Imène	Maitre de Conférences A	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme LANSARI Imène	Maitre de Conférences B	Université de Tlemcen	Examinatrice

Année Universitaire : 2024/2025

Dédicace

Avec une profonde gratitude et une immense affection, je dédie ce travail :

À mes **chers parents**, sources inépuisables d'amour, de sagesse et de soutien.
Votre patience, vos sacrifices et vos encouragements constants ont été ma force
motrice tout au long de ce parcours.

Ce mémoire est le reflet de votre dévouement et de vos prières.

À **mes frères et sœurs**, piliers de mon équilibre, pour leur présence inestimable
et leurs conseils bienveillants qui m'ont toujours guidée dans les moments de
doute.

À **mes enseignants**, qui m'ont transmis la passion du savoir et m'ont
accompagné avec rigueur et bienveillance dans mon cheminement académique.

À **mon cher frère Ramzi**, Pour son soutien inestimable, ses encouragements
tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Merci pour ton aide précieuse, ta
présence constante, ce travail porte aussi ton empreinte.

Et enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la
réalisation de ce travail, je vous adresse ma reconnaissance la plus sincère.

Ce mémoire est une modeste expression de ma gratitude envers chacun de
vous.

Avec toute ma reconnaissance,

OULD-ABBAS Narimene

Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect. Avec l'expérience de ma reconnaissance,
je dédie ma remise de diplôme et ma joie

A celui qui a fait de moi une femme, la source de ma vie, d'amour et
d'affection. A mon support qui était toujours à mes cotes pour me soutenir et
m'encourager, à **mon prince Papa**.

A mon paradis a la prunelle de mes yeux, la source de ma vie et de mon
bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allume mon chemin, **Ma moitié Maman**.

A **mes meilleurs frères** dans le monde «**Heitem, Anes, Takeyeddine**» qui ont
partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A tous les membres de ma grande famille paternel «**Mezouari**» et maternel
«**makchiche**».

A personne qui a contribué à ce succès «**B.Abbas**».

A tous **les professeurs** que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de
l'enseignement supérieur spécialement de chimie de l'environnement.

A monsieur «**Pr B.Benguella**» et madame «**Ouedjedi Karima**» pour sa
patience, sa diligence et sa réactivité lors de la préparation de ce mémoire.

A **mon binôme** pour son soutien moral sa patience et sa compréhension tout au
long de ce projet.

A tous qui m'aiment.

Mezouari Rania

Remerciements

Avant tout, nous exprimons notre infinie gratitude à Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la santé, la force et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce mémoire.

Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à l'ensemble de nos enseignants et à toute l'équipe pédagogique du Master 2 en Chimie de l'Environnement. Leur dévouement, leur passion pour l'enseignement et leur soutien continu ont été une source d'inspiration tout au long de notre parcours académique.

*Ce travail n'aurait jamais pu voir le jour sans l'accompagnement exceptionnel de Monsieur **B. Benguella**, dont l'encadrement rigoureux, la disponibilité constante et les précieux conseils ont grandement enrichi notre réflexion et guidé notre démarche.*

*Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à Madame **S.MERGHACHE**, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider ce jury, ainsi qu'à **mes dammes I.Belfilali et I.Lansari** pour l'attention particulière portée à notre travail et leurs rôles précieux en tant qu'examinatrices.*

*Nos remerciements sincères vont également à **Madame Ouedjedi-Karima**, pour son aide précieuse, son soutien moral infaillible et ses encouragements bienveillants, qui ont été pour nous une grande source de motivation.*

Nous ne saurions oublier de remercier l'ensemble de nos professeurs, dont la patience, la bienveillance et la générosité intellectuelle ont marqué positivement notre parcours. Leur investissement, malgré leurs nombreuses responsabilités, a grandement contribué à notre formation.

Ce mémoire est le fruit d'un travail collectif, nourri par les efforts et les encouragements de toutes ces personnes exceptionnelles.

Avec toute notre gratitude et respect.

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique	2
1. Ressources de l'eau :	4
1.1 Types des eaux douces :	4
Eaux souterraines :	5
Eaux de surfaces :	5
1.2 Composition chimique de l'eau :	5
1. Substances minérales :.....	6
2. Substances organiques :.....	6
1.3 Analyse de l'eau :	7
Analyse physico-chimique :.....	7
Qualité Organoleptique :.....	7
Qualité physique :.....	8
Qualité Chimique :	8
1.4 L'eau dans le monde :	11
1.5 L'eau en Algérie :	11
1.6 L'eau à Tlemcen :	12
2. Pollution des eaux :	12
2.1 Différentes sources de pollution :	12
Pollution domestique :.....	12
Pollution industrielle :.....	13
Pollution agricole :	13
Pollution lié aux transports maritimes :.....	13
2.2 Paramètres de pollution :	13
Ammonium (NH_4^+) :.....	13
Phosphates (PO_4^{-3}) :.....	13
Nitrates (NO_3^-) :	14
2.3 Conséquences de la pollution de l'eau :	14
Conséquence sur le milieu aquatique :.....	14
Conséquences sur la santé humaine :.....	15
Conséquences sur l'économie :	15
3. Traitement des eaux :.....	15
3.1 Différents types d'eaux polluées à traiter :	15
Eaux usées domestiques :	15

Eaux usées industrielles :	15
Eaux agricoles :	16
Eaux pluviales et de ruissellement :	16
1. Procédés physico-chimiques :	16
1.1 Pré-traitement :	16
Dégrillage :	17
Dessablage :	17
Déshuilage et dégraissage :	17
Tamisage :	17
1.2 Traitement de clarification :	17
Coagulation :	17
Floculation :	19
Décantation :	20
Désinfection par la dioxyde de chlore :	21
1. Barrages :	22
1.1 Les barrages en Algérie :	22
1.2 Les barrages à Tlemcen :	23
1.3 Le barrage de Sekkak :	23
a) Localisation et caractéristiques :	23
b) Usages et importance :	23
c) Impact régional :	24
Chapitre II : Étude du milieu, Méthodes et Matériels	25
A. Étude du milieu:	26
1. Présentation de la région d'étude :	26
Situation géographique :	26
Situation géologique :	27
Topographique :	28
Caractéristiques du barrage :	28
B. Procédés de traitement des eaux :	30
1. Le système classique de traitement (par bassins) – Station du barrage de Sekkak : .	30
a. Aération :	30
b. Prétraitement au NaClO (chloration primaire) :	30
c. Coagulation :	30
d. Floculation :	30
e. Décantation :	31
f. Filtration :	31
g. Désinfection finale :	31
h. Stockage :	31

2.	Le système monobloc de traitement d'eau :	31
a.	Arrivée d'eau brute :	32
b.	Pré-chloration :	32
c.	Coagulation :	33
d.	Floculation :	33
e.	Décantation lamellaire :	34
f.	Filtration :	34
g.	Désinfection :	35
h.	Stockage :	35
i.	Salle de télégestion :	35
C.	Les analyses physico-chimiques effectuées à la station de traitement de Sekkak :	36
1.	Présentation du laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau :	36
2.	Analyses organoleptiques :	37
	Couleur :.....	37
	Turbidité :.....	38
3.	Analyses physico-chimiques :	38
	pH :.....	38
	Température :.....	39
	Conductivité électrique :.....	39
	Taux de chlore (Cl ⁻) :.....	39
	Teneur en matières dissoutes totales (TDS) :.....	39
	L'ammonium « NH ₄ ⁺ » (par la méthode de Nessler) :	40
	Les Nitrites (NO ₂ ⁻):.....	40
	Les Nitrates (NO ₃ ⁻) :.....	41
	Les Sulfates (SO ₄ ²⁻):	41
	Les Phosphates (PO ₄ ³⁻):	41
	Le Fer Ferreux (Fe ²⁺):	41
	Jar Test "Le Test de Coagulation-Floculation":.....	42
	La demande en chlore :.....	43
4.	Dosage des éléments minéraux dans l'eau :	44
Chapitre III : Résultats & Discussions		48
1.	Suivi de la qualité des eaux réalisées au niveau de la station de Sekkak :.....	49
2.	Résultats obtenues :.....	49
I.	Analyse Organoleptiques :	49
	Couleur :.....	49
	Turbidité :.....	51
	Conductivité :.....	52
	Matières dissoutes totales « TDS » :.....	53

II. Paramètres de pollution :	54
Ammonium NH_4^+ :	54
Nitrites NO_2^- :	55
Nitrates NO_3^- :	56
Sulfates SO_4^{2-} :	57
III. Dosage des éléments minéraux :	59
TAC :	59
Hydrogénocarbonates HCO_3^- :	60
TH :	61
Chlorures Cl^- :	65
IV. La demande en chlore :	66
V. Le Jar Test :	67
Conclusion Générale	70
Références bibliographiques	72

Liste des Tableaux

Tableau 1: Grille de a qualité des eaux superficielles	47
Tableau 2: Les dates des prélèvements :.....	49
Tableau 3 : Les valeurs de la couleur (Pt/Co).....	50
Tableau 4 : Les valeurs de turidité en (NTU)	51
Tableau 5 : les valeurs de la conductivité des différentes eaux analysées.....	52
Tableau 6: Les valeurs des matières dissoutes totales en (mg/L) des eaux analysées.	53
Tableau 7: Les valeurs de l'ammonium en (mg/L) des eaux analysées.	54
Tableau 8: Les valeurs des nitrites en (mg/L) des eaux analysées.	55
Tableau 9: Les valeurs des nitrates en (mg/L) des eaux analysées.	56
Tableau 10: Les valeurs des sulfates (SO_4^{2-}) en (mg/L) des eaux analysées.	57
Tableau 11: Les valeurs des TAC en (mg/L) des eaux analysées.	59
Tableau 12: Les valeurs des Hydrogénocarbonates HCO^{-3} en (mg/L) des eaux analysées.....	60
Tableau 13 : Les valeurs des TH en (F^0) des eaux analysées.	61
Tableau 14: Les valeurs des Calcium « Ca^{2+} » en (mEqg/L) des eaux analysées.	62
Tableau 15: Les valeurs des Magnésium « Mg^{2+} » en (mEqg/L) des eaux analysées.....	63
Tableau 16: Les valeurs des chlorures (Cl^-) en (mg/L) des eaux analysées.	65
Tableau 17: Test de la demande en chlore.....	66
Tableau 18: La variation de la turbidité et du la conductivité et des TDS des tests du jar test.....	67

Liste des figures

Figure 1 : Distribution du potentiel électrique autour d'un colloïde chargé négativement	19
Figure 2: Flocculation	20
Figure 3: Localisation de Barrage de Sekkak	26
Figure 4: Système de barrage de Sekkak	27
Figure 5 : Réseau hydrographique et stations hydrométriques/pluviométriques aux alentours du barrage de Sekkak.....	29
Figure 6 : Localisation de la station de traitement des eaux -Barrage de Sekkak-	36
Figure 7 : Kit de réactifs pour dosé l'ammonium	40
Figure 8 : La variation de la couleur des quatres types d'eaux pour les différentes	50
Figure 9 : La variation de la turbidité des différentes eaux	51
Figure 10 : La variation de la conductivité des eaux analysées pour les différents prélèvements.	52
Figure 11: La variation de TDS des eaux analysées pour les différents prélèvements.	53
Figure 12: La variation de l'ammonium dans les eaux analysées pour les différents	54
Figure 13: La variation de des nitrites dans les eaux analysées pour les différents	55
Figure 14: La variation des nitrates dans les eaux analysées pour les différents	57
Figure 15 : La variation des sulfates dans les eaux analysées pour les différents	58
Figure 16: La variation des TAC dans les eaux analysées pour les différents	59
Figure 17: La variation des Hydrogénocarbonates HCO ₃ dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.....	60
Figure 18: La variation des TH dans les eaux analysées pour les différents	62
Figure 19: La variation de calcium dans les eaux analysées pour les différents	63
Figure 20: La variation de magnésium dans les eaux analysées pour les différents	64
Figure 21: La variation des chlorures dans les eaux analysées pour les différents	65
Figure 22: L'évolution des différentes formes de chlore selon la courbe du break point.	66
Figure 23: L'évolution de la turbidité des deux prélèvements effectués pour le jar test.....	68
Figure 24: L'évolution de la conductivité des deux prélèvements effectués pour le jar test....	68
Figure 25: L'évolution des matières dissoutes totales des deux prélèvements effectués pour le jar test.	69

Liste des Photos

Photo 1 : Barrage de Sekkak.....	24
Photo 2: Système monobloc au niveau de la station	32
Photo 3: L'injection de l'hypochlorite de sodium NaClO (Tlemcen le 09-04-2025)	33
Photo 4: L'injection de coagulant sulfate d'alumine (Tlemcen le 09-04-2025).....	33
Photo 5: L'injection de polymère (Tlemcen le 09-04-2025).....	34
Photo 6: Décantation lamellaire	34
Photo 7: Trois filtres de filtration d'une seule filière.....	35
Photo 8: Salle télégestion.....	35
Photo 9 : Le JarTest.....	42
Photo 10 : La demande en Chlore	44

Introduction Générale

L'eau, omniprésente sur terre, est indispensable à la vie humaine, végétale et animale, ainsi qu'aux diverses activités humaines. Elle constitue un patrimoine précieux pour chaque nation et joue un rôle clé dans le développement durable. Conscient de son importance, l'homme a appris à maîtriser l'eau, mais il ne altère souvent la qualité, la rendant polluée et impropre à l'usage, ce qui représente un menace sérieuse pour la vie.

Eau de mauvaise qualité, contaminée, peut nuire gravement à la santé. Ainsi, la préservation de sa qualité et de ses caractéristiques physico-chimiques devient une priorité.

En Algérie, la qualité de l'eau s'est considérablement dégradée au cours des trente dernières années, tandis que sa disponibilité tend à diminuer dans tout le pays. Avec l'accroissement de la population et la demande croissante en eau douce dépassant les ressources naturelles conventionnelles, la gestion des eaux superficielles est devenue une priorité majeure pour les autorités. Dans ce contexte, un vaste programme de construction de barrages a été lancé dans les années 80, accompagné d'investissements conséquents pour renforcer les infrastructures hydrauliques.

Le barrage de Sekkak est actuellement la source principale de l'alimentation en eau potable de plusieurs communes de la wilaya de Tlemcen et pour l'irrigation de la plaine de Hennaya. Ce barrage possède une station de traitement et de pompage afin de contribuer aux citoyens une eau propre destinée à l'alimentation.

Notre travail consiste à faire un suivi de la qualité de l'eau brute et traitée au niveau du barrage de Sekkak, de même, cette étude concerne aussi la nouvelle station récemment installée (la station de monobloc).

La première partie est consacrée pour une étude bibliographique. Elle comprend des généralités sur l'eau, les différentes pollutions de l'eau, les barrages globalement et le barrage de Sekkak spécialement.

La deuxième partie est expérimentale. Elle est consacrée à l'étude et le suivi de la qualité de l'eau brute et traitée du barrage de Sekkak, les différents traitements et les analyses physico-chimiques effectuées sur ces eaux, avec la discussion des résultats obtenus afin de comparer l'efficacité des traitements utilisés au niveau de cette station de traitement des eaux destinées à l'alimentation en eau potable .

A la fin nous terminons par une conclusion générale dans laquelle on présente les résultats obtenus au cours de notre présent travail.

Chapitre I : Synthèse
Bibliographique

I. Généralités sur l'eau :

L'eau est une substance incolore, inodore et insipide à température ambiante, constituée d'hydrogène et l'oxygène (H₂O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Essentielle à la vie, elle constitue le fondement des activités biologiques et représente l'élément prédominant des êtres vivants, représentant en moyenne 70% de leur poids[1].

Dans l'écosphère, l'eau existe sous trois états : Solide, Liquide et gazeux, en fonction des conditions spécifiques de température et de pression.

Elle présente des propriétés physico-chimiques uniques par rapport aux autres liquides, comme sa grande capacité à dissoudre des gaz, des minéraux et des composés organiques, ainsi qu'à ioniser les électrolytes et disperser les colloïdes électro chargés[2].

1. Ressources de l'eau :

L'eau recouvre 72% de la surface terrestre et représente une réserve totale estimée à 1350 milliards Km³ dans la biosphère. Cependant, l'eau est en perpétuel cycle de recyclage. L'eau douce ne constitue que 2.5% du volume total d'eau sur terre (les 97.5% restants étant salés). Parmi cette eau douce, environ 2/3 sont stockés dans les glaciers et les calottes neigeuses , tandis que 1/3 se trouve dans les nappes souterraines difficilement accessibles.

Soit une infime fraction, soit 0.3% de l'eau douce (équivalent à 0.007% du total de l'eau terrestre), est disponible dans les rivières, les ruisseaux, les réservoirs et les lacs. Cette portion d'eau est relativement accessible et se renouvelle rapidement : en moyenne, un cycle de 16 jours pour une rivière et de 17ans pour un Lac[3].

1.1 Types des eaux douces :

Les eaux douces se divisent en deux catégories principales : Les eaux souterraines et les eaux de surface.

Eaux souterraines :

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique des eaux souterraines.

A 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 en terrain sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées, alors que les eaux circulant dans les sols calcaires sont bicarbonatées calcique [3].

Eaux de surfaces :

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, Lacs, étangs, barrages...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement [3].

1.2 Composition chimique de l'eau :

L'eau, essentielle à de multiples usages, possède une valeur économique considérable et devrait être reconnue comme un bien à la fois économique et social. Ce principe repose sur l'idée fondamentale que tous les êtres humains ont un droit universel à l'accès à une eau propre et à des services d'assainissement, ce qui doit être à un coût abordable. Les fonctions de l'eau se définissent selon ses propriétés et peuvent être classées comme suit :

- 1. Fonctions biologiques :** L'eau constitue la matière vivante et agit comme un vecteur d'échanges internes et externes, jouant ainsi un rôle vital en tant qu'aliment.
- 2. Fonctions écologiques :** L'eau sert de biotope pour les écosystèmes aquatiques.
- 3. Fonctions hydrauliques :** En tant que support, l'eau facilite la flottabilité et la suspension. Elle agit également comme vecteur de transport de matière et d'énergie, moteur, conservateur, transformateur d'énergie, agent de transmission de contraintes mécaniques et liant.
- 4. Fonctions thermiques :** L'eau intervient comme fluide caloporteur et agent de thermorégulation.

5. Fonctions chimiques : Elle est un composant hydratant, un solvant, et joue un rôle réactif ou catalytique pour de nombreuses substances.

6. Fonctions optiques : L'eau, grâce à sa transparence et sa capacité de réflexion, conduit et diffuse la lumière.

7. Fonctions symboliques : Dans les contextes socioculturels, l'eau représente la pureté et la fécondité [4].

L'eau contient également des substances minérales et organiques, soit dissoutes, soit en suspension. Tandis que les substances minérales se limitent à une centaine de composés, les substances organiques sont innombrables, avec des millions de composés difficiles à identifier individuellement [3].

1. Substances minérales :

L'eau contient divers ions dissous, parmi lesquels les principaux sont : calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), carbonate (CO_3^{2-}), hydrogénocarbonate ou bicarbonate (HCO_3^-), sulfate (SO_4^{2-}), chlorure (Cl^-) et nitrate (NO_3^-). Elle renferme également des matières minérales en suspension, comme des particules d'argile et de limon [4].

2. Substances organiques :

Les matières organiques peuvent se trouver sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments, hydrocarbures, solvants chlorés, pesticides) ou en suspension (déchets végétaux, plancton). Ces substances proviennent principalement de la dégradation de la matière organique naturelle, issue des sols ou des milieux lessivés par les pluies, ainsi que des activités humaines. Leur concentration, généralement faible dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface [5].

1.3 Analyse de l'eau :

Analyse physico-chimique :

L'analyse physico-chimique de l'eau permet de déterminer ses usages potentiels, qu'ils soient domestiques (cuisson, lavage) ou industriels (réfrigération, fabrication). Et détecter les risques de corrosion et concevoir des traitements adaptés.

L'eau, élément fondamental de notre environnement, est unique par sa présence naturelle sous les trois états de la matière (solide, liquide, gazeux) aux températures habituelles. L'évaluation de la qualité des eaux de barrages repose sur l'analyse de paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution (minérale, organique, azotée, phosphorée), comparés à des grilles de qualité.

Qualité Organoleptique :

i. La couleur :

La coloration de l'eau, paramètre à caractère esthétique, peut avoir plusieurs origines :

Naturelle : Présence de fer et de manganèse dans les eaux souterraines, ou de substances humiques dans les eaux de surface.

Biologique : Résultat de l'eutrophisation, un développement excessif d'algues et de plancton dans les lacs, étangs, et barrages.

Industrielle : Due aux colorants issus des tanneries, de l'industrie textile ou des procédés de teinture.

ii. Odeur et Saveur :

Odeur : Indice de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances, souvent présentes en quantités infimes, échappent aux analyses classiques mais peuvent être détectées par l'odorat.

Saveur : Propre à chaque eau, elle est influencée par les sels et gaz dissous.

Une teneur élevée en chlore donne un goût saumâtre.

Une forte concentration en sels de magnésium provoque un goût amer.

Qualité physique :*i. Température :*

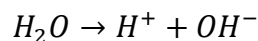
La mesure précise de la température de l'eau est essentielle, car elle influence :
La conductivité électrique, en agissant sur la solubilité des sels et des gaz dissous.
La dissociation des sels en solution. La compréhension de l'origine de l'eau et des éventuels mélanges après la mesure du pH.

ii. Masse volumique :

La masse volumique (ρ) de l'eau dépend de la température :
Elle augmente entre 0°C et 4°C, atteignant un maximum à 3,98°C avec $\rho = 0,999973$ g/mL.

Qualité Chimique :*iii. Potentiel d'hydrogène (pH) :*

L'eau se dissocie partiellement en ions selon la réaction :



Une eau parfaitement pure est très faiblement dissociée. À 20°C, la conductivité montre qu'elle contient moles d'ions H^+ par litre, soit un ion H^+ pour 10 millions de molécules d'eau. Le pH d'une solution est défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions H^+ [6] :

$$pH = \frac{1}{\log(H^+)}$$

Pour une eau pure, avec une concentration de moles/L d'ions H^+ , le calcul donne :

$$pH = \frac{1}{\log(10^{-7})} = 7$$

- Si la concentration en ions H^+ est supérieure à, **le pH est inférieur à 7**, et la solution est dite **acide**.
- Si la concentration en ions H^+ est inférieure à, **le pH est supérieur à 7**, et la solution est dite **alcaline ou basique**.

iv. Conductivité et résistivité de l'eau :

La conductivité électrique représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, car la majorité des substances dissoutes dans l'eau sont présentes sous forme d'ions chargés électriquement.

Elle s'exprime en $\mu\text{S/cm}$, où $2 \mu\text{S/cm}$ équivalent à 1 mg de sels dissous par litre d'eau. La conductivité varie proportionnellement à la température. mais elle est souvent exprimée sous forme de son inverse, la résistivité électrique, qui est mesurée en Ohm.cm [6].

$$\text{Résistivité (ohm.cm)} = \frac{1000000}{\text{conductivité}(\mu\text{S/cm})}$$

Dureté, titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté de l'eau, ou titre hydrotimétrique (TH), correspond à la concentration totale des cations alcalino-terreux, principalement les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Ces ions jouent un rôle essentiel dans la formation du tartre. On distingue plusieurs types de dureté :

Le TH total : il mesure l'ensemble des ions calcium et magnésium.

Le TH calcique : il mesure uniquement la concentration en ions calcium.

Le TH magnésien : il mesure uniquement la concentration en ions magnésium. Le TH est mesuré : soit par dosage à l'EDTA. Soit par calcul à partir de la teneur en Ca et Mg. [6]

$$TH(^{\circ}\text{F}) = 5 \times \left(\frac{2 \times [\text{Ca}]^{mg/L}}{40.08} \right) + \frac{2 \times [\text{Mg}]^{mg/L}}{24.31}$$

Tableau 1: classification des eaux en fonction de leurs duretés.

$^{\circ}\text{F}$	Qualité
0 à 5	Eau très douce
5 à 12	Eau douce
12 à 25	Eau moyennement dure
25 à 32	Eau dure
>32	Eau très dure

v. **Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous est un élément essentiel de l'eau car il conditionne les réactions biologiques au sein des écosystèmes aquatiques. Sa solubilité dépend de plusieurs facteurs : la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est généralement exprimée en $\text{mg}(\text{O}_2)/\text{L}$.

vi. **Demande chimique en oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg/L , correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières présentes dans l'eau dans des conditions spécifiques. Cette mesure donne une estimation des substances oxydables, qu'elles soient d'origine organique ou minérale.

La DCO dépend des caractéristiques et des proportions des matières présentes ainsi que de leur capacité à être oxydées [4].

vii. **Demande Biochimique en Oxygène (DBO) :**

La demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO_5) est la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies pour la dégradation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques présents dans un échantillon. Elle est exprimée en mg/L [4].

viii. **Azote (N) :**

L'azote présent dans l'eau peut être de nature organique ou minérale :

Azote organique : Constitué principalement de composés comme les protéines, les acides aminés et les polypeptides [4].

Azote minéral : Comprend essentiellement l'ammoniac, les nitrates et les nitrites, qui représentent la majeure partie de l'azote total. Ces composés se trouvent généralement en très faibles concentrations dans l'eau [4].

Nitrates (NO_3^-):

Les nitrates se forment naturellement dans l'eau en grande partie par l'écoulement des eaux sur les sols des bassins versants. Dans des conditions naturelles, leur concentration ne dépasse pas 3 mg/L dans les eaux de surface et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La

composition des zones de drainage joue un rôle majeur dans leur présence, tandis que les activités humaines contribuent à l'enrichissement des eaux en nitrates [5, 7].

ix. Sulfates (SO_4^{2-}) :

La concentration en sulfates dans l'eau est liée aux composés alcalins issus de la minéralisation. Un excès de sulfates peut provoquer des troubles intestinaux, selon la sensibilité des consommateurs [5].

1.4 L'eau dans le monde :

L'eau recouvre 71% des 510 millions de km^2 de la surface du globe. C'est ainsi qu'on surnomme la Terre la planète bleue. On estime son volume à environ 1,4 milliard de km^3 . Ce qui représente un cube de plus de 1 000 km de côté. Ce volume d'eau reste stable à travers les âges [8].

L'eau de la planète bleue est à 97,2% salée. Cette eau salée se retrouve dans les océans, les mers intérieures, mais aussi dans certaines nappes souterraines. L'eau douce représente 2,8% de l'eau totale du globe. Dans ce faible pourcentage, les glaces polaires représentent 2,1% et l'eau douce disponible 0,7%.

S'il apparaît bien que l'eau est présente à la surface de la planète, il faut rappeler qu'elle est également contenue à diverses profondeurs de la Terre et à toutes températures [2].

1.5 L'eau en Algérie :

L'Algérie, pays au climat majoritairement semi-aride et aride, fait face à une disponibilité limitée et irrégulière des ressources en eau, souvent localisées. Dans le Sahara, les oueds abritent plusieurs aquifères, généralement saumâtres, comme ceux de Ghir, M'Zab et Saoura.

Dans le nord du pays, les précipitations provoquent principalement des phénomènes de ruissellement. Le régime des oueds y est marqué par des écoulements irréguliers, avec des lits de rivière mal définis et des débits fluctuants. Ces oueds peuvent atteindre brièvement un débit de 5000 m^3 par seconde, donnant lieu à des inondations soudaines et souvent catastrophiques. Ces phénomènes sont particulièrement fréquents et intenses dans les monts de Tlemcen, les versants nord de l'Ouarsenis, le massif de la Kabylie, le nord du Constantinois et le massif des Aurès, où leur impact augmente d'ouest [7].

1.6 L'eau à Tlemcen :

Depuis la fin des années 1970, la wilaya de Tlemcen a connu une diminution significative de la pluviométrie, entraînant l'assèchement de plusieurs sources et la baisse des niveaux piézométriques des grands aquifères de la région. Ces événements illustrent l'impact du changement climatique. Dans ce contexte, nous allons examiner la variabilité de la pluviométrie en comparant des séries anciennes et récentes. Ensuite, nous nous intéresserons à certaines sources qui ont refait surface après une longue période de sécheresse, en raison des fortes précipitations enregistrées entre septembre 2008 et janvier 2009. Face à une raréfaction progressive des ressources hydriques conventionnelles, l'Algérie a investi dans des solutions alternatives, notamment le dessalement d'eau de mer. La wilaya de Tlemcen abrite l'une des infrastructures les plus importantes dans ce domaine : la station de dessalement de Souk Tleta. Mise en service en 2011, cette installation joue un rôle crucial dans la sécurité hydrique de la région [9].

La wilaya de Tlemcen est une région semi-aride où les précipitations annuelles varient entre 350 et 500 mm, insuffisantes pour répondre aux besoins croissants en eau potable. Les ressources des barrages, comme le barrage de Béni Bahdel, ne suffisent pas à couvrir la demande. Dans ce contexte, la station de dessalement de Souk Tleta, et barrage de Sekkak [10].

2. Pollution des eaux :

2.1 Différentes sources de pollution :

Pollution domestique :

La pollution domestique est principalement liée au rejet des eaux usées, qui peuvent être classées en deux catégories :

- **Eaux usées quotidiennes :** Issues des activités domestiques telles que l'utilisation des toilettes, la cuisine ou la douche, elles contiennent des déchets organiques et des matières fécales. Lorsque les habitations ne sont pas ou sont mal raccordées au réseau d'assainissement collectif, elles peuvent provoquer une pollution bactériologique des eaux.
- **Produits ménagers polluants :** Les produits ménagers que nous utilisons contiennent des substances chimiques nocives pour l'environnement. Mélangés à l'eau, ils

finissent dans les canalisations ou se retrouvent dans la nature, causant une pollution chimique. Ces résidus, difficilement éliminés par les systèmes d'assainissement, enrichissent les cours d'eau en substances chimiques [3].

Pollution industrielle :

Les industries, notamment chimiques, métallurgiques et électroniques, sont une source majeure de pollution de l'eau. Cette contamination provient des rejets des usines, de l'utilisation des produits fabriqués et de leurs déchets en fin de cycle. Les eaux polluées contiennent divers sous-produits industriels tels que hydrocarbures, acides, bases, produits chimiques, matières organiques et graisses [3].

Pollution agricole :

L'agriculture constitue une source majeure de contamination des sols et des eaux en raison de l'utilisation généralisée des pesticides, fertilisants, engrais azotés et phosphates pour protéger les cultures. Ces substances, parfois toxiques lorsqu'elles sont appliquées en excès, polluent les eaux de surface et souterraines, notamment en période de pluie, par ruissellement ou infiltration [3].

Pollution lié aux transports maritimes :

Le transport maritime est une source potentielle de pollutions chimiques, principalement liées aux rejets d'hydrocarbures, qu'ils soient intentionnels ou accidentels, dans les océans. Les marées noires en représentent l'exemple le plus marquant [3].

2.2 Paramètres de pollution :

Ammonium (NH_4^+) :

L'azote ammoniacal, présent sous forme de NH_3 et NH_4^+ , se retrouve dans les eaux polluées en raison de la biodégradation des protéines, des acides aminés et de l'urée. Sa présence est un indicateur de pollution récente, car il est progressivement oxydé en nitrites, puis en nitrates [4].

Phosphates (PO_4^{3-}) :

Les ions phosphates présents dans les eaux de surface ou souterraines peuvent avoir une origine naturelle (décomposition de matière organique et lessivage des minéraux) ou

provenir de rejets industriels (agroalimentaires, etc.), d'engrais (pesticides, etc.) et de détergents domestiques contenant des poly-phosphates.

Les phosphates sont principalement responsables de l'eutrophisation accélérée des lacs et rivières. Lorsqu'ils dépassent les normes, ils deviennent un indicateur de contamination fécale, favorisant la prolifération de germes, ainsi que des altérations du goût et de la coloration de l'eau.

Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates résultent de l'oxydation complète de l'azote organique. Ils se trouvent dans les sols ainsi que dans les eaux de surface et souterraines. Leur formation est liée à la décomposition naturelle de matières organiques azotées (protéines végétales, animales, excréments). L'ammonium produit au cours de ce processus est ensuite oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement reflète un phénomène naturel du cycle de l'azote[4].

2.3 Conséquences de la pollution de l'eau :

Conséquence sur le milieu aquatique :

La qualité de l'eau influence directement les écosystèmes aquatiques, tant au niveau de la faune que de la flore. Le bon fonctionnement de ces milieux repose sur une eau de qualité, car leur équilibre est particulièrement fragile.

Les engrais et fertilisants agricoles présents dans les cours d'eau ou les océans stimulent la croissance de certaines plantes aquatiques, tout comme ils le font pour les plantes terrestres. Par ailleurs, l'utilisation excessive d'hormones de synthèse, que ce soit en agriculture (notamment dans les élevages) ou dans la vie quotidienne (médicaments), entraîne des perturbations biologiques, telles que la féminisation de certaines espèces aquatiques, notamment les poissons et les reptiles.

Conséquences sur la santé humaine :

La qualité de l'eau a également un impact sur la santé humaine et les activités associées. Les pollutions bactériologiques, par exemple, peuvent provoquer diverses maladies chez les baigneurs et les amateurs d'activités nautiques, comme des otites, des gastro-entérites ou encore des éruptions cutanées. Ces pollutions sont généralement détectées par l'analyse de deux bactéries intestinales : *Escherichia coli* et les entérocoques.

En revanche, les risques sanitaires liés aux pollutions chimiques sont encore mal compris et plus complexes à identifier.

Conséquences sur l'économie :

La pollution de l'eau peut également affecter gravement les activités économiques. Quel que soit le type de pollution, la dégradation d'un milieu naturel réduit son attractivité, entraînant ainsi des pertes économiques. La préservation des milieux aquatiques est donc essentielle pour maintenir leur valeur écologique et économique.

3. Traitement des eaux :

3.1 Différents types d'eaux polluées à traiter :

Eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques proviennent des activités quotidiennes des ménages, telles que la cuisine, la lessive et les toilettes. Elles contiennent principalement des matières organiques (déchets alimentaires, graisses), des détergents, des savons et des pathogènes (bactéries, virus). Ces eaux doivent être traitées pour éliminer les contaminants avant leur rejet dans l'environnement ou leur réutilisation. Le traitement des eaux usées domestiques est essentiel pour prévenir la contamination des ressources en eau et protéger la santé publique[11].

Eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles varient considérablement en fonction du type d'industrie. Elles peuvent contenir des métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), des hydrocarbures, des solvants chimiques et des composés toxiques. Ces polluants sont souvent difficiles à éliminer et nécessitent des traitements spécifiques, tels que la précipitation chimique, l'adsorption sur charbon actif ou l'électrocoagulation. Le traitement des eaux industrielles est crucial pour

éviter la pollution des écosystèmes aquatiques et réduire les risques pour la santé humaine[11].

Eaux agricoles :

Les eaux agricoles sont principalement polluées par les engrais (nitrates, phosphates) et les pesticides utilisés dans les cultures. Ces substances peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines ou être lessivées par les pluies, contaminant ainsi les eaux de surface. Le traitement des eaux agricoles vise à réduire les concentrations de nitrates et de phosphates, qui contribuent à l'eutrophisation des plans d'eau. Des techniques comme la dénitrification biologique ou la filtration sur sable sont souvent utilisées [11].

Eaux pluviales et de ruissellement :

Les eaux pluviales et de ruissellement peuvent transporter des polluants provenant des sols, des routes et des surfaces imperméables. Ces polluants incluent des hydrocarbures, des métaux lourds, des sédiments et des déchets solides. Le traitement de ces eaux implique souvent des techniques de filtration et de décantation pour éliminer les particules en suspension et les contaminants chimiques. Les bassins de rétention et les filtres à sable sont couramment utilisés pour traiter ces eaux [11].

II. Méthodes de traitement des eaux :

1. Procédés physico-chimiques :

Les procédés physico-chimiques sont largement utilisés dans le traitement des eaux pour éliminer les particules en suspension, les matières organiques et les contaminants chimiques. Ces méthodes incluent:

1.1 Pré-traitement :

Les eaux brutes doivent généralement subir avant traitement proprement dit un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physique ou mécanique.

But du pré-traitement :

Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs.

Une station de prétraitement peut comporter une ou plusieurs opérations suivantes :

Les opérations :

Dégrillage :

Permet de protéger la station contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.

Celui-ci peut être plus ou moins prononcé en fonction de l'écartement des barreaux.

Dessablage :

A pour but d'extraire des eaux brutes :

Les graviers - sables et particules minérales plus ou moins fine, de façon à éviter des dépôts dans les canaux et conduites a protéger les pompes d'aspiration et d'autres équipements contre l'abrasion.

Déshuilage et dégraissage :

Le Déshuilage est une opération de séparation liquide tandis que le dégraissage est une opération de séparation liquide solide.

Elles se font généralement par déversement sur bande sans fin pour l'huile (flottation) et par raclage pour les graisses en utilisant une cloison siphonée.

Tamissage :

Le tamissage est une filtration sur support mince

1.2 Traitement de clarification :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules colloïdales.

Ces particules peuvent rester en suspension dans l'eau pendant de très longues périodes et traverser un filtre très fin.

Pour éliminer ces particules on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

Coagulation :

La coagulation est une étape clé des traitements physico-chimiques visant à éliminer les particules colloïdales présentes dans l'eau brute. Ces particules, trop petites pour sédimenter naturellement, restent en suspension et sont responsables de la turbidité de l'eau. La coagulation facilite leur agglutination en floccs plus denses et plus facile à séparer [11].

Principe de la coagulation

- Les particules en suspension (MES) et des colloïdes dans l'eau possèdent généralement une charge électrique négative qui les fait se repousser mutuellement, empêchant ainsi leur agrégation naturelle.
- La coagulation consiste à neutraliser ces charges électriques en ajoutant un produit chimique, appelé coagulant. Une fois les charges neutralisées, les particules peuvent s'agglutiner pour former des floccs[12].

Les étapes du processus

1. Ajout du coagulant :

- Le coagulant est introduit dans l'eau brute. Les coagulants couramment utilisés incluent :
 - Le **sulfate d'aluminium** ($Al_2(SO_4)_3$)
$$Al_2(SO_4)_3 + H_2O \rightarrow 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$$
 - Le **chlorure ferrique**($FeCl_3$)
$$2FeCl_3 + 6 H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_{3(s)} + 6HCl$$
 - Ou d'autres sels métalliques.

2. Réaction chimique :

- Les coagulants réagissent avec les particules colloïdales, réduisant leurs charges électriques grâce à un processus chimique d'adsorption ou de complexation .
- Ils forment également des hydroxydes métalliques insolubles qui agissent comme des « ponts » liant les particules entre elles.

3. Formation des floccs :

- Les particules neutralisées commencent à s'agglomérer, formant des floccs de taille croissante.
- Ces floccs sont amorphes et leur densité dépend de la nature des coagulants et des conditions de mélange.

Facteurs influençant l'efficacité de la coagulation

- **pH de l'eau** : Les coagulants sont plus efficaces dans une gamme de pH spécifique. Par exemple, le sulfate d'aluminium fonctionne mieux dans une plage de pH entre 6 et 8.
- **Dosage du coagulant** : Une quantité adéquate est essentielle pour éviter un excès de coagulant, qui pourrait affecter la qualité de l'eau.
- **Temps de mélange** : Une agitation rapide initiale est nécessaire pour bien disperser le coagulant, suivie d'un mélange lent pour favoriser la formation des floccs.
- Réduction significative de la **turbidité** de l'eau.
- Élimination des matières organiques et inorganiques dissoutes, qui peuvent entraîner des goûts, des odeurs ou des problèmes de désinfection.
- Préparation de l'eau pour les étapes suivantes, comme la floculation et la décantation[12].

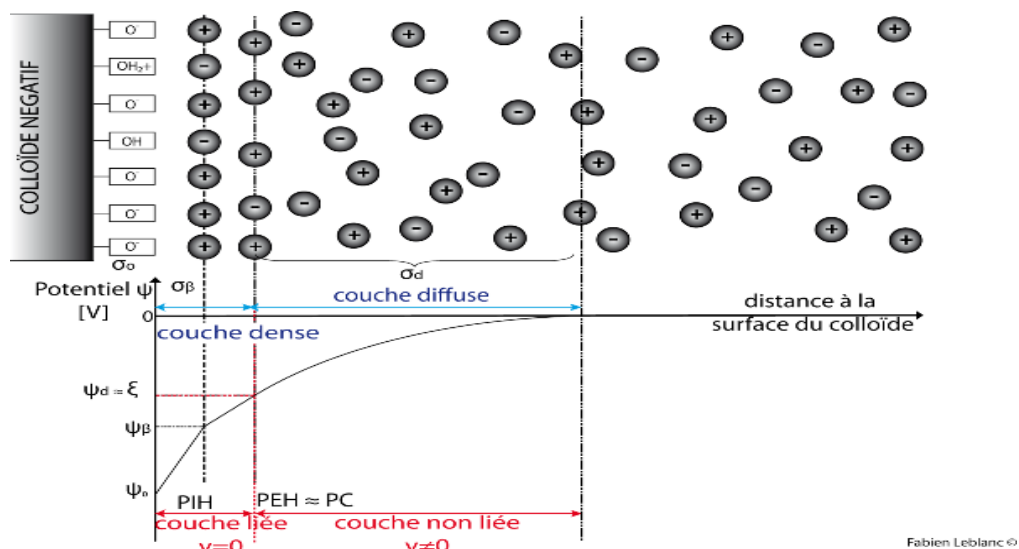


Figure 1 : Distribution du potentiel électrique autour d'un colloïde chargé négativement

Floculation :

Après avoir destabilisé les colloïdes par les coagulants, on ajoute un floculant qui permet d'accélérer la décantation. La stratégie pour obtenir une bonne floculation se résume par plusieurs facteurs :

- Le temps de contact.
- Le volume des particules.
- La vitesse de décantation[11].

Choix des flocculants :

Les flocculants sont des polymères qui possèdent un poids moléculaire élevés, ils réagissent avec les colloïdes agglomérés par suspension .Les flocculant peut être d'origine naturelles : Alginates, Silice , Alumine , Synthétiques [12].

Pour ce processus on utilise les flocculant cationiques qui agissent directement avec sa charge positive qui par conséquent neutralisent les charges négatif des colloïdes qui s'échappent de la coagulation [11].

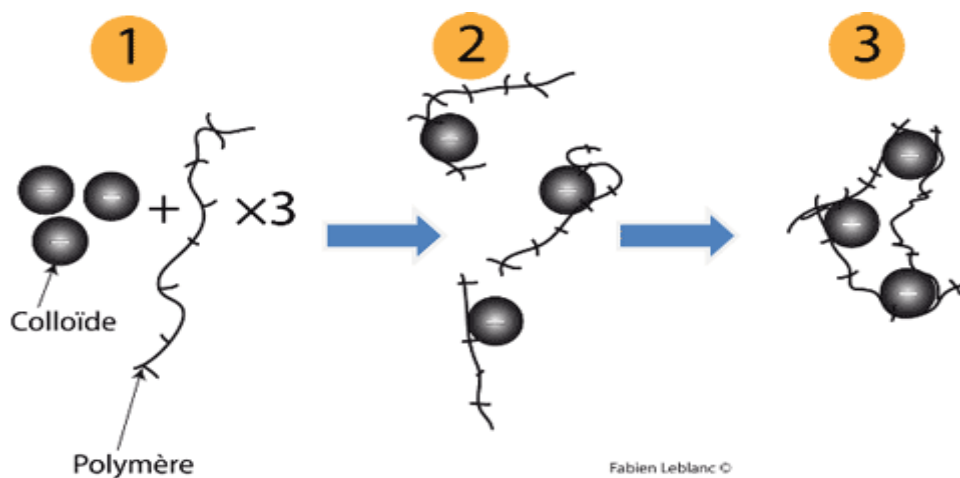


Figure 2: Flocculation

Décantation :

La **décantation** est une étape essentielle dans le traitement de l'eau potable. Elle consiste à séparer les floccs, formés lors des étapes de coagulation et de flocculation, de l'eau clarifiée. Ce processus utilise la gravité pour permettre aux floccs plus lourds que l'eau de se sédimenter au fond des bassins de décantation [13].

Objectifs:

- Éliminer les floccs et les particules solides en suspension.
- Réduire la turbidité de l'eau avant son passage à l'étape de filtration.
- Préparer une eau clarifiée pour les traitements ultérieurs (désinfection, filtration).

Désinfection par la dioxyde de chlore :

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies.

Ce traitement n'inclue pas la stérilisation qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, le brome, l'Iode et le permanganate de potassium

On peut le faire avec des moyens physiques

- Ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma
- Nous ne traiterons que au chlore et du dioxyde de chlore [13].

Les critères de choix :

- a) Il ne doit pas être toxique pour les humains et les animaux
- b) être toxique à de faibles concentrations, pour les micro-organismes
- c) être soluble dans l'eau
- d) de former avec l'eau une solution homogène
- e) être efficace aux températures normales de l'eau de consommation de 0 à 25°C [14].

Principes généraux de la désinfection :

Le taux de la désinfection des micro-organismes est fonction :

- de la puissance du désinfectant.
- de la concentration du désinfectant
- du temps de contact
- du nombre et du type de micro organismes
- de la température de l'eau
- du pH de l'eau [13].

III. Les Barrages et leurs rôles :**1. Barrages :**

Les barrages jouent un rôle crucial dans la gestion des ressources en eau. Ils permettent de stocker l'eau pour l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation des terres agricoles, la production d'énergie hydroélectrique et la régulation des crues. En Algérie, les barrages sont essentiels pour faire face à la rareté de l'eau et aux variations saisonnières des précipitations [15].

1.1 Les barrages en Algérie :

L'Algérie compte aujourd'hui plus de 80 barrages opérationnels, répartis sur l'ensemble du territoire, avec une capacité globale de stockage dépassant les 8 milliards m³. Ces infrastructures sont stratégiques pour le développement économique, notamment dans les domaines de l'agriculture, de l'industrie, et de l'alimentation en eau potable (AEP) [16].

En raison du caractère semi-aride du climat algérien, où les précipitations sont faibles et irrégulières, les barrages permettent d'atténuer les effets des sécheresses et d'assurer une meilleure répartition des ressources hydriques. Le programme national algérien prévoit également la construction de nouveaux barrages pour augmenter la capacité totale et répondre à une demande en constante augmentation [17].

Exemples des barrages notables :

- Le barrage de Beni Haroun (capacité : 960 millions de m³) dans la wilaya de Mila, le plus grand d'Algérie.
- Le barrage de Koudiat Acedoune (640 millions de m³) dans la wilaya de Bouira.

1.2 Les barrages à Tlemcen :

La wilaya de Tlemcen, située dans le nord-ouest de l'Algérie, dispose de plusieurs barrages importants qui contribuent à l'approvisionnement en eau potable et au développement agricole. La région, bien que bénéficiant de précipitations légèrement supérieures à la moyenne nationale, fait face à des périodes de stress hydrique. Exemple :

- **Barrage de Hammam Bouhrara** : Avec une capacité de 177 millions de m³, ce barrage, situé près de la frontière marocaine, est principalement utilisé pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable des villes de Tlemcen et Maghnia.
- **Barrage de Sekkak** : Bien qu'il soit plus petit, ce barrage joue un rôle complémentaire en soutenant les besoins en eau des habitants des zones rurales environnantes [10].

1.3 Le barrage de Sekkak :

a) Localisation et caractéristiques :

Le barrage de Sekkak est implanté sur l'Oued Sekkak, un cours d'eau qui traverse le nord de la wilaya de Tlemcen. Il est situé à environ 20 km au nord de la ville de Tlemcen, près du village d'Aïn Ouehab. Mis en service en 2004, ce barrage est considéré comme une infrastructure clé dans la région [18].

Caractéristiques principales :

- **Capacité de stockage** : 27 millions de m³.
- **Régulation annuelle moyenne** : 22 millions de m³.
- **Superficie du bassin versant** : 326 km², couvrant principalement des zones montagneuses et rurales [19].

b) Usages et importance :

À sa construction, le barrage de Sekkak avait pour objectif principal l'irrigation des plaines agricoles de Hennaya et d'Aïn Youcef. Toutefois, face à une augmentation rapide de la population et à une demande croissante en eau potable, sa fonction a été redéfinie pour alimenter les réseaux d'AEP des localités avoisinantes [18].

c) Impact régional :

Le barrage de Sekkak est un pilier pour les communautés locales. Il contribue à la stabilité hydrique de la région en réduisant la dépendance aux sources d'eau traditionnelles telles que les nappes phréatiques, souvent surexploitées. De plus, il soutient le développement économique de la région en facilitant les activités agricoles, cruciales pour l'économie locale [17].



Photo 1 : Barrage de Sekkak

*Chapitre II : Étude du milieu,
Méthodes et Matériels .*

A. Étude du milieu:

1. Présentation de la région d'étude :

Situation géographique :

Le barrage de **Sekkak** se situe sur l'oued Sekkak, de Guerdetta Boubaker, à environ 1 km du village d'Aïn Youcef, dans la wilaya de Tlemcen. dans le nord-ouest de l'Algérie. Il joue un rôle crucial dans la gestion des ressources hydriques de la région, en assurant l'alimentation en eau potable de la ville de Tlemcen et en contribuant à l'irrigation de la plaine de Hennaya.

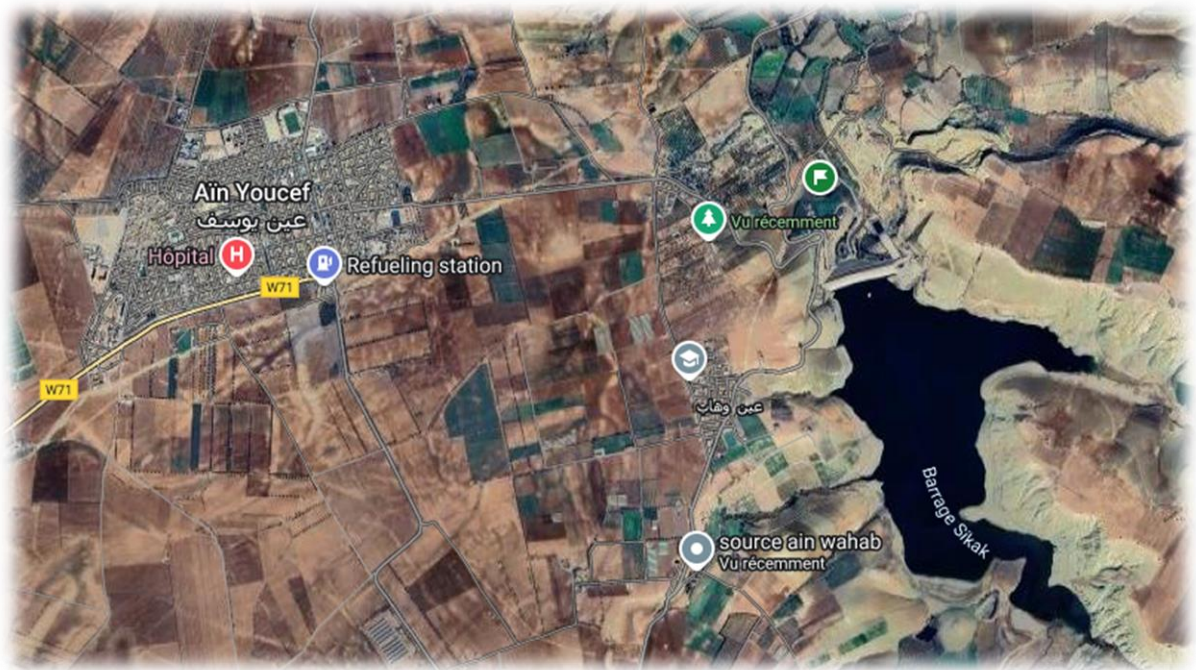


Figure 3: Localisation de Barrage de Sekkak

Le barrage de Sekkak est implanté à près de 20 km au nord de la ville de Tlemcen. Initialement, ce barrage avait été conçu pour soutenir la mise en valeur agricole des plaines de Hennaya et de Fehoul, face aux besoins croissants en eau potable du Groupement urbain de Tlemcen (GUT) et des communes situées le long de l'axe Aïn Youcef–Tlemcen, une partie du volume régularisé du barrage a été détournée pour renforcer l'alimentation en eau potable (AEP) de ces territoires. La réaffectation partielle des volumes d'eau stockés illustre l'adaptabilité de cette infrastructure hydraulique aux besoins renouvelés en eau du territoire.

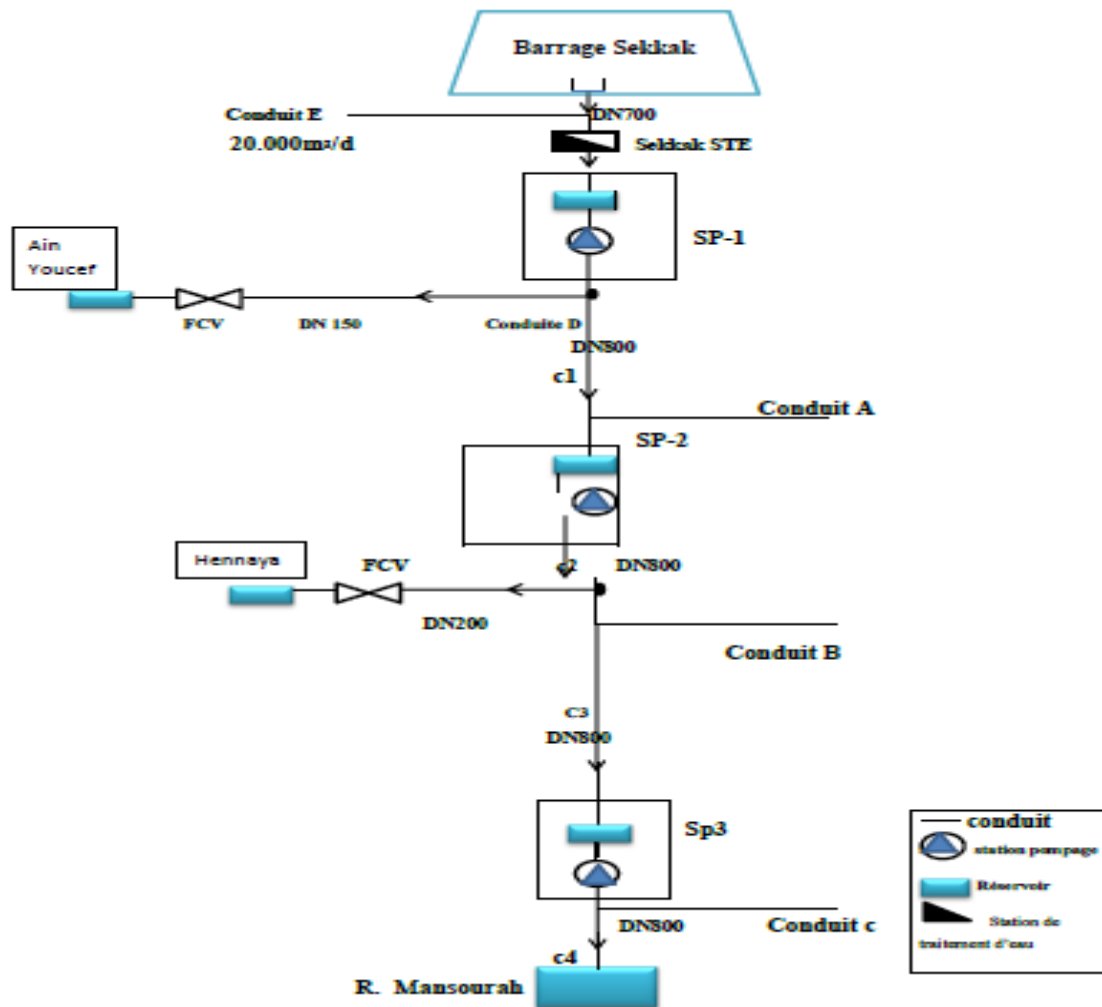


Figure 4: Système de barrage de Sekkak

Situation géologique :

Le bassin de l'oued Sekkak présente une géologie contrastée, avec deux zones bien distinctes :

Secteur nord : Une dépression où les dépôts marneux du Miocène constituent l'essentiel du remplissage, surmontés par des formations plio-quaternaires composées de graviers argileux et de conglomérats, ainsi que des alluvions récentes dans la plaine de Hennaya.

Secteur sud et est : Une zone montagneuse marquée par des affleurements de formations jurassiques comprenant des grès, des calcaires, des mono calcaires et des dolomies. Cette partie est également traversée par des failles et présente des phénomènes de karstification.

Topographique :

Le bassin versant de l'oued Sekkak couvre une superficie de 218 km² avec un périmètre de 65 km. Il présente un relief marqué, avec une altitude moyenne de 475 mètres et une pente globale de 0,037. Ces caractéristiques influencent directement la gestion des eaux et la conception des infrastructures hydrauliques dans la région.

Caractéristiques du barrage :

- ***Caractéristique techniques principales:***

Type : En terre

Capacité : 27 hm³

Hauteur : 52,3 m

Longueur : 497 m

- ***Caractéristique climatique :***

Le climat de la région est de type méditerranéen semi-aride, caractérisé par des précipitations hivernales et une saison estivale sèche. Les mois les plus arrosés sont décembre, avec 116 mm de pluie, et mars, avec 83 mm.

- ***Caractéristique hydrologique :***

Le bassin versant de l'Oued Sekkak, à hauteur du barrage d'Aïn Youcef, couvre une superficie totale de 326 km². La partie supérieure du bassin (85 km²) est exploitée par le barrage du Meffrouch. En tenant compte de ce dernier, le bassin net influant sur le barrage d'Aïn Youcef est de 241 km².

L'Oued Sekkak est un affluent de l'Oued Isser, qui lui-même se jette dans l'Oued Tafna.

La confluence entre l'Oued Sekkak et l'Oued Isser se situe à environ 4,4 km en aval du barrage d'Aïn Youcef.

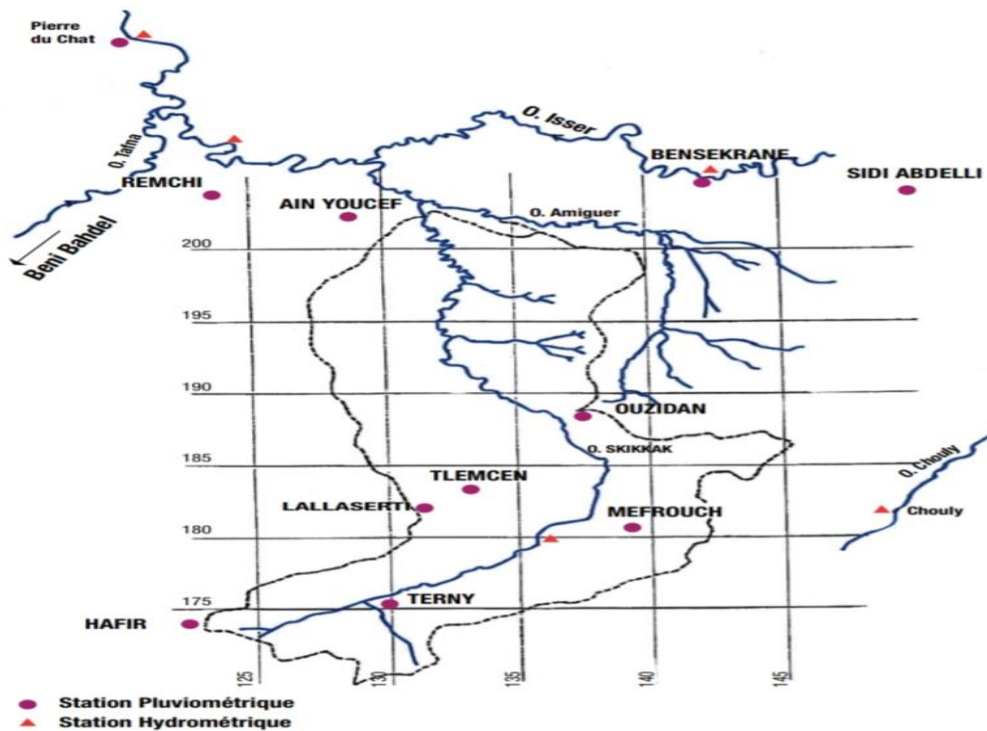


Figure 5 : Réseau hydrographique et stations hydrométriques/pluviométriques aux alentours du barrage de Sekkak

Tableau 2 : Les caractéristiques climatiques et hydrologiques détaillées:

Paramètres	Valeurs
Superficie totale	326 km ²
Superficie nette	241 km ²
Affluent principal	Oued Isser
Température moyenne	13.5 °C
Précipitations annuelles	640 mm
Evaporation maximale (juillet)	16 mm
Evaporation minimale (déc.-fév.)	3 mm
Volume d'eau régularisé	25.0 hm ³ à la cote de NR
Crue de projet	1622 m ³ /s
Volume de Crue	46.4 hm ³
Période de retour	1/1000ans

B. Procédés de traitement des eaux :

1. Le système classique de traitement (par bassins) – Station du barrage de Sekkak :

Le système classique repose sur une série d'étapes physico-chimiques fondamentales visant à éliminer les matières en suspension, les colloïdes, les agents pathogènes et les polluants dissous présents dans l'eau brute.

a. Aération :

Cette étape permet d'oxygéner l'eau afin d'éliminer certains gaz dissous (CO_2 , H_2S) et d'oxyder les composés réduits comme le fer (Fe^{2+}) ou le manganèse (Mn^{2+}), facilitant ainsi leur précipitation ultérieure.

b. Prétraitement au NaClO (chloration primaire) :

L'eau subit une première désinfection par l'ajout d'hypochlorite de sodium (NaClO) dans le but de réduire la charge microbienne initiale et de prévenir le développement de bactéries dans les unités en amont.

Préparation de la solution chlorée : dans un bac d'eau de 895L en volume on ajoute 100Kg d'hypochlorite de calcium, par conséquent on obtient une concentration de 111,73 g/L.

c. Coagulation :

Le coagulant utilisé est le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, qui neutralise les charges des particules colloïdales présentes dans l'eau. Cette neutralisation favorise l'agrégation de ces particules en micro-flocs.

Préparation de la solution coagulée : dans un bac d'eau de 4775 litres on prépare 7sac de 50Kg chacun de sulfate d'aluminium environ 350Kg pour obtenir une concentration de 73,30 g/L.

d. Flocculation :

On ajoute des polymères organiques, comme le polyacrylamide ($[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CONH}_2)-]_n$), pour aider à former des flocs plus gros et plus lourds. Cela se fait avec une agitation lente, qui permet aux particules de se rencontrer et de s'assembler sans casser les flocs déjà formés.

Chapitre II Etude du Milieu, les Méthodes et Matériels

Préparation de la solution floculé : dans un 1950L d'eau on prépare 4Kg de polymère on obtient une solution de concentration 2.5g/L .

e. Décantation :

Les floes formés sont éliminés par gravité dans des bassins de décantation, laissant une eau clarifiée à la surface. C'est une étape de séparation solide/liquide essentielle.

f. Filtration :

L'eau décantée est filtrée à travers un média granulaire (sable, anthracite...), éliminant les particules résiduelles encore présentes, améliorant ainsi la turbidité.

g. Désinfection finale :

Une deuxième chloration est réalisée à cette étape pour assurer la destruction des agents pathogènes et garantir une protection résiduelle jusqu'au consommateur.

h. Stockage :

L'eau traitée est dirigée vers un réservoir de stockage (Bâche d'eau), prêt à être distribué. Ce réservoir permet également de réguler les débits et d'assurer une alimentation continue.

2. Le système monobloc de traitement d'eau :

Dans le cadre de l'amélioration de la qualité et de la capacité de traitement des eaux, une nouvelle station a été mise en service en janvier 2022, après une installation achevée en novembre 2021 (ils l'ont apporté de Batna Béni Haroun).



Photo 2: Système monobloc au niveau de la station

Cette station utilise un système de traitement d'eau capable de traiter un débit de 12500m³/jour théoriquement, et une production actuelle de 6000m³/jour.

a. Arrivée d'eau brute :

L'eau brute provient principalement de la station de dessalement d'eau de mer située à Honaine, elle est ensuite acheminée directement dans le système monobloc via une conduite pressurisée.

b. Pré-chloration :

Cette étape à l'injecter de l'hypochlorite de sodium (NaClO) comme oxydant dans l'eau brute, pour l'élimination de l'azote ammoniacal, le fer, le manganèse et la couleur de l'eau.



Photo 3: L'injection de l'hypochlorite de sodium NaClO (Tlemcen le 09-04-2025)

c. Coagulation :

Dans la première chambre du monobloc, l'eau est traitée par l'ajout automatique de coagulants sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ après les flocculants, souvent dosés selon une programmation précise. Cette phase permet la formation de floccs par mélangent ainsi la formation de floccs.



Photo 4: L'injection de coagulant sulfate d'alumine (Tlemcen le 09-04-2025)

d. Flocculation :

L'étape suivante consiste à l'ajout d'un polymère, dont le rôle est d'accélérer la décantation en augmentant la taille des particules en suspension et des colloïdes, favorisant ainsi la formation de floccs.



Photo 5: L'injection de polymère (Tlemcen le 09-04-2025)

e. Décantation lamellaire :

La séparation des floccs se fait à l'aide de modules lamellaires inclinés, permettant une décantation rapide et efficace dans un faible volume. Cette technologie réduit considérablement le besoin en grands bassins.



Photo 6: Décantation lamellaire

f. Filtration :

On a trois filtres qui fonctionnent sous pression par un compresseur pour la séparation du mélange décanté « solide-liquide », et l'élimination toutes les matières en suspension dans l'eau.



Photo 7: Trois filtres de filtration d'une seule filière

g. Désinfection :

Se réalise par l'injection de **l'hypochlorite de sodium**, destinée à éliminer l'ensemble des agents pathogènes tels que les bactéries et les virus.

h. Stockage :

L'eau ainsi désinfectée est ensuite stockée dans **une bâche** avant d'être distribuée à d'autres utilisateurs.

i. Salle de télégestion :

La gestion de l'ensemble du système est assurée à partir de cette salle.



Photo 8: Salle télégestion

d'eau, ce qui réduit les délais de transport et améliore la fiabilité des résultats, conformément aux normes OMS et NA.

Le laboratoire intervient dans le cadre d'un système de traitement de l'eau qui repose sur deux filières technologiques distinctes, adaptées à la qualité de l'eau brute et aux besoins en production :

- **Une filière classique :** utilisant des bassins extérieurs à voie aérée, permet une clarification progressive par étapes. Cette technique repose sur une succession de traitements comprenant la coagulation, la floculation, la décantation, la filtration sur sable et la désinfection. Elle est particulièrement efficace pour le traitement des eaux présentant une forte turbidité ou une charge organique importante.
- **Une filière monobloc compacte :** intégrée dans une unité modulaire, est utilisée comme solution rapide et flexible pour les volumes moindres ou en situation d'urgence. Elle combine plusieurs étapes de traitement au sein d'une seule structure, ce qui permet une économie d'espace et un temps de traitement réduit tout en maintenant un haut niveau de performance.

Les techniciens et ingénieurs en charge des analyses disposent d'équipements modernes (spectrophotomètres, incubateurs, pH-mètres, turbidimètres, autoclaves, etc.) pour garantir la fiabilité et la comparabilité des résultats.

Le laboratoire joue ainsi un rôle central dans la chaîne de surveillance de l'eau, en assurant un contrôle continu de la qualité de l'eau brute et de l'eau traitée destinée à la utilisation humaine.

Sa proximité avec le barrage constitue un atout majeur pour la gestion préventive des risques sanitaires et environnementaux liés à la ressource en eau.

2. Analyses organoleptiques :

Couleur :

La teinte de l'eau reflète la présence de substances capables d'absorber certaines longueurs d'onde de la lumière blanche, qu'il s'agisse de matières organiques (humus, tanins) ou de particules minérales (oxyde de fer, argiles colloïdales..).

À la station de Sekkak, cette caractéristique est quantifiée à l'aide d'un spectrophotomètre **HACH DR 1900**, qui couvre **340–800 nm** et propose plus de 220 méthodes d'analyse.

Chapitre II Etude du Milieu, les Méthodes et Matériels

L'opérateur remplit une cuve avec l'échantillon, insère celle-ci dans l'appareil après un rapide rinçage à l'eau distillée, puis lance la mesure.

Le résultat s'affiche instantanément en unités **Pt/Co**, avec un seuil maximal de **15_{Pt/Co}** pour garantir une eau sans coloration perceptible.

Turbidité :

La turbidité évalue la clarté de l'eau en mesurant la dispersion de la lumière provoquée par les particules en suspension (limon, algues, colloïdes).

Le turbidimètre néphélométrique de la station envoie un faisceau à **90°** par rapport à la détection : l'intensité de la lumière diffusée, proportionnelle à la concentration de particules, est convertie en **Nephelometric Turbidity Units (NTU)**. Avant chaque mesure, on vérifie l'absence de bulles et de dépôts dans la cellule, puis on étalonne l'appareil sur des standards (**0, 1 et 10 NTU**).

Pour l'eau potable, la turbidité ne doit pas dépasser **5 NTU**, au-delà, cela signale un risque microbiologique ou un problème dans les unités de décantation et de filtration.

3. Analyses physico-chimiques :

Au sein de la station de traitement de Sakkak, les paramètres physico-chimiques sont systématiquement contrôlés afin d'assurer la conformité de l'eau brute et traitée aux exigences réglementaires. Chaque matin, un prélèvement est effectué à la sortie du barrage, puis immédiatement soumis à une série d'analyses en laboratoire :

pH :

Le pH de l'eau, indicateur fondamental de son acidité ou de son alcalinité, est mesuré à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode à membrane de verre.

Après étalonnage quotidien sur les tampons pH **4, 7 et 10**, l'échantillon est rincé à l'eau distillée puis la sonde est plongée directement dans l'eau.

La valeur, stable sous **30 secondes**, doit idéalement se situer entre **6,5 et 8,5** pour garantir la neutralité vis-à-vis des infrastructures (canalisations, échangeurs) et optimiser les réactions de traitement (coagulation, désinfection).

Température :

La température de l'eau conditionne la solubilité des gaz et la cinétique des réactions chimiques : chaque dixième de degré influence sensiblement la dissipation de l'oxygène et la vitesse de dégradation biologique des polluants. Cette grandeur est relevée à l'aide d'une sonde thermométrique étalonnée (-10 °C à +50 °C) intégrée à un multi-paramètre.

L'échantillon est agité doucement pour homogénéiser la température avant lecture, et la valeur est enregistrée en °C avec une précision de $\pm 0,1$ °C.

Conductivité électrique :

La conductivité traduit la concentration globale en ions dissous (chlorures, sulfates, calcium, magnésium...). À **Sekkak**, La conductivité électrique de l'eau a été mesurée à l'aide d'un conductimètre étalonné, exprimée en microsèmes par centimètre ($\mu S/cm$). Cette méthode repose sur la capacité d'une solution à conduire le courant électrique, directement liée à la concentration en ions dissous. Un volume d'échantillon est introduit dans un bécher propre, puis la sonde de conductivité est immergée jusqu'à stabilisation de la lecture.

Taux de chlore (Cl) :

Le chlore résiduel, qu'il soit libre ou total, est un paramètre essentiel pour évaluer l'efficacité de la désinfection de l'eau potable. La méthode la plus couramment utilisée à la station de traitement de **Sekkak** est la méthode colorimétrique **DPD 1**.

Un volume de 10 mL d'échantillon est versé dans une cuvette propre, puis une pastille **DPD1** est ajoutée. Après dissolution complète par agitation douce, une coloration rose se forme immédiatement en présence de chlore libre. La mesure de l'intensité colorée est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre ou d'un colorimètre à une longueur d'onde de **530 nm**, permettant une lecture directe de la concentration en chlore libre.

Elle permet un suivi rigoureux de la désinfection et assure une protection sanitaire efficace contre les germes pathogènes potentiels.

Teneur en matières dissoutes totales (TDS) :

Les matières dissoutes totales reflètent la quantité de solides solubles (sels, acides humiques...) dans l'eau. Deux méthodes sont couramment employées : calcul par passage à la conductivité ($TDS \approx 0,65 \times \text{conductivité en } \mu S/cm$) . À la station, on privilégie la corrélation conductivité-TDS pour un suivi en ligne, avec validation périodique par gravimétrie.

L'ammonium « NH_4^+ » (par la méthode de Nessler) :

Le dosage de l'ammonium dans les eaux est effectué selon la méthode colorimétrique de **Nessler**, à l'aide d'un kit réactif HACH.

- Prélever 25 mL d'échantillon à l'aide d'une pipette graduée et le verser dans une cuvette propre
- Ajouter 3 gouttes de stabilisateur minéral et agiter doucement
- Ajouter 3 gouttes d'agent de dispersion (poly-vinyl alcohol) et mélanger par inversion
- Introduire 1,0 mL de réactif Nessler à l'aide d'une pipette graduée
- Laisser la solution réagir pendant 1 minute (ne pas dépasser 15 minutes)
- Mesurer l'absorbance à 425 nm au spectrophotomètre
- Quantifier la concentration en $\text{NH}_3\text{-N}$ en se référant à une droite d'étalonnage (0,02–2,50 mg/L), le résultat est directement affiché en **mg/L de NH_4^+** .



Figure 7 : Kit de réactifs pour dosé l'ammonium

Les Nitrites (NO_2^-):

Dans le cadre de la surveillance physico-chimique à la station de Sekkak, le dosage des nitrites s'appuie sur la méthode des diazotés à l'aide du réactif **Nitriver-3**.

On prend l'échantillon (**10 mL**), on plonge la pastille dans l'échantillon et on agite délicatement jusqu'à dissolution complète.

Après ce dernier réagit enformant une coloration rose ($\lambda_{\text{max}} \approx 507 \text{ nm}$) indiquant la présence de nitrite.

Après **20 minutes** d'incubation, la cuve est insérée dans le spectrophotomètre (**HACH DR 1900**) réglé à **507 nm** pour mesurer l'absorbance.

Chapitre II Etude du Milieu, les Méthodes et Matériels

Cette méthode, rapide et reproductible, permet de détecter les nitrites avec une sensibilité de l'ordre de 0,01 mg/L et d'ajuster finement les traitements de dénitrification afin de prévenir les risques d'eutrophisation.

Les Nitrates (NO₃⁻):

Dans le cadre de la surveillance de la station de Sekkak, La quantification des nitrates est réalisée selon la méthode colorimétrique HACH, utilisant le réactif en poudre *NitraVer 5*. Un volume de 10 mL d'échantillon est introduit dans une cuvette propre, puis traité avec le contenu d'un sachet réactif.

L'agitation permet d'assurer la dissolution et un mélange homogène, un temps de contact de 5 à 10 minutes est respecté. La coloration obtenue, généralement rougeâtre, est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de **543 nm**.

Cette méthode est sensible et adaptée aux concentrations faibles à modérées de nitrates dans les eaux naturelles et traitées.

Les Sulfates (SO₄²⁻):

Le dosage des sulfates (SO₄²⁻) dans l'eau à la station de Sekkak, est effectué selon la méthode turbidimétrique HACH utilisant le réactif *SulfaVer 4*. Un volume de 10 mL d'échantillon est traité avec le contenu d'une gélule ou d'un sachet réactif, induisant la formation d'un précipité en suspension. Après agitation et développement de la turbidité pendant environ 5 minutes, la mesure est réalisée à **450 nm**. L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfates présents dans l'échantillon.

Les Phosphates (PO₄³⁻):

La détermination des phosphates est réalisée par *méthode colorimétrique HACH* à l'aide du réactif **PhosVer 3**. Un échantillon de **10 mL** est mélangé avec le contenu d'un sachet réactif (poudre), suivi d'une agitation douce pour assurer une réaction homogène. Après un temps de réaction de 2 minutes, la coloration bleue obtenue est analysée à une longueur d'onde de **890 nm**, en utilisant un spectrophotomètre calibré.

Le Fer Ferreux (Fe²⁺):

La concentration du **fer ferreux (Fe²⁺)** est déterminée par la méthode colorimétrique **HACH** utilisant le réactif *FerroVer*. À un échantillon de **10 mL**, on ajoute une dose de réactif en gélule, suivie d'une agitation pour permettre une réaction homogène.

Une coloration orangée se développe rapidement, et la mesure est réalisée à une longueur d'onde de **510 nm**, correspondant à l'absorbance maximale du complexe formé. Cette

méthode est spécifique au fer ferreux et permet une détection fiable dans les eaux naturelles et traitées.

Jar Test “Le Test de Coagulation-Floculation”:

Le **Jar Test** est une méthode expérimentale couramment utilisée dans les stations de traitement des eaux pour optimiser la coagulation et la floculation, deux étapes essentielles à l'élimination des particules colloïdales et des matières en suspension. Il permet de déterminer la nature et la dose optimale du coagulant à utiliser, sulfate d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, afin d'assurer une clarification efficace de l'eau brute.

La procédure consiste à remplir plusieurs béchers identiques (souvent six) avec un volume égal d'eau à traiter (**1000 ml**). Chaque bécher reçoit une dose différente de coagulant. L'essai se déroule en trois phases à l'aide d'un agitateur à pales multiples :

- a. **Mélange rapide (coagulation)** : Agitation rapide pendant 1 à 2 minutes pour bien disperser le coagulant dans l'eau et provoquer la neutralisation des charges des particules.
- b. **Mélange lent (floculation)** : Agitation douce pendant 15 à 20 minutes pour permettre l'agglomération des micro-flocs en flocs plus gros et plus lourds.
- c. **Décantation** : Repos pendant environ 30 minutes pour observer la sédimentation des flocs.



Photo 9 : Le JarTest

Après le test, on compare visuellement la clarté de l'eau décantée dans chaque béccher et on mesure la turbidité résiduelle. Le dosage optimal est celui qui permet la meilleure clarification avec la plus faible turbidité finale, tout en minimisant la quantité de produit chimique utilisé.

Le Jar Test est donc un outil essentiel pour ajuster en temps réel le traitement de l'eau selon ses caractéristiques physico-chimiques, qui peuvent varier au fil des saisons ou des apports hydriques.

La demande en chlore :

La demande en chlore correspond à la quantité de chlore nécessaire pour réagir avec l'ensemble des substances réductrices présentes dans l'eau, telles que les composés organiques, l'ammoniaque et les micro-organismes pathogènes. Une fois ces éléments neutralisés, le chlore libre persiste dans l'eau et permet une désinfection continue.

Parmi les méthodes les plus utilisées pour déterminer cette demande, on trouve la méthode du ***point de rupture***, ou ***break point***. Elle repose sur l'observation du comportement du chlore injecté en excès dans l'eau et sur la détermination de la dose exacte à partir de laquelle du chlore libre apparaît.

La méthode expérimentale consiste à remplir six fioles identiques avec de l'eau brute, puis à y injecter des volumes croissants d'une solution diluée d'hypochlorite de sodium (NaClO), typiquement à $\frac{1}{10}$. Chaque fiole on ajoute des doses croissantes de chlore avec un décalage de 5minutes entre l'introduction dans chaque flacon. Après écoulement de **1-2heures** on mesure le chlore résiduel avec un comparateur DPD1.

Au final on trace la courbe (***chlore résiduel = f(chlore introduit)***) pour montrer clairement la présence de l'ammonium NH_4^+ on déduit ***les valeurs du seuil*** et du ***break-point***.



Photo 10 : La demande en Chlore

Cette méthode permet ainsi de déterminer avec précision la quantité de chlore à injecter pour assurer une désinfection efficace tout en évitant un surdosage inutile.

4. Dosage des éléments minéraux dans l'eau :

L'analyse des éléments minéraux dissous dans l'eau est essentielle pour évaluer sa dureté, son agressivité et sa potabilité. Ces analyses permettent notamment de quantifier les ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}), calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et chlorures (Cl^-). Elles sont réalisées à l'aide de méthodes de titrage volumétrique, en utilisant des réactifs spécifiques et des indicateurs colorés.

✚ **Le titre alcalimétrique complet (TAC)** : Le TAC représente la quantité totale d'ions bicarbonates (HCO_3^-) présents dans l'eau, qui jouent un rôle tampon contre les variations de pH. Il est déterminé par titrage à l'aide d'une solution d'**acide chlorhydrique (HCl)** (0,1 mol/L) en présence d'un indicateur coloré, le **Bromocresol Vert-Rouge de Méthyle**. Le point d'équivalence est atteint lorsque l'indicateur change de couleur (passe de bleu verdâtre au gris), signalant que tous les ions HCO_3^- ont été neutralisés. Le TAC s'exprime en **mg/L de HCO_3^-** .

$$TAC = \frac{\text{Volume titré(HCl)} \times \text{Concentration(HCl)} \times 1000}{V(\text{échantillon})} \times \text{Masse molaire(HCO}_3^-)$$

- ✚ **Le titre alcalimétrique (TA) :** Le TA quantifie la présence des ions carbonates (CO_3^{2-}) dans l'eau. Ce dosage est réalisé par titrage acide de l'échantillon à l'aide d'une solution d'**HCl** dilué (0,1 mol/L), en utilisant un indicateur le «**phénolphtaleine**». La disparition de la couleur rose indique la fin du titrage, correspondant à la neutralisation des ions CO_3^{2-} . Le TA s'exprime en **mg/L** de CO_3^{2-} . En cas où il n'y a pas une coloration rose sa veut dire que le **TA=0**.

$$TA = \frac{\text{Volume titré(HCl)} \times \text{Concentration(HCl)} \times 1000}{\text{Volume d'eau (échantillon)}} \times \text{Masse molaire } (\text{CO}_3^{2-})$$

- ✚ **Les hydrogénocarbonates HCO_3^- :** Les hydrogénocarbonates sont des ions issus de la dissociation partielle du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'eau. Ils sont présents sous forme de HCO_3^- , principalement dans les eaux naturelles. Le dosage se fait par **titrage** à l'aide d'**Acide sulfurique (0,05N)** en présence d'un indicateur **Méthyle Orange (1%)**, jusqu'à le point de virage est détecté par une coloration rose. Le HCO_3^- est exprimé en **mg/L**.

$$[\text{HCO}_3^-]_{(\text{mg/L})} = \frac{TAC - (2 \times TA)}{\text{Le volume de l'échantillon d'eau}} \times \text{masse molaire du } \text{HCO}_3^-$$

- ✚ **Les carbonates CO_3^{2-} :** Les carbonates sont des ions CO_3^{2-} issus de la dissociation progressive de l'acide carbonique (H_2CO_3), lui-même formé par dissolution du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'eau.

Les ions CO_3^{2-} réagissent avec Ca^{2+} et Mg^{2+} pour former du carbonate de calcium (CaCO_3) ou carbonate de magnésium (MgCO_3) → précipités solides → formation de tartre.

Le dosage se fait par **titrage** à l'aide d'**acide sulfurique (0,05N)** en présence d'un indicateur coloré **Phenolphtaleine** (il n'y a pas de coloration rose après l'ajout d'indicateur sa veut dire que le $\text{CO}_3^{2-} = 0$ sinon titrage jusqu'à décoloration totale de la solution). Le CO_3^{2-} exprimé en **mg/L**.

$$[\text{CO}_3^{2-}]_{(\text{mg/L})} = \frac{TA}{2 \times \text{Volume d'échantillon d'eau}} \times \text{masse molaire du } \text{CO}_3^{2-}$$

- ✚ **La dureté totale (TH) :** La dureté de l'eau (TH) traduit sa teneur en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Le dosage se fait par **titrage complexométrique** avec une solution d'**EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique)** en présence d'un indicateur, l'**Eriochrome Black T**. Le point de virage est observé par un changement de couleur du mélange. Le TH est exprimé en **F°** (degrés français), soit **10 mg/L de HCO_3^-** .

$$TH_{(\text{F}^\circ)} = \left(\frac{\text{Volume titré(EDTA)} \times \text{Concentration(EDTA)} \times 1000}{\text{Volume d'eau(échantillon)}} \right) \times 10$$

- ✚ **Le Calcium (Ca^{2+}) :** est dosé séparément par titrage complexométrique avec l'**EDTA**, on ajoutant avant **1mL** de **NaOH (2N)**, en utilisant comme indicateur la **muréxide**, qui permet un virage net de couleur lors de la complexation du calcium. Le résultat est exprimé en **mg/L** de **Ca^{2+}** .

$$[\text{Ca}^{2+}] = \left(\frac{\text{Volume titré(EDTA)} \times \text{Concentration(EDTA)} \times 1000}{\text{Volume d'eau(échantillon)}} \right) \times 20$$

- ✚ **Le Magnésium (Mg^{2+}) :** est dosé spécifiquement avec l'**EDTA** en milieu basique, en utilisant un indicateur tel que la **murexide**. La concentration en **magnésium (Mg^{2+})** est ensuite déduite par différence entre la dureté totale et le calcium selon la formule :

$$[\text{Mg}^{2+}] = \left(\frac{\text{Ca}^{2+}}{4} - \frac{\text{TH}}{10} \right) \times 2.4$$

- ✚ **Le chlorure (Cl^-) :** est quantifié par titrage avec une solution de nitrate d'argent (**AgNO_3**), en présence de chromate de potassium **K_2CrO_4** comme indicateur. Ce titrage argentimétrique repose sur la précipitation des ions chlorure sous forme de chlorure d'argent (**AgCl**), et le virage de couleur intervient à l'apparition du précipité rouge brique de chromate d'argent.

$$\text{Cl}^- = \left(\frac{\text{Volume titré}(\text{AgNO}_3) \times \text{Concentration}(\text{AgNO}_3) \times 1000}{\text{Volume d'eau(échantillon)}} \right) \times M(\text{Cl}^-)$$

Chapitre II Etude du Milieu, les Méthodes et Matériels

Ces dosages sont indispensables pour caractériser les propriétés physico-chimiques de l'eau, en particulier sa capacité à former des dépôts calcaires ou, au contraire, à corroder les installations.

Tableau 3: Grille de la qualité des eaux superficielles

Classe Paramètres	unité	Très bon	Bon	Passable	Mauvaie	Très mauvaise
O ₂ dissous	mg/l d'o ₂	>7	5 à 7	3 à 5	< 3	0
DCO	mg/l 'o ₂	20	30	40	80	>80
DBO ₅	mg/l 'o ₂	3	6	10	25	>25
NH ⁴⁺	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	>4
NO ₃ ⁻	mg/l	2	10	25	50	>50
PO ₄ ³⁻	mg/l	0.1	0.5	1	2	> 2
NO ₂ ⁻	mg/l	0.03	0.3	0.5	1	>1
Conductivité	µs/cm	180- 2500	120- 3000	60-3500	0-4000	>4000

Chapitre III : Résultats & Discussions

1. Suivi de la qualité des eaux réalisées au niveau de la station de Sekkak :

Dans le cadre de notre stage pratique effectué à la station de traitement d'eau de Sekkak, du 20 février au 14 avril, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques sur différents types d'eau : l'eau brute, l'eau traitée par le système classique, l'eau traitée par le système monobloc (d'origine dessalée « Honaine, Tlemcen »), ainsi que l'eau de bache, qui résulte du mélange des deux traitements précédents. Ces analyses, menées au cours des mois de février, mars et avril, ont permis de collecter des données pertinentes sur la qualité de l'eau à chaque étape du traitement.

Dans ce chapitre, nous présentons les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques obtenus, que nous comparons aux normes algériennes de potabilité. L'interprétation de ces résultats vise à évaluer la qualité de l'eau distribuée dans la région ainsi que l'efficacité des procédés de traitement mis en œuvre au sein de la station de Sekkak .

Tableau 4: Les dates des prélèvements

Jours :	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5
Date de prélèvement	20/02/2025	26/02/2025	05/03/2025	10/03/2025	12/03/2025
Jours :	Jour 6	Jour 7	Jour 8	Jour 9	Jour 10
Date de prélèvement	19/03/2025	27/03/2025	06/04/2025	08/04/2025	14/04/2025

2 . Résultats obtenues :

I. Analyse Organoleptiques :

Couleur :

Le paramètre Couleur est exprimé en Pt/C_0 .

La norme de qualité de l'eau potable est : $\leq 15 pt/C_0$ (OMS)

La norme de qualité de l'eau brute est : $< 50 pt/C_0$

Tableau 5 : Les valeurs de la couleur (Pt/C₀)

	Type d'eau	1 ^{er} Prélèvement	2 ^{ème} Prélèvement	3 ^{ème} Prélèvement	4 ^{ème} Prélèvement	5 ^{ème} Prélèvement
Couleur (pt/C ₀)	Eau Brute	98	115	107	113	92
	Eau traitée classique	29	26	21	22	19
	Eau traité monobloc	45	23	28	45	41
	Eau de bache (mélange)	15	15	23	26	22

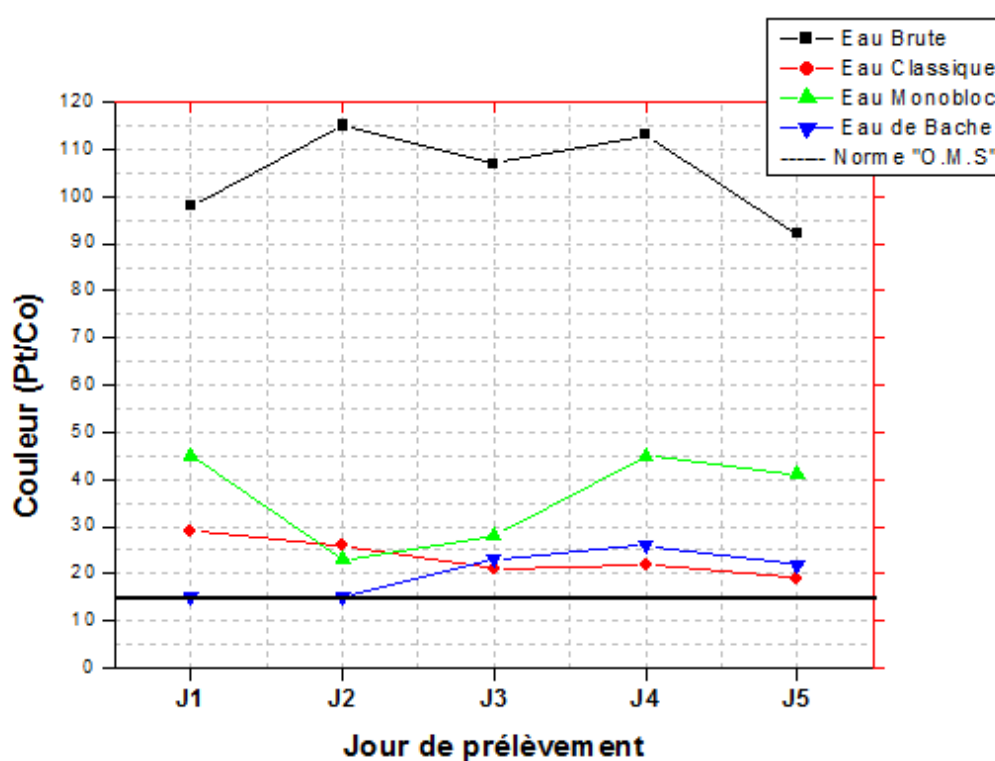


Figure 8 : La variation de la couleur des quatre types d'eaux pour les différentes

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité variable des différents traitements appliqués à l'eau brute pour éliminer la couleur varie selon la méthode utilisée. Le traitement de monobloc se révèle plus performant que le traitement classique pour respecter les normes de potabilité en termes de couleur. Par ailleurs, le mélange de l'eau dans la bache contribue également à une réduction et une stabilisation plus efficaces de la couleur.

Turbidité :

Le paramètre Turbidité est exprimé en NTU.

La norme de qualité de l'eau potable est : *Norme : < 5 NTU (OMS)*

Tableau 6 : les valeurs de turbidité en (NTU)

	Type d'eau	1er prélèvement	2ème prélèvement	3ème prélèvement	4ème prélèvement	5ème prélèvement
Turbidité (NTU)	Eau Brute	22,8	3,77	9,98	8,48	8,59
	Eau traitée classique	6,12	4,18	9,98	9,18	3,77
	Eau traitée monobloc	7,39	1,88	5,39	5,38	13,3
	Eau de bache (mélange)	2,32	2,78	3,92	2,05	2,64

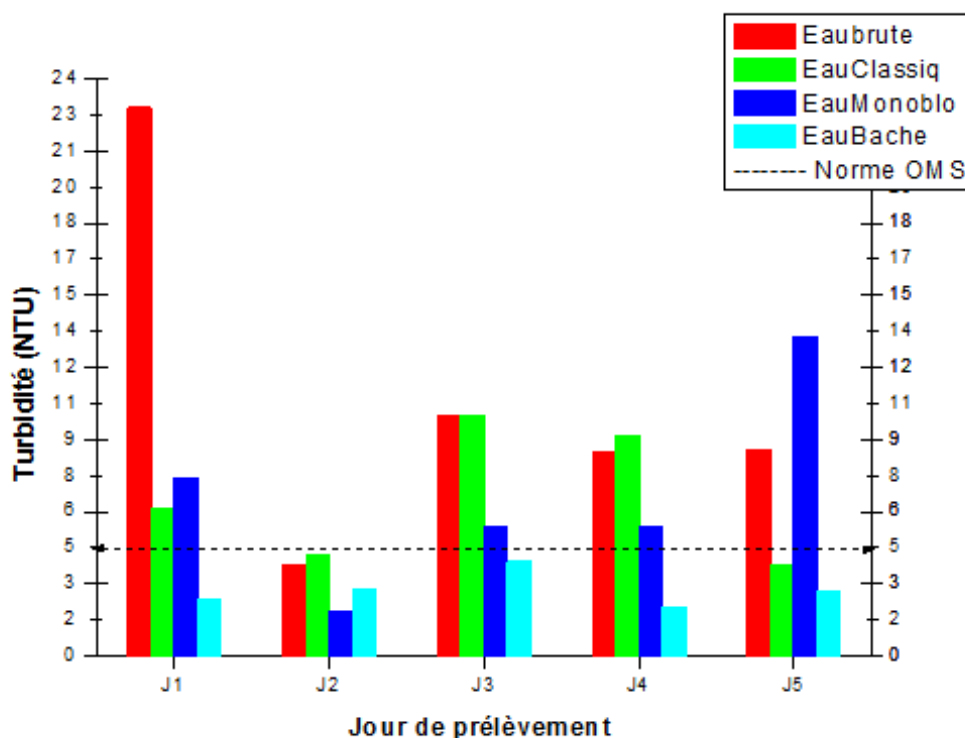


Figure 9 : La variation de la turbidité des différentes eaux

Ces résultats soulignent plusieurs points importants concernant la turbidité :
L'eau brute : de turbidité élevée démontre l'obligation d'un traitement préalable pour atteindre les normes de potabilité.

Monobloc : généralement plus performant pour réduire la turbidité, malgré une anomalie ponctuelle lors du 4° prélèvement.

L'eau classique : efficacité plus irrégulière, avec plusieurs dépassements des normes.

L'eau de bache : présente une turbidité constamment faible.

Conductivité :

Le paramètre conductivité est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Norme : $< 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Tableau 7 : Les valeurs de la conductivité des différentes eaux analysées

Type d'eau	1 ^{er} Prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	1326	1372	1321	1354	1350
Eau traitée classique	1342	1317	1321	1327	1372
Eau traité monobloc	1388	1363	1325	1361	1311
Eau de bache (mélange)	1195	1220	1338	1332	1358

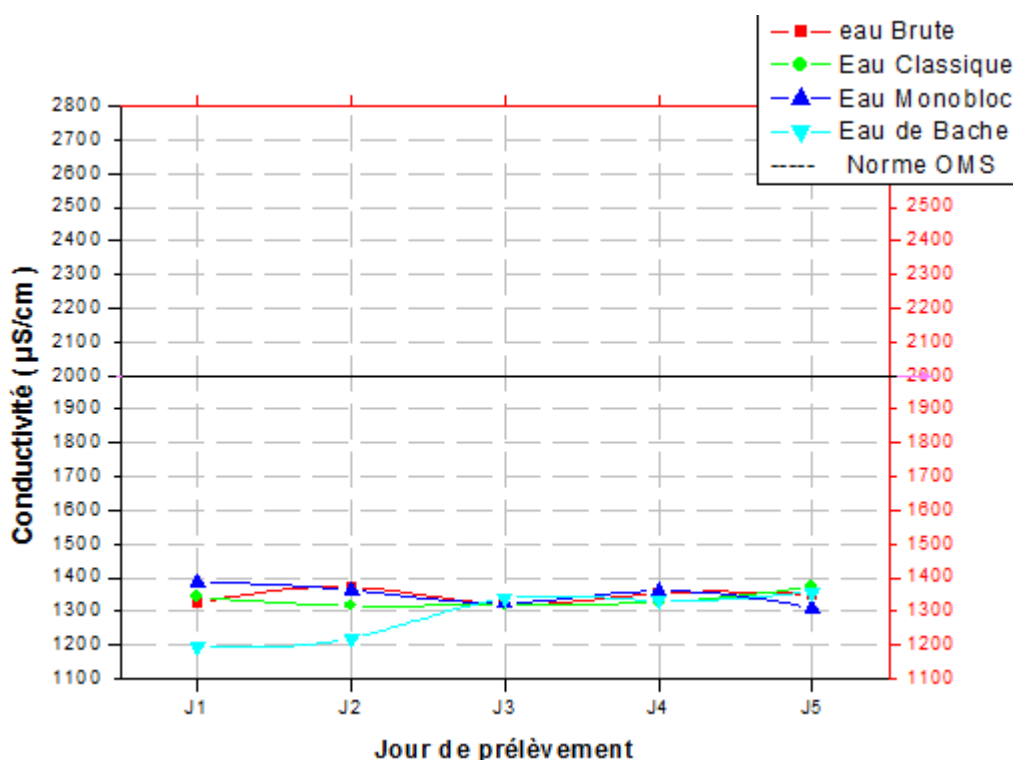


Figure 10 : La variation de la conductivité des eaux analysées pour les différents prélèvements.

Les analyses des différents types d'eau montrent que toutes avec les normes de potabilité en matière de conductivité. Cependant, l'eau de bache (mélange) se distingue par une

conductivité significativement plus basse, traduisant probablement une meilleure qualité physico-chimique finale.

Matières dissoutes totales « TDS » :

Le paramètre TDS est exprimé en mg/L.

La norme de qualité de l'eau potable est : OMS : ≤ 500 mg/L (recommandé),

≤ 1000 mg/L (maximum acceptable)

Tableau 8: Les valeurs des matières dissoutes totales en (mg/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	645	672	649	663	661
Eau traitée classique	657	644	648	657	672
Eau traitée monobloc	680	668	658	663	627
Eau de bache (mélange)	583	595	665	661	677

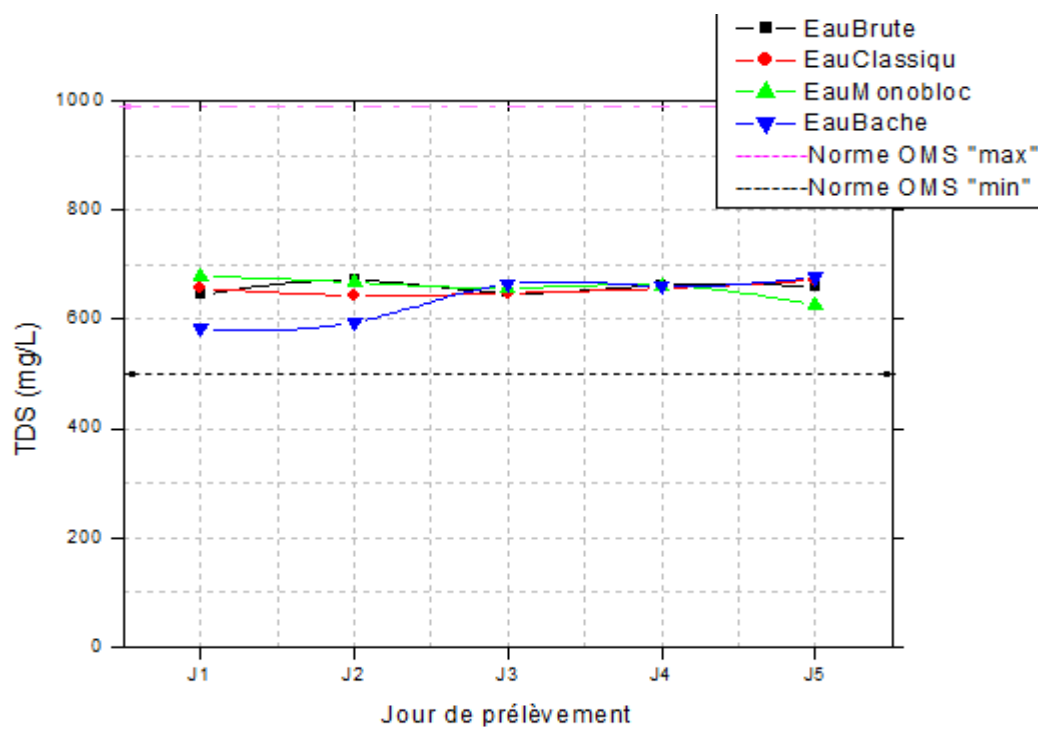


Figure 11: La variation de TDS des eaux analysées pour les différents prélèvements.

Tous les types d'eau analysés respectent les normes OMS en matières de TDS (entre 500 et 1000 mg/L). L'eau de bache présente les meilleurs résultats globaux, indiquant un bon

équilibre après mélange. Monobloc montre une tendance à améliorer légèrement la qualité physico-chimique par rapport au l'eau classique.

II. Paramètres de pollution :

Ammonium NH_4^+ :

Le paramètre Ammonium est exprimé en mg/L.

La norme de qualité de l'eau potable est: $\leq 0.5 \text{ mg/L (OMS)}$

Tableau 9: Les valeurs de l'ammonium en (mg/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} Prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	0.65	0,31	0,40	0,47	/
Eau traitée classique	0,16	0,19	0,17	0	0,01
Eau traité monobloc	0,11	0,09	0,1	/	0,09
Eau de bêche (mélange)	0	0,19	0,01	0,03	0,05

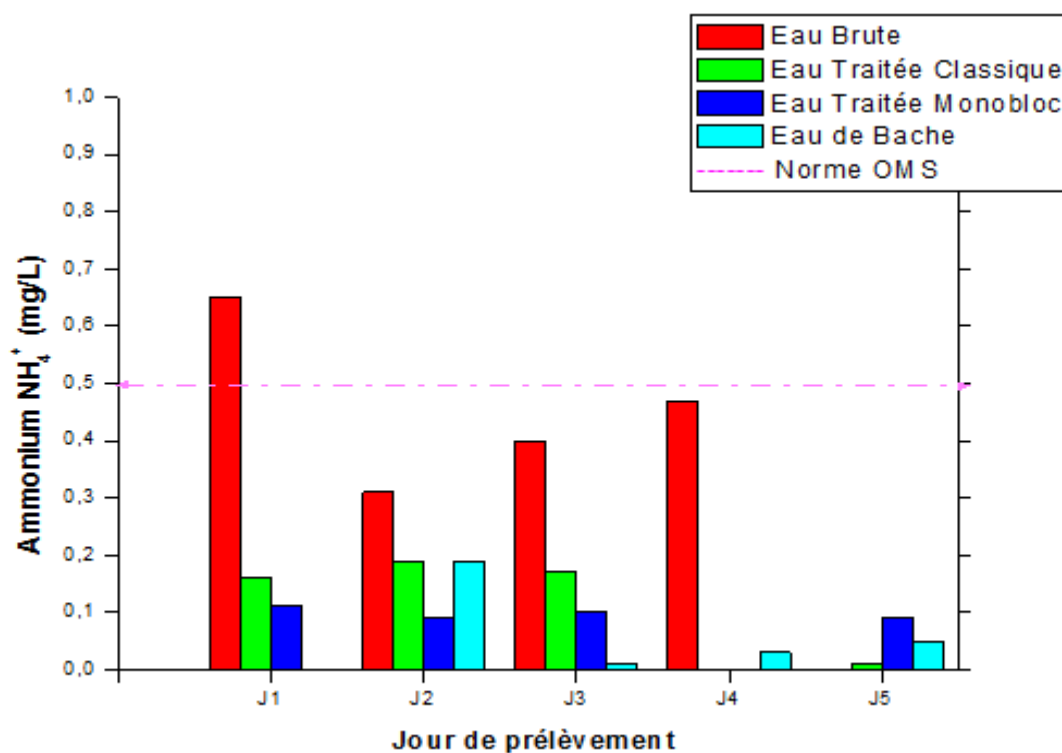


Figure 12: La variation de l'ammonium dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Ces résultats montrent l'importance du choix de la méthode de traitement pour garantir une eau potable conforme aux normes sanitaires. L'eau brute est fortement contaminée en ammonium.

Le traitement classique reste insuffisant dans certains cas pour respecter la norme OMS.

Le traitement monobloc et l'eau de bêche offrent la meilleure qualité, toujours en dessous du seuil critique de 0.5 mg/L.

Nitrites NO₂⁻:

Tableau 10: Les valeurs des nitrites en (mg/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	0,769	0,261	1,76	1,60	/
Eau traitée classique	0,001	0,013	0,010	0,026	0,007
Eau traité monobloc	0,006	0,001	0,01	/	0,095
Eau de bêche (mélange)	0,017	0,013	/	/	0,015

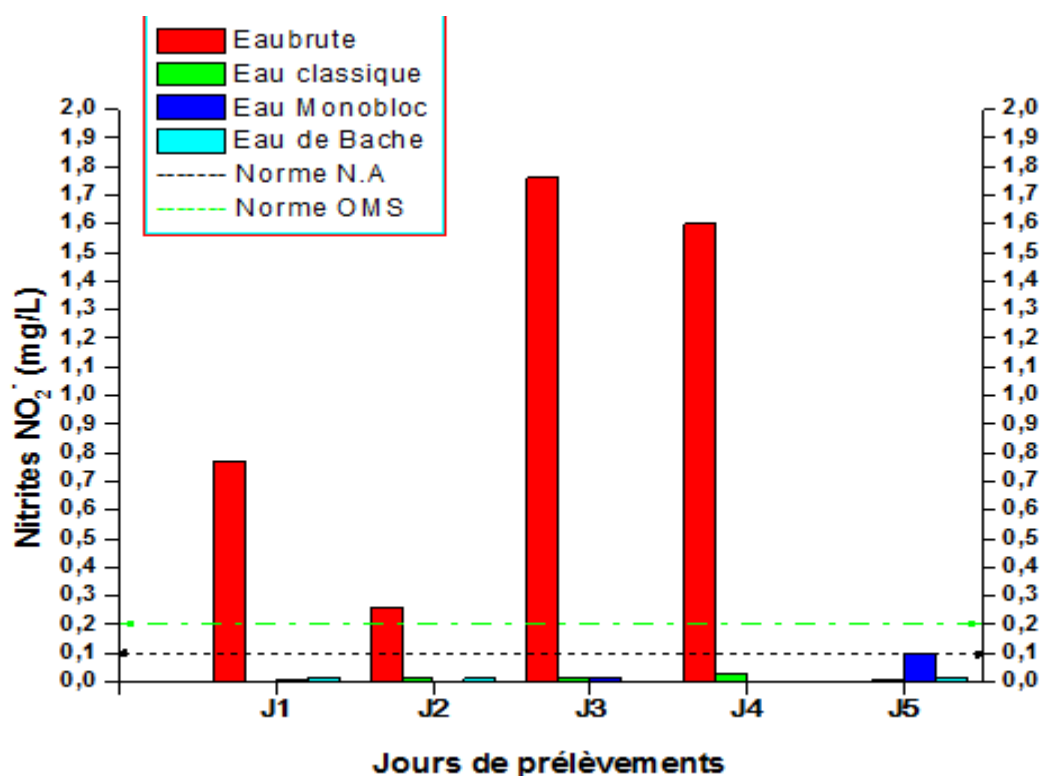


Figure 13: La variation de des nitrites dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) :

- **Valeur guide : 0,2 mg/L**

Norme algérienne (ADE / NA 6368) :

- **Valeur maximale admissible : 0,1 mg/L**

Remarque :

- La norme **algérienne est plus stricte** que celle de l'OMS.
- La présence de nitrites dans l'eau traitée peut indiquer une **contamination bactérienne récente** ou une **défaillance dans le processus de désinfection** (notamment si le chlore réagit avec l'ammoniaque).

Le graphe montre les concentrations en nitrites (NO_2^-) mesurées (en mg/L) sur plusieurs.

Eau brute dépasse gravement les deux normes (jusqu'à 9 fois la norme OMS et 18 fois la norme algérienne).

Autres types d'eau respectent les normes, avec une concentration proche de 0.1 à 0.2 mg/L, semble être bien traitée et conforme aux normes.

Nitrates NO_3^- :

Tableau 11: Les valeurs des nitrates en (mg/L) des eaux analysées.

	Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Nitrates NO_3^- (mg/L)	Eau Brute	2,7	2,70	0,89	0,96	/
	Eau traitée classique	1,7	0,01	0,07	1,47	1,56
	Eau traité monobloc	/	0,03	0,021	0,1	1,6
	Eau de bêche (mélange)	1,7	0,8	/	/	1,2

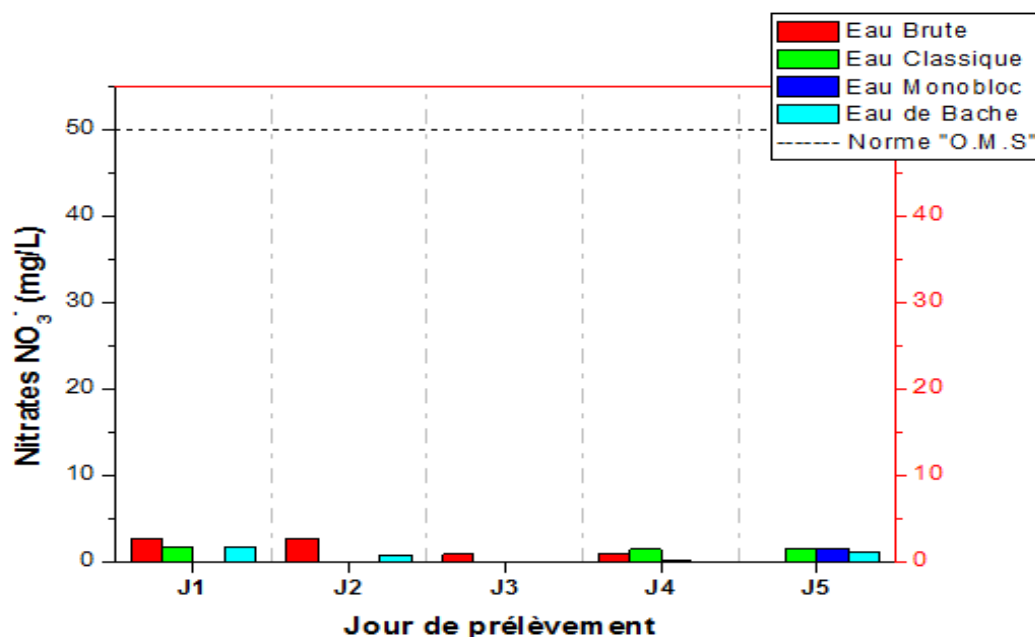


Figure 14: La variation des nitrates dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Les résultats présentent les concentrations en nitrates (NO_3^-) pour différents types d'eau sur des jours de prélèvement. Le traitement monobloc et classique est globalement efficace. En généralement les concentrations en nitrates mesurées restent largement inférieures à la limite fixée par l'O.M.S (50mg/L) ce qui indique une qualité globalement satisfaisante.

Sulfates SO_4^{2-} :

Le paramètre Sulfates est exprimé en mg/L.

La norme de qualité de l'eau potable est : ≤ 250 (OMS), ≤ 400 mg/L (NA)

Tableau 12: Les valeurs des sulfates (SO_4^{2-}) en (mg/L) des eaux analysées.

	Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Sulfates SO_4^{2-} (mg/L)	Eau Brute	67	54	68	63	/
	Eau traitée classique	654	586	680	559	/
	Eau traité monobloc	678	695	/	/	680
	Eau de bache (mélange)	630	654	/	/	648

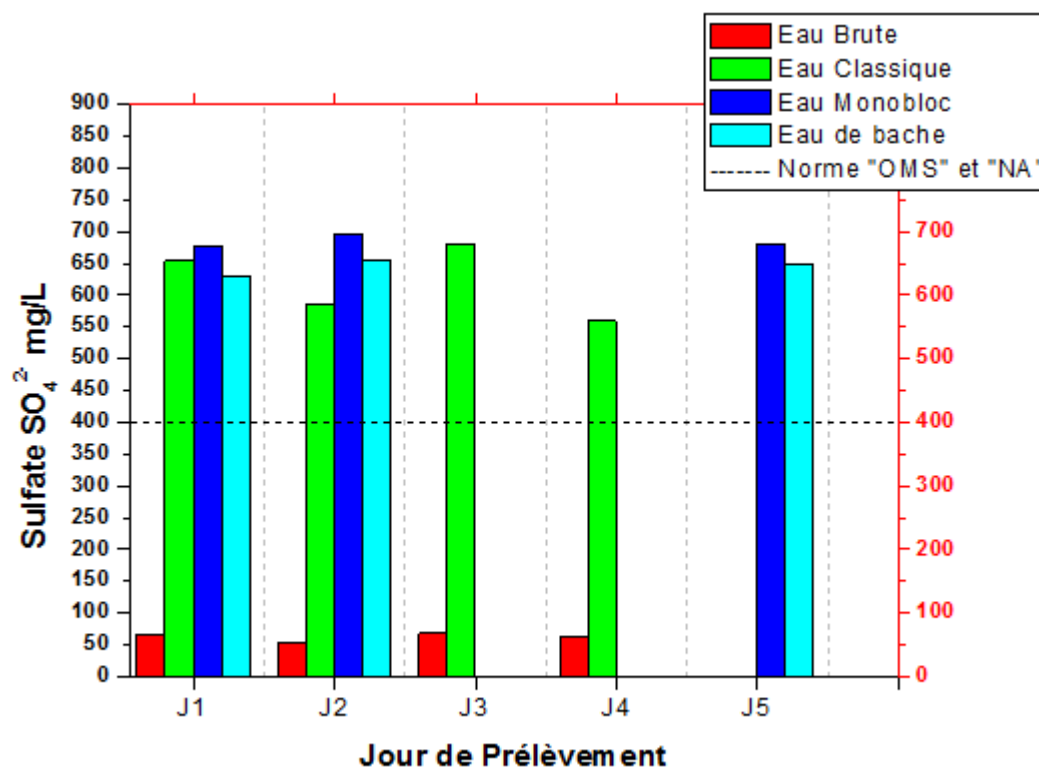


Figure 15 : La variation des sulfates dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Les résultats montrent que les concentrations en sulfates dans les eaux traitées (eau classique- monobloc- eau de bache) dépassent largement les seuils recommandés par l’OMS et la norme algérienne (400 mg/L). Bien que l’eau brute présente des taux conformes, le traitement par le coagulant est responsable de cette augmentation significative.

III. Dosage des éléments minéraux :

TAC :

TAC est une mesure permettant d'indiquer de sels minéraux présente dans l'eau, il représente donc l'alcalinité de votre eau, soit sa teneur en hydrogénocarbonates et carbonates.

Norme : < 200 mg/L de HCO_3^-

Tableau 13: Les valeurs des TAC en (mg/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	260	500	250	280	/
Eau traitée classique	310	380	310	340	400
Eau traité monobloc	/	350	350	350	370
Eau de bêche (mélange)	/	380	400	240	290

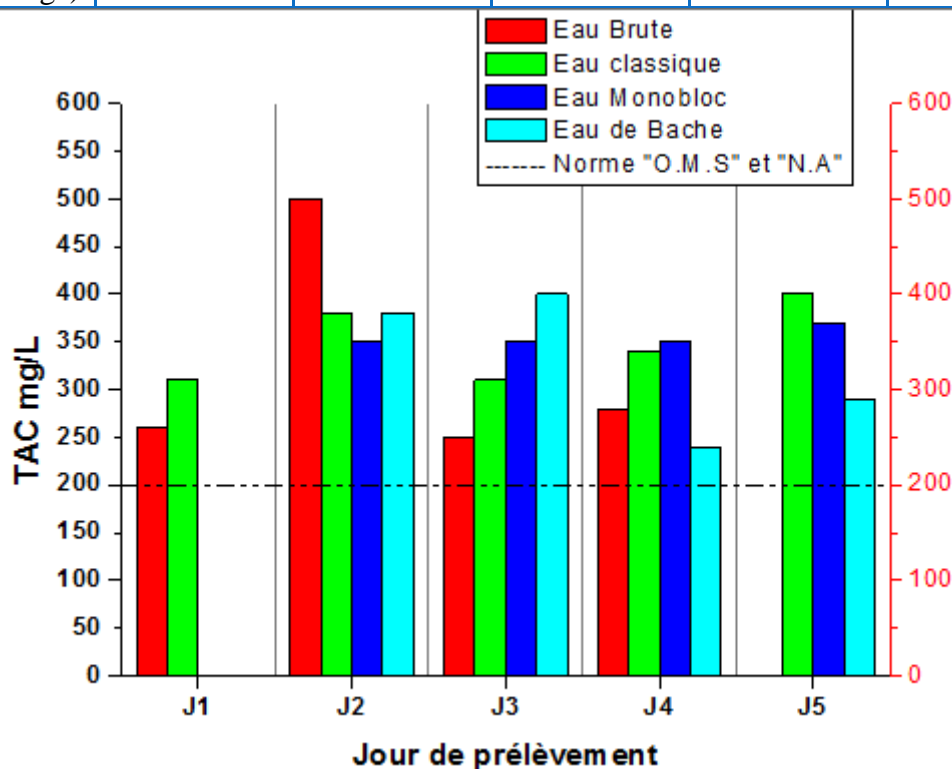


Figure 16: La variation des TAC dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Le graphe met en évidence que : Les traitements (classique, monobloc, bêche) montre le comportement du TAC au niveau de toutes les eaux étudiés, néanmoins les traitements réalisées ne permet pas de diminuer ce paramètre et par conséquent la qualité de l'eau présente une dureté remarquable.

Hydrogénocarbonates HCO_3^- :

Tableau 14: Les valeurs des Hydrogénocarbonates HCO_3^- en (mg/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	106,75	131,15	104,31	109,8	/
Eau traitée classique	79,3	122,85	73,28	70,15	122
Eau traité monobloc	/	128,1	140,3	91,5	82,35
Eau de bêche (mélange)	/	112,81	146	80,82	45,75

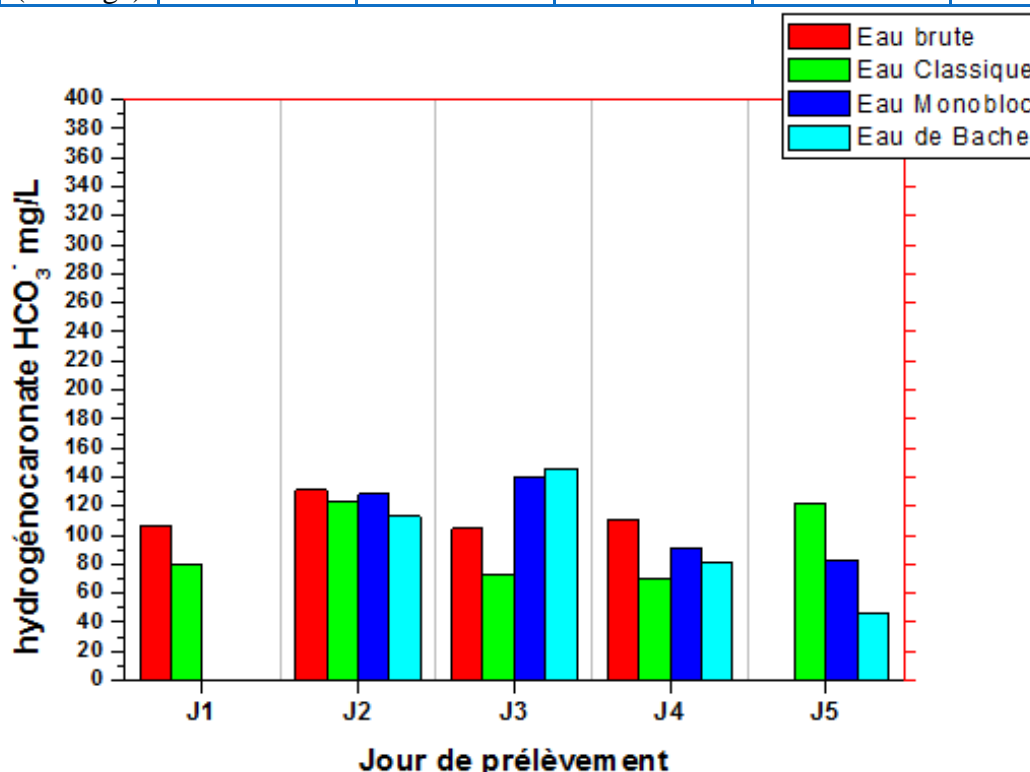


Figure 17: La variation des Hydrogénocarbonates HCO_3^- dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Cette analyse montre que : le traitement classique est en général plus constant pour la réduction des hydrogencarbonates, pour les différents eaux traitées on constate une variation de ce paramètre.

TH :

Le TH est le taux qui mesure sa minéralisation où concentration en sels minéraux de calcium et magnésium.

La norme de dureté totale (TH) en degré français (°F) pour l'eau potable est la suivante :

- ✚ TH ≤ 15 °F : Eau douce
- ✚ 15 °F < TH ≤ 30 °F : Eau moyennement dure
- ✚ TH > 30 °F : Eau dure

Tableau 15 : Les valeurs des TH en (°F) des eaux analysées.

	Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
TH (°F)	Eau Brute	20.0	22.5	29.5	29.5	/
	Eau traitée classique	28.0	18.0	29.5	24.0	22.5
	Eau traité monobloc	/	10.0	23.0	27.0	27.0
	Eau de bêche (mélange)	/	18.0	22.5	25.5	20.5

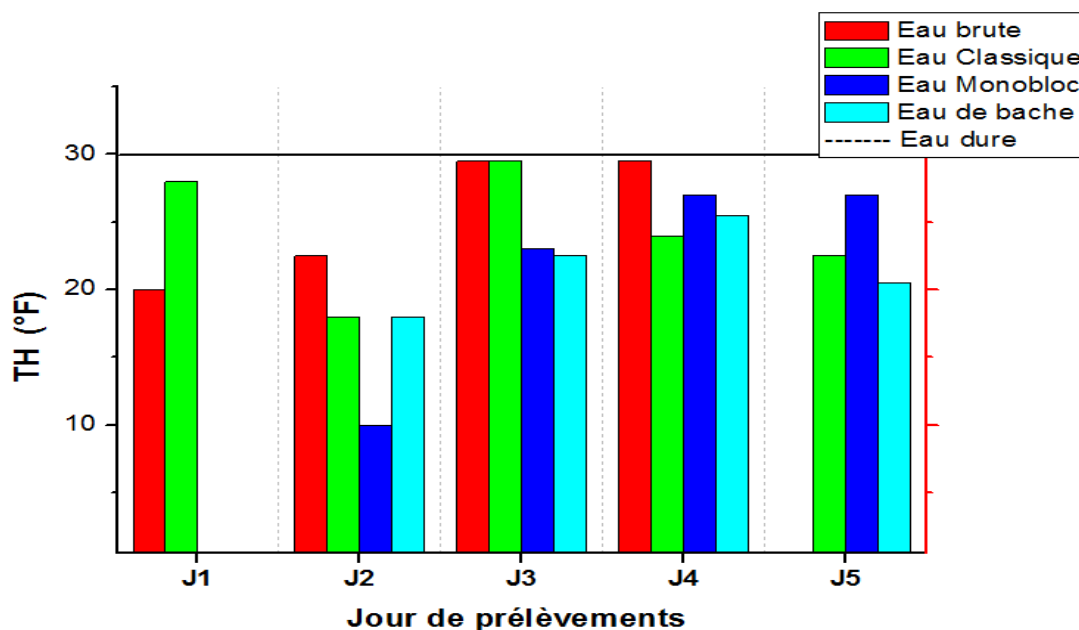


Figure 18: La variation des TH dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

L'étude de la dureté totale montre que toutes les eaux traitées restent en dessous de la limite recommandée par l'OMS (30 F⁰). L'eau monobloc se démarque comme la plus efficace dans la réduction de la dureté, bien que des variations soient observées selon les jours.

- *Calcium Ca²⁺* :

Tableau 16: Les valeurs des Calcium « Ca²⁺ » en (mEq/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	6.38	5.39	5.39	6.59	/
Eau traitée classique	3.19	5.79	2.79	4.39	6.39
Eau traité monobloc	/	3	4	5	4.2
Eau de bache (mélange)	/	5.8	4	2.6	3.8

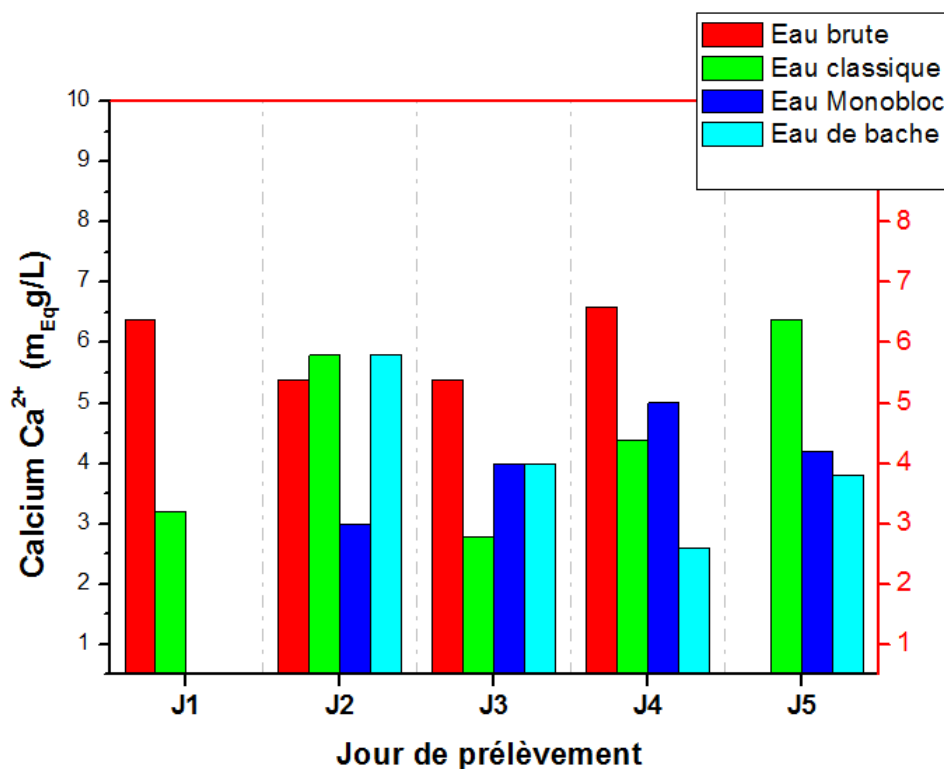


Figure 19: La variation de calcium dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

- **Magnésium Mg^{2+} :**

Tableau 17: Les valeurs des Magnésium « Mg^{2+} » en (mEq/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	4.00	14.58	4.60	4.60	/
Eau traitée classique	9.20	9.40	4.60	9.20	9.60
Eau traité monobloc	/	11.00	12.02	8.98	10.60
Eau de bache (mélange)	/	9.40	12.00	8.40	7.80

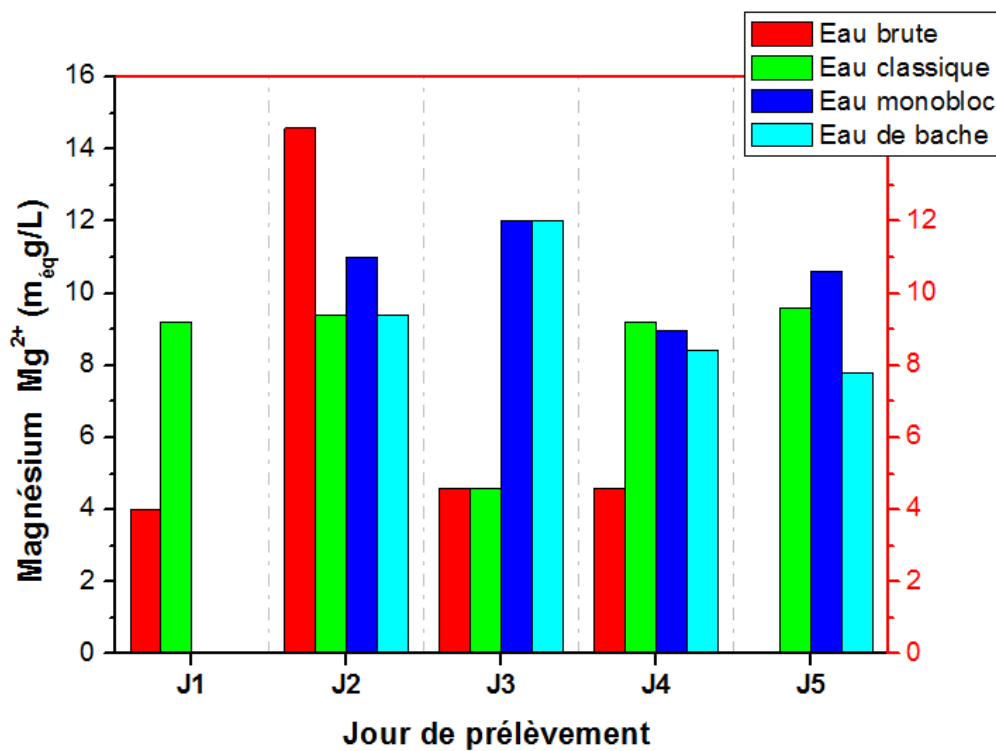


Figure 20: La variation de magnésium dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

Cette analyse montre que : l'eau brute est instable, et pour les systèmes de traitements réalisées (classique, monobloc) montre des changements variables des valeurs.

Chlorures Cl⁻ :

Le paramètre Chlorures est exprimé en mg/L.

La norme de qualité de l'eau potable est : < 250 mg/L (OMS), ≤ 500 (NA)

Tableau 18: Les valeurs des chlorures (Cl⁻) en (mg/L) des eaux analysées.

Type d'eau	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	3 ^{ème} prélèvement	4 ^{ème} prélèvement	5 ^{ème} prélèvement
Eau Brute	284	355	472,11	426	/
Eau traitée classique	248,5	284	319,5	266,25	355
Eau traité monobloc	/	355	426	358	337,25
Eau de bache (mélange)	/	284	284	284	142

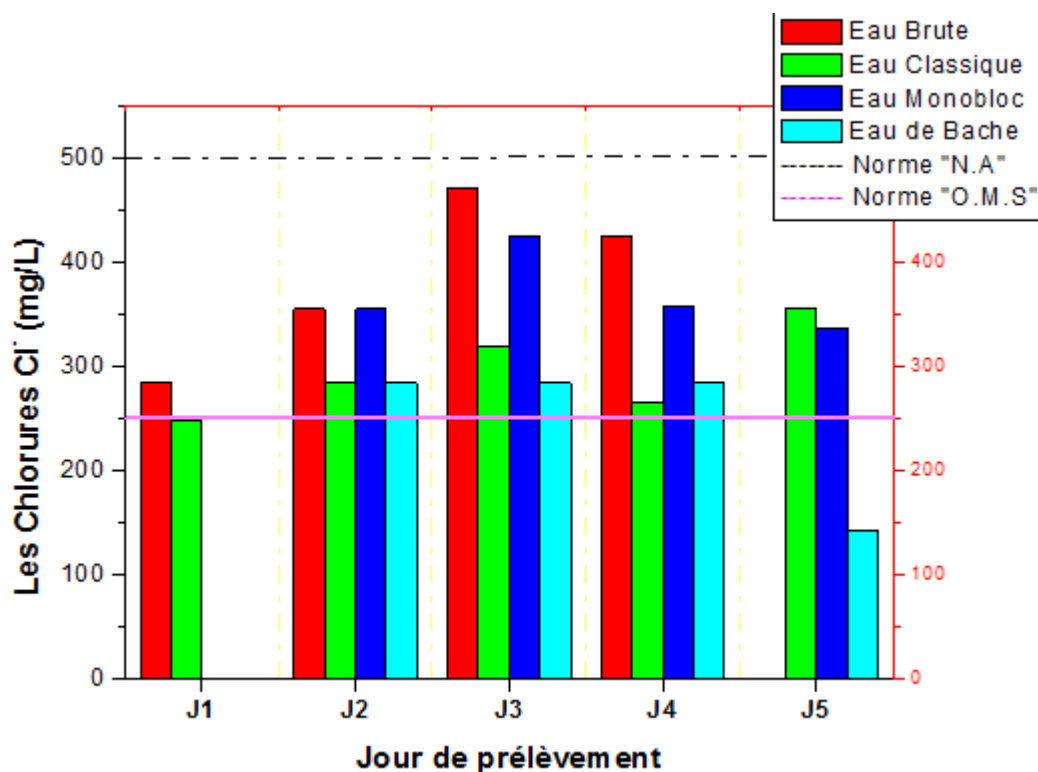


Figure 21: La variation des chlorures dans les eaux analysées pour les différents prélèvements.

L'analyse des chlorures montre que ce paramètre persiste dans les différentes eaux traitées suite à l'utilisation intense du chlore comme désinfectant.

IV. La demande en chlore :

- Date et heure d'analyse : 19-03-2025
- Heure de prélèvement : Eau brute 08h20
- NH_4^+ : 0.84 mg/l
- Solution préparé de « NaClO » : concentration 1 g/l

Tableau 19: test de la demande en chlore.

N° flacon (1000 ml Eau brute)	01	02	03	04	05	06
Intervalle de temps (min)	0	5	10	15	20	25
Dose de chlore à injecter (mg/L)	5	5,5	6	6,5	7	7,5
Dose de chlore à injecter (mL)	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75
Chlore résiduel libre (mg/l)	0,00	0,00	0,00	0,12	0,43	0,66

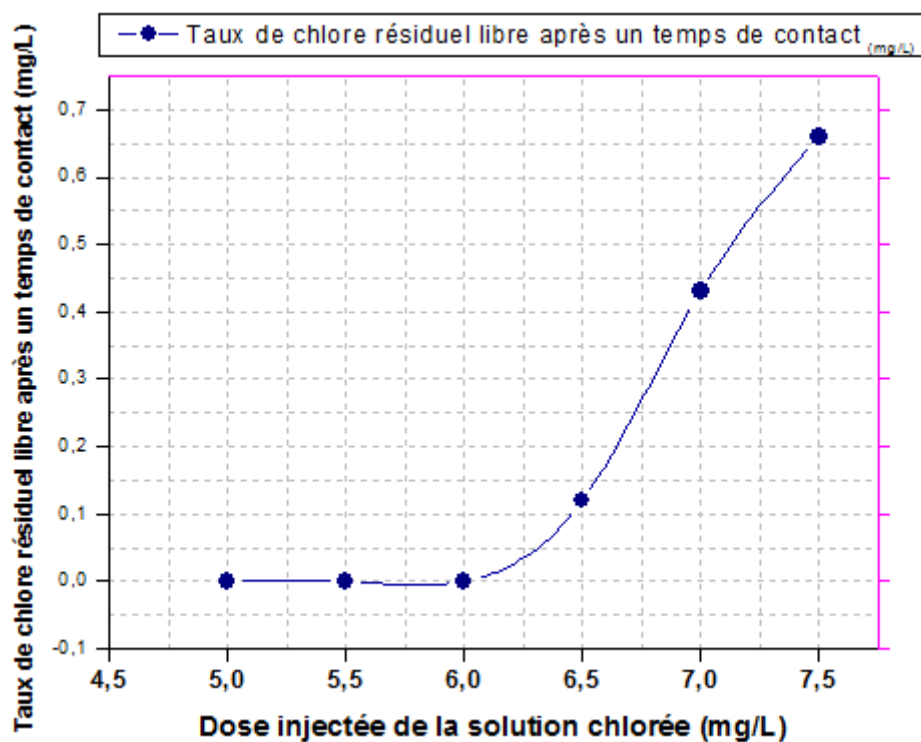


Figure 22: L'évolution des différentes formes de chlore selon la courbe du break point.

La valeur approximative de la demande en chlore pour obtenir un chlore résiduel libre de 0.12 mg/l est de 6.50 mg/l.

V. Le Jar Test :

Le Tableau en dessous indique le test du jar test effectué sur une eau brute contenant des doses croissantes de la solution coagulante $Al_2(SO_4)_3$ en suivant l'évolution de 3 paramètres : **turbidité**, **conductivité** et **TDS**.

Tableau 20: La variation de la turbidité et de la conductivité et des TDS des tests du jar test.

Numéro de bécher (700mL)		01	02	03	04	05	06
La concentration de la solution Coagulante $Al_2(SO_4)_3$ en g/L		10	15	20	25	30	35
Le volume injecté de la solution coagulante $Al_2(SO_4)_3$ en mL		0,095	0,143	0,190	0,240	0,290	0,330
Dose de Polymère en mL		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
1 ^{er} Test	Turbidité (N.T.U)	6,75	5,63	3,28	2,78	2,47	2,36
	Conductivité ($\mu S/cm$)	1385	1374	1369	1364	1357	1352
	T.D.S (mg/L)	679	674	671	668	664	662
2 ^{ème} Test	Turbidité (N.T.U)	6,15	6,12	5,35	3,13	3,01	2,50
	Conductivité ($\mu S/cm$)	1396	1396	1395	1391	1387	1388
	T.D.S (mg/L)	685	685	684	682	681	680
aspects de floccs		Faible floc	Petites floccs	De taille moyenne	Un peu plus grosse	Des floccs	Des grosses floccs

- L'évolution de la turbidité :

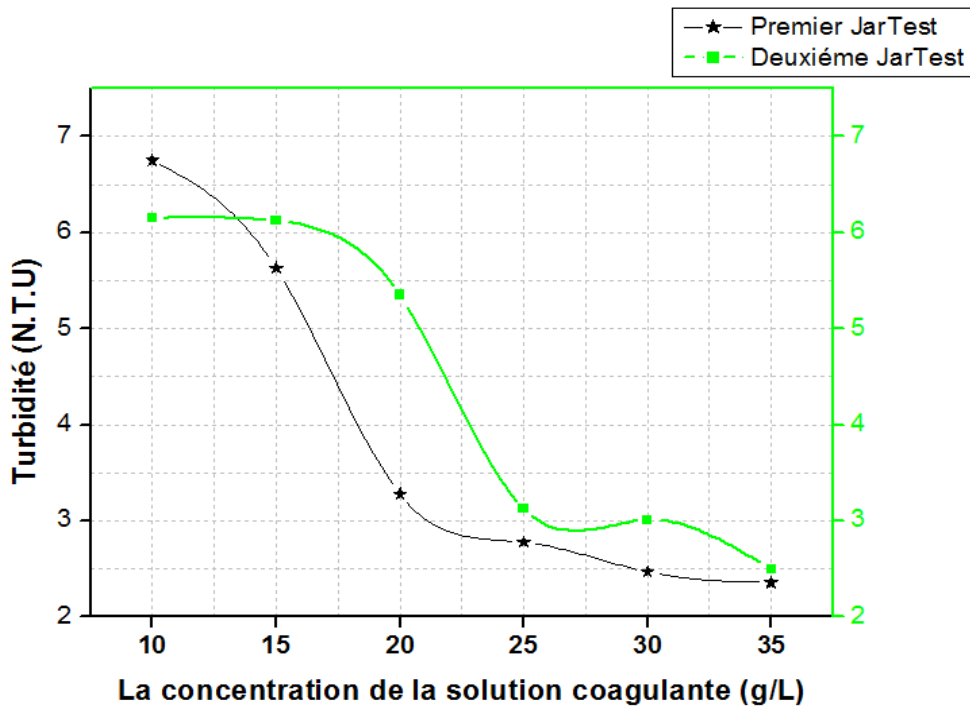


Figure 23: L'évolution de la turbidité des deux prélèvements effectués pour le jar test.

- L'évolution de la conductivité :

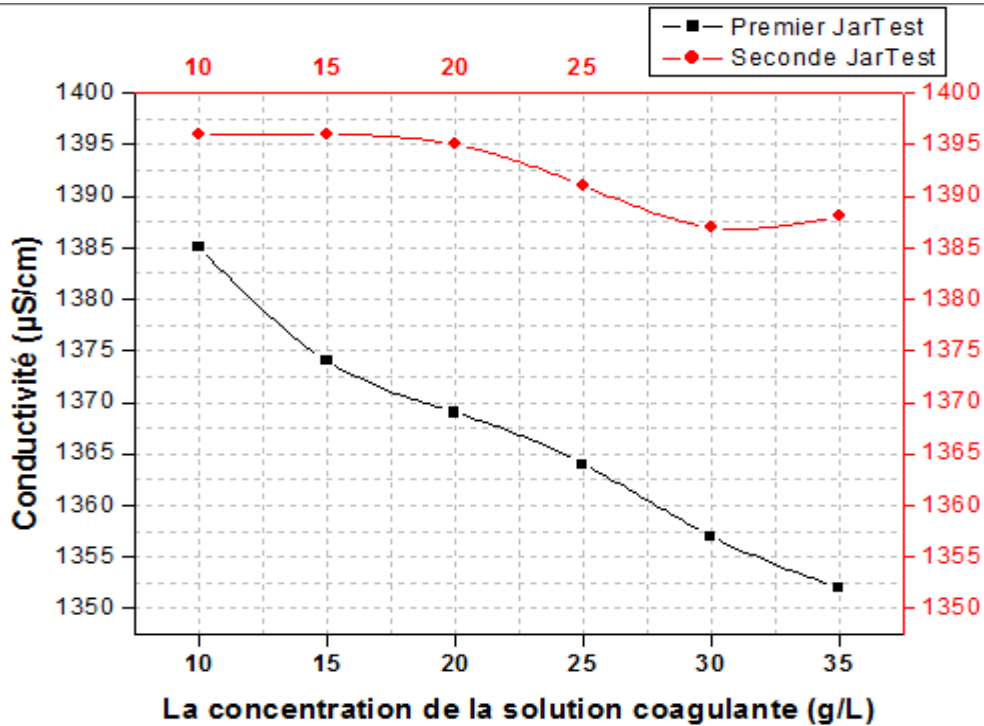


Figure 24: L'évolution de la conductivité des deux prélèvements effectués pour le jar test.

- L'évolution de TDS :

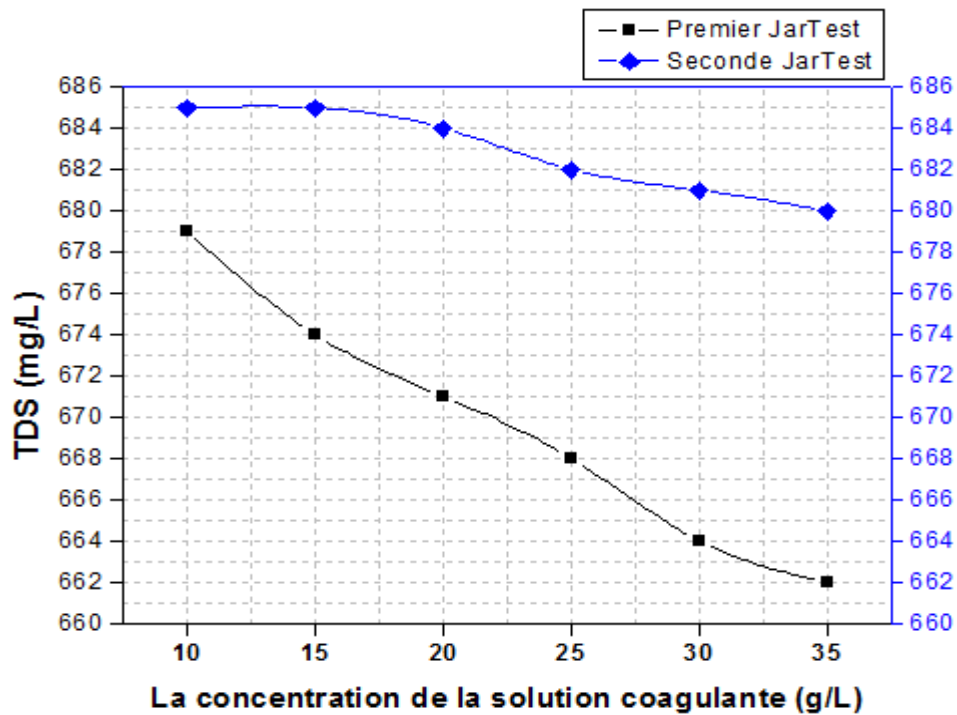


Figure 25: L'évolution des matières dissoutes totales des deux prélèvements effectués pour le jar test.

La dose idéale de la solution coagulante à injecter pour avoir une eau claire et limpide est à partir de 20 g/cm³ (au niveau de laboratoire).

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce travail de fin d'études a porté sur le suivi et l'évaluation de la qualité de l'eau traitée au niveau de la station de traitement du barrage de Sekkak, une infrastructure hydraulique stratégique pour la région de Tlemcen.

◆ Dans la première partie théorique, nous avons rappelé l'importance vitale de l'eau et les principes fondamentaux relatifs à ses propriétés physico-chimiques, aux sources de pollution ainsi qu'aux paramètres de potabilité définis par les normes nationales et internationales. Cette base théorique a permis de comprendre les enjeux liés à la gestion et au traitement des eaux.

◆ La deuxième partie a été consacrée à l'étude du milieu, en présentant les caractéristiques géographiques, climatiques, géologiques et hydrologiques du bassin versant de l'Oued Sekkak. Nous avons également décrit en détail les deux filières de traitement mises en œuvre dans la station : le système classique à bassins ouverts, et le système monobloc, plus récent et automatisé.

◆ La troisième partie, axée sur les résultats et discussions, nous a permis d'analyser les performances des différents procédés de traitement à travers plusieurs paramètres clés : couleur, turbidité, conductivité, TDS, ammonium, nitrites, nitrates, sulfates, TAC, TH, calcium, magnésium et chlorures. Les résultats ont montré que l'eau brute nécessitait un traitement rigoureux pour répondre aux normes de potabilité. Le système monobloc s'est révélé globalement plus efficace, notamment dans la réduction de la turbidité et de la charge ammoniacale, tandis que l'eau de bêche (mélange des deux traitements) permettait une stabilisation appréciable des paramètres.

● En conclusion, cette étude met en évidence l'importance du choix et de la combinaison des techniques de traitements pour garantir une eau conforme aux standards sanitaires. Elle souligne également le rôle central des analyses en laboratoire pour le suivi continu de la qualité de l'eau. Ces résultats peuvent contribuer à l'amélioration des pratiques locales de gestion de l'eau potable, notamment par l'optimisation des dosages et des procédés.

Références bibliographiques

1. Ulrich Holst ,(2007).Purifier et dynamiser votre eau,ed.01,MEDICIS.
2. Document préparé par le Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau,qualité de l'eau 101,Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable. © Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011, 128P.
3. SOHAIB, Mr BOUSSENA. Traitement et contrôle de qualité des eaux de barrage Kissir de la wilaya de Jijel.
4. KH. BEN TAHAR, D. YEBDRI. Gestion de la qualité des eaux d'oued SEKKAK par le modèle qual2k. Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Département d'hydraulique, . (2017) / Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, CSIEA (23), 2769-2775.
5. Jeanine et Samuel Assouline, (2007), géopolitique de l'eau. Ed Jeunes Editions (studyrama).
6. Messai, Insaf (2017). La Qualité des eaux de barrages en Algérie. Mémoire de Master, École Nationale Polytechnique.
7. Boubaker HACHEMAOUI, QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DESSALEE ET TRAITEE PAR LA STATION DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER DE SOUK TLATA, TENEURS EN BORE, NITRITES, NITRATES ET METAUX LOURDS, mémoire, Abou bakr belkaid,2013- 2014.
8. Guy JACQUES, (1996). Le cycle de l'eau, éd,Hachette Éducation.
9. Djamila, S., and Bensaoula Fouzia. "ETUDE DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA REGION DE TLEMCEN."
10. Benbouhafs, A., & Ilias, I. (2019). Étude de dédoublement de la conduite de transfert SEKKAK - Mansourah [Mémoire de Master en Hydraulique, spécialité Hydraulique Urbaine]. Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen, Algérie..
11. LAKHDARI, Bouazza. Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz. 2011..
12. Ahmed Kettab, (1992), traitement des eaux- eau potable. Ed Office des Publications universitaires OPU.
13. MEGDOUL, Karim et ILOURMANE, Aissa. Contribution à l'étude de la qualité des eaux du sous bassin hydrographique de Souk El Djemaa (W. Tizi-Ouzou). 2016. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
14. Raymond Desjardins, (1999).Le traitement des eaux, éd02, Presses Polytechnique de Montréal.
15. jacques COLLIN, (1996). L'eau le miracle oublié, ed.01, Guy trédaniel.
16. Boualem Remini1 Christian Leduc2Wassila Hallouche3, Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens, Sécheresse, 2009, Volume 20, Numéro 1,96-103.
17. ADJIM M & BENSOUA F., La mobilisation des ressources en eau : contexte climatique et contraintes socio-économiques,2008.
18. (SELKA.G & al [2004] ' Impact du projet SEKKAK sur la plaine de Hennaya ' Revue Algérie Equipement N° 38 janvier 2004).
19. GIOVANNI. L [1992] ' Avant-projet détaillé du barrage d'Ain Youcef sur l'oued SEKKAK wilaya Tlemcen ' Mémoire de synthèse.

Résumé:

L'eau, molécule essentielle à la vie, représente un enjeu majeur de santé publique et de développement durable. En Algérie, la disponibilité d'une eau de qualité devient un défi croissant face à l'augmentation des besoins et aux ressources limitées. Dans ce contexte, une étude de contrôle de la qualité des eaux a été menée au niveau de la station de traitement de Sekkak, dans la wilaya de Tlemcen.

Cinq (05) prélèvements ont été réalisés pour chaque type d'eau : eau brute, eau traitée par station classique, eau traitée par station monobloc, et eau de bache (mélange des deux traitements), soit un total de vingt (20) échantillons. Les analyses ont porté sur des paramètres physico-chimiques et organoleptiques, permettant d'évaluer les performances des deux systèmes de traitement.

Les résultats obtenus révèlent une conformité générale des concentrations mesurées aux normes algériennes en vigueur. Cette étude met en lumière l'importance du suivi rigoureux de la qualité de l'eau ainsi que l'efficacité des procédés technologiques mis en œuvre pour garantir une eau saine et potable.

Abstract:

Water, an essential molecule for life, is a major public health and sustainable development concern. In Algeria, the availability of high-quality water remains a growing challenge due to increasing demand and limited resources. In this context, a water quality control study was conducted at the Sekkak treatment plant, located in the wilaya of Tlemcen.

Five (05) samples were collected for each type of water: raw water, conventionally treated water, monobloc-treated water, and storage tank water (a blend of the two), for a total of twenty (20) samples. Analyses focused on physico-chemical and organoleptic parameters to evaluate the performance of both treatment systems.

The results showed that the measured concentrations were generally in line with Algerian water quality standards. This study emphasizes the importance of regular monitoring and the effectiveness of treatment technologies in ensuring safe and potable water.

ملخص :

الماء، وهو جزيء أساسي للحياة، يُمثل قضية رئيسية تتعلق بالصحة العامة والتنمية المستدامة. في الجزائر، أصبح توافر المياه الجيدة تحديًا متزايدًا في ظل الاحتياجات المتزايدة والموارد المحدودة. في هذا السياق، أُجريت دراسة لمراقبة جودة المياه في محطة سكاك لمعالجة المياه بولاية تلمسان.

تم أخذ خمس (05) عينات لكل نوع من المياه: المياه الخام، والمياه المعالجة بمحطة معالجة تقليدية، والمياه المعالجة بمحطة معالجة أحادية الكتلة، ومياه الخزان (مزيج من المعالجتين)، بإجمالي عشرين (20) عينة. ركزت التحاليل على المعايير الفيزيائية والكيميائية والحسية، مما يسمح بتقييم أداء كلا نظامي المعالجة.

تكشف النتائج التي تم الحصول عليها عن توافق عام للتركيزات المقاسة مع المعايير الجزائرية الحالية. تُسلط هذه الدراسة الضوء على أهمية المراقبة الدقيقة لجودة المياه، بالإضافة إلى فعالية العمليات التكنولوجية المطبقة لضمان مياه صحية وصالحة للشرب.