



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Minier

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par :

MAY Nadja

BOUKOUCHA Roza

Thème :

**Caractérisation de la qualité des eaux de la
vallée de la Soummam/ Wilaya de Béjaia**

Soutenu le 28 / 09 /2022 devant le jury composé de :

Président	MAZA Mustapha	Pr	U.A.M.Bejaia
Encadrant	BOUNAB Samia	MCB	U.A.M.Bejaia
Examineur	BOUABDALLAH Soufiane	MCB	U.A.M.Bejaia
Co-encadrant	BIR Hassiba	Attachée de recherche	Centre de recherche CRAPC

Promotion : 2021-2022



REMERCIEMENTS



Au terme de cette étude, nous tenons en premier lieu à remercier Allah qui nous a facilité le travail en mettant dans notre chemin des gens qui nous ont énormément aidé et de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Nous adressons notre plus haut respect et notre sincère gratitude à notre encadrante Mme BOUNAB Samia pour son précieux soutien, l'aide et la patience qu'elle nous a témoigné, et pour ses conseils utiles qu'elle nous a apporté, ses orientations et d'avoir dirigé ce travail.

Sans oublier notre Co-encadrante Mme Bir Hassiba (CRAPC Béjaia) nous la remercions infiniment pour ses encouragements et son aide dans l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également Mr ...le directeur de l'Algérienne Des Eaux de Bejaia pour son acceptation de réaliser les analyses au niveau de leurs Laboratoire, aussi Mme Le responsable du Laboratoire de l'ADE pour son aide, le suivi de nos tâches, ses conseils et sa patience pour réaliser les analyses souhaitées.

Nos vifs remerciements sont adressés aux membres de jury, Monsieur MAZA Mustapha et Monsieur BOUABDELLAH Sofiane pour avoir accepté de consacrer une partie de leurs précieux temps afin d'examiner et évaluer ce modeste travail.

A tous nos enseignants du département des mines et géologie qu'ont initié aux valeurs authentiques.

A toute l'équipe pédagogique qui a participé à notre formation depuis l'école primaire à ce jour.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire de près ou de loin

Je tiens à remercier chaleureusement, tous mes proches et tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail.



Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance...

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce travail :

À MA TRÈS CHÈRE MAMAN ;

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me porte depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagne toujours.

Puisse Dieu, le Très Haut, t'accorde santé, bonheurs et longue vie et faire en sorte que jamais je ne te déçoive.

À LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

J'aurais tant aimé que tu sois présent.

Que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde.

À Mes Chers ET Adorables Frères et Sœurs :

En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheurs et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

À Mes Belles-Sœurs que j'aime profondément,

À Mes Chers Petits Neveux et Nièces :

Ismahane, Ibrahim, Islam, Sami, Rami, Aya, Asma, Adam, Mahdi, Nada, Ayoub, Céline, Eline, Seif eddine et Rasha

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheurs.

Puisse Dieu vous garder, éclairer vos chemins et vous aide à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

À Ma chère et adorable Moufida

À Mes Très Chères Amies Hadjer et Chahinez Que J'aime Trop

Une spéciale dédicace à cette personne qui compte énormément pour moi, et pour qui je porte beaucoup de tendresse et de respect.

À TOI SAM

Nadjia MAY

Je dédie ce modeste travail en signe de respect :

À la plus belle perle du monde, ma chère mère pour son amour infini et son dévouement qui n'a pas d'équivalent, ses précieux conseils et toute la bienveillance qu'elle a consentie à mon égard.

À Mon cher père, à qui je dois tant et tout, symbole du courage et du sacrifice, et pour tous les efforts qui ne cessent de déployer pour nous ses enfants afin que nous puissions réussir nos études et nos vies.

À Toute ma famille, Sœurs, Frère, oncles, cousins.

À Tous mes amis.

Et à toutes les personnes que j'ai oubliées et que je n'ai pas citées.

Roza BOUKOUCHA

Liste des figures :

Figure1 : Situation géographique du bassin versant de la vallée de la Soummam	23
Figure2 : Carte géologique du bassin versant de la Soummam	24
Figure 3 : carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam	26
Figure 4 : relation hydraulique nappe-Oued d'après le jaugeage différentiel	27
Figure 5 : A : Prélèvement d'eau de surface depuis un pont au-dessus d'un oued (23/05/2022), B : Prélèvement d'eau souterraine depuis un forage (23/05/2022.)	39
Figure 6 : les stations de prélèvement des eaux superficielles	40
Figure 7 : les stations de prélèvement des eaux souterraines	40
Figure 8 : Stations de prélèvement des eaux superficielles et souterraines dans la basse vallée de la Soummam.....	41
Figure 9 : conservation des échantillons dans une glacière	42
Figure 10 : pH mètre de marque HANNA	43
Figure 11 : Multi paramètres de laboratoire	43
Figure 12 : Conductimètre	44
Figure 13 : Turbidimètre HACH 2100N (Laboratoire de l'ADE)	44
Figure 14 : Echantillon pris pour TAC	45
Figure 15 : Échantillon pris pour Ca^{2+}	45
Figure 16 : échantillon pris pour TH	46
Figure 17 : Echantillon pris pour Cl^{-}	46
Figure 18 : Echantillon pris pour SO_4^{-2}	47
Figure 19 : Echantillon pris pour Fe^{++}	47
Figure 20 : Echantillons pris pour la DBO_5	48
Figure 21 : Echantillon pris pour NH_4^{+}	49
Figure 22 : Echantillon pris pour NO_2^{-}	49
Figure 23 : Echantillon pris pour NO_3^{-}	50
Figure 24 : Principe de fonctionnement de la spectrométrie d'absorption atomique Flamme(SAA)	51
Figure 25 : Spectromètre d'absorption atomique	51
Figure 26 : Echantillons pris pour la SAA	52
Figure 27 : les étalons préparés au laboratoire de l'université de Béjaia	53
Figure 28 : Variation du potentiel hydrogène et la température des eaux souterraines enregistré durant la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} campagne (2022).....	59

Figure 29 : Variation de la conductivité électrique, TDS et TH enregistrée durant la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} campagne (2022).....	60
Figure 30 : Variation des éléments chimiques enregistrée durant la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} campagne 2022	61
Figure 31 : Variation de NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ et NH ₄ ⁺ enregistrée durant la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} Campagne 2022	64
Figure 32 : variation de Fe, Cd, Pb, Mn, Zn, Cu enregistrée durant la 1 ^{ère} et la 2 ^{ème} Campagne 2022	66
Figure33 : Classification des eaux d'irrigation : A : Diagramme de Richards, B : Diagrammes de Wilcox	77

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Classification des eaux selon leur pH (C. I. E, 2005)	7
Tableau 2 : Classes de turbidité de l'eau (RODIER et al., 2009)	8
Tableau 3 : Guide de la conductivité d'une eau destinée à la consommation humaine.....	8
Tableau 4 : Relation entre la dureté de l'eau et la concentration équivalente en CaCO ₃ (HADEF D. et HASNI M ,2017).....	12
Tableau 5 : Différents effets nocifs de quelques métaux lourds sur la santé humaine.....	16
Tableau 6 : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).....	17
Tableau 7 : les normes de potabilité (OMS, 2011).....	19
Tableau 8 : Principales unités industrielles au niveau de la vallée de la Soummam.....	29
Tableau 9 : Les eaux usées domestiques déversées dans la Soummam et ses effluents.....	30
Tableau 10 : Pourcentage de quelques types de déchets ménagers générés par la population de la vallée de la Soummam.....	31
Tableau 11 : Activités industrielles polluantes dans la vallée de la Soummam.....	32
Tableau.12 Unités industrielles polluantes au niveau de la vallée de la Soummam.....	32
Tableau.13 : Stations de lavage et graissage multiservices du réseau Naftal dans le bassin de l'oued Soummam par Daïra.....	33
Tableau 14 : Consommation en eau des abattoirs de la vallée de la Soummam.....	34.
Tableau 15 : Volume d'eau usée rejeté par types d'huilerie riveraine de l'Oued Soummam...	34
Tableau 16 : Quantités livrées et utilisées par filière et par commune.....	35
Tableau 17 : les résultats d'analyse 2021 [ADE].....	57
Tableau 18 : les résultats d'analyse 2022.	58
Tableau 19 : les concentrations des métaux lourds dans les eaux souterraines.....	65
Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux de surface 2022.....	68
Tableau 21 : Grille de la qualité des eaux superficielles de l'ANRH pour la TC°, le pH (ABH, 2009) et CE (ABH, 2012)	69
Tableau 22 : Résultats de la classification des eaux de surface 2022.....	70
Tableau 23 : Intervalle des classes des paramètres de pollution organique.....	71
Tableau 24 : Grille de degré d'indice de pollution organique.....	72
Tableau 25 : Classes des paramètres de pollution organique des stations étudiées.....	72
Tableau 26 : Degré d'indice de pollution organique des stations étudiées.....	73
Tableau 27 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH ,2009).....	74
Tableau 28 : Classification des résultats des eaux de surface 2022 selon ABH (2009).....	75

La List des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PH : Potentiel d'Hydrogène

TDS : Teneur en Sels Dissous

TA : Titre Alcalimétrique Simple

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique. (C₁₀H₁₆N₂O₈)

ABH : Agence de Bassin Hydrologique

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DBO₅ : Demande Biochimique En Oxygène

NH₄ : Azote Ammoniacal

NO₂⁻ : Nitrite

NO₃⁻ : Nitrate

Ca⁺⁺ : Calcium

Mg⁺⁺ : Magnésium

P₀₄ : Ortho Phosphate

SO₄ : les Sulfates

NH₄⁺ : Ammonium

Cl⁻ : Chlorure.

HCO₃⁻ : bicarbonate.

K⁺ : potassium

Na⁺ : sodium

Mn : manganèse

CE : Conductivité

NTU : Unité Néphélométrie Turbidité

Fe : fer

Cu : cuivre

Pb : plomb

Cd : cadmium

Zn : zinc

SAA : spectroscopie d'absorption atomique

IPO : indice de pollution organique

2.2 Climat.....	24
2.3 Les précipitations	25
2.4 La température de l'air.....	25
2.5 Ressources hydriques	25
2.5.1. Les eaux de surface	25
2.5.2. Les eaux souterraines.....	26
2.6 Ecologie.....	28
2.7 La population	28
2.8 Agriculture.....	28
2.9 L'industrie.....	28
2.10 Aperçu socio-économique joué par la vallée de la Soummam	29
3. Sources de pollution de l'oued Soummam	30
3.1 Pollution d'origine urbaine	30
3.1.1. Eaux usées domestiques	30
3.1.2. Les déchets ménagers.....	31
3.2 Pollution d'origine industrielle	31
3.2.1. Les rejets liquides	32
3.2.1. Déchets solides	33
3.3 La pollution d'origine agricole	35
Conclusion.....	36
Chapitre III : Méthodes et Matériel.....	37
Introduction.....	38
1. Echantillonnage et prélèvement	38
1.1 Les eaux de surface	38
1.2 Les eaux souterraines	38
2. Conservation et prétraitement des échantillons	42
3. Méthodes d'analyse	42
3.1 Les paramètres organoleptiques	42
3.2 Les paramètres physico-chimiques	43
3.2.1. Les paramètres physiques	43
3.2.2. Les paramètres chimiques	45
3.3 Les métaux lourds.....	50
a. Spectrométries d'absorption atomique à flamme (SAA)	50
b. Métaux lourds déterminés par Spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAA)	52

1) Préparation des échantillons.....	52
2) Préparation des étalons.....	53
Conclusion.....	54
Chapitre IV : Résultats et discussions.....	55
Introduction.....	56
Discussion des résultats	56
1. Eaux souterraines	56
1.1 Les paramètres organoleptiques	56
1.2 Les paramètres physiques	59
1.3 Les paramètres chimiques	61
1.4 Les métaux lourds	65
2. Les eaux superficielles	68
2.1 Les paramètres physiques	69
2.2 Indice de Pollution Organique	71
2.3 Classification de la qualité des eaux superficielles selon ABH (2009)	74
3. Aptitude des eaux pour l'irrigation.....	76
3.1 Risque du sodium pour l'eau d'irrigation	76
3.2 Qu'est-ce que le SAR ?	76
3.3 L'aptitude des eaux superficielles de l'oued Soummam à l'irrigation.....	76
Conclusion.....	78
Conclusion générale.....	79
Les références	
bibliographiques.....	80, 81,82,83,84
Les annexes	
Résumé	
Abstract	

« Le voyage d'une goutte d'eau qui s'exhale de l'océan et après avoir tout animé sur son passage, revient à l'océan et recommence à décrire sans cesse un cercle bienfaisant »

Tissandier (L'eau, Hachette, 1869)

Introduction générale :

L'eau est-elle encore bleue ?

L'eau est une richesse précieuse, sa qualité est un paramètre important qui touche à tous les aspects du bien-être des écosystèmes et de l'homme, les denrées alimentaires à produire, les activités économiques, la santé des écosystèmes et la biodiversité. [1]

Vue sous l'angle de la gestion, la qualité de l'eau est déterminée par l'utilisation finale qui en est souhaitée. En conséquence, l'eau destinée aux loisirs, à la pêche, à la boisson et à l'habitat des organismes aquatiques exige des niveaux de pureté plus élevés tandis que pour celle consacrée à la production d'énergie hydraulique les normes de qualité sont beaucoup moins importantes. C'est la raison pour laquelle la qualité de l'eau est définie largement comme les « caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau nécessaires pour les utilisations qui en sont souhaitées ». Il convient de remarquer qu'après avoir été utilisée, l'eau retourne généralement au système hydrologique et, si elle n'est pas traitée, elle peut avoir de graves effets sur l'environnement.

La pollution de l'eau est de plusieurs types. Elle est physique (limpidité altérée, température modifiée), chimique (nitrates, métaux et autres micropolluants), organique (entraînant une surconsommation d'oxygène indispensable à la vie aquatique) et microbiologique avec l'introduction de germes pathogènes (bactéries, virus, parasites).

La qualité de l'eau baisse partout dans le monde en raison surtout des activités de l'homme : la croissance démographique toujours plus forte, l'urbanisation rapide, le rejet de nouveaux organismes pathogènes et de nouveaux produits chimiques provenant des industries et d'espèces invasives sont les principaux facteurs qui contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau.

[2]

D'après l'office national des statistiques en Algérie, près de 87% du territoire représente une zone désertique, avec les précipitations faibles, irrégulières et localisées surtout dans le nord du pays. Et tant que les données sur la qualité des eaux révèlent que la plupart des écosystèmes sont pollués par les rejets urbains non contrôlés, ou par les effluents industriels non traités. Ce qui affecte surtout la qualité des oueds et des cours d'eau naturelles qui de venue les milieux récepteurs de ces derniers. [5]

La wilaya de Bejaia fait partie des régions d'Algérie où la dégradation du cadre de vie a atteint des pics alarmants. Les ordures ménagères et industrielles, les eaux usées, agressent l'environnement sans oublier les risques majeurs qui pèsent sur la santé publique. La plupart des espaces industriels de la wilaya de Bejaia se trouvent localisés dans la vallée de la

Soummam et ils constituent le premier acteur qui affecte d'une manière conséquente la nature et le système écologique. [3]

La vallée de la Soummam englobe plusieurs établissements et zones industrielles, présente une vocation agricole intense et une augmentation démographique remarquable. L'oued est devenu dans la majorité des cas le récepteur et la fin des rejets et des déchets générés par les activités humaines. [4]

L'objectif de notre travail est de caractériser les eaux (souterraines et de surface) de la vallée de la Soummam à l'aide d'un tas de tests et d'analyses (physico-chimique, organique et métaux lourd) en quatre stations à savoir : Akbou, Sidi aiche, Oued ghir et Bejaïa.

Le présent mémoire commence par une introduction générale où la problématique est abordée, il comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à une étude générale sur la qualité de l'eau.
- Le deuxième chapitre donne un aperçu général sur la vallée de la Soummam.
- Le troisième chapitre décrit l'échantillonnage, protocole expérimentale et techniques d'analyses utilisées afin de caractériser la qualité des eaux de la vallée de la Soummam.
- Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus et leurs interprétations.

Et il se termine par une conclusion générale et des propositions et recommandations (perspectives).

Chapitre I :
Généralités sur la qualité de l'eau

Introduction :

L'eau est une ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie.

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. [6]

1. Définition de l'eau :

L'eau est un composé simple dont se trouve à l'état (liquide, solide, gazeux) dépend des conditions de température et de la pression. Elle est liquide dans les conditions ambiantes (20°C et 1 bar). A pression ambiante (1 bar), elle devient gazeuse à 100°C et solide à 0° C. Sa composition chimique (H₂O), déterminée en 1783 par Lavoisier et Laplace, résulte de la combinaison d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. [7]

2. Les différents types d'eau :**2.1 Eaux souterraines :**

Les eaux souterraines proviennent de l'accumulation des infiltrations des eaux de pluie dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et sa structure géologique.

Elles sont Généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique sont souvent bonnes pour une consommation sans traitement. [8]

2.2 Eaux superficielles :

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface.

Ces eaux s'avèrent Souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours aux cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation. [9]

3. Pollution de l'eau :

Selon l'OMS, il y a "pollution des eaux" lorsque la "composition ou l'état des eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme. La pollution de l'eau est l'ensemble des modifications de la qualité de l'eau par les matières organiques et les micro-organismes provenant des activités humaines. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer le degré de celle-ci en fonction de son type. [10]

La pollution des eaux se manifeste sous différentes formes :

3.1 Pollution domestique : Provient des habitations, et généralement, véhiculées par les réseaux d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. Les déchets présents dans ces eaux souillées sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales. Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

3.2 Pollution industrielle : provient des usines et est caractérisée par une grande diversité selon l'utilisation de l'eau, les produits qui génèrent cette forme de pollution sont des matières organiques et graisses (industrie agroalimentaire, rejets d'abattoirs), des hydrocarbures, des métaux (métallurgie), des acides des bases, des produits chimiques divers (industrie chimique, tanneries), matières radioactives (traitement des déchets radioactifs) et eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques).

3.3 Pollution agroalimentaire : l'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle se caractérise par de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) qui proviennent des engrais qui sont particulièrement riches en azote dont l'excès peut passer dans les eaux souterraines et les eaux de surface, la présence de produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides.....). Parmi les produits qui génèrent, également, cette forme de pollution figure les matières organiques et graisses. [6]

4. Caractérisation physico-chimique des eaux :

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages tels que l'irrigation, l'industrie...etc. [11]

4.1 Paramètres organoleptiques :

Ces paramètres considèrent les qualités sensibles de l'eau : la couleur, l'odeur, la saveur. Ils n'ont pas de valeurs sanitaires directes. D'un point de vue sanitaire une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être absolument consommable. [13]

a. La couleur :

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution. La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence des composés dissous. D'une manière plus simple, une estimation de la couleur peut être déduite de l'examen visuel de l'échantillon placé dans un récipient large et incolore. La coloration a été évaluée par l'observation visuelle lors des prélèvements. [12]

b. L'odeur :

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces Substances. [6]

c. Le goût :

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche, la propriété des produits provoquant ces sensations. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs. La qualité de cette sensation particulière est provoquée par ces substances. [6]

4.2 Paramètres physicochimiques :**4.2.1. Les paramètres physiques :****a. Le pH (potentiel hydrogène) :**

Le terme pH est la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Dans l'eau, ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans les procédés de traitement. Dans les laboratoires de routine des usines de traitement, il est mesuré et ajusté si nécessaire pour améliorer la coagulation/floculation ainsi que pour contrôler la désinfection de l'eau. La valeur du pH allant de 0 à 14. En dessous de 7, l'eau est considérée comme acide et au-dessus de 7 comme alcaline. L'eau au pH de 7 est neutre. [13]

Tableau 1 : Classification des eaux selon leur pH (C. I. E, 2005).

pH<5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5<Ph<8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

b. La température :

Les eaux souterraines sont à température relativement constantes toute l'année, environ 12°C à 15°C lorsque leur environnement n'est pas modifié.

La température des eaux superficielles (rivières, lacs et retenues) est très variable selon les saisons et peut passer de 2°C en hiver à 30°C en été. Les causes principales de

l'augmentation de la température sont dues à une trop importante mobilisation de la ressource en été. [14]

c. La turbidité :

La turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. Elle peut être également provoquée par la présence d'algues, de plancton, de matière organique et pleines d'autres substances comme le zinc, le fer, le manganèse et le sable, résultant du processus naturel d'érosion ou de rejets domestiques et industriels la turbidité a son importance dans le processus de traitement de l'eau. De l'eau Avec une turbidité élevée, et selon sa nature, forme des flocons lourds qui décantent plus rapidement que ceux de l'eau à faible turbidité. Cela a également des inconvénients comme en cas de désinfection qui peut être plus difficile à cause de la protection qui peut être donnée aux micro-organismes au contact direct avec les désinfectants. C'est un Indicateur sanitaire et une norme organoleptique de l'eau de consommation humaine. [13]

Tableau 2 : Classes de turbidité de l'eau (RODIER et al., 2009).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 30	Eau trouble

d. La conductivité électrique :

Par définition, c'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface, séparées l'une de l'autre de 1 cm. Donc ce paramètre traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique, exprimé en mho/cm et corrigé à une température de 20°C. Ce paramètre permet de donner une estimation sur la minéralisation totale de l'eau (sels dissous, matière organique). [15]

Tableau 3 : Guide de la conductivité d'une eau destinée à la consommation humaine.

Conductivité à 20°C (µS/cm)	Qualité de l'eau
50 à 400	Qualité excellente
400 à 750	Bonne qualité
750 à 1500	Qualité médiocre mais eau utilisable
>1500	Minéralisation excessive

e. La salinité :

Elle est définie conventionnellement comme la masse en grammes des composés solides secs à poids constant à 48°C, obtenue à partir de 1Kg d'eau. C'est un facteur écologique constitué par un sel (*NaCl*) de l'eau ou des sols. [16]

f. Le taux des solides dissous (TDS) :

Les solides dissous sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium. Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles et des retombées de matières particulaires atmosphériques. L'influence la plus importante qu'exercent les solides dissous sur la qualité de l'eau sont l'altération du goût. Ils provoquent parfois un entartrage des canalisations. [13]

4.2.2. Les paramètres chimiques :**a) Les chlorures (Cl^-) :**

Ils sont rencontrés en grandes quantités dans les eaux souterraines. Elles peuvent provenir de la contamination par les eaux usées d'origines domestique et industrielle, et de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés.

Le Cl^- est aussi un bon traceur des activités anthropiques. Les concentrations en chlorures montrent des valeurs variables, qui dépassent parfois les normes fixées par l'OMS à 250 mg/l, pour atteindre une valeur maximale qui tourne autour de 300mg/l près des cours d'eau, le premier lieu des rejets domestiques et industriels. [16]

b. L'alcalinité(HCO_3^-) :

La connaissance de l'alcalinité présente un intérêt particulier lorsque des traitements physico-chimiques sont envisagés, car ce paramètre traduit la présence en solution d'éléments chimiques susceptibles d'exercer une influence directe sur les conditions techniques de l'épuration. Par exemple, l'alcalinité conditionne généralement les quantités de réactifs à utiliser pour les opérations de coagulation-floculation. L'alcalinité représente le pouvoir tampon de l'effluent et est exprimée par le titre alcalimétrique complet (TAC). Elle est mesurée par acidification de l'échantillon testé avec contrôle du dosage par procédé colorimétrique (virage de l'hélianthine), ou potentiométrique lorsque la couleur ou la turbidité des eaux résiduaires rend difficile l'observation des variations de coloration. [15]

c. Les sulfates (SO_4^{2-}) :

Composés naturels des eaux, les ions sulfates (SO) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. La plupart des sulfates sont solubles dans l'eau. Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfure, volatilisés dans l'air en hydrogène sulfuré (HS), précipités en sel insoluble ou assimilés par des organismes vivants. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable mais ne dépasse généralement pas 1 gramme par litre. [17]

d. Le sodium (Na^+) :

Ce métal, très abondant (environ 26 g/kg de la croûte terrestre soit 2,8. Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles. Il est nécessaire de fournir 2000 mg/jour à un organisme adulte (enfant : 200 mg/jour). [14]

e. Le calcium (Ca^{++}) :

Le calcium est le plus abondant dans les eaux, cet élément traduisant la dureté totale des eaux naturelles. Il provient essentiellement de la dissolution des formations carbonatées (calcite et dolomite), qui caractérisent les faciès de plusieurs niveaux stratigraphiques au niveau de la région d'étude (ex : calcaires lacustres). [13]

f. Le magnésium (Mg^{2+}) :

C'est le deuxième élément de la dureté totale, qui présente une origine semblable à celle du calcium. Il provient généralement des formations dolomitiques par l'attaque des eaux en présence du gaz carbonique, et de la dissolution de magnésium MgSO_4 dans les terrains gypsifères. [17]

g. Le potassium (K^+) :

Le potassium est un élément naturel des eaux où sa concentration, à peu près constante, ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/L, sauf dans certains contextes géologiques particuliers où elle atteint 20 à 25 mg/L. Cette substance peut provenir des industries extractives (mines de sel et potasse), des usines d'engrais et des industries du verre et matériaux connexes. Il est aussi à signaler qu'une partie de la radioactivité naturelle des eaux provient de l'isotope 40 du potassium. [13]

h. Les nitrates (NO_3^-) :

Les filières classiques de traitement n'éliminent absolument pas les nitrates. Les traitements biologiques qui transforment NH_4^+ en NO_2^- conduisent à leur augmentation.

L'élimination des nitrates nécessite des traitements complémentaires : l'un d'entre eux, en 1981 par le conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) fait appel à des bactéries spécialisées fixées sur des supports poreux et en anoxie de façon à les forcer pour « respirer » à consommer l'O des NO_2^- . Cependant, étant autotrophes, elles nécessitent un substrat organique. Il existe à cet égard deux procédés, l'un faisant appel à l'ajout d'acide acétique et l'autre à l'ajout d'alcool éthylique. En 1987 le CSHPF a donné son agrément pour l'utilisation de certaines résines échangeuses d'anions. [14]

i. Les nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites sont oxydés en NO_3^- par Cl_2 , ClO_2 et O_3 . Les traitements biologiques peuvent transformer NH_4^+ en NO_2^- . Si la quantité d'oxygène de l'eau n'est pas suffisante pour suivre l'oxydation jusqu'au stade de nitrate. Ce phénomène peut se produire la nuit sur des filtres lents à débit forcé en raison de la diminution de la photosynthèse. [18]

j. L'ammonium (NH_4^+) :

Sont désignées sous le terme d'azote ammoniacal » des formes ionisées (ion ammonium, NH_4^+) et non ionisées (gaz ammoniac, NH_3). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons de cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée. [18]

k. Le titre alcalimétrique complet (TAC) :

Le TAC donnant l'alcalinité totale d'eau, il mesure les espèces basiques dans l'eau (ions hydroxydes OH^- , ions carbonates CO_3^{2-} et ions bicarbonate HCO_3^-). Le TAC est un indicateur de pouvoir tampon de l'eau face aux substances acides. Il existe une relation entre le pH et le TAC, En pratique pour une eau dont le pH est inférieur à 8,3, le TAC correspond à la concentration des ions bicarbonates HCO_3^- . Pour la consommation humaine l'optimum se situe entre 10 et 20°F soit entre 2 et 5 mg/l. [13]

l. La dureté (TH) :

La dureté de l'eau est due à une variété d'ions métalliques polyvalents dissous, principalement les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient la dureté est la mesure usuelle de la capacité de l'eau à réagir avec le savon, les eaux dures nécessitant considérablement plus de savon pour produire de la mousse. [10]

Tableau 4 : Relation entre la dureté de l'eau et la concentration équivalente en CaCO₃ (HADEF D. et HASNI M ,2017).

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

m. Demande biochimique en oxygène (DBO) :

DBO est considérée parmi les mesures globales qui permettent de caractériser les eaux résiduaires et les eaux de surface. La demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO₅), à 20°C et à l'obscurité. [10]

Les valeurs de dilution selon le type d'oxytop sont présentées dans Annexe I.

n. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. [10]

Les valeurs typiques de DCO sont présentées dans Annexe I.

o. L'Azote ammoniacal (NH₄⁺) :

L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne. L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible, Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, qui est un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH₃ + /l. [19]

p. Les phosphates (PO_4^{3-}) :

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly phosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...), Le contenu en phosphore total comprend non seulement les ortho phosphates mais également les polys phosphatent et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates ($50 \mu\text{g P/l}$). [19]

4.2.3. Les métaux lourds :

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5 g/cm^3 . Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb, le cadmium et le mercure ; Ainsi, tous les métaux sont plus ou moins solides à la température ordinaire, il n'y a que le mercure qui fasse exception ; ce métal ne peut se solidifier qu'à une température de 40° au-dessous de 0. [20-21]

a) Le zinc :

Le zinc est un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène et d'autres non-métaux, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène. L'état d'oxydation le plus commun du zinc est +2. La principale utilisation du zinc est la galvanisation des aciers. [22]

b) Le cuivre :

Élément chimique de numéro atomique $Z = 29$. C'est un métal rougeâtre, malléable et ductile, de conductivités thermique et électrique élevées. Il résiste à l'air et à l'eau mais se patine lentement en présence de carbonate. Il est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés. Le cuivre peut se retrouver dans certaines eaux à des teneurs inférieures à 1 mg/L sous forme ionique ou de complexes (cyanures, ammoniacque, produits organiques, etc.). En dehors des pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution. [23]

c) Le cadmium :

On peut trouver principalement le cadmium dans la croûte terrestre. Il est toujours présent en combinaison avec du zinc. Il est présent aussi dans l'industrie comme sous-produit inévitable de l'extraction du zinc, du plomb et du cuivre. On le trouve dans les pesticides et les engrais, il peut donc pénétrer dans l'environnement par le sol. Le cadmium est un métal blanc argenté, mou et malléable. Il ternit au contact de l'air. Il a des propriétés physiques proches de celle du zinc. Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunes toxiques. Il est ductile (résistance à l'étirement), malléable (résistance à l'aplatissement) et résiste à la corrosion atmosphérique ce qui en fait un revêtement de protection pour les métaux ferreux. [14]

d) Le plomb :

Le plomb fait partie de la grande famille des métaux lourds. Il est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. Le plomb est un métal de couleur gris, bleuâtre. Il est solide dans les conditions habituelles de température et de pression. Il est malléable, déformable, souple, et résiste bien à la corrosion et aux UV. En revanche, il conduit mal l'électricité. Le plomb existe à l'état naturel dans le substrat rocheux, le sol, les sédiments, les eaux de surface, les eaux souterraines et l'eau de mer [25].

Le plomb est le plus abondant dans la croûte terrestre. En raison de sa présence naturelle dans l'environnement, il est également présent de façon naturelle dans les aliments, à de faibles concentrations, suite à son absorption dans le sol par les plantes, dans l'eau et les sédiments par les poissons, et chez les plantes et les animaux qui consomment des plantes et d'autres animaux. [26]

e) Le fer :

Le fer se trouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques (lessivage des terrains, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques). Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/L de fer. [27]

f) Le manganèse :

Le manganèse est assez répandu dans la nature présente dans l'eau peut s'y trouver à des valences différentes (II, III, IV) à l'état soluble ou en suspension ou sous forme de complexes sa solidité dépend du PH de l'oxygène dissous de la présence d'agents complexant. [28]

4.2.3.1. Les sources des métaux lourds :

Les sources de métaux pour les milieux aquatiques sont multiples. On différencie principalement les sources d'origine naturelle et anthropique. Les principaux phénomènes naturels conduisant à la dissémination des métaux dans les compartiments environnementaux y compris les milieux aquatiques sont l'activité volcanique et l'érosion des roches. [29-30]

En plus des sources naturelles, les milieux aquatiques sont enrichis en métaux par les activités humaines. Les métaux sont utilisés par l'homme comme matériaux mais également comme réactifs dans l'industrie (traitement de surface, intermédiaire réactionnel, etc.) et l'agriculture (phytosanitaire).

4.2.3.2. La toxicité des métaux lourds :

L'appellation métal lourd est entrée dans les usages et dans de nombreuses législations. La toxicité d'un métal est directement liée à sa réactivité avec la matière vivante. [31]

A l'état de trace, la plupart des métaux considérés comme toxiques sont en fait indispensables à la vie [33], [33], et de ce fait, le contrôle des émissions des métaux lourds sont dangereux pour les systèmes vivants car :

- Ils ne sont pas dégradables au cours du temps ;
- Ils sont toxiques à des très faibles concentrations ;

Ils ont tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et se concentrer au cours des transferts de matière dans les chaînes trophiques. [34]

Tableau 5 : Différents effets nocifs de quelques métaux lourds sur la santé humaine.

Métal	Formes toxiques	Mode d'atteinte	Effets toxiques
Plomb	-Inorganique (dissous) ; -Organique (tétrastyle Pb)	-Par ingestion d'eau, de sol ou poussière contaminés ; -Par contact avec la peau ; -Par passage via la barrière placentaire	-Toxique pour le système nerveux central et périphérique, induisant pour les enfants, une encéphalopathie et des troubles du comportement ; - Interfère dans la synthèse de l'hémoglobine. -Endommage le fonctionnement du rein.
Chrome	Cr (VI), toxique, Cr (III).	-Inhalation ; -Exposition de la peau.	- Irritation de l'appareil respiratoire jusqu'au stade cancer ; -Effets circulatoires ; -Effets sur l'estomac et le sang ;
Cuivre	-Sels solubles ; -Fumées (soudure).	-Ingestion -Inhalation	-Intoxication graves : vomissements et dysenterie entraînant un collapsus ; - Fièvre du fondeur, accompagnée d'une fatigue, de douleurs diffuses et des maux de tête ; -conjonctivites et rhinites atrophiques.

Zinc	-Sels solubles.	-Ingestion ; -Inhalation.	-Irritations des muqueuses gastro intestinales ; - Irritations des muqueuses respiratoires ; - Dermatoses et ulcération de la muqueuse nasale, fièvre du fondeur.
Nickel		-Ingestion ; -Inhalation ;	- Cancer des poumons et du nez ; Stimulation du système immunitaire ; -Arrêt cardiaque.

4.2.3.3. La comparaison entre les caractéristiques des eaux souterraines et les eaux de surface :

Le tableau suivant résume les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines [35]

Tableau 6 : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf dans les terrains karstiques)
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solution

Minéralisation globale (où salinité)	Variable en fonction des Terrains, des précipitations, des rejets ...	Sensiblement constante, en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fe²⁺ et Mn²⁺ à l'état (dissous)	Généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation.	Généralement présents.
CO₂ agressif	Généralement absent.	Souvent présent en grande quantité.
O₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas des eaux très polluées.	Absent la plupart du temps.
NH₄⁺	Présent seulement dans les eaux polluées.	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne.
Nitrates	Peu abondants, en général	Teneur parfois élevée .
Silice	Teneur, en général, modérée	Teneur souvent élevée .
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux des pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source.	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
Solvants chlorés	Bactéries (dont certaines pathogènes), Virus, Plancton (animal et végétal)	Souvent présents (pollution de la nappe)
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines Pathogènes), Virus, Plancton (animal et végétal)	Ferro bactéries fréquentes

4.3 Les normes de la qualité des eaux superficielles et souterraines :

Tableau 7 : les normes de potabilité (OMS, 2011).

Paramètres	Unité	Norme OMS 2011
T	°C	25
pH	-	6.5-9.5
CE	µs/cm	Pas de norme
La salinité	%	/
TDS	mg/l	500
TAC	mg/l	/
TH	mg/l	200
MES	mg/l	/
Rs	mg/l	
Ca⁺⁺	mg/l	100
Mg⁺⁺	mg/l	50
Na⁺	mg/l	Pas de valeur guide
K⁺	mg/l	250
Cl⁻	mg/l	250
SO4²⁻	mg/l	500
HCO₃⁻	mg/l	/
NO₃⁻	mg/l	50
NO₂⁻	mg/l	0.2
NH₄⁺	mg/l	0.5
PO₄³⁻	mg/l	≤ 0,5
DCO	mg O ₂ /l	30
DBO5	mg O ₂ /l	5
DCO/DBO5	mg O ₂ /l	/
O₂ diss	mg O ₂ /l	5≤O ₂ ≤8
As	mg/l	0.01
Pb⁺	mg/l	0.01
Hg²⁺	mg/l	0.001
Cu²⁺	mg/l	2
Zn²⁺	mg/l	3
Fe	mg/l	Pas de valeurs guide
Mn²⁺	mg/l	0.4

Conclusion :

L'eau est le principal réactif utilisé donc cette grande usine chimique qu'est la terre. En réalité, l'eau est un élément de base pour la plupart des industries. Après avoir l'utiliser, la plus grande partie de cette eau est jetée à l'environnement.

Comme elle est toujours chargée en matière chimique, elle devient une source de pollution grave pour le milieu qui la reçoit.

Donc l'amélioration de la qualité des eaux usées issue de l'industrie présente un enjeu environnemental, mais aussi économique. [28]

Chapitre II :
Présentation de la vallée de la Soummam

Introduction :

La vallée de la Soummam est l'une des régions stratégiques d'Algérie, aux multiples vocations (agricole, touristique et industrielle).

Ses ressources en eau sont fournies en grande partie par l'aquifère alluviale du quaternaire et constituent donc un facteur déterminant pour le développement économique et social de cette région. [36]

1. Présentation de la vallée de la Soummam :

Le nom Soummam, « assif asemmam » en kabyle, c'est-à-dire « fleuve acide », s'explique par les nombreux tamaris qui poussent sur ses rives et dont le feuillage salé donne un goût légèrement acide à l'eau. [37]

- La vallée de la Soummam, fait partie des plus grands bassins versants du nord Algérien, profitant d'une importance internationale par son classement dans la liste de Ramsar le 18/12/2009 ; [38]
- La vallée de la Soummam se situe à environ 230 km à l'Est d'Alger et administrativement appartient à la Wilaya de Béjaïa, née du découpage de 1974. Elle s'étend de la ville de Tazmalt à l'Ouest jusqu'à la ville de Bejaïa à l'Est [39], sur une superficie de 973.16 Km². [40]
- Elle forme un couloir étroit et très allongé, sur une longueur d'environ de 150 kilomètres et une largeur d'une quinzaine de kilomètres selon les endroits ; [37]
- Elle est limitée au nord par la chaîne du Djurdjura, au sud par les montagnes des Bibans et Babors, à l'Est par la mer méditerranée, et à l'Ouest par le plateau de Bouira. [39]
- L'oued Soummam est le troisième fleuve d'Algérie, situé à la charnière de la petite et de la grande Kabylie, il est formé de la confluence de l'oued Sahel qui descend des montagnes du Djurdjura et du plateau de Bouira, et de l'oued Bou Sellam qui descend du plateau Sétifien.
- Il se jette dans la mer Méditerranée à Béjaïa après un cours de 80 km environ orienté Sud-Ouest - Nord Est ; [41]
- Le bassin versant de l'oued Soummam est composé de plusieurs sous bassins, dont pour la wilaya de Bejaïa :
 - Le sous bassin de l'oued Sahel Aval : correspond au territoire des communes de Tazmalt, Akbou, Béni Mélikech, et Ighram.
 - Le sous bassin de l'oued Soummam maritime : couvre principalement le territoire des communes de : Chellata, Ouzellaguen, Chemini, Akfadou, Tifra, Tinebdar,

Tibane, Sidi-Aïch, Souk Oufella. Ifenain Ilmathen, Leflaye, Sidi Ayad, El-Kseur, Oued-Ghir, Amalou, Seddouk, Sidi Said, Timzrit, Béni Djellil, Semaoun, Ferraoun, Barbacha, Amizour et Tala Hamza.

- o Le sous bassin de l’oued Bou Sellam aval : correspond au territoire des communes de : Ighil Ali, Ait Rzine, Tamokra et Bouhamza. Il abrite le barrage de Tichihaf.
- o Le sous bassin de l’oued Bou Sellam Moyen : correspond au territoire de la commune de Béni Maouche. [43]

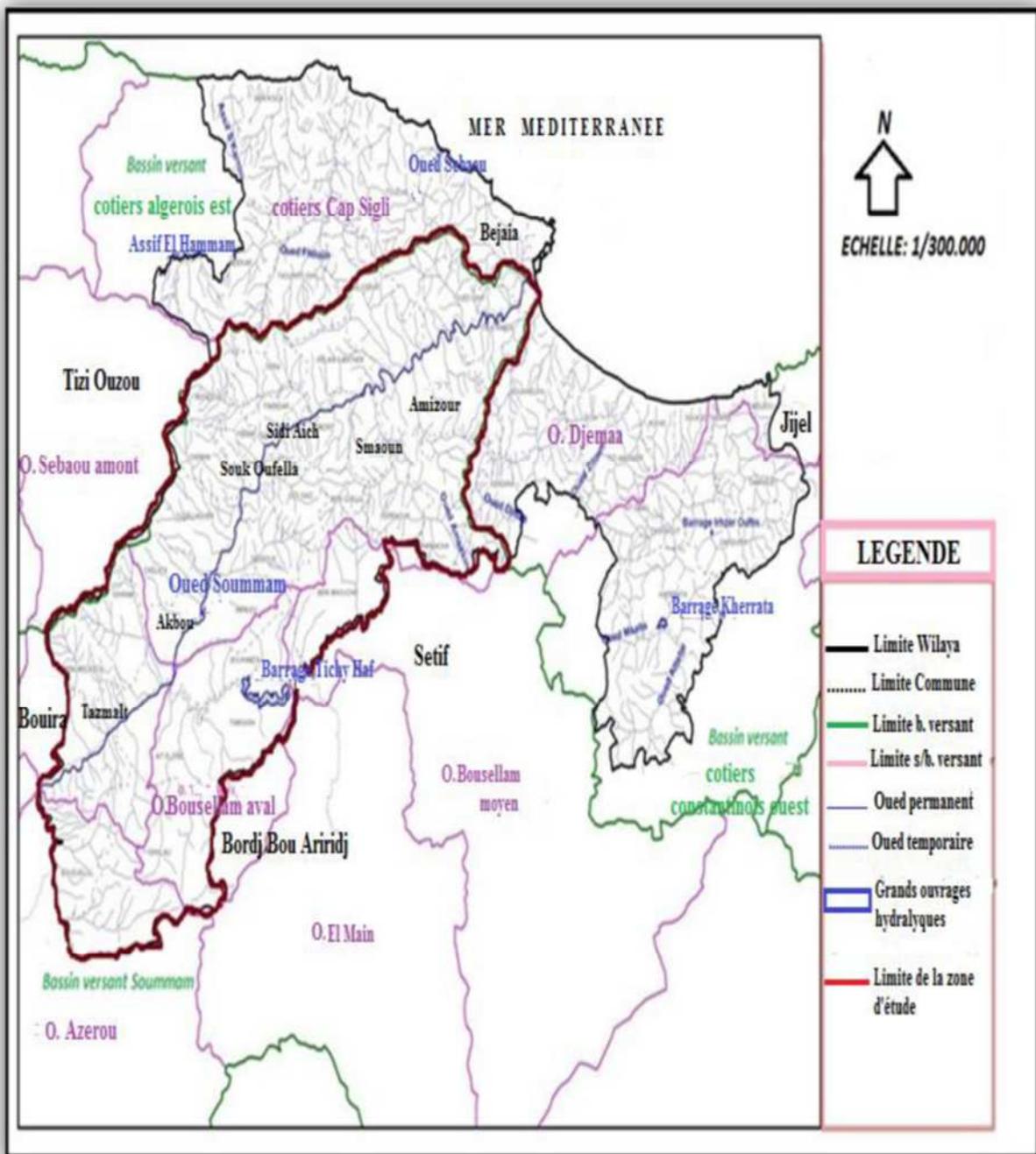


Figure 1: Situation géographique du bassin versant de la vallée de la Soummam (PATW, 2013).

2. Caractéristiques de la vallée de la Soummam :

2.1. Aperçu géologique :

Le bassin versant de la vallée de la Soummam est dans ses grandes lignes constitué :

- Sur la rive gauche, par de l'Oligocène traversé par des formations du Crétacé inférieur, du Miocène apparaît dans la partie aval, en bordure de l'oued. Des terrasses alluviales importantes tapissent en général le pied des pentes sauf dans la région de Sidi-Aiche où le Crétacé apparaît jusque dans le lit.
- Sur la rive droite, il est en majeure partie formé de Crétacé inférieur moyen et supérieur. Les terrasses alluviales sont beaucoup plus restreintes. [42]

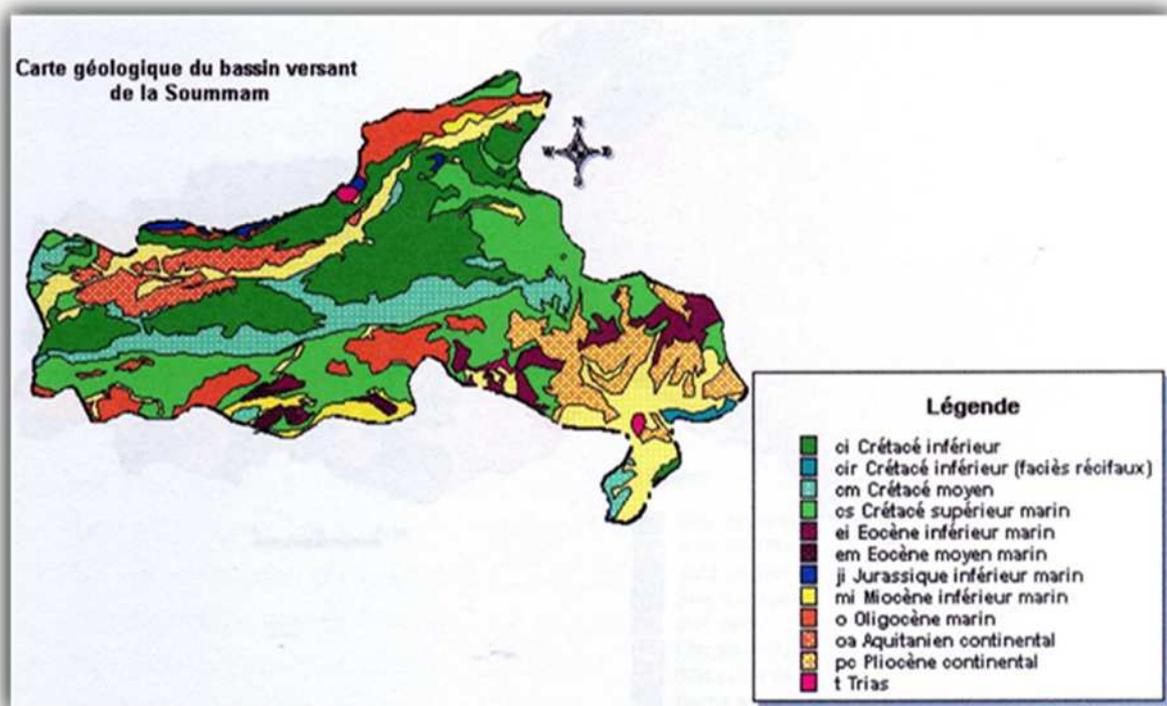


Figure 2 : Carte géologique du bassin versant de la Soummam (Source : CNC).

2.2 Climat :

Le bassin versant de la Soummam est sous l'influence de trois types de climat, ce qui d'ailleurs place la région dans trois étages bioclimatiques en fonction du climat dominant.

- Le climat du bassin versant de la Soummam, montre une série de transition entre un climat humide, dans les montagnes proches de la méditerranée et un climat semi-aride des hautes plaines (haute Soummam).
- En général, les averses sont fréquentes en hiver et une sécheresse prolongée règne en été. [44]

2.3 Les précipitations :

- La saison hivernale est la plus arrosée, ce qui produit une recharge de la nappe et une dilution des éléments chimiques.
- Par contre, l'été est relativement sec, ce qui produira une intense évaporation et par conséquent l'augmentation de la concentration de certains éléments chimiques dans l'eau comme les sels dissous. [45]
- En fait, plus on pénètre dans la vallée de la Soummam à partir de Bejaïa, plus les précipitations diminuent. [41]

2.4 La température de l'air :

- Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été, avec une température maximale moyenne annuelle de 24°C. [44]

2.5 Ressources hydriques :

2.5.1. Les eaux de surface :

Le bassin versant de la Soummam est caractérisé par un réseau hydrographique dense, dont l'exutoire et le golf de Bejaia.

Il est constitué d'une part de trois cours d'eau importants :

1. Oued Sahel qui descend du plateau de Bouira, qui est formé de la confluence des Oueds Eddous et Zaiane.
2. Oued Boussellam qui descend du plateau Sétifien.
3. Oued Soummam, qui est formé de la confluence de l'Oued Sahel et de l'Oued Boussellam au niveau d'Akbou.

Et les principaux affluents qui coulent sur les versants de cette vallée sont :

- **En rive gauche:** Oued Ighzer Amokrane, Oued Beni-Mellikech, Oued Remila, Oued El-Kseur, Oued Ghir.
- **En rive droite :** Oued Boussellam, Oued Seddouk, Oued Amassine, Oued Amizour. [36]

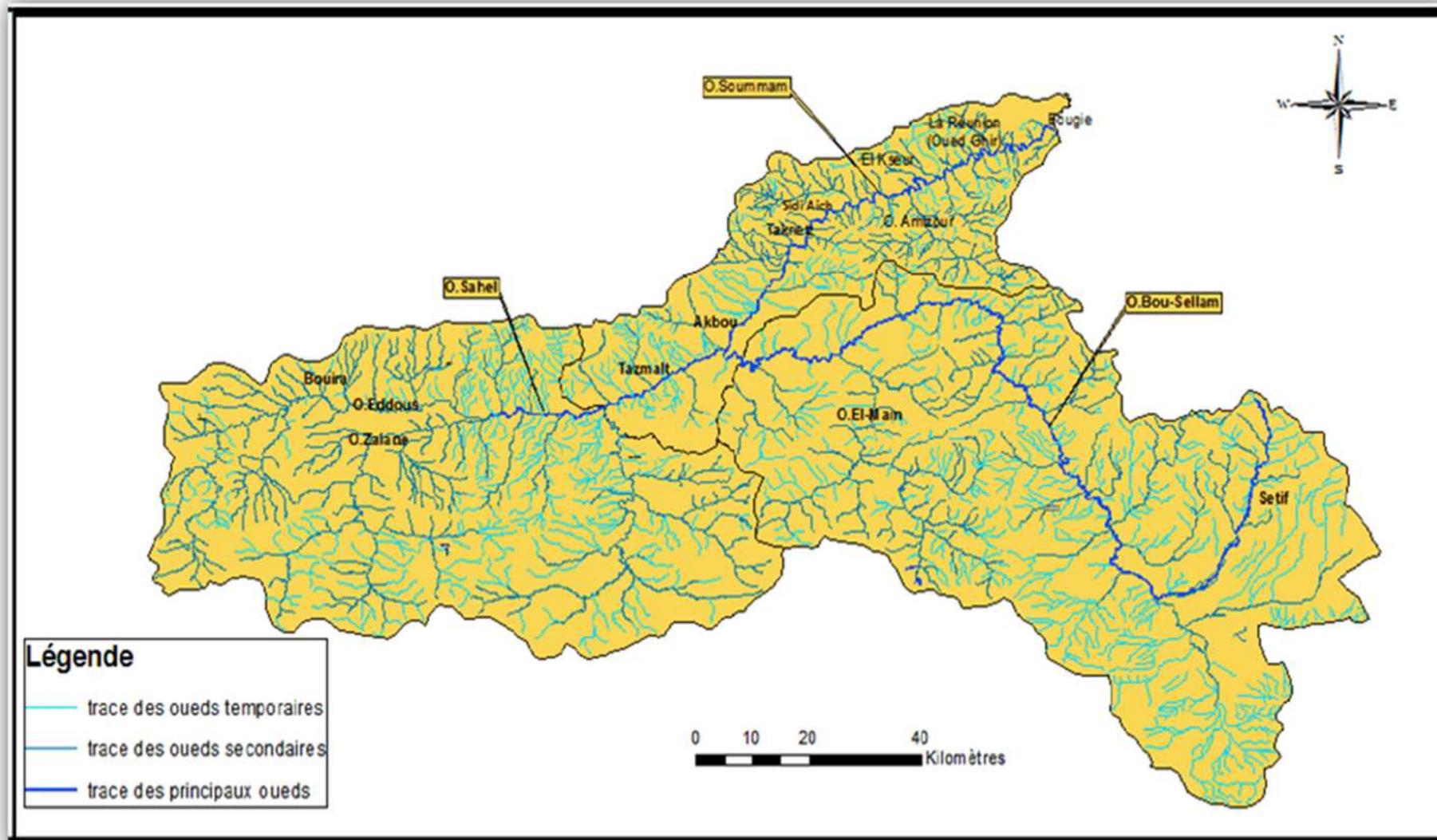


Figure 3 : carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam. Source : ICHALAL.Y ; HAMDAOUI. A, 2013.

2.5.2. Les eaux souterraines :

L'étude hydrogéologique de la vallée de la Soummam passe par la description lithologique et tectonique, in situ et à partir des cartes géologiques, à partir de ces dernières on peut constater que la région de Bejaia se situe dans un contexte, tant géologique qu'hydrogéologique, favorable à la formation des nappes d'eau souterraines.

- La nappe principale, actuellement en exploitation sur la vallée de la Soummam, est celle des alluvions quaternaires, sous les alluvions se trouvent les niveaux conglomératiques du Miocène qui constituent les formations aquifères.
- Au niveau du Sahel-Soummam (en amont de Sidi-Aich), les alluvions quaternaires et le Miocène conglomératique semblent constituer un aquifère unique et au niveau de la basse Soummam, les deux formations sont séparées par un niveau argileux. [36]

L'alimentation de la nappe en période des hautes eaux est assurée par les précipitations, les écoulements directs sur les alluvions, et par ses affluents, en période d'étiage, la recharge continue à être assurée par le faible écoulement de l'Oued et les affluents de la rive gauche. [36]

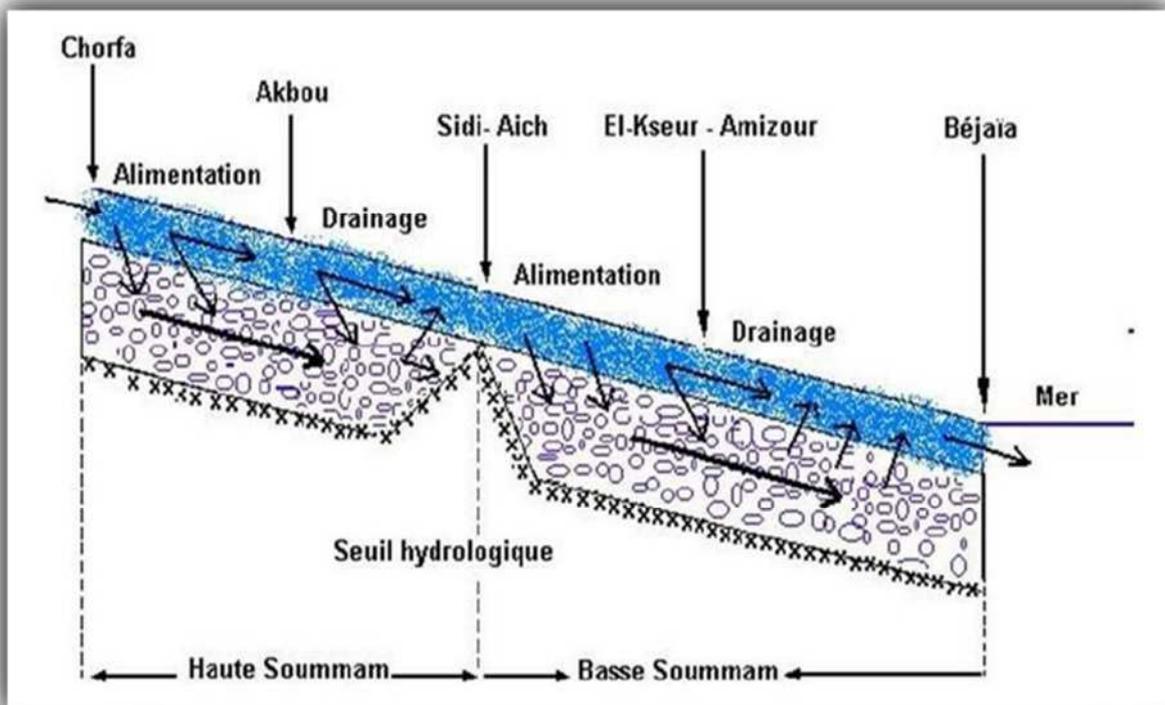


Figure 4 : relation hydraulique nappe-Oued d'après le jaugeage différentiel.

Source : KLINCKX, 1973

2.6 Ecologie :

La faune sauvage peuplant les montagnes et les plaines de la vallée de la Soummam est mise à rude épreuve. Le volume de cette biocénose recule inexorablement au fil des années. Certes, aucune étude sérieuse n'est menée pour appréhender avec précision l'état des lieux. [41]

La vallée de l'oued Soummam recèle diverses valeurs écologiques et socioéconomiques. Ainsi, les zones humides qui s'y retrouvent entretiennent une flore et une faune riche et diversifiée. La végétation riveraine ou ripisylve associée à ses zones humides est marquée d'une manière générale par la dominance des essences arborescentes et arbustives. Celles-ci forment au niveau de l'oued Soummam des formations denses et relativement continues, dominées par des espèces telles que *Populus alba*, *Tamarix africana*, *Salix sp.*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Fraxinus angustifolia* et *Arundo donax* en milieu de plaine, et *Alnus glutinosa*, *Ulmus campestris*, *Tamarix africana* et *Salix alba* au niveau des ruisseaux et ravins de montagne. [69]

2.7 La population :

La vallée de la Soummam passe par 23 communes dont la répartition de la population selon la direction de la santé et de la population de la wilaya en 2018 atteint 978050 habitants.

Il y a lieu de signaler que plus de la moitié de la population de la wilaya de Bejaia se trouve concentrée le long de la vallée de la Soummam, ainsi que les unités industrielles. [46]

Le nombre des habitants des communes qui sont en relation avec l'oued Soummam est de 490 423 habitants. [47-48]

2.8 Agriculture :

La vallée de la Soummam présente un relief très peu accidenté avec des pentes dominantes inférieures à 3% (plaines sous lesquelles l'intensification de l'agriculture pourrait se faire sans aucune contrainte de mécanisation), formant une surface agricole totale de 75888 Ha, ce qui représente 35% de la superficie agricole de Bejaia avec 87% représentant l'agricole utile.

L'agriculture est pratiquée sur l'ensemble de la plaine, avec une très grande variété de cultures : Plantation fruitières : 56 %, cultures herbacées : 18%, prairies naturelles : 1%, Vignobles : 1 %, Terres au repos : 24 %. [69]

2.9 L'industrie :

La région de Soummam représente une zone d'activité intense, elle renferme plusieurs unités industrielles répartis sur toute la région, dont trois zones principales qui forme des zones de concentration de ces activités, Bejaia, Elkseur et Akbou, constituant un ensemble de 87 unités de production dont 52 sont des unités privées, les principales unités industrielles sont

concentrées en grande partie dans la wilaya de Bejaia. Parmi les grandes usines implantées dans la région ceux de SONATRACH, NAFTAL et CEVITAL. [46]

L'activité industrielle est répartie principalement en cinq filières :

1. Matériaux de construction (27%)
2. Agro-alimentaire (26%)
3. Chimie de Plastique et pharmacie (19%)
4. Textiles (9%)
5. La Sidérurgie et Métallurgie (3%). [47]

Tableau 8 : Principales unité industrielles au niveau de la vallée de la Soummam. [45]

Unité	Production	Situation
LAITERIE LA VALLEE	Lait pasteurisé (L'ben)	Tazmalt
VALLEE VIANDES	Viande bovine, ovine et avicole	Akbou
GENERAL EMBALLAGE	Plaques en carton ondulé	Akbou
ALPHADITEX	Textile et cuire	Remila
COJEK	Agroalimentaire	El-kseur
SOUMMAM	Laitière	Akbou
ERAD	Semoule	SidiAich
SARL DANONE	Agroalimentaire	Akbou
ALCOVEL	Textiles	Akbou

2.10Aperçu socio-économique joué par la vallée de la Soummam :

Cette vallée joue un rôle essentiel dans l'économie de la région :

- Elle abrite un certain nombre de villages et de villes qui attirent et concentrent de plus en plus la population montagnarde de la région. La ville de Bejaia est considérée comme le grand pôle économique de la vallée.
- Dans le domaine de communication, elle représente un axe très important, à la fois régional et national, tant sur le plan routier que ferroviaire.
- Elle est empruntée sur toute sa longueur par l'oléoduc Hassi Messaoud Bejaia qui assure l'évacuation jusqu'au port de Bejaia d'une partie importante du pétrole. [41]

3. Sources de pollution de l'oued Soummam :

La pollution des eaux est variable elle peut se manifester généralement sous plusieurs formes principales : urbaine, agricole et industrielle. [49]

1.1 Pollution d'origine urbaine :

3.1.1. Eaux usées domestiques :

Dans le bassin versant de la Soummam, l'assainissement accuse un retard considérable, et le traitement des eaux usées est loin d'être satisfaisant. [41]

Tableau 9 : Les eaux usées domestiques déversées dans la Soummam et ses effluents.

Commune	Volume (m ³ /j)	Milieu Récepteur
BEJAIA	18000	Oued Soummam, Mer
OUED GHIR	322.86	Oued Soummam
BARBACHA	184.5	Oued Amasine
SIDI-AICH	162.06	Oued Soummam
FENAIA EL MATEN	1833	Oued Soummam
EL KSEUR	858	Oued Soummam
CHEMINI	463	Oued Soummam
EL FLAY	202.53	Oued Soummam
TALA HAMZA	243	Oued Soummam
TIBANE	163.62	Oued Soummam
SOUK OUFELA	285.87	Oued Soummam
SEDDOUK	345	Oued Seddouk
AKBOU	1445	Oued Seddouk
TOUDJA	212	Oued Ghir
TIFRA	122.85	Oued Ghir
TIMEZRIT	675	Oued Ghir
SEMAOUN	1683	Oued Ghir
SIDI-AYAD	130.11	Oued Ghir
AMALOU	345	Oued Ghir
AMIZOUR	990	Oued Soummam, oued
FERAOUN	518	Amassine
M' CISNA	106	Oued Soummam
Total	29810	

La quantité d'eau usée domestique déversée dans l'oued Soummam et ses affluents est importante et dépasse les 29810 m³/j. La commune de Bejaia à elle seule déverse 18000 m³/j, toute fois une quantité importante de ce volume d'eau est déversée directement dans la mer.

Les grandes quantités d'eau usée restent déversées sans aucun traitement dans l'oued Soummam, et aussi dans la mer, et ça à cause de la pénurie et de l'insuffisance des stations de traitement. [41]

3.1.2. Les déchets ménagers :

Tableau 10 : Pourcentage de quelques types de déchets ménagers générés par la population de la vallée de la Soummam.

Commune	Type de déchet			
	MO%	Plastique%	Papiers/Carton%	Autres%
Tazmalt	68,5	13,7	11,65	05
Akbou	68,5	13,07	11,65	05
Ouzellaguen	69	14	12	05
Seddouk	67,2	10,2	07,3	15,13
Timezrite	67,2	10,2	07,3	15,3
Sidi aich	67,2	13,7	11,65	15,3
Amizour	71,6	8,3	09	11,1
El-kseur	67,4	10,33	11,11	10,01
Oued-Ghir	71,1	8,3	09	11,1
Bejaia	69,4	12,3	11,1	07,2

D'après ces données on remarque que :

- ✓ Les matières organiques occupent la grande partie dans les déchets ménagers, ils sont issus essentiellement de déchets alimentaires, puis les plastiques, qui résultent de l'utilisation des différents produits en plastique comme les sachets, les emballages...etc.
- ✓ Les papiers ont la troisième place, où ils résultent des journaux, des emballages en carton ou toutes autres produit en papiers. [49]

1.2 Pollution d'origine industrielle :

Dans la région de l'oued de la Soummam 1228 unités industrielles ont été comptés, dont ceux de l'industrie agroalimentaire occupent la première place avec 598 unités, tant que la deuxième place est occupée par les industries et les activités concernant les carburants avec 189 unités de NAFTAL district et stations des services, alors que ceux de travaux de construction occupent la troisième place avec 180 unités industrielles de matériaux de construction.

Concernant les communes, la commune de Tazmalt occupe la première place avec 149 unités polluantes, 97 parmi ces dernières sont spécialisées en ce qui concerne la production des huiles végétales. [41]

Alors que les tableaux suivants illustrent quelques types de déchets générés par différentes unités industrielles dans la région et leurs quantités :

Tableau 11 : Activités industrielles polluantes dans la vallée de la Soummam. [49]

	Matériaux de construction	Industrie chimique et plastique	Textile et cuire	Agroalimentaire	Liègebois-cellulose	Métallurgique	Divers	GSM
Bejaia	41	25	12	34	11	24	40	3
Akbou	39	15	3	115	6	4	22	/
El kseur	13	7	1	77	2	5	18	/
Amisour	27	6	2	108	31	28	49	/
Sidi-Aich	12	17	6	62	2	9	21	/
Seddouk	6	3	/	53	1	10	12	/
Tazmalt	42	8	/	149	2	11	27	/
Total	180	81	24	598	55	91	189	3

3.2.1. Les rejets liquides :

L'industrie dans la vallée de la Soummam a connu un développement remarqué tant dans sa diversité que dans sa capacité. Toutefois sur une trentaine d'unités industrielles publiques et privées implantées sur le territoire de la Wilaya. [49]

Les rejets des unités installés dans le ZAC de Taharacht Akbou, celle de la ZAC d'Ouzellaguen, de même les 47 stations de lavages et graissage ainsi que des fabricants de carrelage déversent leurs rejets directement dans l'oued Soummam. [47]

Le tableau 9 illustre les principaux établissements industriels situés dans la vallée de la Soummam et qui sont considérés comme potentiellement polluants.

Tableau 12 : Unités industrielles polluantes au niveau de la vallée de la Soummam. [41]

Nom et adresse de l'unité	Rejets solides		Rejets liquides	
	Type de déchets	Quantité Rejetée	Volume d'eaux usées rejetées (m ³ /j)	Rejet final
CO.G.B ENCG 04, CHEMINS	Terre décolorante usée	0.11 T/J	401,5	Oued Soummam
ALCOVEL AKBOU	Poussières de coton et petites chutes de tissus copots métalliques Boues	11070 Kg/an	2533	Oued Soummam
ALFADITEX Remila	Boues à base de teinte ,à boue à base de colle	1600 Kg/an	1400	Oued Soummam
Conserverie ENAJUC El-kseur	Boites et futs métalliques	2 T/mois	350	Oued Soummam
ERIID Sidi-Aich	Poussières	20 T/mois	120	Oued Soummam
Total		0,878 T/J	4804,5	Oued Soummam

Tableau 13 : Stations de lavage et graissage multiservices du réseau Naftal dans le bassin de l'oued Soummam par Daïra.

Daïra	Nombre de stations	La quantité déversée m ³ /j
BEJAIA	13	112 70
AKBOU	06	36
AMIZOUR	04	47.5
SEDDOUK	05	8
TIMEZRIT	01	19
SIDI-AICH	03	9.5
CHEMINI	01	68
EL-KSEUR	07	21
BARBACHA	03	34
OUZELAGUEN	04	
Total	47 dont 14 en Arrêt	425

➤ **Abattoirs :**

On compte plusieurs tueries situées à proximité de l'oued, dont les eaux sont y évacuées directement augmentant ainsi la charge organique polluante. La consommation en eau des abattoirs de la vallée de la Soummam est donnée dans le tableau 14.

Tableau14 : Consommation en eau des abattoirs de la vallée de la Soummam. [41]

Localité	Consommation en eau (L/j)
Akbou	13230
El-kseur	14559
Amizour	3890
Ighzar- amokrane	16472

➤ **Huileries :**

Elles représentent une source génératrice de la pollution, du fait que les eaux de traitement se déversent directement dans l'oued, malgré leurs caractères saisonniers. [50]

Le Volume d'eau usée rejeté par types d'huilerie riveraine de l'Oued Soummam est illustré dans le tableau15.

Tableau 15 : Volume d'eau usée rejeté par types d'huilerie riveraine de l'Oued Soummam.

Type d'huilerie	Nombre d'huilerie	Volume d'eau rejetée (L /j)
Huileries traditionnelles	188	376000
Huileries modernes	256	13250000
Total	444	136260000

3.2.2. Déchets solides :

Le recensement des déchets solides générés par les unités industrielles situées au niveau du bassin versant de la Soummam a été cité dans le tableau 12.

Les déchets (duvet de cuir synthétique, chiffon emballage plastique) sont mis en décharge au même titre que les déchets ménagers.

Avec le développement industriel et l'implantation de nouvelles unités jetant leurs rejets directement dans l'oued, ce qui peut avoir un effet toxique provoquant ainsi la dégradation des eaux de l'oued. [51]

❖ **Décharges publiques :**

L'oued Soummam présente plusieurs décharges qui se trouvent directement dans l'eau ou à proximité de celui-ci, citant l'exemple de la décharge de Sidi-Aiche qui occupe une surface de 15000 m² et celle d'Akbou d'une surface de 100000 m². [50]

❖ **Déchets hospitaliers :**

Les structures de santé de la wilaya de Bejaia génèrent 181,42 T/an de déchets.

La direction de la santé a prévu l'acquisition de trois incinérateurs au courant de l'année 2008 pour les secteurs sanitaires d'Amizour, Kherrata et Sidi-Aiche. [52]

1.3 La pollution d'origine agricole :

La pollution d'origine agricole vient essentiellement de l'utilisation des engrais et des pesticides de ses différentes formes : insecticide, fongicides et herbicide, dans le but de lutter contre les insectes, les champignons, les mauvaises herbes et d'augmenter la qualité et la quantité des cultures. [41]

Tableau16 : Quantités livrées et utilisées par filière et par commune [45]

Produits		Oued ghir	El kseur	Amizour	Sidi Aich	Fenia II Maten	Bejaia	Total
Engrais Minéraux simples Azotés (N) 6139,9 Kg	Urée	2 400,0	1 603,2	1 177,0	-	443,8	26,0	5 649,9
	Sulfazote 26 %	-	428,0	40,0	-	22,0	-	490,0
Engrais Minéraux simples Phosphatés (P) 915 Kg	TSP	350,0	57,0	-	-	70,0	-	477,0
	SSP	250,0	-	188,0	-	-	-	438,0
Engrais Minéraux Composés 9301,7 kg	PK	850,0	444,5	-	-	67,5	-	1 362,0
	NPK	1 500,0	1 486,7	4 312,0	-	596,0	45,0	7 939,7

La commune d'Amizour représente la commune dominante en termes de quantité livrée avec 568 Kg et 1925 L. Cela coïncide avec la multiplication du nombre des domaines agricoles exploités sur le territoire de la commune.

Conclusion :

Suite à l'analyse des caractéristiques du bassin versant de la Soummam, on peut tirer les remarques suivantes :

- Le bassin de la Soummam est composé de trois régions principales : les plateaux Sétifiens, les plateaux de Bouira et la vallée de la Soummam et il est de forme irrégulière.
- Le climat est non uniforme, il est sous la dépendance de trois types de climat : climat littoral tempéré, climat de l'Atlas Tellien et le climat des hautes plaines.
- Le bassin versant de la Soummam possède un réseau hydrographique très développé, on retrouve trois rivières et leurs affluents qui constituent sa structure hydrographique fondamentale, à savoir : le Sahel, affluent venant du Nord-Ouest, le Boussellam venant du Sudest et la Soummam qui se forme à Akbou à la confluence du Sahel et du Boussellam et coule directement du Nord-Est vers la mer.
- Nous avons évoqué aussi quelques sources de pollutions dans la zone d'étude (Oued de la Soummam), et nous avons expliqué que l'exposition de l'Oued à plusieurs sources de pollutions urbaines, agricoles et industrielles nécessite des études et des analyses approfondies pour savoir le degré de cette pollution et la nature physique et chimique des polluants.

Ceci dans le but d'élaborer un plan de décontamination, d'élimination des polluants.

Chapitre III :
Méthodes et Matériel

Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons les différentes d'analyses effectuées sur les eaux de la vallée de Soummam dans le but de les caractériser.

1. Echantillonnage et prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Pour cela nous avons effectué les prélèvements en utilisant des bouteilles en plastique préalablement rincées avec l'eau distillée. Au moment du prélèvement, les bouteilles seront de nouveau rincées trois fois avec de l'eau à analyser ainsi que le matériel utilisé (seau).

3.1 Les eaux de surface :

- Les prélèvements d'eau ont été réalisés au milieu du lit de l'oued Soummam peu profond en plein courant, généralement au-dessous des ponts traversant la Soummam.
- Nous avons veillé à éviter les rives et les obstacles naturels ou artificiels.
- Dans chaque station, nous avons prélevé trois flacons d'eau de 0.5 L, étiquetés pour éviter tout risque de confusion.
- Le prélèvement d'eau superficielle est réalisé à l'aide d'un seau lié à une corde. Une fois le seau rempli, les bouteilles sont remplies à ras bord, puis fermées immédiatement, de façon à limiter les bulles d'air.

3.2 Les eaux souterraines :

- Les prélèvements d'eau ont été réalisés à l'aide d'une pompe lorsque les forages hydrauliques sont équipés.
- La pompe est mise en marche pendant un quart d'heure avant le prélèvement pour que l'échantillon soit suffisamment représentatif de la nappe.

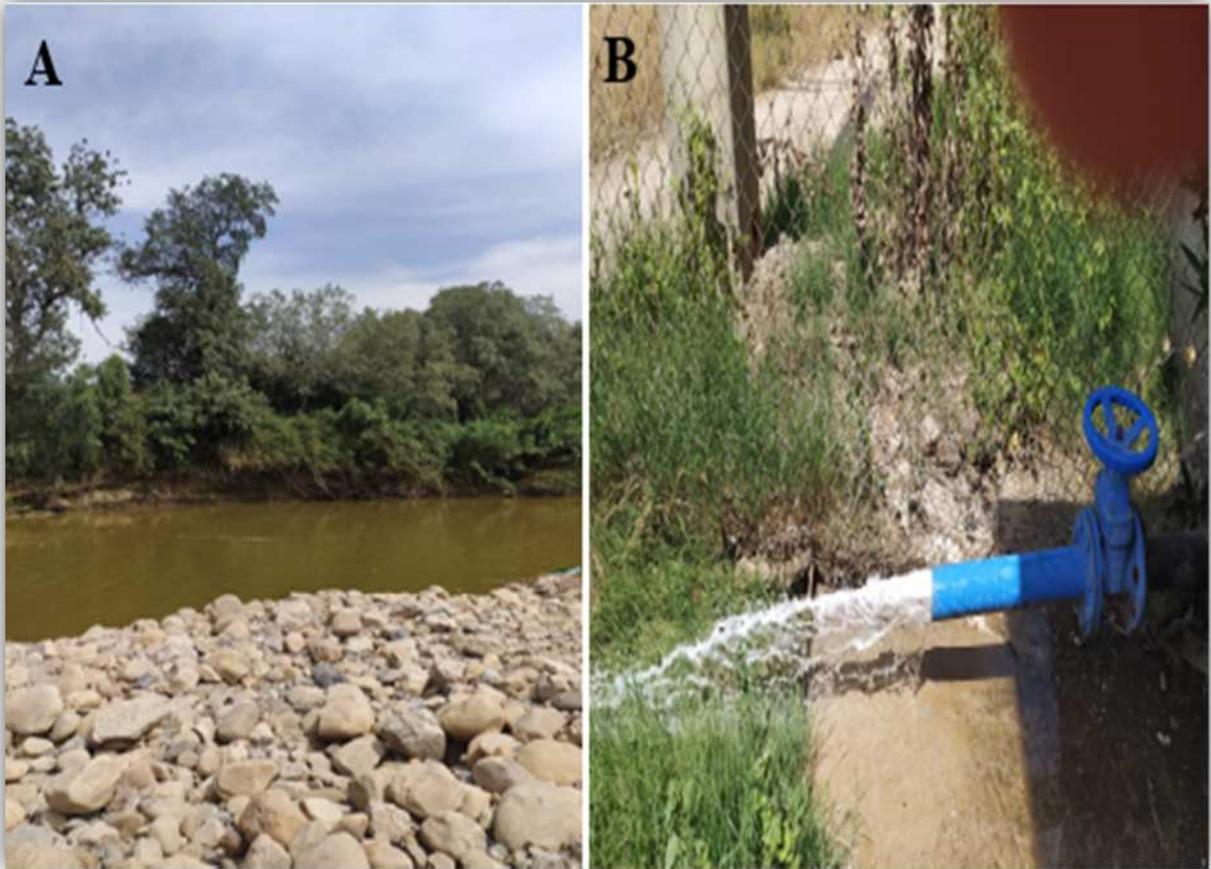


Figure 5:A : Prélèvement d'eau de surface depuis un pont au-dessus d'un oued (23/05/2022),

B : Prélèvement d'eau souterraine depuis un forage (23/05/2022.)

a) Stations d'eaux superficielles : (Figure 6)

S1 : La Soummam Oued Illoula à akbou ;

S2 : La Soummam à Sidi aiche ;

S3 : La Soummam à El-kseur ;

S4 : La Soummam aux 4 chemins à Bejaia ;



Figure 6 : les stations de prélèvement des eaux superficielles (19/04/2022 et 23/05/2022).

b) Stations d'eaux souterraines : (Figure 6)

- F1 : akbou ;
- F2 : sidi aiche ;
- F3 : oued Ghir ;
- F4 : bejaia ;



Figure 7 : Les stations de prélèvement des eaux souterraines (19/04/2022 et 23/05/2022).

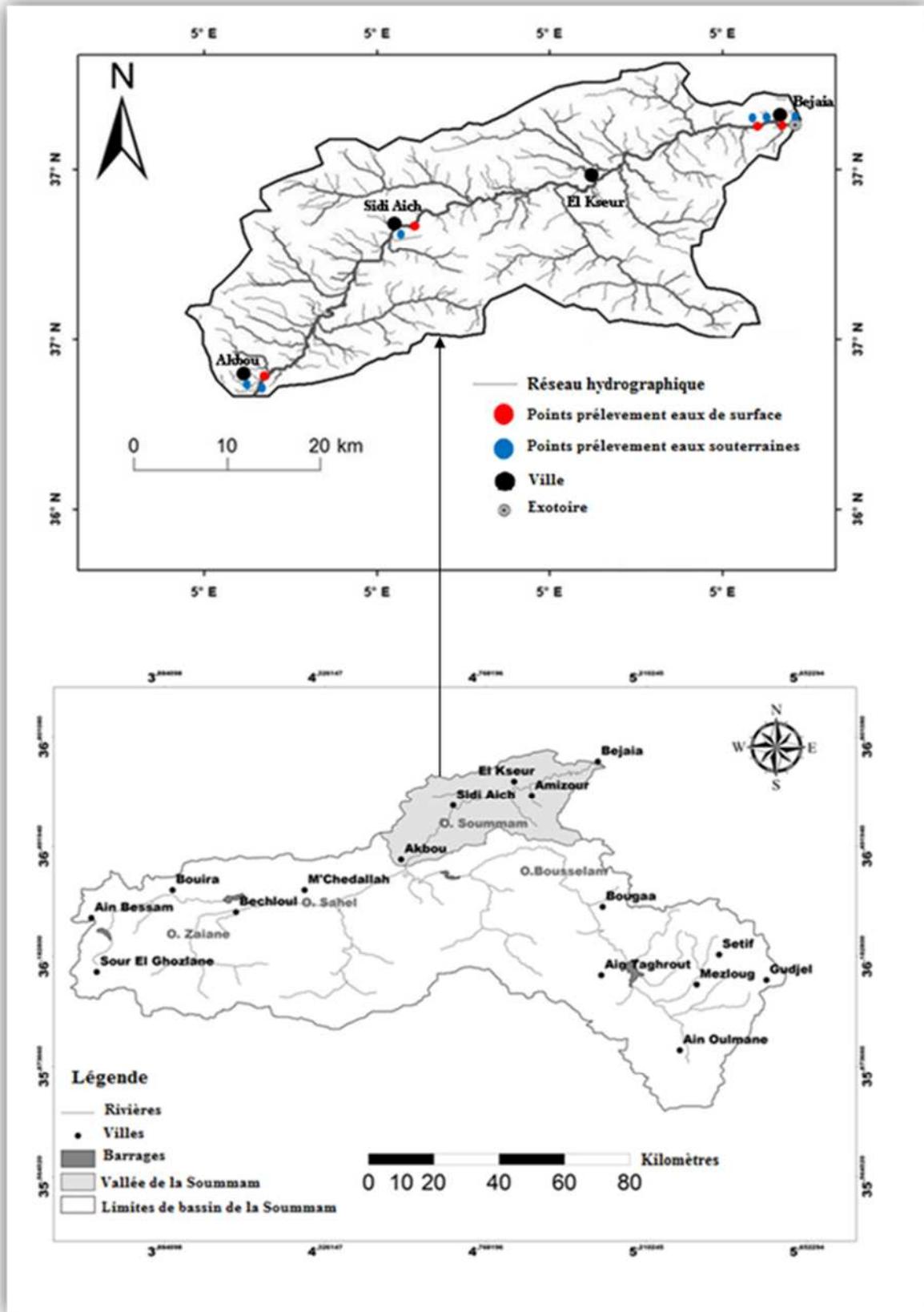


Figure 8 : Stations de prélèvement des eaux superficielles et souterraines dans la basse vallée de la Soummam.

2. Conservation et prétraitement des échantillons :

Les échantillons ont été conservé dans une glacière gardant la T à 4°C pendant le transport au laboratoire.



Figure 9 : conservation des échantillons dans une glacière.

3. Méthodes d'analyse :

Les différentes analyses effectuées sur les eaux de superficielles et souterraines ont été réalisé dans plusieurs laboratoires :

- Laboratoire d'Algérienne des eaux (ADE à Bejaïa) ;
- Laboratoire de génie des procédés (l'université de Bejaïa) ;
- Laboratoire CRAPC Bousmail à Tipaza.

3.1 Paramètre organoleptique :

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

a. La couleur : La coloration a été évaluée par observation visuelle lors des prélèvements.

b. Le goût : La saveur est décelée par dégustation.

c. L'odeur : L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

3.2 Les paramètres physico-chimiques :

3.2.1. Les paramètres physiques :

Le mode opératoire est présenté dans Annexe II.

a. Le pH (potentiel hydrogène) :

❖ Principe :

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (au calomel saturé à KCl) plongeants dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. [53]

b. La température :

❖ Principe :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, ...etc. [53]



Figure 10 : Ph mètre de marque HANNA. **Figure 11** : Multi paramètres de laboratoire.

c. La conductivité :**❖ Principe :**

La conductivité d'une solution est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique, ce passage de courant électrique s'effectue par la migration des ions dans un champ électrique produit par un courant alternatif. [54]



Figure 12 : Conductimètre.

d. La turbidité :**❖ Principe :**

La turbidité est un indice de présence de particule en suspension dans l'eau, elle déterminée à l'aide d'un néphélémétrie cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident. [55]



Figure 13 : Turbidimètre HACH 2100N (Laboratoire de l'ADE).

3.2.2. Les paramètres chimiques :

Les réactifs, le mode opératoire sont présentés dans l'Annexe III

a. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

❖ Principe :

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser aux niveaux de $\text{pH}=8.3$ et 4.3 le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le litre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le litre alcalimétrique complet (TAC).

b. Détermination de la dureté calcique (Ca^{++}) :

❖ Principe :

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse E.D.T.A. (Ethyle diamine tétra acétique) à pH comprise entre 12-13, ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'E.D.T.A. réagit tout d'abord avec les ions de calcium, puis avec les ions de calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rose à la couleur violette. [56]



Figure 14 : Echantillons pris pour TAC.



Figure 15 : Echantillons pris pour Ca^{2+} .

c. Détermination de la dureté totale (TH) :

❖ Principe :

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide Ethylène- diamine tétra acétique (ED TA) a un PH de 10. L'indicateur est le noir ériochrome T. qui donne une couleur rose en présence des ions de calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vivre au bleu. [56]

d. Détermination des chlorures (Cl⁻) :

❖ Principe :

On fait agir au milieu PH+6.7 ou 7, une solution à titrer de nitrate d'argent sur une prise d'essai connue de solution titrée de chlorure de sodium. La réaction se fait en présence de chromate de potassium. [4]



Figure 16 : Echantillons pris pour TH.



Figure 17 : Echantillons pris pour Cl⁻.

e. Détermination des sulfates (SO_4^{2-}) :**❖ Principe :**

Les ions sulfates sont précipités et passé à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl_2 . [56]



Figure 18 : Echantillons pris pour SO_4^{2-} .

f. Détermination du fer (Fe^{++}) :**❖ Principe :**

Addition d'une solution de phénantroline -1.10 a un prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge –orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe fer (II-phénantroline- 1.10 est stable dans l'intervalle de PH 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer. [56]



Figure 19 : Echantillons pris pour Fe^{++} .

g. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :**❖ Principe :**

Mesure de l'oxygène consommé en cinq jours par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène,ensemencée avec des germes, puis placé dans une enceinte thermostatée à 20°C. [57]



Figure 20 : Echantillons pris pour la DBO₅*

b. Détermination de la Demande chimique en oxygène (DCO) :**❖ Principe :**

Le test consiste en une oxydation chimique de la matière organique par un oxydant fort(acide) à température élevée et par le dichromate de potasse.

Les substances oxydables réagissent avec une solution d'acide sulfurique et de bichromate de potassium en présence de sulfate d'argent en tant que catalyseur. La présence de chlorure est masquée avec le sulfate de mercure. On mesure la diminution de la coloration jaune du Cr⁶⁺. [57]

c. Détermination de Ortho phosphate PO₄³⁻ :**❖ Principe :**

L'anion ortho phosphate réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former phosphomolybdique. Cet acide est réduit par l'acide ascorbique en bleu de molybdène dont l'absorbance à 660 nm est proportionnelle à la concentration de phosphore. [56]

d. Détermination de l'azote ammoniacal NH_4^+ :**❖ Principe :**

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. [56]



Figure 21 : Echantillons pris pour NH_4^+ .

e. Détermination des nitrites (NO_2^-) :**❖ Principe :**

Réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai a PH 1.9 avec le réactif amino -4-benzene sulfanilamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec dichlor-hydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1.2 (ajouter avec le réactif amino-4benzenesulfonamide) mesurage de l'absorbance a 540 nm. [56]



Figure 22 : Echantillons pris pour NO_2^- .

f. Détermination des nitrates (NO_3^-) :**❖ Principe :**

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. [56]



Figure 23 : Echantillons pris pour NO_3^- .

3.3 Les métaux lourds :

Les métaux lourds ont été mesurés avec un Spectromètre d'absorption atomique à flamme (SAA).

a. Spectrométries d'absorption atomique à flamme (SAA) :**❖ Principe :**

La figure 24 ci-dessous présente le principe de fonctionnement de la Spectrométrie d'Absorption Atomique à flamme (SAA) où le faisceau lumineux issu de la source (1) traverse la chambre d'absorption (flamme ou four) (2) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique, avant d'être focalisé sur la fente d'entrée d'un monochromateur (3) qui sélectionne un intervalle très étroit de longueur d'onde. Le trajet optique se termine sur la fenêtre d'entrée du détecteur (4). [58] On mesure ainsi l'affaiblissement du rayonnement. Les longueurs d'onde et les intensités énergétiques absorbées sont fonctions de la nature et de la concentration de l'élément. Ce qui nous permet de déceler (analyse qualitative) et/ou de doser (analyse quantitative) les éléments. [59]

Absorption = Atome fondamental + $h\nu$ absorbé \rightarrow Atome excité.

Où A est l'absorbance de l'échantillon à l'état de vapeur atomique. [58]

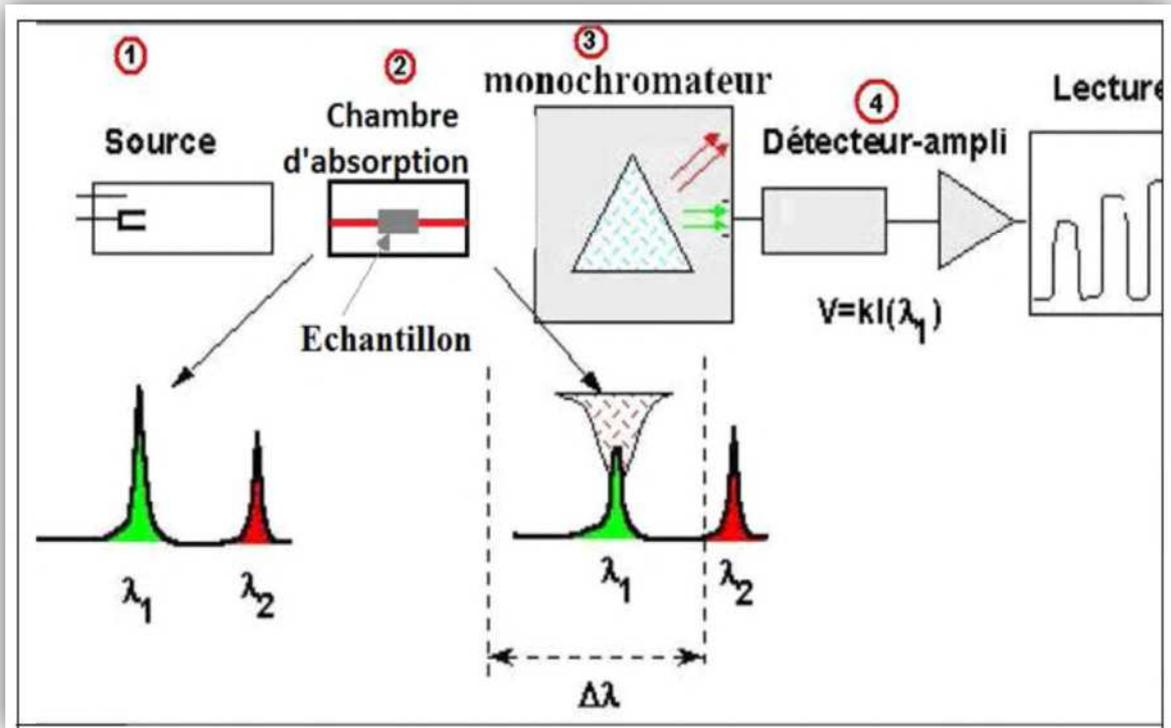


Figure 24 : Principe de fonctionnement de la spectrométrie d'absorption atomique à Flamme (SAA).



Figure 25 : Spectromètre d'absorption atomique.

b. Métaux lourds déterminés par Spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAA) :

3.3.1. Préparation des échantillons :

- a. Nous avons filtré les échantillons avec un papier filtre ;
- b. Nous avons ajouté 1ml d'acide nitrique HNO_3 , concentré à 53%, pour chaque 20 ml d'échantillons.



Figure 26 : Echantillons pris pour la SAA.

3.3.2. Préparation des étalons :



Figure 27 : les étalons préparés au laboratoire de l'université de Béjaia.

A. Nitrate de plomb :

- ✓ Préparation d'une solution mère en Plomb, de concentration 1g/L, et de volume de 500 ml :
- ✓ On dissout une quantité de 0.8073 de $Pb(NO_3)_2$ dans 500mL d'eau distillée dans une fiole jaugée de 500mL.

Les calculs sont présentés dans annexe IV.

B. Nitrates de cadmium :

- ✓ Préparation d'une solution mère en cadmium, de concentration 1g/L, et de volume de 500ml :
- ✓ On dissout une quantité de 1.3929g de $Cd(NO_3)_2, 4H_2O$ dans 500ml d'eau distillée dans une fiole jaugée de 500ml.

Les calculs sont présentés dans annexe IV.

C. Nitrates de Zinc :

- ✓ Préparation d'une solution mère en Zinc, de concentration 1g/L, et de volume de 500ml :
- ✓ On dissout une quantité de 2.3214g de $Zn(NO_3)_2, 6H_2O$ dans 500mL d'eau distillée dans une fiole jaugée de 500ml.

Les calculs sont présentés dans annexe IV.

D. Nitrates de cuivre :

- ✓ Préparation d'une solution mère en Cuivre, de concentration 1g/L, et de volume de 500ml :
- ✓ On dissout une quantité de 2.3214g de $Cu(NO_3)_2, 3H_2O$ dans 500ml d'eau distillée dans une fiole jaugée de 500mL.

Les calculs sont présentés dans annexe IV.

E. Nitrate de fer :

- ✓ Préparation d'une solution mère en fer, de concentration 1g/L, et de volume de 500mL :
- ✓ On dissout une quantité de 2.20965g de $Fe(NO_3)_3, 3H_2O$, dans 500mL d'eau distillée dans une fiole jaugée de 500mL.

Les calculs sont présentés dans annexe IV.

Conclusion :

Plusieurs technique et appareillage en été appliqué dans se travaille pour évaluer la qualité des eaux souterraines et de surface de la Soummam.

Chapitre IV :
Résultats et discussions

Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons les résultats et la discussion des analyses effectuées sur les eaux superficielles et les eaux souterraines de la vallée de la Soummam pour caractériser et évaluer leur qualité.

Discussion des résultats :**1. Eaux souterraines :****1.1 Les paramètres organoleptiques :****a. La couleur :**

Les analyses des échantillons prélevés des forages, ont indiqué que cette eau est incolore.

b. Odeur :

Aucune odeur n'a été détectée pour toutes les eaux des forages.

c. Le goût :

L'eau des forages étudiée est sans goût.

Tableau 17 : les résultats d'analyse 2021[ADE].

Paramètre analysé	Unité	2021			
		F1	F2	F3	F4
Conductivité	(ms/cm)	1184	4500	1130	681
Ph		7.83	7.53	7.805	8.95
T	(°C)	24.35	26.2	17.7	23
Turbidité	NTU	1.893	1.43	8.64	0.989
TDS	mg/l	591.5	2250	/	341
TH		426	1255	45	189.75
TAC	°F	245	848	28.6	221
HCO ₃	(mg/l)	298.9	1034.56	348.9	269.62
Mg ²⁺	(mg/l)	33.38	70.75	90.09	19.39
Cl ⁻	mg/l	161.7	1383.75	182.23	49.275
SO ₄ ²⁻	(mg/l)	294	342.25	392.81	142.35
Ca ²⁺	(mg/l)	115.2	418	107.2	83.2
NO ₃ ²⁻	(mg/l)	5.62	7.99	0.27	1.436
NO ₂ ⁻	(mg/l)	0.013	0.015	0.032	0.0055
Na ⁺	(mg/l)	220	577.5	66	50
K ⁺	(mg/l)	3.2	4.8	1.3	1.15
Fe ²	(mg/l)	0.011	0.03	0.11	0
NH ₄ ⁺	(mg/l)	0.0165	0.039	0.2625	0.0125
Mn	(mg/l)	/	/	/	/

Tableau 18 : les résultats d'analyse 2022.

Forages	Date	T ° C	PH	CE(µS/Cm)	Turbidité(NTU)	TA	TAC(°F)	HCO- 3(mg/L)	Mg ⁺²	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ²⁺	NO ²⁻	
Akbou	F1	19/04/2022	20	7.79	1671	0.887	0	270	329	67.03	217,5	254,6	140.6	0.003
	F2	23/05/2022	28,3	7,6	1655	0,166	0	286	348,9	48,4	265,18	340,5	160	0,034
Sidi Aiche	F1	19/04/2022	20.4	8.02	4560	1.43	0	320	390	27	1031	299,04	352	0.021
	F2	23/05/2022	28	7,6	4150	53,3	0	266	324,5	121	1001,8	564	640	0,004
Oued ghir	F1	19/04/2022	24.2	8.43	2630	0.331	20	350	427	109.4	825	120,9	240	0.009
	F2	23/05/2022	26,1	7,6	2800	1,05	0	356	434,3	25,16	35	95	116,8	0,005
Béjaia	F1	19/04/2022	17.9	7.76	761	0.216	0	120	146.4	23.96	85,93	182	82	0.008
	F2	23/05/2022	21,5	7,6	804	0,312	0	274	334	274	274	334	116,8	0,005

Suite du tableau précédent :

Forages	Date	NO ³⁻	Na+	K+	Fe ²⁺	Mn	NH ⁴	TDS	TH	Sal	Couleur	Odeur	Gout	
Akbou	F1	19/04/2022	4,87	/	/	0.18	0.001	0	835	628	0,8	SANS	SANS	SANS
	F2	23/05/2022	10,79	/	/	0,2	0,003	0,05	229	600	0,8	SANS	SANS	SANS
Sidi Aiche	F1	19/04/2022	1,53	/	/	0.16	0.39	0.059	2380	992	2,1	SANS	SANS	SANS
	F2	23/05/2022	5,84	/	/	0,17	0.39	0,001	2150	1300	2,1	Verdâtre	SANS	SANS
Oued ghir	F1	19/04/2022	0,033	/	/	0.11	0.151	0.12	1130	1052	0,4	SANS	SANS	SANS
	F2	23/05/2022	2,508	/	/	0,1	0,001	0,012	393	1000	0,4	SANS	SANS	SANS
Béjaia	F1	19/04/2022	2,57	/	/	0.09	0.047	0.003	381	304	0,4	SANS	SANS	SANS
	F2	23/05/2022	2,508	/	/	0,1	334	0,012	393	396	0,4	SANS	SANS	SANS

1.2 Les paramètres physiques :

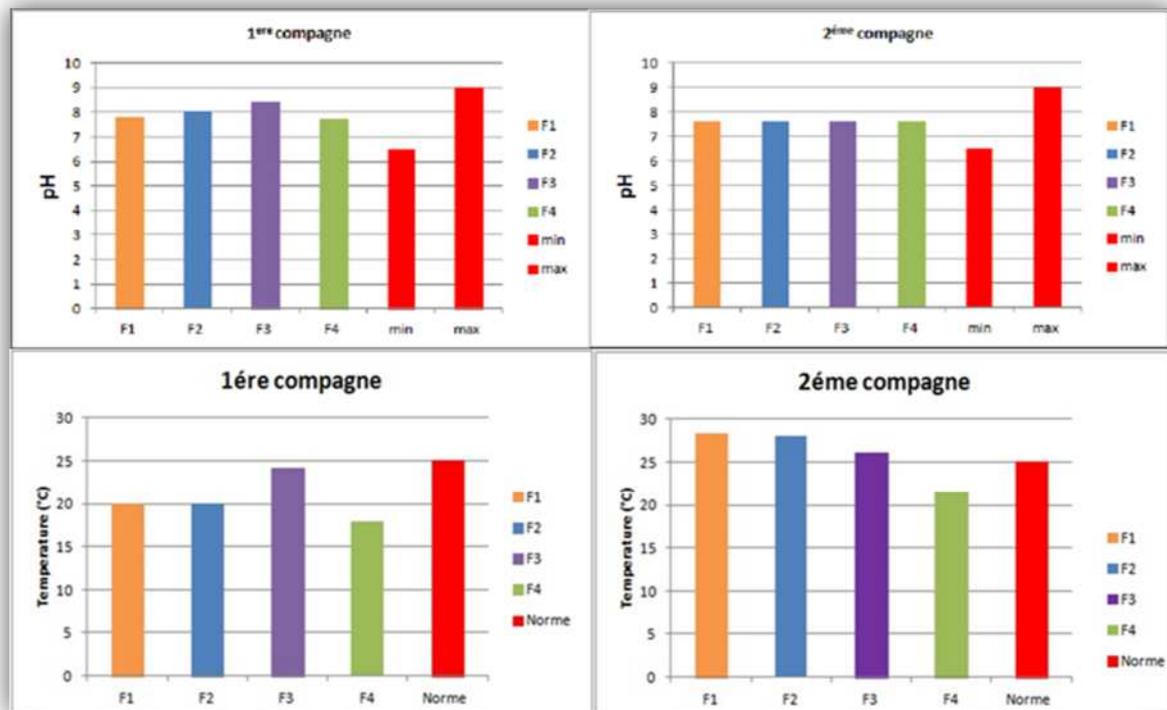


Figure 28 : Variation du potentiel hydrogène et la température des eaux souterraines enregistré durant la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne (2022).

Par comparaison des résultats obtenus présentés dans le tableau 17, et la figure 28 nous concluons que :

a. Le PH :

- La moyenne du PH enregistrée lors de l'année 2021 est légèrement alcalin dans toutes les stations de prélèvement.
- Les résultats réalisés de l'année 2022 montrent que le pH est presque neutre dans les deux campagnes ce qui montre que ce dernier répond aux normes (OMS2011).

b. La température :

La température varie d'une station (forage) à une autre et d'un prélèvement à un autre (1^{ère} campagne et 2^{ème} campagne) comme suit :

- La moyenne de la température enregistrée lors de l'année 2021 oscille entre 17.7 °C et 26.2 °C.
- La température varie entre 17.9 à 24.2 °C dans la 1^{ère} campagne 2022 et du 21.5 à 28.3 °C dans la 2^{ème} campagne 2022.

- Nous remarquons que la température dépasse la norme 25°C dans F1, F2 et F3 de la 2^{ème} campagne (Mai 2022), et cela est dû aux changements climatiques de la région. [67]

c. La conductivité électrique :

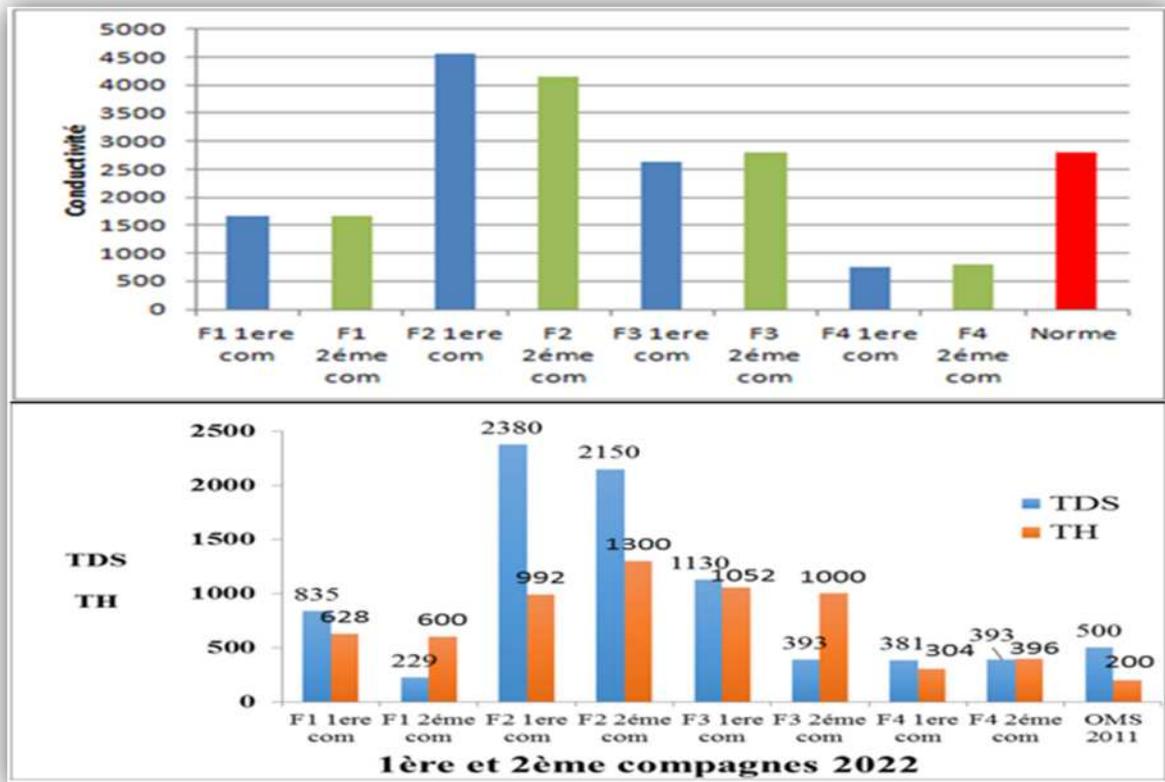


Figure 29 : Variation de la conductivité électrique, TDS et TH enregistrée durant la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne (2022).

Le tableau 17, et la figure 29 montrent que :

- La moyenne de la conductivité électrique enregistrée lors de l'année 2021 dépasse la norme dans F2.
- La conductivité des eaux analysées dans la 1^{ère} campagne oscillent entre 761 µS/cm et 4560 µS/cm, et pour la deuxième campagne entre 804 µS/cm et 4150 µS/cm.
- Nous remarquons que la conductivité dépasse la norme 2800 µS/cm dans F2 pour les deux campagnes, cela est dû à la minéralisation des eaux de la nappe assez marquée qui peuvent être le résultat du lessivage des sols. [11]

d. Le taux des solides dissous (TDS) :

- La moyenne de TDS enregistrée lors de l'année 2021 oscillent entre 341mg/l et 225 0mg/l.

- Le taux des solide dissous varie entre 304 mg/l et 1052mg/l dans la première campagne (avril 2022), et pour la deuxième campagne entre 229 mg/l et 2150 mg/l.
- La valeur de TDS est très élevée et dépasse la norme à F3 dans la première campagne (avril2022) et F2 dans la deuxième campagne (mai 2022), cela est dû à la richesse de cette eau en cations et en anions. [7]

e. La turbidité :

- La moyenne de la turbidité enregistrée lors de l’année 2021 est conforme à la norme OMS dans F1, F2, F4 et dépasse la norme dans F3.
- La turbidité des eaux analysées dans la 1^{ère} campagne oscille entre 0.216 NTU est 1.46 NTU.
- Pour la 2^{ème} campagne, il y a une légère différence dans les résultats par rapport à la 1^{ère} campagne.
- La valeur élevée dans F2 de la 2^{ème} campagne pourrait être expliquées par la présence de matières en suspension ainsi que de matières non dissoutes. [41]

f. La salinité :

Les résultats des analyses montrent des faibles concentrations, et la diminution de la salinité reflète une faible présence des ions.

1.3 Les paramètres chimiques :

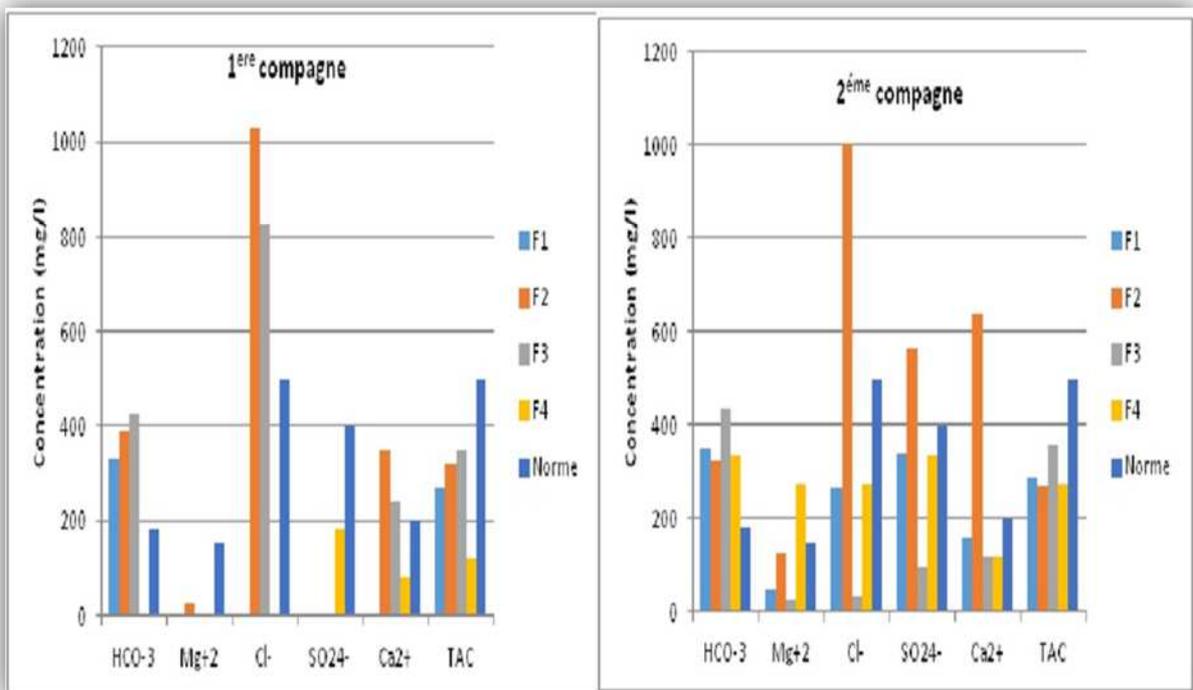


Figure 30 : Variation des analyses chimiques enregistrée lors de la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne 2022.

Selon le tableau 17, et les graphes présentés ci-dessus :

1. Elements majeure (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-)

a. Les chlorures :

- Les teneurs des chlorures enregistrés lors de l'année 2021 varient entre 49.275mg/l et 1383.75 mg/l, alors que lors de la 1^{ère} campagne (avril 2022) est plus élevé (1003mg/l) par rapport à la teneur enregistrée lors de la 2^{ème} campagne (35mg/l), dépassent la norme 250mg/l.
- Cette augmentation pourrait être attribuée à une pollution anthropique vue la présence d'activités humaines importantes dans le secteur où se trouve cette eau. [7]

b. Magnésium :

- La concentration de magnésium enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 19.39 mg/l et 90.09 mg/l.
- Les valeurs de magnésium lors de la première campagne (avril 2022) sont très faible 23,96mg/l par rapport à la deuxième campagne (mai 2022) 274mg/l ou il y a une augmentation qui dépasse la norme au niveau de F4, Celle-ci peut provenir en général des formations dolomitiques ou par attaque de l'eau en présence de gaz carbonique et dissolution de magnésium dans les formations gypseuses. [14]

c. Les sulfates :

- La concentration moyenne des sulfates enregistrée lors de l'année 2021 oscillent entre 142.35mg/l et 392.81 mg/l.
- A la 1^{ère} campagne (avril 2022) nous avons enregistré une légère concentration de sulfate au niveau de F4.
- Lors de la deuxième campagne (mai 2022) nous avons enregistré une légère différence de concentrations des sulfates, qui dépasse la norme de 500 mg/l au niveau de F2, les concentrations élevées en sulfate peuvent être attribuées au rejets industriels, en particulier les effluents industriels textile pouvant engendrer plus de 970 mg/l en sulfate. [41]

d. Titre alcalimétrique complet (TAC) :

- La moyenne de TAC enregistrée lors de l'année 2021 oscille entre 28.6°F et 848 °F.
- Une forte concentration de TAC au niveau de F2, cette augmentation peut être due à des concentrations élevées des ions OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} qui sont dues à l'activité maximale des micro-organismes surtout les phytoplanctons (l'eutrophisation) comme les algues. [14]

- Le titre alcalimétrique complet pour les deux campagnes de 2022 (356 mg/l, 120 mg/l) ne dépasse pas la norme de 500 mg/l.

e. Calcium (Ca^{2+}) :

- La concentration moyenne du calcium enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 83.2 mg/l et 418 mg/l.
- La concentration minimale de calcium est de 82 mg/l enregistré au niveau de F4 de la première campagne (avril 2022) et la valeur maximale est de 640 mg/l enregistré au niveau de F2 de la deuxième campagne (mai 2022).
- Les concentrations élevées sont dues à la dissolution des roches gypseuses par simple lessivage, ou des roches calcaires par l'attaque par le CO_2 dissous (acide carbonique) dans l'eau. [68]

f. Bicarbonates (HCO_3^-) :

- La teneur moyenne des bicarbonates enregistrée lors de l'année 2021 oscille entre 269.62 mg/l et 1034.56 mg/l.
- La teneur de HCO_3^- enregistrée lors de la 2^{ème} campagne 434,3mg/l (mai 2022) est plus élevée par rapport à la valeur enregistrée lors de la 1^{ère} campagne 427mg/l (avril 2022) et qu'elles dépassent la norme de 180 mg/l.
- La forte concentration des bicarbonates est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire, dolomite, etc..) par des eaux chargées en gaz carbonique. [68]

g. Titre alcalimétrique simple (TA) :

- La valeur de TA est nulle ($\text{TA}=0$) pour les deux campagnes (2022).

h. La dureté totale TH :

- La moyenne de TH enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 45 mg/l et 1255mg/l.
- La figure 35 montre que la dureté totale dépasse la norme dans les échantillons F1, F2 et F3 au niveau de la première campagne (avril 2022) et dans les échantillons F1 et F2 au niveau de la deuxième campagne (mai 2022), ce qui indique dire que l'eau analysée à une concentration élevée de calcium et de magnésium. [68]

i. Les nitrates NO_3^- :

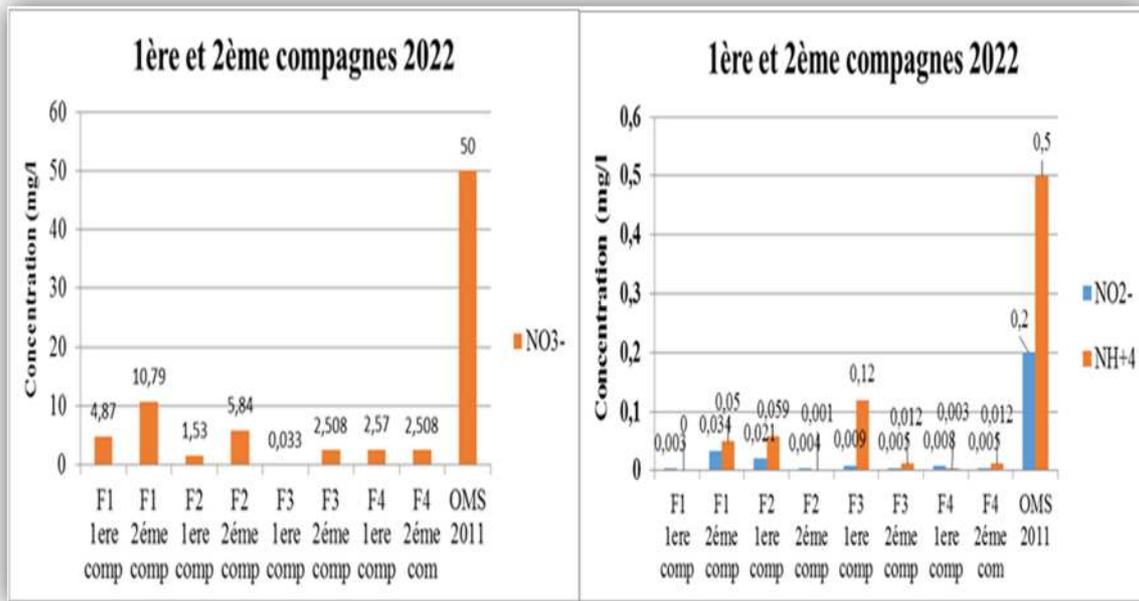


Figure 31 : Variation de NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+ enregistrée durant la 1^{ère} et la 2^{ème} Campagne 2022.

La figure 31 montre :

- La teneur moyenne de NO_3^- enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 0,27 mg/l et 7,99 mg/l.
- Toutes les concentrations de nitrates sont faibles (10,79mg/l, 5,84mg/l) dans les deux campagnes 2022.
- Les résultats obtenus sont conformes aux normes, et indique que cette eau n'est pas polluée par les nitrates.

j. Les nitrites NO_2^- :

- La concentration moyenne de NO_2^- enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 0,0055 mg/l et 0,032 mg/l.
- Les résultats des analyses des nitrites que nous avons obtenus dans les deux campagnes 2022 sont très faibles et elles sont conformes aux normes fixée par l'OMS (0,034mg/l, 0,021mg/l).

k. Sodium (Na^+) et potassium (K^+) :

- La teneur moyenne de sodium enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 220 mg/l et 577,5 mg/l pour les autres forages les analyses ne sont pas faite par manque de réactifs.
- La teneur moyenne de potassium enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 3,2 mg/l et 50 mg/l.

1. L'ammonium NH_4^+

- La teneur moyenne de l'ammonium enregistrée lors de l'année 2021 varie entre 0.39 mg/l et 0.2625 mg/l.

La figure 31 montre qu'après l'analyse que la concentration de l'ammonium pour les deux compagnes 2022 la valeur presque nulle, et elle est conforme aux normes fixées par l'OMS ce qui nous laisse dire que les eaux des quatre forages sont de bonne qualité.

1.4 Les métaux lourds :

Les résultats des analyses de caractérisation des eaux de la vallée de Soummam par l'utilisation de technique d'analyse SAA, sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : les concentrations des métaux lourds dans les eaux souterraines.

Nom de l'échantillon	Les concentrations (mg/l)					
	Cd	Fe	Zn	Pb	Cu	Mn
F1. 1ere com	<0,002	0,4234	0,0775	1,0244	0,2358	0.001
F2. 1ere com	<0,002	0,3933	0,1125	0,9877	0,2114	0.39
F3.1ere com	<0,001	0,3975	0,267	1,005	0,2125	0.151
F4.1ere com	<0,002	5,2419	0,0519	1,0274	0,2088	0.047
F1. 2ème com	<0,002	0,3831	0,0731	1,0591	0,2103	0.003
F1.2ème com	<0,002	0,3304	0,1584	1,0482	0,203	/
F1.2ème com	<0,002	0,4053	0,0879	1,0257	0,2073	0.001
F1.2ème com	<0,002	0,3486	0,0402	1,032	0,3535	0,334
Norme OMS	0.003	/	3	0.01	2	0.4

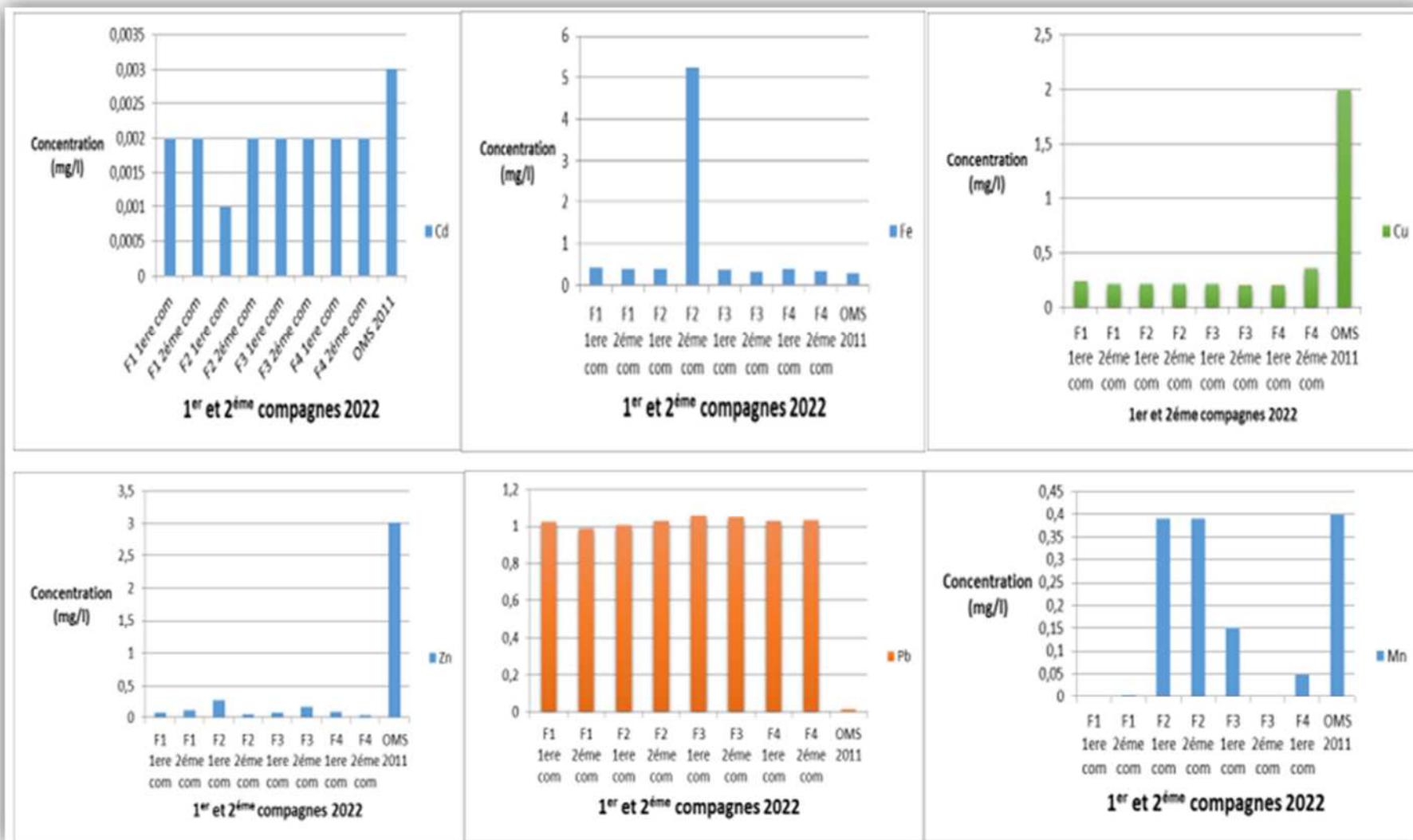


Figure 32: variation de Fe, Cd, Pb, Mn, Zn, Cu enregistrée durant la 1^{ère} et la 2^{ème} Campagne 2022.

Les résultats obtenus des analyses illustrés dans le **tableau 18** et la figure 32 montrent que :

a. Cadmium (Cd) :

- Les eaux des forages 1,2,3,4 des deux compagnes ont une concentration qui ne dépasse pas la norme OMS qui est de l'ordre 0.003 mg/l.

b. Fer (Fe) :

- Les valeurs de concentration en fer varient d'une station à l'autre ces valeurs dépassent largement la norme algérienne 0.3 mg/l dans F1 et F4 de la première compagne 2022, et dans F3 de la deuxième compagne 2022.
- La concentration la plus élevée enregistrée dans F4 durant la 1^{ère} compagne et la valeur la plus basse enregistré dans l'échantillon F3 durant la 2^{ème} compagne, elle dépasse largement la norme citée précédemment.
- Les valeurs élevées du fer sont probablement liées à la fonte brute ou ductile qui est fréquemment utilisé dans les réseaux de distribution d'eau et sa corrosion pose un problème. [66]

c. Zinc (Zn) :

- Les concentrations en zinc des eaux des forages des deux compagnes ne dépassent pas la norme de l'OMS qui est de l'ordre 3mg/l.
- La concentration de zinc dans la première compagne diminue (de 0.267 mg/l à 0.0519 mg/l) et dans la deuxième compagne (de 0.1584 mg/l a 0.0402 mg/l) qui explique que l'eau n'est pas contaminée par le zinc.

d. Le plomb (Pb) :

- Les concentrations en plomb varient d'un forage à un autre et dépassent la norme fixée par l'OMS des eaux 0.01 mg/l.
- La concentration la plus élevée est enregistrée au niveau de F1 durant la 1^{ère} compagne.
- La solubilité de sels de plomb est apparemment résultant de la corrosion du plomb (dissolution du plomb) les conduites en plomb qui sont encore fréquentes dans les anciennes habitations. Des soudures au plomb, qui ont été largement utilisées pour les jonctions entre les conduites en cuivre et la robinetterie en laiton, peuvent contenir des quantités substantielles de plomb. [66]

e. Cuivre (Cu) :

- Les teneurs en cuivre rependent à la norme fixée par l’OMS qui est de l’ordre de 2 mg/l.
- La teneur la plus élevée est enregistrée au niveau de F4 de la deuxième compagne qui est de 0.3535mg/l.
- La teneur la plus basse est enregistrée dans F2 durant la 2^{ème} compagne, cela veut dire que l’eau des quatre forages n’est pas chargée en cuivre.

f. Le manganèse (Mn) :

Selon les résultats des analyses que nous avons enregistrés en 2022, sont de faibles concentrations dans les deux compagnes et une augmentation significative dans la deuxième compagne au niveau de F4 de la 2^{ème} compagne qui dépasse la norme la norme fixée par l’OMS 0.4mg/l.

- Cette augmentation se produit lors de la stratification thermique estivale et de renouvellement des eaux en automne. [65]

2. Les eaux superficielles :**Tableau 20 :** Résultats d’analyse des eaux de surface 2022 :

Paramètre analysé	Unité	S1		S2		S3		S4	
		1 ^{ère} Compagne	2 ^{ème} Compagne						
Conductivité	(ms/cm)	3,08	6,225	2,975	2,95	2,95	3,125	6,145	13,655
pH		8,095	7,77	8,09	8,295	8,185	8,545	8,465	7,585
T	(°C)	25	25,5	23	26,5	26	27	27	27
DBO ₅	(mg/l)	66,36	99,05	50,12	75,72	74,21	85,16	173,9	141,6
NO ₂ ⁻	(mg/l)	0,755	1,73	0,525	0,34	0,42	0,395	0,715	0,6175
PO ₄ ⁻²	(mg/l)	0,0465	0,1735	0,16	0,067	0,063	0,0385	0,074	0,0955
NH ₄ ⁺	(mg/l)	1,1065	0,2	1,19	0,925	1,1	0,825	1,5	1,125

2.1 Les paramètres physiques :

Tableau 21 : Grille de la qualité des eaux superficielle de l'ANRH pour la TC°, le pH (ABH, 2009) et CE (ABH, 2012)

Paramètres	Unités	C I	C II	C III	C IV	C V
		Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Température	°C	<20	20-25	25-30	30-35	<35
Potentiel hydrogène		6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	5,5 – 6,5 ou 8,5 – 9	< 5,5 ou > 9	-
Conductivité électrique	µs/cm	180- 2500	120- 3000	60-3500	0-4000	>4000

Tableau 22 : Résultats de la classification des eaux de surface 2022.

Stations Paramètres	S1		S2		S3		S4	
	1 ^{ère} Compagne	2 ^{ème} Compagne						
Classe de température	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Classe de PH	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Passable	Bonne	Bonne
Classe de CE	Passable	Très Mauvaise	Moyenne	Passable	Très mauvaise	passable	Très mauvaise	moyenne

Selon la grille, nous concluons que la température de l'eau de superficielle de l'oued Soummam est comme suit :

1) **La température :**

- **Bonne** dans la station d'Akbou et Sidi Aiche durant la première compagne du mois d'Avril ;
- **Moyenne** dans le reste des stations pendant les deux compagnes.

Donc l'eau des stations étudiées est inférieur de 30 °C à l'intervalle de la **classe 3**, donc de **moyenne** qualité.

2) **Le potentiel Hydrogène :**

- L'eau superficielle des 4 stations est de **bonne** qualité.

Toutes les valeurs sont aux alentours de 6,5 et 8,5 à l'intervalle de la **classe CI**.

3) La conductivité électrique :

- **Moyenne** à sidi Aiche, et à Oued Ghir durant la première campagne.
- **Passable** à Akbou durant la première campagne, et à Oued Ghir pendant la deuxième campagne.
- **Très mauvaise** à Béjaia, et à Akbou durant la deuxième campagne.

2.2 Indice de Pollution Organique :

Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps, la méthode de traitement de données est basée sur l'indice de pollution organique IPO. [61]

L'indice de pollution organique a été proposé en 1986 [17] et est utilisé depuis 1996. Il se base sur 3 paramètres résultants des pollutions organiques : l'azote ammoniacal (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-) et les orthophosphates (PO_4^{2-}) et un paramètre synthétique : la DBO5.

La classification des paramètres organiques se fait selon cinq classes de qualité correspondant aux couleurs standards, le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en, cinq classes, puis de déterminer à partir de ses propres mesures, le numéro de classes correspondant pour chaque paramètre puis d'en faire la moyenne. Cette méthode permet d'obtenir cinq niveaux d'altération. Les paramètres qui reflètent ce type de pollution sont : DBO5- ammonium- nitrites- phosphates. [41]

L'IPO permet donc de rendre compte de manière synthétique de la pollution organique existante aux points de prélèvements. [61]

Tableau 23 : Intervalle des classes des paramètres de pollution organique.

Paramètres Classes	DBO5 (Mg-O2/L)	AmmoniumNH4 (mg-N/L)	Nitrite ($\mu\text{g-N/L}$)	Phosphates ($\mu\text{g-P/L}$)
5	< 2	<0.1	5	15
4	2 – 5	0.1 – 0.9	6 – 10	16-75
3	5.1 – 10	1 – 2.4	11 – 50	76 – 250
2	10.1 – 15	2.5 – 6.0	51 – 150	251 – 900
1	>15	> 6	> 150	> 900

Tableau 24 : Grille de degré d'indice de pollution organique.

Indice de pollution organique	Pollution organique Nulle	Pollution organique Faible	Pollution organique Modérée	Pollution organique Forte	Pollution organique Très Forte
I.P.O	5.0 – 4.6	4.5 – 4.0	3.9 – 3.0	2.9 – 2.0	1.9 – 1.0

❖ **Principe :**

- Pour classer les résultats on fait la somme de chaque paramètre des deux compagnes pour les quatre points de prélèvement ;
- Puis les classer selon le **Tableau 25** comme suit :

Tableau 25 : Classes des paramètres de pollution organique des stations étudiées.

Stations	S1	S2	S3	S4
Classes des Paramètres				
DBO ₅ (Mg-O ₂ /L)	1	1	1	1
AmmoniumNH ₄ ⁺ (mg-N/L)	3	3	3	2
Nitrite (µg-N/L)	5	5	5	5
Phosphates (µg-P/L)	5	5	5	5

- On calcule la valeur de l'IPO des classes de chaque station de prélèvement présentées dans le **tableau A** ;

$$IPO = \frac{\text{Classe du paramètre1} + \text{Classe du paramètre2} + \dots + \text{Classe du paramètre n}}{n \text{ (Nombre des paramètres)}}$$

- Puis classer la valeur IPO dans le **tableau 26**.

Tableau 26 : Degré d'indice de pollution organique des stations étudiées

	S1	S2	S3	S4
Degré d'indice de pollution organique	3,5	3,5	3,5	3,25
	Pollution organique Modérée	Pollution organique Modérée	Pollution organique Modérée	Pollution organique Modérée

L'évaluation de la pollution organique des 4 stations, indique clairement que les eaux la pollution est modérée.

2.3 Classification de la qualité des eaux superficielles selon ABH 2009 :

Cette classification repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles par paramètre.

Tableau 27 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH ,2009).

Classe Paramètres	Unité	Très bon	Bon	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
DBO5	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

Classe	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Qualité	Eau exempte de pollution	Eau de qualité Moindre Pouvant satisfaire tous les usages	Eau de qualité médiocre, suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée, inapte à la vie biologique	Eau très polluée inapte à tous les usages, pouvant constituer une menace pour la santé publique et l'environnement

Tableau 28 : Classification des résultats des eaux de surface 2022 selon ABH (2009).

Stations	S1		S2		S3		S4	
	1 ^{ère} Compagne	2 ^{ème} Compagne						
DBO ₅ (Mg-O ₂ /L)	Très mauvaise							
AmmoniumNH ⁺ ₄ (mg-N/L)	Très bon	Bon	Très bon					
Nitrite (µg-N/L)	Passable							
Phosphates (µg-P/L)	Très bon							

Le tableau 28 illustre les résultats obtenus, des quatre stations de prélèvement.

Nous remarquons dans le tableau ci-dessus concernant les quatre points de prélèvement de l'oued Soummam :

- **DBO5** : Les eaux superficielles sont de qualité très mauvaise, car l'oxygène présent dans l'eau est consommé intra-cellulairement par les bactéries aérobiques qui s'occupent de la décomposition biochimique de substrats organiques ce qui diminue la quantité d'oxygène dissoute dans l'eau. Ainsi, plus il y a de matière organique dans l'eau, plus la demande en oxygène augmente pour pouvoir effectuer la bio-décomposition. [62]
- **Ammonium NH⁺₄**: Selon les classes d'aptitude des eaux superficielles, les concentrations en azote ammoniacal révèlent une eau appartenant à une qualité bonne à très bonne durant les deux compagnes.
- **Nitrite NO₂⁻** : Les eaux superficielles sont de qualité passable.
- **Phosphates PO₄⁻²**: Les eaux contiennent des teneurs en phosphates allant de 0,0385 mg/l à 0,1735mg/l, traduisant ainsi des eaux de qualité très bonne.

3. Aptitude des eaux pour l'irrigation :

La salinisation peut entraîner des effets nocifs sur la qualité des eaux pour l'irrigation, l'excès en sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation et le sol. [63]

3.1 Risque du sodium pour l'eau d'irrigation :

L'existence d'une grande quantité d'ions de sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calciums et les magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (c-à-d. si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire). [63]

3.2 Qu'est-ce que le SAR ?

L'index utilisé est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. [41]

Le SAR est défini par l'équation suivante :
$$SAR = \frac{[Na^+ + K^+]}{\sqrt{[Ca^{2+} + Mg^{2+}]}}$$

3.3 L'aptitude des eaux superficielles de l'oued Soummam à l'irrigation :

L'aptitude des eaux pour leur utilisation en agriculture à partir de :

- La représentation graphique SAR (Sodium Absorption Ration) vs conductivité (**Fig. 41A**), montre que la totalité des échantillons sont situés dans la classe C4S1, qui représente les eaux de qualité médiocres, fortement minéralisées, d'une sodicité plus importante susceptibles de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés. [63]
- Le diagramme de Wilcox fondé sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en pourcentage (%Na⁺) (**Fig. 41B**), illustre cette caractérisation et montre que la totalité des eaux représentent une classe médiocre à mauvaise pour l'irrigation qui regroupe des eaux fortement minéralisées.

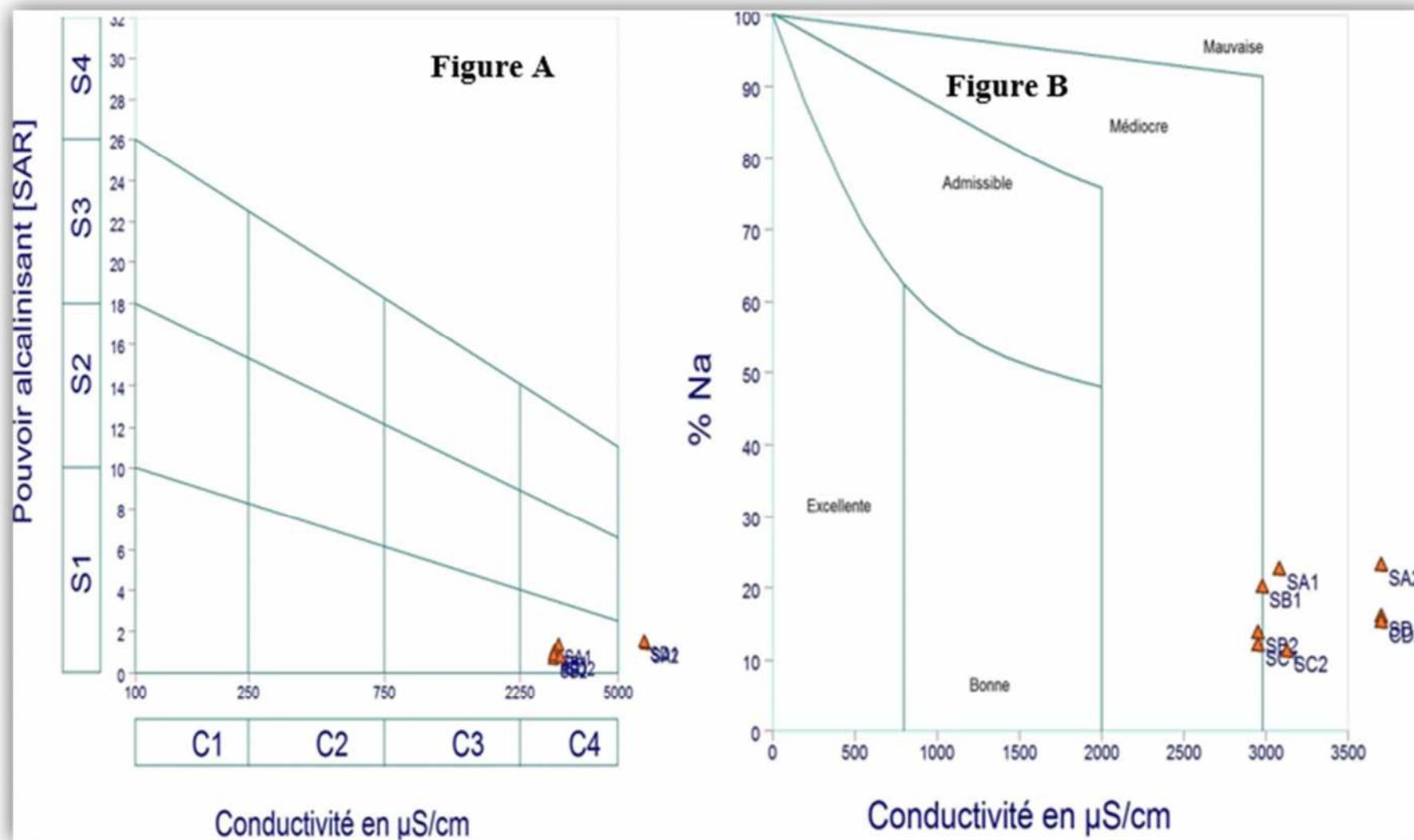


Figure 33 : Classification des eaux d'irrigation : A : Diagramme de Richards, B : Diagrammes de Wilcox.

Conclusion :

Selon les résultats des analyses effectuées sur les eaux des quatre stations de prélèvement montrent que :

- La plupart des paramètres sont conformes aux normes de potabilité fixée par l'OMS à l'exception :
 - ✓ La CE, dans F2 durant les deux campagnes.
 - ✓ La turbidité dans F2 dans la 2^{ème} campagne.
 - ✓ Le taux des solides dissous F3 durant la 1^{ère} campagne et dans 2 durant la 2^{ème} campagne.
 - ✓ HCO_3^- dans les quatre stations.
 - ✓ Cl^- dans F2 et F3 de la 1^{ère} campagne, dans F2 de la 2^{ème} campagne.
 - ✓ SO_4^- dans F2 de la 2^{ème} campagne.
 - ✓ Ca^{2+} dans F1, F2 et F3 de la 1^{ère} campagne, et dans F2 de la 2^{ème} campagne.
 - ✓ TH dans F1, F2 et F3 de la 1^{ère} campagne, et dans F1 et F2 de la 2^{ème} campagne.
 - ✓ Mn dans F4 de la 2^{ème} campagne.
 - ✓ FE dans F1 et F4 de la 1^{ère} campagne, et F3 de la 2^{ème} campagne.
 - ✓ Pb dans F1 de la 2^{ème} campagne.

Les eaux des forages cités ci-dessus sont toutes destinées à l'alimentation potable.

- Les différentes méthodes de caractérisation des eaux de surface (grille de l'ABH, IPO, l'aptitude à l'irrigation) confirment que la qualité des eaux de surface est médiocre.

Conclusion générale :

L'eau constitue un élément essentiel pour l'utilisation journalière (les usages domestiques, alimentation en eau potable, les usages agricoles, industriels, énergétiques...etc.).

L'étude menée au cours de ce travail est pour but de caractériser la qualité des eaux souterraines et de surface de la vallée de la Soummam, en utilisant une comparaison avec les normes de potabilité des eaux (paramètres physico-chimiques et métaux lourds) fixée par l'OMS, pour les eaux souterraines et plusieurs méthodes de caractérisation (grille ABH, IPO, aptitude pour l'irrigation), pour les eaux de surface.

Il en ressort que les résultats des analyses effectuées au niveau des quatre stations de prélèvement des eaux des forages et ceux de l'oued Soummam montre que :

- Les concentrations des paramètres analysés des eaux souterraines ont dépassé les concentrations maximales admissibles fixées par l'OMS pour la potabilité dans certains forages, mais ils sont destinés à la consommation humaine et ne présentent aucun risque.
- L'investigation à partir de l'évaluation de l'indice de pollution organique (IPO) fondé sur l'appréciation des concentrations des paramètres DBO5, nitrites et phosphates dans l'eau a montré que ces eaux représentent une pollution organique modérée.
- ✓ L'interprétation à partir de la méthode d'ABH évalue une qualité des eaux est très mauvaise pour la DBO5, une très bonne qualité pour l'ammonium et les phosphates, ainsi qu'une qualité moyenne des nitrites.
- ✓ La représentation graphique SAR (Sodium Absorption Ration) vs conductivité sur le diagramme de Wilcox et de Richards montre que les eaux sont de qualité médiocres, sensibles de satisfaire l'irrigation de certaines espèces bien accommodantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés mais avec un traitement distinctif, dans certains cas.

[63]

En perspective, pour résoudre le problème de la pollution de l'eau il serait intéressant de lancer une étude sur la pollution des eaux de la vallée de la Soummam (classifier les divers points de rejets des eaux non traités, évaluer les types de pollutions...) et un changement de comportement : transformation des mentalités, des tabous et des traditions de mauvaises habitudes de vie. Des mobilisations communautaire, éducation sanitaire. Des implantations adéquate des captages, amélioration des infrastructures, Sensibilisation et d'encouragement des reboisements.

Référence bibliographiques :

- [1] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-eau-potable-sont-etapes-traitement-eau-1124/>, 17/09/2022.
- [2] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-eau-potable-sont-etapes-traitement-eau-1124/>, 17/09/2022.
- [3],[49] KAHELESSENANE Mousaab, LASSOUED Abdeslam, 2020, Synthèse bibliographique sur la pollution au niveau de la basse et la moyenne vallée de la Soummam, Université Abderrahmane Mira de Bejaia.
- [4] IBRAHIM Fatima & BOUKENDOUL Nawal, 2015, Synthèse bibliographique l'impact de la pollution au niveau de la vallée de la Soummam, Université A. MIRA – Bejaia.
- [5],[48] DJENOUNE Kenza, Juin 2015. Impacts des activités industrielles sur la pollution inorganique sur la cote marine de Bejaïa via la Soummam ; Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia.
- [6] Bounab Samia 2007, Etat actuel des ressources en eau dans les wilayas d'Annaba- El Taraf essai de synthèse Bilan- Qualité- Perspective. Magister en géologie, option Hydrogéologie, Université d'Annaba.
- [7] Adjelane melkhir & Bourebaa Kamel ,2018 Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia cas du réservoir Egzib et réservoir central. Bejaia-Algérie Université A. MIRA – Bejaia.
- [8] CARDOT C. (1999). Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, Cours et problèmes résolus : génie de l'environnement. Ed Ellipses. 247p
- [9] HADEF D. et HASNI M. (2017). Chimie Pharmaceutique et Substances Naturelles Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane Région de Khemis-Miliana. 43p, université Djilali bounaama khemise miliana .
- [10] Chelli Meriem, Chetibi Nour Elhouda 2018, Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station kissir, Université Med –Seddik Ben Yahia – Jijel.
- [11],[45] Abdel louche El Amine, Kerouaz Moussa,2018, Problèmes liés à la présence des composés azotés et phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée de la Soummam, université Mohamad Sadik ben Yahya Jijel.
- [12] O. THOMAS, Métrologie des eaux résiduaires, Edition CEBE Dospol, 1995, 15/07/2022.
- [13] Brasilia, (2013). Manuel pratique d'analyse de l'eau.4ème édition. 54, 57, 63 p.

- [14] Graindorge, J. (2015)., GuidE des analyses de la qualité de l'eau. Edition groupe territorial CS 40215-38516, Voiron cedex. 136, 163, 164, 165 p.
- [15] Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Coll. (2009). L'analyse de l'eau. 9ieme édition dunod. 35,40,78p.
- [16] Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J-P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi L. (2005). L'analyse des eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8 ème édition Dunod, Paris.351 P.
- [17] Mihoubi, N. (2008). Fonctionnement et gestion hydrologique de ressources en eau du bassin de hammam grouz. Thèse de magister, université mentouri, Constantine. 52-57 P.
- [18] Vilaginés, R., (2000). Eau, environnement et santé publique, introduction à l'hydrologie. Edition technique et documentation 5, 15,166 p.
- [19] BARKAT Kenza 2016, Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun, Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- [20] G.P. MARTINEAU, Maladies d'élevage des porcs Manuel pratique, auteur, éditeur : France Agricole Editions, p479, 1997.
- [21] M. BERNARD, Cours de chimie minérale, 2ème édition DUNOD, Paris, France,1994.
- [22] P. GOUDET, A. KOWALSKI, Physique et chimie : 1er et terminale bac pro. Educagri Editions, p.288.
- [23] P. HARRY, A. CAUBET, G. DURAND, C. MATHIEU, j. MARIONNEAU, Y. MAURAS, P. ALLAIN -Intoxications aiguës par inhalation de chlorures de Zinc et d'aluminium (12 observations). J.Toxicol. Clin ,1989.
- [24] E. HOSOVSKI, A. VIAKOVIC, D.J. SUNDERIC, Kidney injuries due to inhalation of Copper dust and fumes- Abstracts 23 rd, International Congress on Occupational HealthMontréal, 1990.
- [25] W.E.H.O. Horak, A. Mentale, MP. Uschenreiter, article d'Environnement and ecological.
- [26] J. M. STELLMAN, Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, Volume 2, International Labour Organisation, pages 4838, 2000.
- [27] POTELON J. et ZYSMAN K. (1998). Le guide des analyses d'eau potables. Ed. La lettre du Cadre territoriale, paris France. 120p.
- [28] contrôle des paramètre physico-chimique et bactériologiques d'une eau de consommation, les chaines techniques du stage T7, formation continue en entreprise, centre de formation en matières de l'eau de Tizi-Ouzou.

- [29] P. PAGA, Distribution des contaminants métalliques en zones côtières, soumises à des apports d'eau d'assainissement, Master 2, Université de sud Toulon Val, p 63, 2009.
- [30] L. Sigg, W. Sturm, P. Behra, Chimie des milieux aquatiques. Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement. Edition MASSON, p391, Paris, France, 1992.
- [31] Gérard Miquel, M, Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Session ordinaire de 2000-2001 n° 261.senat.
- [32] This My Dung, H, Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/v er de terre / microflores tellurique. Thèse de doctorat université pris est (2009).
- [33] Viala A, Elément de toxicologie, éditeur Lavoisier. (1998).
- [34] Laffont, L, Fractionnement des isotopes stable de mercure bolivienne et dans les cheveux de populations humaines exposées. Thèse de doctorat université de Toulouse. (2009).
- [35] DEGREMONT. (2005). Mémento technique de l'eau. Tome I. 10eme édition. Lavoisier, Tec.
- [36] Abdelhamid SAOU, THÈSE Présentée le 07 Février 2013 Pour l'obtention du grade de DOCTEUR EN SCIENCES. Filière : Hydraulique, Option : Hydraulique générale. Université A. MIRA-BEJAIA.
- [37] Mohamed Mes bah, Ahcène Semar, January 2015. Etude des ressources en eau dans le bassin versant de la Soummam. Université of Science and Technologie Houari Boumediene, Ecole Nationale Supérieure Agronomique ; p103.
- [38] Halima/dalia/seddik, Mai 1985 Livre : La vallée de la basse Soummam (nord de l'Algérie) - diagnostic, évaluation et cartographie de la qualité des bandes refraines 2011.
- [39] BENHAMICHE, N. Modélisation de la relation pluie – relief en vue de la cartographie par Kriageage : cas de bassin versant de la Soummam. Thèse de magister : université d'INA El-Harrach. 158p.
- [40] AIS H, RABHI Kh, 2014 – 2015, Occupation et structuration du territoire, « le cas de la vallée de la Soummam ». Mémoire de Master. Université Abderrahmane Mira – Bejaia.
- [41] MOUNI Lotfi, 2004. Etude et caractérisation physico-chimique des rejets dans l'oued Soummam. Mémoire de magistère. Université Abderrahmane MIRA de Bejaïa
- [42] RAHMANI Souad & CHAIBI Samia, 27 / 09 / 2020. Suivi de la qualité physico-chimique des eaux de surface d'Oued Soummam, mémoire master université bouira.

- [43] BELLILI Karim 2014, Evaluation physico-chimique des sols de la région de la Soummam en vue de l'amélioration de leurs potentialités agro-pédologiques, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa.
- [44] Direction de la planification et de l'aménagement de territoire de Bejaia. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, Algérie, Résultats 2003.
- [46] Lotfi Mouni, Djoudi Merabet, Hamid Arkoub, Karim Moussaceb. Article de recherche, Sécheresse 2009 : Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie).
- [47] COYEN, BELLIER, Étude de la régulation de la Soummam, Bureau d'ingénieur PARIS, 1973.
- [50] Service vétérinaire de Bejaïa, annuaire statistique ,2006.
- [51] F. HAOUCHINE et F. ZEMOUCHE. 2004 Analyses physico-chimiques des eaux de l'oud Soummam, DEUA en contrôle de qualité et analyse des aliments, Université de Bejaia, p16-17.
- [52] Direction de la planification et de l'aménagement de territoire, annuaire statistique, résultats 2008.
- [53] Technologie des eaux résiduaires, production, collecte, traitement et analyse des eaux résiduaires, Edition Springer-verlag PARIS.
- [54] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Détermination du ph : méthode électro métrique, ma. 100 – ph 1.1, rév. 2, ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec, 2010, 11 p.
- [55] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, détermination de la conductivité : méthode électro métrique, ma. 115 – cond. 1.0, rév. 4, ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec, 2010, 8 p.
- [56] contrôle des paramètre physico-chimique et bactériologiques d'une eau de consommation, les chaines techniques du stage T7, formation continue en entreprise, centre de formation en matières de l'eau de Tizi-Ouzou.
- [57] protocole de contrôle de qualité des eaux de rejets de l'office ONA.
- [58] Frejsek., Analyse de l'eau : aspect réglementaire et technique, p358, édition crdp d'aquitaine France, (2002).
- [59] TALANTIKITE. M, 2012, Analyse physico-chimique et contrôle de la composition des eaux de purge traitées par flottation ; mémoire master ii en génie des procédés.
- [60] Siham ghanem, amraoui Sara ,2021, caractérisation des eaux de purge de la région transport centre de sonatrach (Bejaïa), université Bejaïa.

- [61] <http://environnement.wallonie.be/eew2000/eau/2eau22.htm>, 17 /09/2022
- [62] <https://www.merus.fr/dbo-demande-biologique-en-oxygene/>, 18/09/2022
- [63] Samia Bounab, Houria Bousnoubra, Abdelhamid Saou,2017, Typologie hydrogéochimiques des eaux souterraines de l'extrême Nord-Est Algérien (Annaba-El Taraf), Université Badji Mokhtar.
- [64]<https://www.lenntech.fr/applications/irrigation/sar/irrigation/sar-risque-pour-eau-irrigation.htm>, 20 /09/2022, <https://www.africmemoire.com/part.3-chap-i-generalite-sur-leau-775.html>, 20 /09/2022.
- [65]https://www.sigmaaldrich.com/DZ/fr/product/aldrich/463728?gclid=EAIaIQobChMI8Mugr76q-gIVFtmyCh1sjQvDEAAYASAAEgJmx_D_BwE&gclsrc=aw.ds, 17/08/2022
- [67] <https://www.lenntech.fr/francais/eaux-souterraines/proprietes.htm>, 17 /07/2022.
- [68] <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/du-8.htm>, 17 /07/2022.
- [69] Dahmana A., 2003. Caractérisation de la biodiversité dans la ripisylve de l'oued Soummam : cas de la végétation et des oiseaux. Mém. Magister, opt. Biologie de la conservation et écodéveloppement, univ. De Béjaia, 102p+annexes.

ANNEXES

Annexe I.

Tableau 1 : Table de dilution selon le type d'oxytop

Mesure DBO estimé (mg/l)	Volume d'échantillon (ml)	Factor dilution
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43,5	50

Tableau 2 : Valeurs typiques de DCO.

DCO (en mg/l)	Type d'eaux usées/substrat
5 ...20	eaux courantes
20 ...100	eaux usées communales après épuration biologique
300...1000	eaux usées communales non épurées
22 000	eaux d'infiltration de décharges

Annexe II

Le PH :

❖ Mode opératoire :

- ✓ Étalonner l'électrode dans une solution tampon pH=4, pH=7, pH=10.
- ✓ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon à analyser.
- ✓ Introduire l'électrode dans l'eau à analyser.
- ✓ Appuyer sur la touche « READ », attendre le signal sonore afin de lire la valeur indiquée.

La température :

❖ Mode opératoire :

La température a été mesurée in situ avec le multi paramètre de type (HANNA HI 9812-5), Il consiste à tremper la sonde dans le récipient contenant l'échantillon, laissé stabiliser un moment, puis noter les résultats.

La conductivité électrique

❖ Mode opératoire :

On allume l'appareil, puis en plongeant l'électrode dans l'échantillon, et laisser stabiliser pendant quelques secondes, on a noté les valeurs de la conductivité des échantillons.

La turbidité :

❖ Mode opératoire :

La turbidité a été mesurée avec un turbidimètre de type (HACH 2100N). Il consiste à remplir sa cuve avec l'échantillon, soigneusement agité, et faire la lecture en prenant la plus grande valeur.

Annexe III

Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-) :

❖ **Réactifs :**

- Acide chlorhydrique (HCL) concentré à 37% ;
- 2 gouttes de phénolphtaléine (indicateur) ;
- Méthyl orange (indicateur) ;

❖ **Mode opératoire TA :**

- 50 ml d'eau à analyser ;
- 2 gouttes de phénolphtaléine (indicateur) ;

(Si aucune coloration n'apparaît TA=0).

❖ **Mode opératoire TAC :**

- 50 ml d'eau à analyser ;
- 2 gouttes de méthyl orange (indicateur) ;
- Titrage avec HCL jusqu'à coloration jaune orangé.

❖ **Mesure et calcul du résultat :**

$$\text{HCO}_3^- = \frac{V_A \times N_A \times M(\text{HCO}_3^-) \times 1000}{PE} = V_A \times 0.01 \times 61 \times 1000$$

Détermination de la dureté calcique (Ca^{++}) :

❖ **Réactifs :**

- Solution E.D.T.A. (0.02 N) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 2N.

❖ **Mode opératoire Ca^{++} :**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml de d'hydroxyde de sodium NaOH ;
- Ajouter un indicateur de coloration MUREXIDE ;
- Titrer avec le E.D.T.A. jusqu'à l'apparition d'une couleur violette ;

❖ **Mesure et calcul du résultat :**

La teneur en calcium est exprimée en mg/l et donnée par l'équation :

$$\text{Ca}^{++} = \frac{V_1 \times \text{NEDTA} \times F \times M_{\text{Ca}^{++}} \times 100}{PE} = \frac{V_1 \times 0.02 \times F \times 40 \text{g} \times 1000}{50 \times 2}$$

Détermination de la dureté totale (TH) :

❖ Réactifs :

- Solution E.D.T.A. (0.002N) ;
- Tampon ammoniacal NH_4OH ;
- Un indicateur de coloration le NET.

❖ Mode opératoire : TH

- Prendre 50ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 0.8ml de tampon ammoniacal ;
- Ajouter un indicateur de coloration le NET ;
- Titrer avec le E.D.T.A. jusqu'à l'apparition d'un couleur bleu.

❖ Mesure et calcul du résultat :

Le résultat est exprimé en mg/l CaCO_3 , donné par l'équation suivante :

$$\text{TH} = \frac{V1 \times \text{NEDTA} \times F \times \text{M}_{\text{CaCO}_3} \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V1 \times 0.002 \times F \times 100 \text{g} \times 1000}{50 \times 2}$$

Détermination des chlorures (Cl^-) :

❖ Réactifs :

- Solution de nitrate d'argent à 0.01N ;
- Indicateur coloré K_2CrO_4 a 10% ;

❖ Mode opératoire :

- Prendre 5 ml d'eau a analyses ;
- Ajouter 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre) ;
- Titrer avec AgNO_3 a 0.01 N jusqu'à coloration brunâtre.

Mesure et calcul du résultat :

$$\text{Cl}^- = \frac{V(\text{AgNO}_3) \times N(\text{AgNO}_3) \times \text{M}_{\text{Cl}}}{\text{PE}} = \frac{V(\text{AgNO}_3) \times 0.01 \times 35.5 \times F \times 1000}{5}$$

Détermination des sulfates (SO_4^{2-}) :

❖ Réactifs :

- Solution stabilisante ;
- Solution de chlorure de baryum ;

❖ Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante ;
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ;

- Agiter énergiquement pendant 1 mn ;
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420$ mn.

❖ **Mesure et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg /l de sulfates x le facteur de dilution.

Détermination du fer (Fe⁺⁺) :

❖ **Réactifs :**

- Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Tampon d'acétate ;
- Phénoltroline.

❖ **Mode opératoire :**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans une fiole de 100 ml ;
- Ajouter 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Ajouter 2 ml de phénoltroline ;
- Incubation pendant 15 min à l'abri de la lumière puis faire la lecture avec le spectrophotomètre.

❖ **Mesure et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg /l de fer.

Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

❖ **Matériaux et réactifs :**

- Têtes mesureurs (DBO senseurs) ;
- Ampoules de mesures marronnes ;
- Agitateurs magnétiques ;
- Pince ;
- Carcasse de gomme pour les goulots des ampoules ;
- Lentilles de NaOH ;
- Armoire thermostatique de température constante à 20°C ;
- Inhibiteur de la nitrification ;
- Récipients et pipettes de plusieurs mesures ;
- Eau distillée ;
- Tablettes de calibration pour les contrôles des systèmes OXITOP : D (+) glucose C₆H₁₂O₆ et acide L-glutamique C₅H₉NO₄.

❖ **Mode opératoire :**

Pour bien profiter de la carcasse de mesure, il faut sélectionner un volume d'échantillon Correspondante à la DBO qui on espère obtenir ;

- Nous avons nettoyé les ampoules et éclairci avec de l'eau distillée ;
- Nous avons éclairci l'ampoule de mesure marron avec l'eau résiduaire d'échantillon ;
- Nous avons ajouté une quantité de l'échantillon homogénéisée et un agitateur magnétique dans chaque ampoule.
- Nous avons posé une carcasse de gomme sur le goulot de l'ampoule.
- Nous avons ajouté avec la pince des lentilles de NaOH et rempli le bouchon jusqu'à la limite sans dépasser ;
- Nous avons fermé l'ampoule de mesure avec la tête du senseur DBO ;
- Nous avons colloqué les ampoules dans l'agitateur ;
- Nous avons introduit l'équipe d'agitation dans l'incubateur avec la température choisie par l'échantillon de DBO (20°C). Et nous avons connecté le câble du réseau à la prise intérieure de l'incubateur et appuyé sur l'interrupteur de courant interne ;
- Nous avons serré les boutons S et M à la fois pendant 2 secondes, pour recommencer l'oxytop ;

Après 5 jours (DBO₅), nous lisons les valeurs mémorisées.

b. Détermination de la Demande chimique en oxygène (DCO) :

❖ **Matériaux et réactifs :**

- Thermo réacteur
- Spectrophotomètre
- Pipette graduée
- Réactif DCO entrée (0-1500 ppm)
- Réactif DCO sortie (0-150 ppm)

❖ **Mode opératoire**

➤ **DCO entrée :**

- Agiter 500ml d'échantillon pendant 02min
- Tenir le tube incliné de réactif à 45°Prendre 02ml d'échantillon agite et pipeter le dans le tube de réactif
- Préparer un blanc en répétant les mêmes étapes, en remplaçant l'échantillon par de l'eau distillée.
- Mélanger et mettre les tubes dans le réacteur de DCO à 150°c pendant 02h

- Après refroidissement de 20 min ; Placer le blanc dans l'adaptateur et presser zéro.
- Placer le tube avec échantillon dans l'adaptateur et lire les résultats par spectrophotomètre avec une longueur d'onde 620nm

➤ **DCO sortie :**

- Agiter 500ml d'échantillon pendant 02min
- Tenir le tube incliné de réactif à 45°, Prendre 02ml d'échantillon agiter et pipeter le dans le tube de réactif.
- Préparer un blanc en répétant les mêmes étapes, en remplaçant l'échantillon par de l'eau distillée.
- Mélanger et mettre les tubes dans le réacteur de DCO à 150°C pendant 02h
- Après refroidissement de 20 min ; Placer le blanc dans l'adaptateur et presser zéro.
- Placer le tube avec échantillon dans l'adaptateur et lire les résultats par spectrophotomètre avec une longueur d'onde 420nm.

Détermination de Ortho phosphate PO₄³⁻ :

❖ **Matériaux et réactifs :**

- Spectrophotomètre ;
- Cuvettes ;
- Réactif PhosVer3.

❖ **Mode opératoire :**

Phosphate ortho (0 à 2.5mg/l PO₄³⁻)

- Entrer le numéro du programme mémorisé pour le phosphate.
- Presser 490READ/ENTER, l'affichage indique : REGLER nm à 890.
- Tourner le bouton de réglage de l'longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique : 890nm.
- Presser : READ/ENTER. L'affichage indique : mg/l PO₄³⁻ PV
- Remplir une cuvette propre avec 10ml d'eau distillé (le blanc).
- Remplir une autre cuvette avec 10ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'une dose de Vario Phos3 à la cuvette (Echantillon préparé).
- Presser : SHIFT TIMER. Une période de réaction de 15mn commence.
- Lorsque le minuteur sonne l'affichage indique : mg/L PO₄³⁻ PV ; Placer l'adaptateur de cuvette à 10mL dans le puits de mesure.

- Placer le blanc dans le puits de mesure ; fermer le capot. Presser ZERO. L'affichage indique : ATTENDRE puis 0.00 mg/L PO43- PV.
- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
- Presser : READ/ENTER. L'affichage indique : ATTENDRE ; puis le résultat en mg/L de PO₄³⁻ s'affiche.

Détermination de l'azote ammoniacal NH₄⁺ :

❖ Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 4 ml du réactif ;
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1H30.

Détermination des nitrites (NO₂⁻) :

❖ Réactifs :

- Réactif mixte.

❖ Mode opératoire :

- 50 ml d'eau à analyser ;
- 1 ml réactif mixte ;
- Incubation pendant 10 min puis faire la lecture.

❖ Mesure et calcul du résultat :

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l de nitrites

❖ Mesure et calcul du résultat :

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l d'ammonium.

Détermination des nitrates (NO₃⁻) :

❖ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toute les 24h) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium 30% ;
- H₂SO₄ concentré ;
- Tartrate double de sodium et de potassium.

❖ Mode opératoire :

- Prendre 10 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% ;
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ;
- Evaporer à sec ou au bain marie ou à l'étuve 75-88 °C ; puis laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄ laissé reposer 10 min ;

- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420 nm, le résultat est donné en mg /l.

❖ **Mesure et calcul du résultat :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO_3^- .

Annexe IV : Réactifs chimiques utilisés pour la préparation des étalons

➤ **Nitrates de plomb :**

Tableau I.1 Caractéristique du nitrate de plomb

Nom	Formule chimique	Marque	Masse molaire	Solubilité	Pureté
Nitrates de plomb	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	-	331,2 g/mol	Soluble	99%

➤ **Nitrates de cadmium :**

Tableau I.2 Caractéristique du nitrate de cadmium

Nom	Formule chimique	Marque	Masse molaire	Solubilité	Pureté
Nitrates de cadmium	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2, 4\text{H}_2\text{O}$	-	308,47	Soluble	98,5%

➤ **Nitrates de Zinc :**

Tableau I.3 Caractéristique du nitrate de zinc

Nom	Formule chimique	Marque	Masse molaire	Solubilité	Pureté
Nitrates de zinc	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2, 6\text{H}_2\text{O}$	-	297,48 g/mol	Soluble	98%

➤ **Nitrate de cuivre :**

Tableau I.4 Caractéristique du nitrate de cuivre

Nom	Formule chimique	Marque	Masse molaire	Solubilité	Pureté
Nitrates de cuivre	Cu (NO ₃) ₂ , 3H ₂ O	-	241,60 g/mol	Soluble	98%

➤ **Nitrate de fer :**

Tableau I.5 Caractéristique du nitrate de fer

Nom	Formule chimique	Marque	Masse molaire	Solubilité	Pureté
Nitrates de fer	Fe (NO ₃) ₃ , 3H ₂ O	-	241,86 g/mol	Soluble	98%

➤ **Préparation des étalons**

• **Étalon de cadmium**

Pour la masse de 1.3929 du solide Cd (NO₃)₂, 4H₂O il a été calculé comme suit :

- Données sont :

Cmassique = 1g/L, et de volume de 500mL :

3- On calcul la concentration molaire :

$C_{molaire} = C_{massique} / M_m$ (Masse molaire du Cd)

$C_{molaire} = 1(g/L) / 112,41$ (Cd g/mol)

$C_{molaire} = 0.008896$ mol/L

4- Calcul de la masse à prélever de Cd (NO₃)₂, 4H₂O

$n = m/M$ (Cd (NO₃)₂, 4H₂O) == $m = n * M$

$C_{molaire} = n/V$ == $n = C_{molaire} * V$

$m = C_{molaire} * V * M$ (Cd (NO₃)₂, 4H₂O)

$m = 0.008896 * 0.5 * 308,47$

$m = 1.3720g$

5- Prendre en considération la pureté qu'est de 98.5 % = 0.985

$m' = m/P$

$m' = 1.3720/0.985$

$m' = 1.3929$ g

- Préparation d'une solution fille en Cadmium, de concentration 10mg/L, et de volume de 100mL :

Dans une fiole jaugée de 100mL, on met 1mL de la solution mère à 1g/L et on complète le volume avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Tableau 1 : étalons de cadmium :

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[Cd (II)] mg/L	0.1	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	7
V _p (ml) (à partir de la solution fille)	0.1	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	7
Veau distillée (ml)	49.9	49.5	49	48.5	48	47	46	45	44	43

- **Etalon de zinc**

Pour la masse de 2.3214g du solide Zn (NO₃)₂, 6H₂O il a été calculé comme suit :

- Données sont :

Cmassique = 1g/L, et de volume de 500mL :

- 6- On calcul la concentration molaire :

$C_{molaire} = C_{massique} / M_m$ (Masse molaire du Zn)

$C_{molaire} = 1(g/L) / 65,38$ (Zn g/mol)

$C_{molaire} = 0.01529$ mol/L

- 7- Calcul de la masse à prélever de Zn (NO₃)₂, 6H₂O

$n = m/M$ (Zn(NO₃)₂, 6H₂O) == $m = n * M$

$C_{molaire} = n/V$ == $n = C_{molaire} * V$

$m = C_{molaire} * V * M$ (Zn (NO₃)₂, 6H₂O)

$m = 0.01529 * 0.5 * 297,48$

$m = 2.2750$ g

- 8- Prendre en considération la pureté qu'est de 98 % = 0.98

$m' = m/P$

$m' = 2.2750/0.98$

$m' = 2.3214$ g

- Préparation d'une solution fille en Zinc, de concentration 10mg/L, et de volume de 100mL :

Dans une fiole jaugée de 100mL, on met 1mL de la solution mère à 1g/L et on complète le volume avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Tableau 2 : étalons de zinc

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[Zn (II)] mg/L	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2	2.5	3
V _p (mL) (à partir de la solution fille)	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.5	2	2.5	3
Veau distillée (mL)	49.9	49.2	49.6	49.4	49.2	49	48.5	48	47.5	47

- **Etalon de cuivre**

Pour la masse de 2.3214g du solide Cu (NO₃)₂, 3H₂O il a été calculé comme suit :

- Données sont :

C_{massique} = 1g/L, et de volume de 500mL :

- 9- On calcul la concentration molaire :

$C_{molaire} = C_{massique} / M_m$ (Masse molaire du Cu)

$C_{molaire} = 1(g/L) / 63,546$ (Cu g/mol)

$C_{molaire} = 0.015736$ mol/L

- 10- Calcul de la masse à prélever de Cu (NO₃)₂, 3H₂O

$n = m/M$ (Cu (NO₃)₂, 3H₂O) === $m = n * M$

$C_{molaire} = n/V$ === $n = C_{molaire} * V$

$m = C_{molaire} * V * M$ (Cu(NO₃)₂, 3H₂O)

$m = 0.015736 * 0.5 * 241,60$

$m = 1.900$ g

- 11- Prendre en considération la pureté qu'est de 98 % = 0.98

$m' = m/P$

$m' = 1.900 / 0.98$

$$m' = 1.93978 \text{ g}$$

- Préparation d'une solution fille en Cuivre, de concentration 20mg/L, et de volume de 100mL :

Dans une fiole jaugée de 100mL, on met 2mL de la solution mère à 1g/L et on complète le volume avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Tableau 3 : étalons de cuivre

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Cu (II)] mg/L	1	2	3	3.5	4	5	6	7
V_p (ml) (à partir de la solution fille	1	2	3	3.5	4	5	6	7
Veau distillée (ml)	49	48	47	46.5	46	45	44	43

- **Etalon de fer**

Pour la masse de 2.20965g du solide Fe (NO₃)₃, 3H₂O il a été calculé comme suit :

- Données sont :

C_{massique} = 1g/L, et de volume de 500mL :

12- On calcul la concentration molaire :

$$C_{\text{molaire}} = C_{\text{massique}} / M_{\text{m}} \text{ (Masse molaire du Fe)}$$

$$C_{\text{molaire}} = 1(\text{g/L}) / 55,845(\text{Fe g/mol})$$

$$C_{\text{molaire}} = 0,017906706 \text{ mol/L}$$

13- Calcul de la masse à prélever de Fe (NO₃)₂, 3H₂O

$$n = m / M \text{ (Fe (NO}_3)_2, 3\text{H}_2\text{O)} \implies m = n * M$$

$$C_{\text{molaire}} = n / V \implies n = C_{\text{molaire}} * V$$

$$m = C_{\text{molaire}} * V * M \text{ (Fe (NO}_3)_2, 3\text{H}_2\text{O)}$$

$$m = 0,017906706 * 0,5 * 241,86$$

$$m = 2,16545 \text{ g}$$

14- Prendre en considération la pureté qu'est de 98 % = 0.98

$$m' = m / P$$

$$m' = 2,16545 / 0,98$$

$$m' = 2,20965 \text{ g}$$

- Préparation d'une solution fille en fer, de concentration 20mg/L, et de volume de 100mL :

Dans une fiole jaugée de 100mL, on met 2mL de la solution mère à 1g/L et on complète le volume avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Tableau 4 : étalons de fer

N°	1	2	3	4	5	6
fer (II)] mg/L	0.5	1	4	8	12	20
V_p (ml) (à partir de la solution fille	0.5	1	4	8	12	20
Veau distillée (ml)	49.5	49	46	42	38	30

- **Etalon de plomb :**

- ✓ Préparation d'une solution mère en Plomb, de concentration 1g/L, et de volume de 500 ml :

1. On dissout une quantité de 0.8073 de Pb (NO₃)₂ dans 500mL d'eau distillée dans une fiole jaugée de 500mL.
2. Pour la masse de 0.803 du solide Pb (NO₃)₂ il a été calculé comme suit :

Données sont :

Cmassique = 1g/L, et de volume de 500mL :

- 1) On calcul la concentration molaire :

$$C_{\text{molaire}} = \frac{C_{\text{massique}}}{M_{\text{m}}(\text{Masse molaire du Pb})}$$

$$C_{\text{molaire}} = 1(\text{g/L}) / 207.2 (\text{Pb g/mol})$$

$$C_{\text{molaire}} = 0.004826 \text{ mol/L}$$

- 2) Calcul de la masse à prélever de Pb(NO₃)₂ :

$$n = \frac{m}{M(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}$$

$$m = n \cdot M$$

$$C_{\text{molaire}} = \frac{n}{v}$$

$$n = C_{\text{molaire}} \cdot V$$

$$m = C_{\text{molaire}} \cdot V \cdot M (\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)$$

$$m = 0.004826 \cdot 0.5 \cdot 331.2$$

$$m = 0.7992277949 \text{ g}$$

3) Prendre en considération la pureté qu'est de 99 % = 0.99 :

$$m' = \frac{m}{P}$$

$$m' = \frac{0.7992277949}{0.99}$$

$$m' = 0.8073 \text{ g}$$

4) Préparation d'une solution fille en Plomb, de concentration 50mg/L, et de volume de 100ml : dans une fiole jaugée de 100mL, on met 5mL de la solution mère à 1g/L et on complète le volume avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Tableau 5 : étalons de plomb.

N°	1	2	3	4	5	6	7
Pb (II)] mg/L	2.5	5	10	12.5	15	15.5	20
V_p (mL) (à partir de la solution fille)	2.5	5	10	12.5	15	15.5	20
Veau distillée (mL)	47.5	45	40	37.5	35	34.5	30

Résumé :

Le bassin de la vallée de la Soummam, est le plus important des bassins du nord Algérien, il s'étend de la ville de Tazmalt à l'Ouest jusqu'à la ville de Bejaia à l'Est, sur une superficie de 973.16 Km².

Cette étude a pour but de caractériser et évaluer la qualité des eaux souterraines et de surface. Les résultats obtenus ont fait ressortir que :

- ✓ L'eau souterraine répond aux critères physico-chimiques de potabilité dictés par l'Organisation Mondiale de la Santé.
- ✓ Les eaux superficielles de l'oued sont de qualité :
 - Modérée selon les méthodes IPO et la classification de l'ABH.
 - Médiocre selon le diagramme de Wilcox et de Richards, et cela rend ses eaux vulnérables l'irrigation de certaines espèces bien accommodantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés mais avec un traitement distinctif, dans certains cas.

Abstract:

The basin of the Soummam valley, is the most important of the basins of northern Algeria, it extends from the city of Tazmalt in the west to the city of Bejaia in the east, over an area of 973.16 km².

This study aims to characterize and assess the quality of groundwater and surface water. The results obtained showed that:

- ✓ Groundwater meets the physico-chemical criteria of potability dictated by the World Health Organization.
- ✓ The surface waters of the wadi are of quality:
 - Moderate according to IPO methods and ABH classification.
 - Poor according to the diagram of Wilcox and Richards, and this makes its waters vulnerable to the irrigation of certain species well accommodating to salts and on well-drained and leached soils but with a distinctive treatment, in some cases.

ملخص:

يعتبر حوض وادي سومام أهم أحواض شمال الجزائر، ويمتد من مدينة تزلت غرباً إلى مدينة بجاية شرقاً على مساحة 973.16 كيلومتر مربع.

تهدف هذه الدراسة إلى توصيف وتقييم نوعية المياه الجوفية والسطحية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ما يلي:

- المياه الجوفية تلبي المعايير الفيزيائية والكيميائية لقابلية الشرب التي تملئها منظمة الصحة العالمية.
- المياه السطحية للوادي ذات نوعية جيدة:
- ✓ معتدل حسب طرق الاكتتاب وتصنيف ABH
- ✓ ضعيف وفقاً لمخطط ويلكوكس وريتشارد، وهذا يجعل مياهه عرضة لري بعض الأنواع التي تتكيف جيداً مع الأملاح وعلى تربة جيدة

التصريف والرشح ولكن مع معاملة مميزة، في بعض الحالات.

Mots clés : La vallée de la Soummam, bassin versant, qualité de l'eau, les eaux souterraines, les eaux de surface.

Key words: The Soummam valley, water shed, water quality, groundwater, surface water.

كلمات مفتاحية: وادي سومام ، مستجمعات المياه ، نوعية المياه ، المياه الجوفية ، المياه السطحية