



Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

De Licence professionnelle en :

Hydraulique

Thème :

Etude de caractérisation des eaux souterraines de la région Akbou wilaya de Bejaïa

Réalisé par :

GHASSOULI Mouloud

Encadré par :

- Djafer Khodja Hakim

Maitre de Conférences classe A (IT, Univ-
Bouira)

Soutenu devant le jury :

- Examineur : HAMZAOUI Sara

Maitre de conférences classe B

- Présidente de jury : BOUAKLINE Hayat

Maitre-assistant classe A

Année Universitaire : 2022 /2023

Dédicaces

A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence. Ces personnes qui nous ont aidés, soutenus sans réserve, aimé sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur.

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :

A MES CHERS PARENTS

Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être. Quisse Dieu, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A TOUS MES AMIS QUE J'AIME TANT.

A MES COLLEGUES DE MA PROMOTION (2023)

A ma deuxième famille dans ma période d'étude UGEL

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

MOULOUD .GHASSOULI

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie mon DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je tiens à présenter mes remerciements les plus sincères à mon Promoteur Messieurs Djaffer Khoudja Hakim pour ses précieux conseils Pour l'établissement de ce travail.

Je remercie également les membres de jury pour avoir accepté de jurer mon travail.

J'adresse aussi mes remerciements aux membres ou travailleurs de l'ADE de Bejaïa et Akbou, Mr Haddad Mohamed directeur de la subdivision hydraulique d'Akbou et aussi le directeur de la direction des ressources hydraulique pour tous les efforts fournis pour m'aider.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribués de près ou de loin, pour leurs soutiens moraux ou matériels, dans la réalisation de ce projet

Liste des figures

Figure 1 : Communes géré par l’ADE de Bejaïa (ADE.Béjaia)	3
Figure 2 : Siège de l’ADE d’Akbou.....	4
Figure 3 : Carte de situation géographique de la wilaya de Bejaia	9
Figure 4 : Situation géographique du bassin versant de la vallée de la Soummam BELLIL KARIM 2014.....	11
Figure 5 : Carte d’altitude de la wilaya de Bejaia	12
Figure 6 : Carte pluviométrique de l’Algérie (moyenne de la période 1986et 2005) ministère de l’agriculture et de développement rural INSID).....	13
Figure 7 : Histogramme des pluies Bejaia	14
Figure 8 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam.....	15
Figure 9 : Relation hydraulique nappe-oued d’après le jaugeage différentiel (Abdelhamid SAOU2013).....	16
Figure 10 : Carte géologique du bassin versant de la Soummam (source CNC).....	20
Figure 11 : Glacière utilisé pour le transport des échantillons.....	23
Figure 12 : Conductimètre.....	26
Figure 13 : pH-mètre de marque HANNA et multi paramètre de laboratoire	28
Figure 14 : Résultat du virage de Ca^{2+}	33
Figure 15 : Résultats du virage Cl^{-}	36
Figure 16 : Spectrophotomètre.....	37
Figure 17 : Photomètre d’mission de flamme	39
Figure 18 : Diagramme de PIPER.....	46
Figure 19 : Projection des échantillons sur le diagramme de PIPER.....	47
Figure 20 : Représentation des résultats selon le diagramme de scholler bercaloff	48
Figure 21 : Graphe des valeurs propres.....	51
Figure 22 : Projection des variables sur le plan factoriel 1_2	51
Figure 23 : Observation actives (axes F1et F2).....	52
Figure 24 : variables actives et les observations actives des deux axes.....	53
Figure 25 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) / Nombre de classes = 2	55
Figure 26 : Dendrogramme tronqué	56
Figure 27 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) / Nombre de classes = 3	56
Figure 28 : Dendrogramme de disimilarité par rapport à la classe	57
Figure 29 : Normes algériennes du ministre des ressources en eau (22 mars 2011).....	67

Figure 30 : Carte topographique de la région de la Soummam..... 68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Informations sur les coordonnées et la date de réalisations et mise en service des forages	23
Tableau 2 : Fiche technique des différents forages	24
Tableau 3 : Résultats mesure de température.....	26
Tableau 4 : Résultats de mesure de conductivité	27
Tableau 5 : Résultats de mesure de pH	28
Tableau 6 : Mesure de la turbidité.....	29
Tableau 7 : Résultats du TAC	30
Tableau 8 : Résultats de mesure Del 'alcalinité	31
Tableau 9 : Résultats de mesure de la dureté total (TH)	32
Tableau 10 : Résultats de mesure de calcium	34
Tableau 11 : Résultats de mesure de magnésium.....	35
Tableau 12 : Résultats de mesure des chlorures.....	36
Tableau 13 : Résultats de mesure des sulfures	38
Tableau 14 : Mesure de sodium Na+	39
Tableau 15 : Mesure de potassium.....	39
Tableau 16 : Résultats de mesure de nitrites	40
Tableau 17 : Résultats de mesure du Fer.....	41
Tableau 18 : Résultats de mesure des nitrates	42
Tableau 19 : Résultats de mesure d'ammonium	43
Tableau 20 : Résultats de calcul du bilan ionique	45
Tableau 21 : Représente les statistiques descriptives.....	50
Tableau 22 : Valeurs propres	50
Tableau 23 : Coordonnées des observations	52
Tableau 24 : Résultats par classe.....	55
Tableau 25 : Résultat par classe	57
Tableau 26 : Résultats par objet	58
Tableau 27 : Résultats de calcul de SAR	58
Tableau 28 : Classification des eaux destinées à l'irrigation, selon les valeurs de SAR et de la conductivité électrique	59
Tableau 29 : Résultats de calculs de (Na%).....	59
Tableau 30 : Résultat de calculs de (MAR)	60

Tableau 31 : Classification de l'eau par l'indice de perméabilité.	61
Tableau 32 : Résultats de calculs de l'indice de perméabilité.....	61

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux.

ACP : Analyse en composantes principales.

ACH : Classification Ascendante Hiérarchique.

Cl : Chlorures.

Ca²⁺ : Calcium.

°C : Degré Celsius.

Cond : Conductivité.

DRE : direction des ressources en eaux.

Fe²⁺ : fer.

HCO₃⁻ : Bicarbonate.

K⁺ : Potassium.

Km² : Kilomètre carré.

mg/l : Milligramme par litre.

Mm : Millimètre.

Mg²⁺ : Magnésium.

MAR : Radio d'adsorption de magnésium.

NTU : Unité Néphélométrie de turbidité.

NO₃⁻ : Nitrate.

Na⁺ : Sodium.

NH₄⁺ : Ammonium.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PH : potentiel Hydrogène.

SO₄²⁻ : Le Sulfate

SAR : Indice de risque de sodium.

TH : Titre Hydrométrique.

TA et TAC : Titre Alcalimétrique et Titre Alcalimétrique Complet.

T° : Température.

Sommaire

Dédicace	
Remercîment	
Liste des figures	
Liste des abréviations.....	
Sommaire	
Résumé	
Introduction générale.....	1

Chapitre I: présentation de l'organisme d'accueil

I.1. Introduction.....	2
I.2. Historique de l'organisme.....	2
I.3.Objectifs et les missions de L'ADE.....	2
I.4. Unité centrale de Bejaïa	2
I.5. Situation géographique de l'ADE d'Akbou.....	3
I.6. Organigramme de l'Algérienne des eaux (ADE) d'Akbou	4
I.8. Conclusion	7

Chapitre II: présentation de la zone d'étude.

II.1. Introduction	8
II.2. Situation géographique	8
II.2.1.Situation géographique de la wilaya de Bejaïa.....	8
II.2.2.Situation géographique du bassin versant de la Soummam	9
II.3.Demographie	11
II.4.Le relief.....	11
II.5. climat	12
II.6. pluviométrie.....	13
II.7.Température de l'air de la vallée de la Soummam	14

II.8.Situation hydrographique	14
II.9.Cadre géologique de la région de la Soummam	16
II.9.1 Trias	16
II.9.2 Jurassique.....	17
II.9.3 Crétacé	17
II.9.4 Miocène	18
II.9.5 Pliocène	19
II.9.6 L'oligocène	19
II.9.7 Quaternaire	19
II.10.Conclusion	20

Chapitre III: les analyses physicochimique et organoleptique des eaux souterraines.

III.1. Introduction	21
III.2. Site de prélèvement	21
III.3.Normes de qualité d'eau.....	21
III.4. Méthodologie	21
III.5.Echantillonnage.....	22
III.6. Mode de prélèvement.....	22
III.7. Transports des échantillons	22
III.8. Présentation des forages	23
III.9.Analyses physico-chimique et organoleptique des échantillons	24
III.9.1. Paramètres organoleptique	24
III.9.2.Paramètres physico-chimique	25
III.9.3. paramètres volumétrique	29
III.10. Conclusion :.....	44

Chapitre IV: les analyses statistiques multi variant

IV.1. Introduction.....	45
IV.2. Calcule du bilan ionique	45

IV.2.1. Interprétation	46
IV.3. Diagramme de PIPER	46
IV.4. Diagramme de scholler-berkaloff	47
IV.5. Modalisation.....	48
IV.5.1 .ACP.....	48
IV.5.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	53
IV.6.Calcul du taux d'adsorption du sodium (SAR)	58
IV.8. Classification de wilcox	59
IV.9. Radio d'adsorption de magnésium.....	60
IV.6. Conclusion	62
Conclusion générale	63
Références Bibliographiques.....	65
Annexe	67

Résumé

Ce travail qui a été réalisé au cours de la période de mon stage a un objectif principale qui est faire un diagnostic sur la qualité des eaux souterraines la région de Akbou.

A partir de six forages (2 forages) en arrêt à cause des problèmes administratifs , on a arrivé à faire des prélèvements pour déterminer un bilan d'analyse physico-chimiques des échantillons de la nappe exploitée dans cette région d'Akbou pour l'alimentation en eau potable et destinée à l'irrigation des terres agricoles.

Les eaux souterraines de la région d'étude, Ces résultats obtenus après les analyses nous montrent que l'eau de cette nappe a une bonne qualité par rapport aux normes OMS (les normes utiliser dans laboratoire de l'ADE). Et l'eau souterraine de la région d'étude est de qualité adapté pour l'irrigation.

En effet, les forages exploités dans cette région d'Akbou qui font partie à une seule nappe de bonne qualité pour la potabilisation et pour l'irrigation.

ملخص

هذا العمل، الذي تم تنفيذه خلال هذه الفترة، له هدف رئيسي وهو إجراء تشخيص لنوعية المياه الجوفية في منطقة أقبو.

من 6 آبار بئرین توقفا لأسباب ادارية ، تمكنا من أخذ عينات لتحديد التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه الجوفية المستغلة في هذه المنطقة من أقبو لتزويد مياه الشرب والمخصصة لري الأراضي الزراعية.

المياه الجوفية في منطقة الدراسة هذه، تظهر لنا هذه النتائج بعد التحليلات أن مياه هذا الخزان الجوفي ذات جودة جيدة مقارنة بمعايير منظمة الصحة العالمية (المعايير المستخدمة في مختبر ADE). وهذه المياه ذات جودة مناسبة

للاستهلاك البشري و للري.

وبالفعل، فإن الآبار المستغلة في هذه المنطقة (أقبو) والتي هي جزء من طبقة مياه جوفية واحدة تتمتع بنوعية مياه جيدة للاستهلاك البشري و للري.

Abstract

This work, which was carried out during this period, has a main objective which is to make a diagnosis of the quality of groundwater in Akbou region.

From 6 boreholes (2 boreholes) stopped, we managed to take samples to determine a physic-chemical analysis of the samples of the groundwater exploited in this region of Akbou for the supply of drinking water and intended for irrigation of agricultural land.

The groundwater of this study region, these results obtained after the analyzes show us that the water of this aquifer has a good quality compared to the WHO standards (the standards used in the ADE laboratory), because we find not a great difference between the latter and the results of analyses. And this water is of a quality suitable for irrigation.

Indeed, the boreholes exploited in this region of Akbou which are part of a single good quality aquifer for drinking water and irrigation.

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est un élément essentiel dans la vie de tout individu. Donc, sa maîtrise est assurer sa disponibilité en quantité suffisante et en qualité doivent être une des préoccupations d'une agglomération. . Le développement démographique, urbain et économique a conduit à une augmentation considérable des besoins en eau dont la majeure partie (62%) est utilisée pour l'agriculture ; la demande en eau potable et l'industrie présentent respectivement 35% et 3% de la consommation total.

La wilaya de Bejaïa fait partie des régions D'Algérie ou la dégradation du cadre de vie atteint des pics alarmants. Les ordures ménagers 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 Bejaïa se trouvent localisées dans la vallée de la Soummam ce qui provoque une pollution parce que l'oued de la Soummam est devenue dans les majorités des cas le récepteur des déchets.

Ce mémoire est devisé en quartes chapitres dans lesquels on essaie le maximum a expliquer notre travail qui est la caractérisation des eaux souterraines de la région d'Akbou (la Soummam wilaya de Bejaïa).

Le premier chapitre consiste sur présenté l'entreprise ou l'organisme dans lequel j'ai fait mon stage.

Dans le second chapitre on a arrivez à faire une présentation générale sue la zone d'étude, géologie, hydrogéologie, géographie.

Dans le troisième chapitre, on a basé sur les analyses physicochimiques et les interprétations des résultats, aussi la méthode de prélèvement et stockage (...).

Le dernier chapitre contient des informations très importantes on a représenté le deux diagramme PIPER et SCHOLER BERCKALOF avec le logiciel diagramme, et la modalisation (ACP, ACH) avec le logiciel XL STAT aussi on a calculé des différents paramètres pour faire l'aptitude à l'irrigation....

CHAPITRE I

PRESENTATION D'ORGANISME

D'ACCUEIL

Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil

I.1. Introduction

Ce chapitre montre une présentation générale de l'organisme d'accueil Algérienne des eaux de la direction générale de la wilaya de Bejaïa dans laquelle j'ai fait mon stage.

I.2. historique de l'organisme

L'Algérienne des Eaux abréviation «ADE» Est un établissement public national caractère industriel et commercial. Elle a été créée par le décret exécutif n° 01-101 du 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger. (Ministre des ressources en eaux 2018). Elle est régie en tant qu'administration vis-à-vis de l'état et en tant qu'entreprise vis-à-vis des tiers. (ADE 2013).

Dès sa création, l'ADE s'est appliquée à la mise en place de ses structures, à donner une impulsion à la gestion et à lever les préalables du transfert des établissements en charge de la distribution de l'eau (régionaux et de wilaya). (ADE 2013).

I.3 Les objectifs et les missions de L'ADE

La mission principale est la surveillance de la qualité de l'eau distribuée; ainsi que de faciliter toute action visant à économiser cette dernière, notamment par l'amélioration des réseaux de transfert et de distribution.

L'introduction de toute technique de préservation de l'eau, cet objectif sera atteint avec la mise en place de nouvelles technologies et le développement des moyens humains et matériels existants; la lutte contre le gaspillage grâce aux campagnes d'information, qui servent à sensibiliser les usagers quand à cette ressource qui tend à se raréfier.

L'ADE est chargé d'assurer sur tout le territoire national La gestion des opérations : (De production, transport, traitement, stockage, adduction, distribution, approvisionnement en eau potable et industrielle, renouvellement des infrastructures). (ADE 2013).

I.4. Unité centrale de Bejaïa

L'unité de Bejaïa est attachée structurellement a la zone de Sétif lié directement a l'agence nationale d'ALGER. Elle dirige tout le territoire de la wilaya par 09 centres : centre Bejaïa EST, centre Bejaïa OUEST, Tychy, aokas, secteur souk el thnine, Kharrat, El ksar,

Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil

secteur sidi aiche, secteur Akbou .ces derniers ayant la tache de suivi de qualité et de contrôle des eaux distribution (ADE 2013).

Durant mon stage j'ai fait les prélèvements à Akbou (zone de la vallée de la Soummam). Et j'ai fait les analyses dans l'unité centrale de Bejaia.

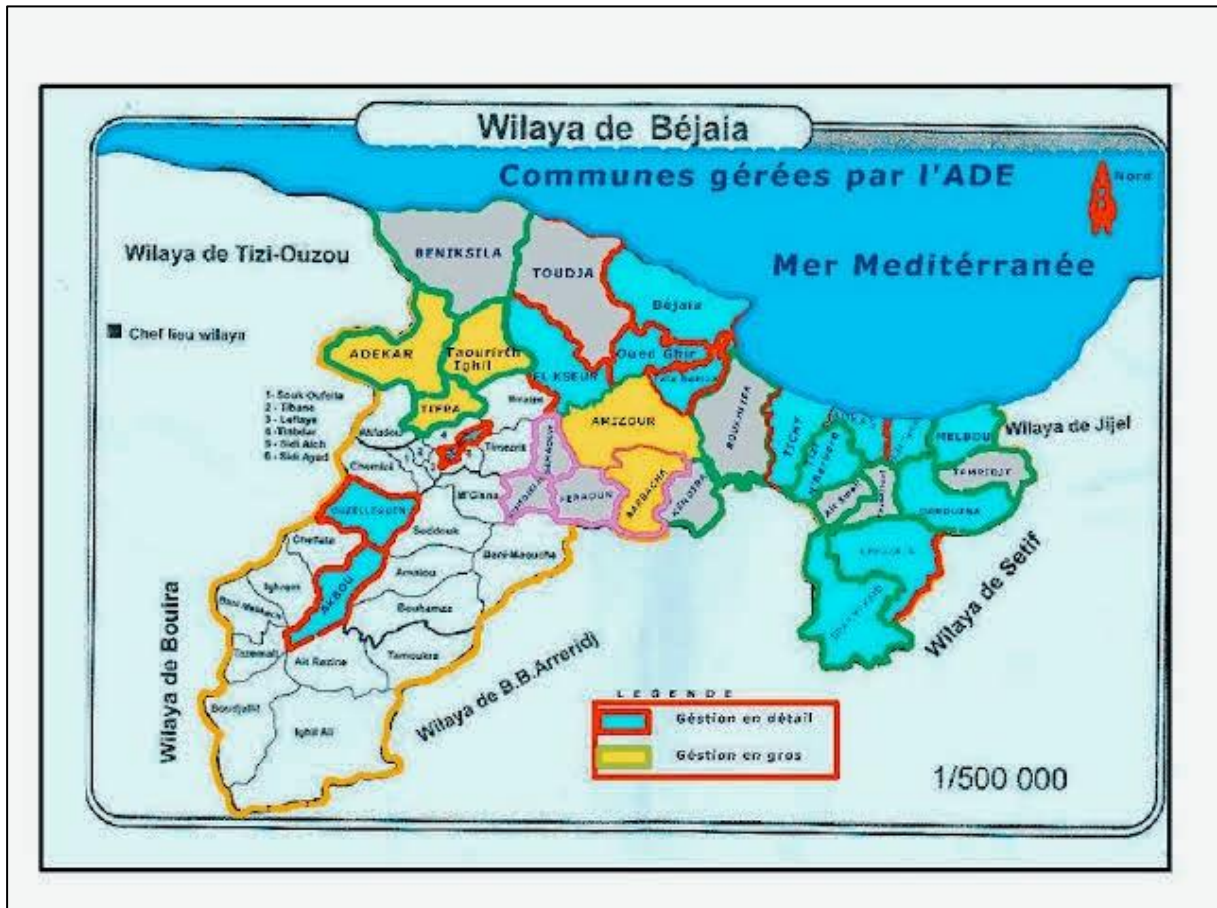


Figure 1 : Communes géré par l'ADE de Bejaïa (ADE.Béjaïa)

I.5. Situation géographique de l'ADE d'Akbou

L'algérienne des eaux est située au centre-ville d'Akbou à 20 mètres de la côte nord-est de la gare routière. Chef-lieu de commune et daïra d'Akbou dans la wilaya de Bejaia et dans le nord d'Algérie.

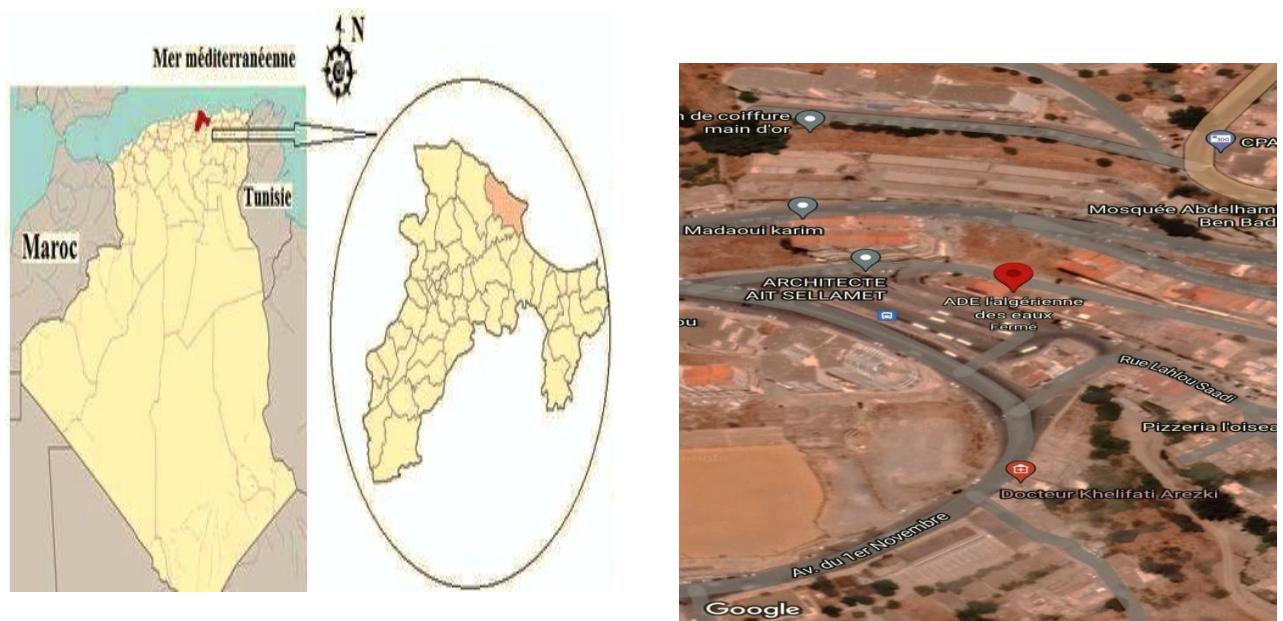


Figure 2 : Siège de l'ADE d'Akbou

I.6. Organigramme de l'Algérienne des eaux (ADE) d'Akbou

➤ **Commerciale :**

- La réception et le traitement des relevés périodique des abonnés ;
- Elaboration des facturations ;
- Suivi des créances des abonnés.

➤ **Exploitation :**

- La maintenance de l'équipement hydraulique (pompes, forages, puits...).
- Suivi de la consommation de chaque station.
- Réparation et maintenance de matériels.
- Assure la bonne qualité de l'eau.

➤ **Administration et moyens :**

- Gestion du matériels de chantier (matériels léger, engins, véhicules).
- Préparation du matériel et engins.
- Gestion des stocks.
- Suivi des consommations (carburant, pièces de réparation).

➤ **Service juridique et contentieux :**

- Le recouvrement des créances des abonnés récalcitrants.
- Réalisation des constats (agression sur conduites, matériels et équipements de l'ADE)

Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil

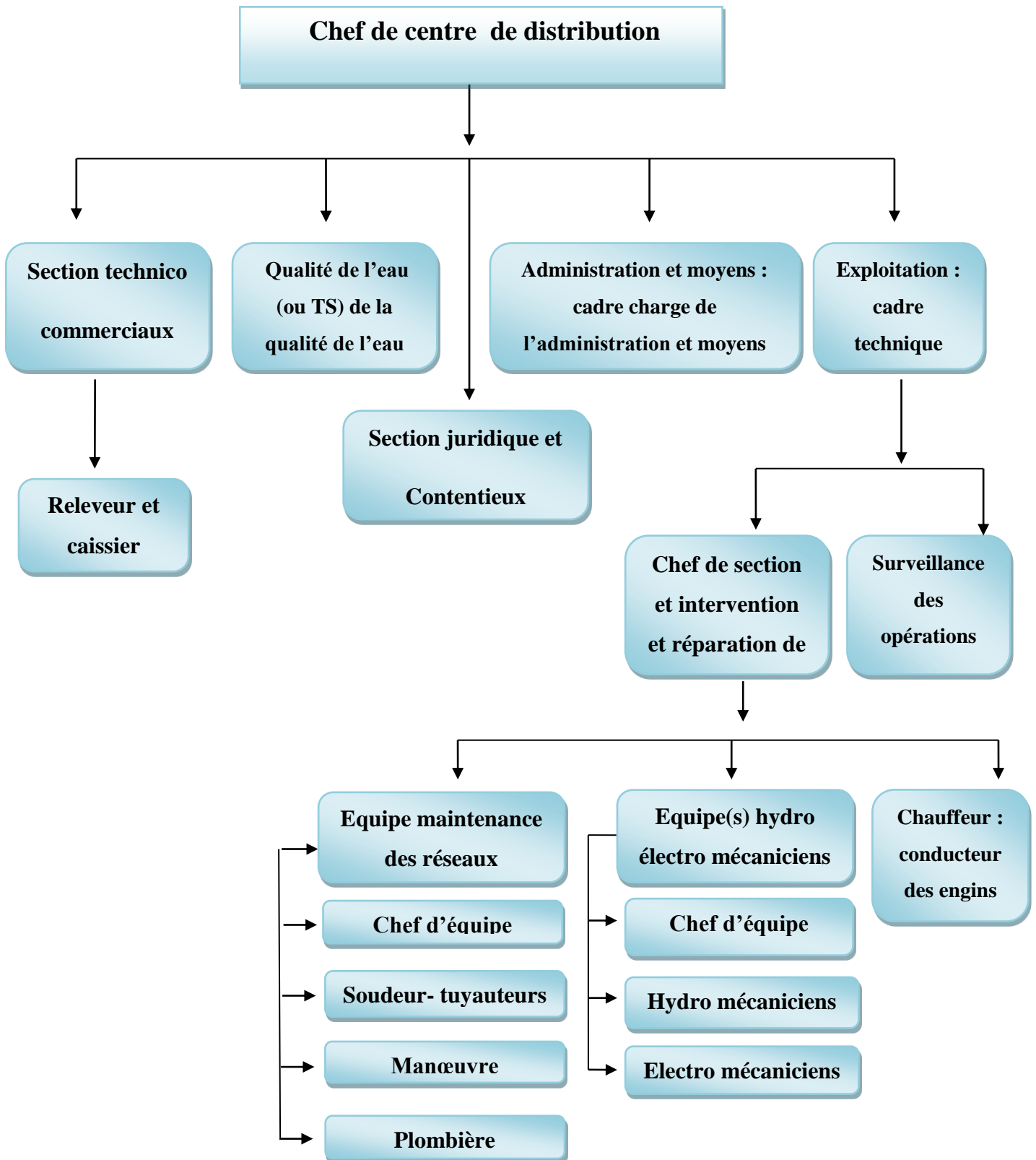
- Réalisation de constats (vols au niveau des infrastructures ADE, branchements illicites....).

Durant mon stage j'ai fait mes analyses dans l'laboratoire central de Bejaïa. Dans ce dernier on trouve cinq salles :

- Salle des analyses physico-chimique
- Salle des analyses bactériologique
- Salle de lavage et stérilisation
- Salle de stockage (réactifs, milieux de culture...).
- Salle de préparation et pesées de réactifs. (ADE 2013).

Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil

I.7. Organigramme d'organisme d'accueil



Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre on a présentés l'organisme dans lequel j'ai fait mon stage : algériennes des eaux « ADE », wilaya de Bejaïa .Ainsi on a pu voir les différentes missions et objectifs de ce dernier et ça situation géographique.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, Nous donnons la situation géographique du bassin versant de la Soummam (la vallée de la Soummam Akbou) de la wilaya de Bejaïa, ainsi que ces caractéristiques générales, l'aspect climatologique de la région, et un aperçu sur la géologie et l'hydrogéologie (BELLIL KARIM 2014).

La vallée de la Soummam est l'une des régions stratégiques d'Algérie, aux vocations (agricoles, touristiques et industrielles). 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 sociale de cette région (BELLIL KARIM 2014).

II.2. Situation géographique

II.2.1. Situation géographique de la wilaya de Bejaïa

Le bassin versant de la Soummam est situé dans la wilaya de Bejaïa. Donc avant de présenter la situation géographique de la vallée de la Soummam il faut présenter celle de la wilaya de Bejaïa.

La wilaya de Bejaïa est située à l'extrême centre est Algérienne. Elle est localisée entre 36°12'53'' et 36°53'52'' de latitude Nord et 4°21'02'' et 5°29'01'' de longitude Est, avec une superficie de 323.570ha. La wilaya de Bejaïa est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par la wilaya de Sétif et Bordj Bou Arreridj à l'Est par la wilaya de Jijel et à l'ouest par la wilaya de Bouira et Tizi Ouzou. (Azegagh A 2006).



Figure 3 : Carte de situation géographique de la wilaya de Bejaia

II.2.2.Situation géographique du bassin versant de la Soummam

La vallée de la Soummam, fait partie des plus grands bassins versants du nord Algérien, Elle se situe à environ 230Km à l'est d'Alger et administrativement appartient à la wilaya de Bejaïa, née du découpage de 1974. Elle s'étend de la ville de Taz malt à l'ouest jusqu'à la ville de Bejaïa à l'est. Sur une superficie de 973.16Km².

Elle forme un couloir étroit et très allongé, sur une longueur d'environ de 100 km et un largeur de quinzaine de Km selon les endroits. Elle est limitée au nord par la chaîne du Djurdjura, au sud par les montagnes de Bibans et babors, à l'est par la mer méditerranée, et à l'ouest par le plateau de Taz malt.

L'oued Soummam est 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 Taz malt, et de l'oued Bou sélam qui descend du plateau sétifien.il se jette dans la mer méditerranée a Bejaïa un cours de 80km environ orienté sud-ouest –nord Est.

Le bassin versant de l'oued Soummam est composé de plusieurs sous bassin versant, dont pour la wilaya de Bejaïa :

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

- Le sous bassin de l'oued sahel aval qui est nommé la vallée de la Soummam correspond au territoire des communes de taz malt, Akbou Beni mlikech et Ighrem.
- Le sous bassin de l'oued Soummam maritime : couvre principalement le territoire des communes de chellata , ouzellagen, chemin, akfadou, tifra, tinebdar, ti bane, sidi-aich , souk ou Fella , ilmathen leflaye , sidi ayad, El-ksar, oued Ghir, amalou, Sed Douk, sidi Saïd, timzrith, Sem Aoun, Feraoun, bar bacha, amizour, tala hamza.
- Le sous bassin de l'oued Bou Salem aval : correspond au territoire des communes de i Ghil Ali, ait rzine Tam okra et bouhemza, il abrite le barrage de tichihaf.
- Le sous bassin de l'oued Bou Salem moyen : correspond au territoire de la communes de béni maouche. (BELLIL KARIM 2014)

Cette figure représente la situation géographique du bassin versant de la Soummam

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.



Figure 4 : Situation géographique du bassin versant de la vallée de la Soummam BELLIL KARIM 2014.

II.3. Demographie

La wilaya de Bejaïa est une wilaya d'Algérie elle compte 902087habitants .la densité de population de la wilaya de Bejaïa est 276.6 habitants par km^2 .béjaia, Akbou et Amizour sont les plus grandes villes de la wilaya de Bejaïa parmi les 52 villes qui la compose (ADE 2013).

II.4. Le relief

Le relief de la wilaya de Bejaïa est caractérisé par une prédominance de montagnes avec des pentes excédant souvent les 25% et des altitudes variant entre le niveau de la mer et 1000 m dont 50% ne dépassent pas les 600 m. Elle est enserrée entre deux versants plus au moins abruptes et aux pieds des quels la plaine semble délimitée de part et d'autre de sa largeur par les deux axes routiers Bejaïa, Amizour. (Azegagh A 2006).

On peut distinguer trois ensembles de reliefs :

- L'ensemble montagneux : occupe 75% de la superficie totale de wilaya, il est constitué des chaines des Babors et du Djurjura.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

- L'ensemble des piémonts : d'une morphologie ondulée formé d'une succession de collines. Il apparait moins accidenté, et il constitue une situation intermédiaire entre la plaine et la montagne.
- L'ensemble des plaines : composé des plaines de la vallée de la Soummam qui apparait comme une bande sinueuse de 80 km de long sur une largeur maximale de 4 km et les plaines côtières qui séparent la mer de la chaîne des Babors. Elles se présentent comme une bande étroite qui s'étende de l'embouchure d'oued Soummam à celui d'oued Agrion soit une trentaine de kilomètres (Messarfi L 2018).

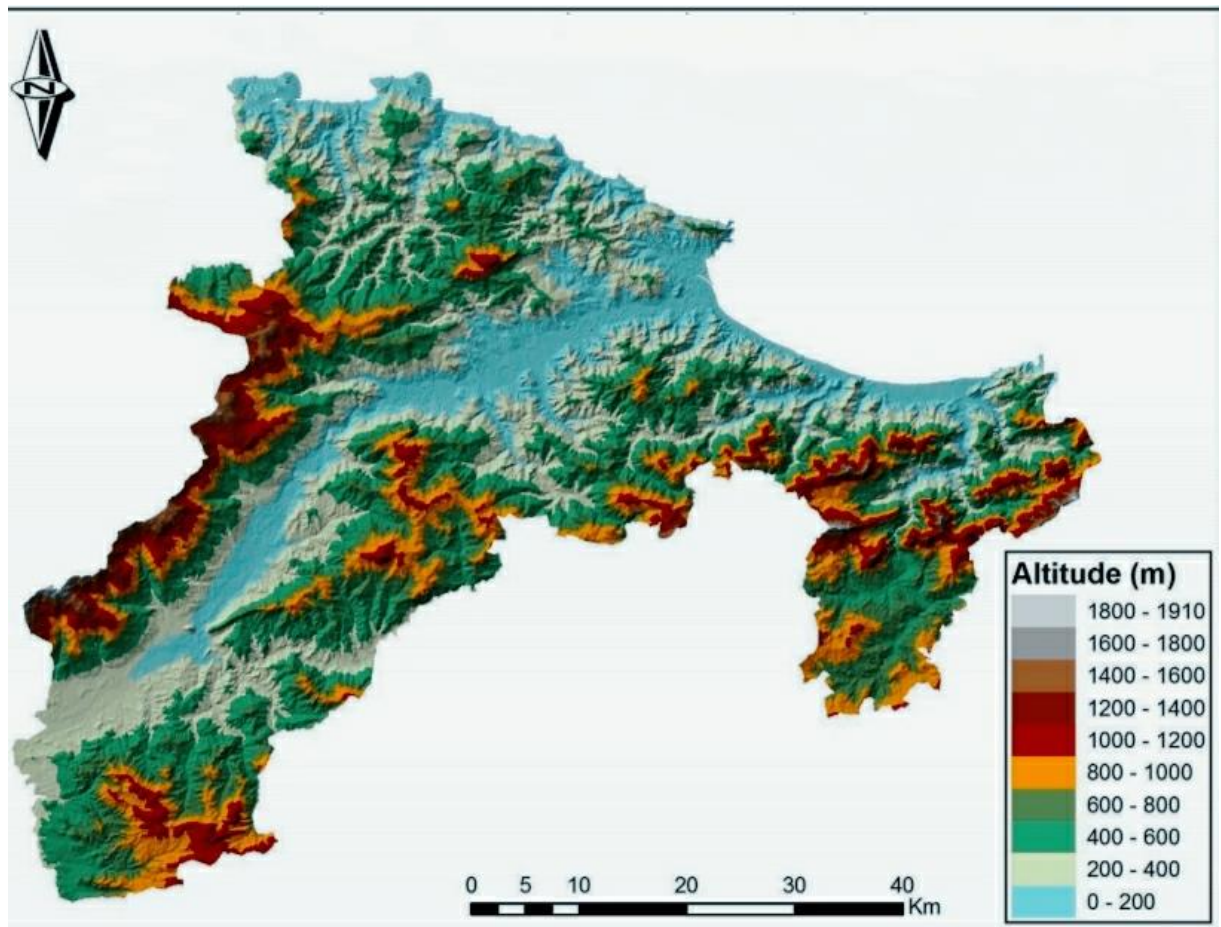


Figure 5 : Carte d'altitude de la wilaya de Bejaia

II.5. climat

Appartenant au domaine méditerranéen, le climat de la wilaya de Bejaia varie d'une zone à une autre. La zone littorale et la vallée de la Soummam jouissent d'un climat pluvieux et doux en hiver, sec et chaud en été. Le climat des zones de montagne est caractérisé par un

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

été sec et chaud et un hiver pluvieux et froid, la température atteint parfois 0°C et moins, ce qui s'accompagne de chute de neige (Mokhtari k et all 2017).

II.6. pluviométrie

La région de Bejaïa fait partie des régions les mieux arrosées du pays. Elle reçoit une quantité d'eau considérable durant l'hiver (une moyenne de 600mm par ans). Toutefois cette pluviométrie est caractérisée par une grande variabilité inter-mensuelle, ce qui donne des saisons pluvieuses et d'autres sèches. Les mois les plus prodigues sont décembre, janvier, février et les plus secs sont juin, juillet, aout. Quant aux précipitations neigeuses, elles durent en moyenne de 10 à 20 jours par ans et ne touchent que les pics des montagnes les plus élevées. Le volume de pluviométrie décroît en allant du littoral vers l'extérieur (la haute Soummam). A l'exception de quelques sommets montagneux qui reçoivent de la neige.(DRE).

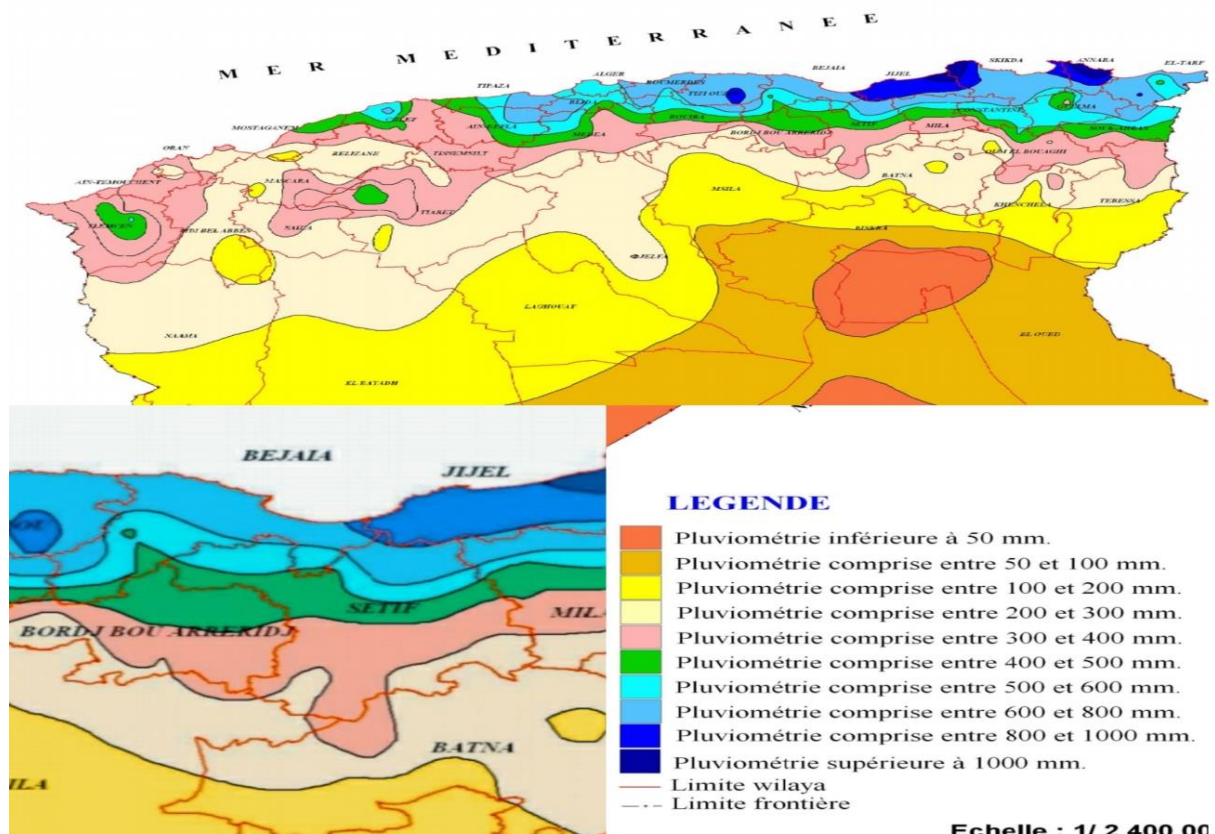


Figure 6 : Carte pluviométrique de l'Algérie (moyenne de la période 1986 et 2005) ministère de l'agriculture et de développement rural INSID)

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

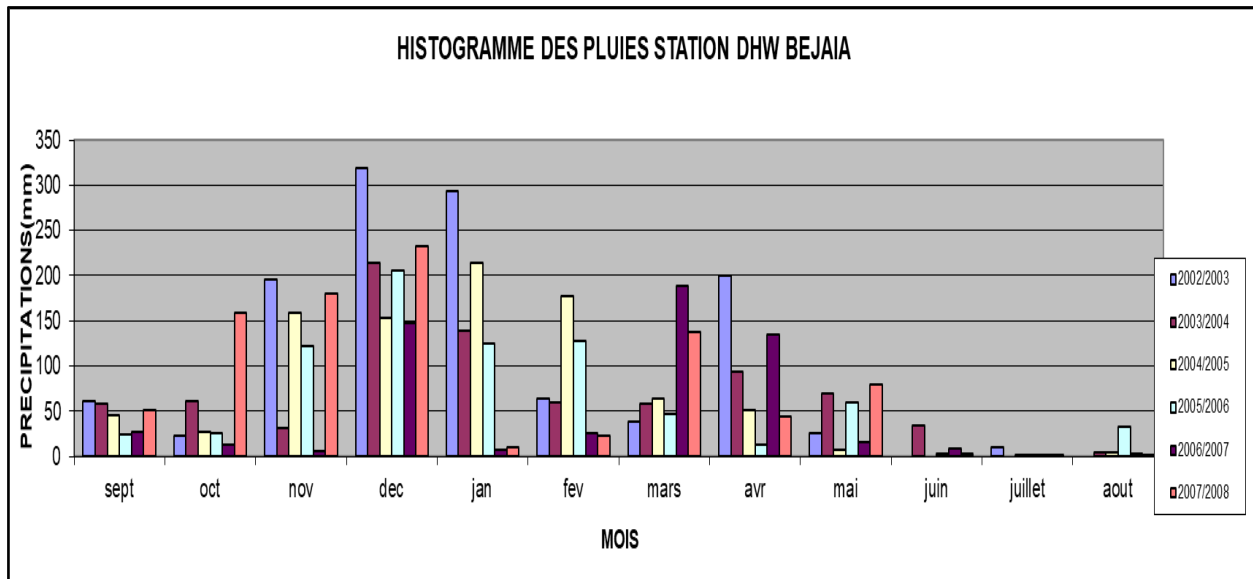


Figure 7 : Histogramme des pluies Bejaia

Cet histogramme représente la précipitation dans chaque mois entre les années 2002 et 2008. On trouve que la précipitation minimale dans le mois de juillet et la précipitation maximale est dans le mois de décembre.

II.7. Température de l'air de la vallée de la Soummam

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été avec une température maximal moyenne annuelle de 24C°.

II.8.Situation hydrographique

Le bassin versant de la Soummam est caractérisé par un réseau hydrographique dense, dont l'exutoire est le golf de Bejaïa. Il est constitué d'une part de trois cours d'eau importants : oued boussallem, oued sahel, oued Soummam qui est formé de la confluence de l'oued sahel et de l'oued boussallem au niveau d'Akbou. Et les principaux affluents qui coulent sur le versant de cette vallée sont :

- En rive gauche : oued ighzer Amokrane, oued Beni -mlikech, oued rmila oued El-ksar, oued Ghir.
- En rive droite oued boussallem, oued Sed Douk, oued amissin, oued amizour

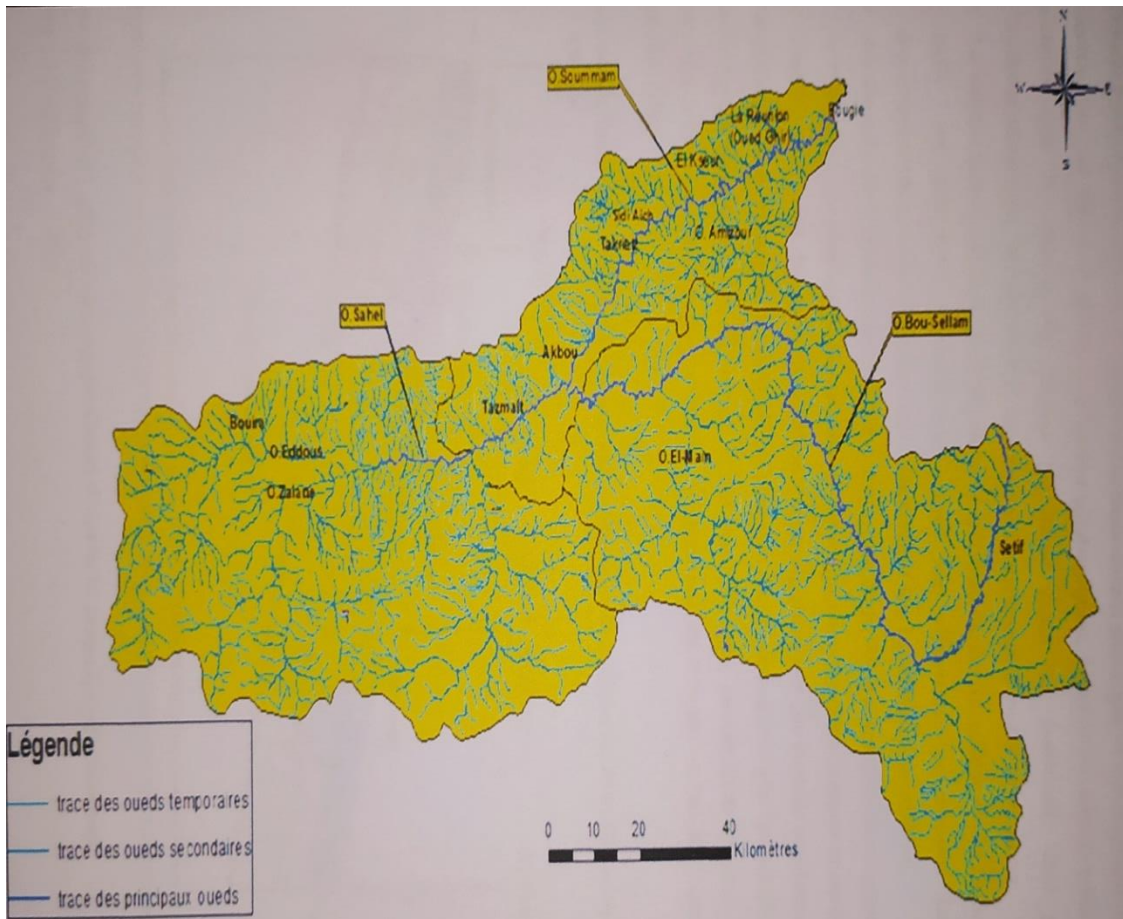


Figure 8 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam

❖ 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 Bejaïa 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, et celle des alluvions quaternaires, sous les alluvions se trouvent les niveaux conglomératique du miocène qui constituent les formations aquifères.
- les deux formations séparées Au niveau du sahel- Soummam, les alluvions quaternaires et le miocène conglomératique semblent constituer un aquifère unique et au niveau de la basse Soummam par un niveau argileux.

L'alimentation de la nappe en période des hautes eaux est assurée par les précipitations, les écoulements directs sur les alluvions, et par ces 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.

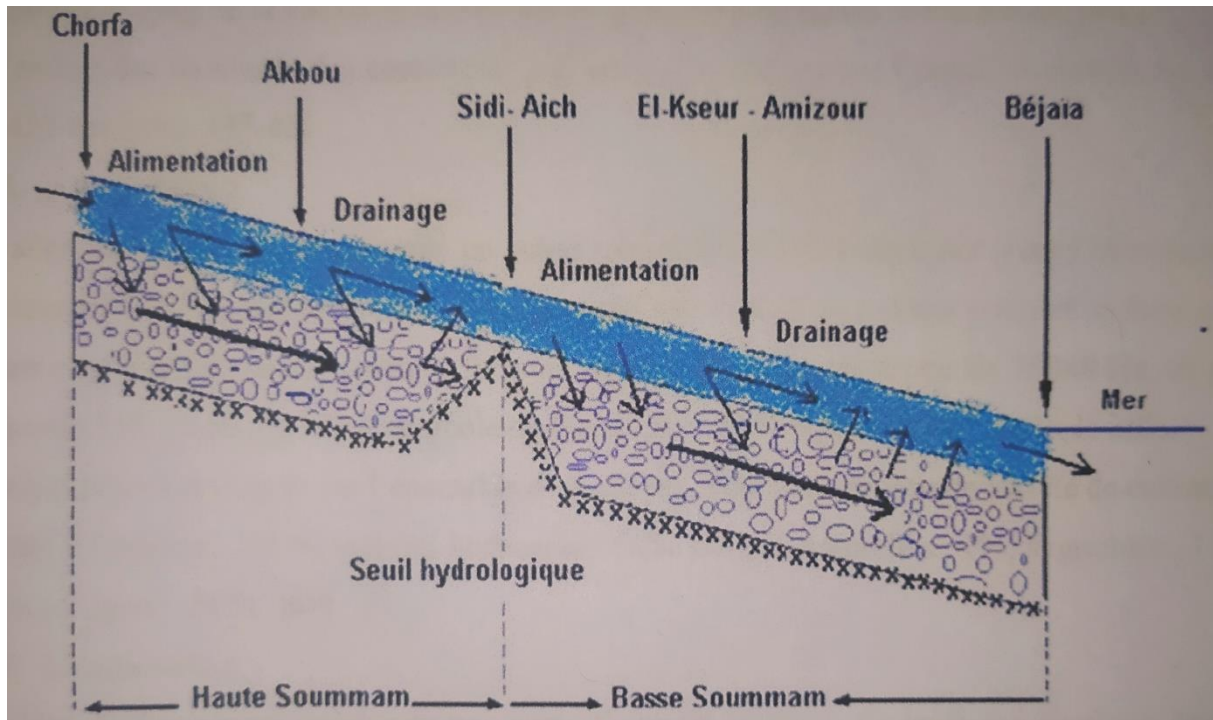


Figure 9 : Relation hydraulique nappe-oued d'après le jaugeage différentiel (Abdelhamid SAOU2013).

II.9.Cadre géologique de la région de la Soummam

Les diverses formations lithologiques sont ressortis par l'étude géologique du bassin versant de la Soummam. Sachant que les caractéristiques hydrologiques de ce dernier sont dans une large mesure influencées par l'imperméabilité des roches et les sols qui permettent la dérivation d'absorption et la rétention temporaire de l'eau (Bahlloul F 2013).

La série stratigraphique de ces formations géologiques en partant de la plus ancienne à la plus récente est la suivante :

II.9.1 Trias

Il est sous forme de faciès gypso-salin et s'avère sur le long des contacts anormaux (contact des nappes de charriage) dans le tell méridional, il est montré par des conglomérats et des grès rougeâtres dans le tell septentrional (Bahlloul F 2013).

Le rapport entre la nature lithologique de ces faciès et la distribution statistique des altitudes est déterminé par la répartition de ces faciès en classe, d'où leur classification est basée sur leur indice de dureté.

- Roches dures : calcaires, dolomies et grés.
- Roches semi dures : marnes calcareuses, argiles gréseuses et marnes.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

- Roches tendres : alluvions et conglomérats.

Dans notre région d'étude, il est sous forme de masses plus ou moins étendues remplissant de grandes cassures (Djebel Gueldamene) autrement dit il se trouve sur le long des contacts de nappes (région d'Akbou) et aussi sous forme d'appartements locaux (Sidi Aich et Ilmathen). L'épaisseur du trias est variable en fonction du lieu et le mode d'affleurement dans lequel le trias se rencontre généralement sous forme de bandes de 10 à 50m d'épaisseur (Hamenni N 2011).

II.9.2 Jurassique

Ce sont les mesures chevauchantes du sud (le chaînon d'Ighil Ali) au sud-est (l'échelle de Sidi Yahia et l'anticlinal faillé de Djebel Gueldamene) et à l'est (Les collines de l'Azrouchtoug qui appartiennent au massif du Djebel Trouna et le croissant de Timzrith). Il est versé aussi à la limite nord du bassin dans les massifs de l'Arbalou, de Toudja et du Gouraya

Les dépôts du jurassique sont reconnus dans les trois domaines structuraux suivants :

- La dorsale kabyle (chaîne calcaire).
- Le domaine des flysch ;
- La zone tellienne.

Les formations jurassiques de la zone tellienne sont représentées essentiellement par des roches carbonatées (dolomies et calcaires), et par des marno calcaires et calcaires massifs. La lithologie de l'anticlinal jurassique de Djebel Arbalou et le synclinal tectonique du Gouraya montre la présence de masses calcaires et dolomitiques qui sont probables pour composer des réservoirs aquifères immenses.

La circulation des eaux souterraines est d'un côté à porosité de cassure due aux grandes failles bordières, et d'un côté, les fissures du résultat des phénomènes karstiques qui sont à l'origine des grandes fissures et des centaines de cavités. La corrosion accélère l'élargissement des joints de calcaires (Hamenni N 2011).

II.9.3. Crétacé

Le crétacé est sous forme de flysch, étendu et continu depuis la chaîne des Bibans jusqu'à la montagne de la petite Kabylie, le faciès est sous forme de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur avec quelques intercalations de grès au crétacé moyen.

Les crétacés inférieurs du domaine tellien sont (Beyragued A 2016).

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

II.9.3.1. Crétacé par autochtone

Il s'écoule en :

- Rive droite : de l'oued d'El Mahrir jusqu'au Djebel Gueldamene, aussi entre l'Oued de Seddouk et Sidi Aich.
- Rive Gauche : à l'ouest de village d'Ighrem.

Il est constitué de marno-calcaires et des schistes noirs. (Beyragued A 2016).

II.9.3.2 Crétacé par allochtone

Il est de type tellien, mais celui qui affleure au nord et au sud de la Soummam présente un faciès de type flysch.

Le crétacé à faciès flysch est constitué de deux types de matériaux :

- **Faciès flysch externe** Le crétacé à faciès flysch externe se trouve entre le numidien et le crétacé supérieur tellien, il s'écoule au sud des crêtes Gouraya-Aghbalou et au nord de la réunion. il constitue de marnes, de quartzites gris, de grés fins, et de conglomérats.
- **Faciès flysch interne** Le crétacé à faciès flysch interne se trouve dans la vallée de l'Oued Ghir et la plaine de Bejaïa, il est sous forme de marnes, micro brèches, grés. (Beyragued A 2016).

II.9.4. Miocène

Le miocène s'étend sur la rive gauche de la Soummam à Sidi Aich, et sur la rive droite, au sud de Bejaïa et Amizour. Il dépend essentiellement de Miocène inférieur dont il s'écoule du côté Djebel Mansourah sous forme de grés.

Il est représenté par deux ensembles lithologiques distincts :

- Les formations sédimentaires qui bordent la plaine de la Soummam : Elles sont incompatibles sur les unités allochtones et sont constituées de formations marno-conglomératiques avec de bas en haut :
- **Unité d'Akbou** : il s'agit d'une base conglomératique qui change les formations sous-jacentes sur lesquelles elle repose en transgression sur le flysch numidien.
- **Unité de Takrietz** : ce bassin miocène est développé sur la rive gauche de la Soummam entre Sidi Aich et Oued Ghir, ce sont des marnes sableuses brunes ou jaunâtres dans lesquelles s'intercalent des bancs zoogénies à la base puis marneux vers le sommet.
- Les formations éruptives du massif Bejaia Amizour : Ces formations sont composées

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

par deux types de roches :

- les roches volcaniques qui constituent principalement par les tufs andésitiques et rhyolitiques dans lequel elles couvrent la quasi-totalité des affleurements du massif d'Amizour Bejaia, dans la partie occidentale du massif.
- les roches plutoniques sont situées sur la rive droite de la Soummam, région Amizour et au sud de Bejaia. Ces formations sont composées de granodiorite, de micro granodiorites et de diorites. Le degré de fracturation de ces roches éruptives est un facteur qui sert à favoriser la circulation des eaux de l'infiltration, Par ailleurs, la position structurale et les dimensions des fractures jouent un rôle déterminant concernant l'exploitation des ressources souterraines (Hamenni N 2011).

II.9.5. Pliocène

Le pliocène se présente sous deux forme

- **Pliocène marin** : Il se trouve dans la vallée de la Soummam à proximité de Bejaia et en dessous de l'Oued Ghir. Il s'est allongé jusqu'à 15 Km vers le sud à la faveur de dépression occupée par la Soummam, c'est des marnes blues, de grés rouges et de gypses.
- **Le pliocène continental** : Ce sont des brèches consolidées avec des éléments de calcaire jurassique très gros qui proviennent de démolition du Djbel Gouraya et qui reposent sur un terrain du crétacé supérieur tellien, et de quelques blocs de poudingues infra-crétaciques. (Hamenni N 2011).

II.9.6.Oligocène

Il est argilo-gréseux, il s'écoule de Tazmalt d'une coté et d'autre de la vallée de la Soummam jusqu'à l'ouest. Il se trouve au niveau de la chaine de Gouraya et la région de Béni Mansour (Bahlloul F 2013).

II.9.7.Quaternaire

Le quaternaire est généralement constitué des limons de sable, de graviers caillâtes et de vases.

Le quaternaire est représenté par des alluvions le long des oueds et au niveau des hautes plaines, Il est constitué principalement les cônes de déjections des affluents suivants :

- En rive gauche : Oued Béni Mlikech, IghzerIlloula et IghzerTifrit.
- En rive droite : Oued Seddouk et IghzerOukri.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

L'épaisseur maximum des éléments grossiers calcaireux et gréseux est de 40m, les limons peu épais en surface dans la partie amont, prennent de plus en plus l'importance au détriment des éléments grossiers à mesure que l'on s'approche de l'embouchure ou ils atteignent 50 à 60m d'épaisseur (Hamenni N 2011).

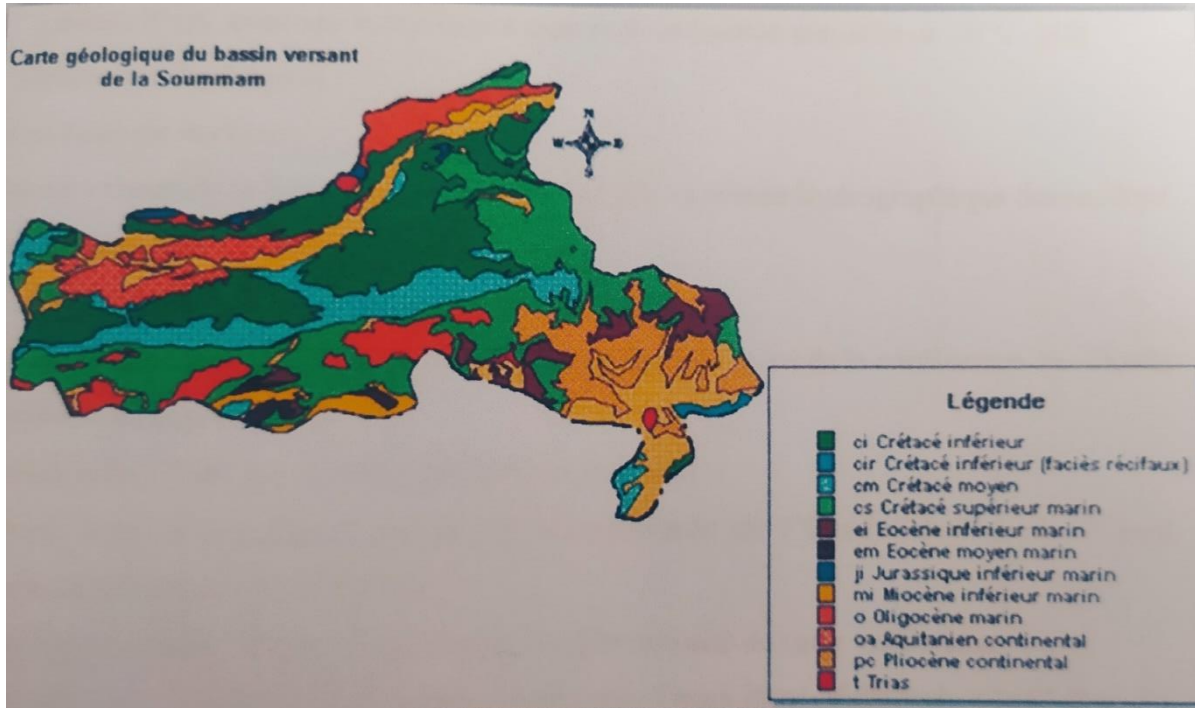


Figure 10 : Carte géologique du bassin versant de la Soummam (source CNC)

Donc d'après cette photo le bassin versant de la vallée de la Soummam est dans ses grandes lignes constitué :

- ❖ Sur la rive gauche, par 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 crétacée inférieure moyenne et supérieure. Les terrasses alluviales sont beaucoup plus restreintes. (Hamenni N 2011).

II.10.Conclusion

Ce chapitre contient des informations sur la zone d'étude comme : la situation géographique de la wilaya de Bejaïa et le bassin versant de la Soummam, démographie, le climat, la pluviométrie, la situation hydrographique et la géologie de cette dernière.

Chapitre III

**Paramètres physico
chimiques et organoleptiques
des eaux souterraines de la
région AKBOU**

III.1. Introduction

Le but de ce chapitre faire les analyses physicochimiques et organoleptique et les résultats de mesure de ces dernières. Aussi les méthodes utilisées pour mesurer ces paramètres. Autre chose on a comparé les résultats d'analyses avec les normes. Et une comparaison plus des interprétations. Avant de présenter cette partie on va faire un passage durant lequel on va parler sur les normes des eaux et les méthodes de prélèvements aussi transport et conservation des échantillons.

III.2. Site de prélèvement

Pour découvrir les caractéristiques physicochimiques et organoleptiques et les paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de la Soummam on a préféré comme choix les forages d'Akbou de telle sorte a couvrir les différentes nappes exploité (phréatique). Elle est suivie des prélèvements pour analyse. Afin de détecter la pollution par certains paramètres.

III.3. Normes de qualité d'eau

L'eau propre à la consommation humaine doit répondre aux critères de qualité repartis entre des limites et des références de qualité .donc selon l'OMS l'eau destiné a la consommation humaine doit respecter un certain nombre de paramètres qui définissent sa potabilité. Chaque paramètre ne doit pas dépasser une valeur limite.(ADE 2013).

III.4. Méthodologie

L'étude expérimentale de la qualité consiste à effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau de la zone d'étude Akbou. Elles ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE centrale de Bejaïa L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes.

- Prélèvement (échantillonnage).
- Analyse.
- Interprétation.

Les quatre points d'échantillonnages ont été choisis de telle manière à couvrir la plus grande surface possible du sous bassin pour avoir une image d'ensemble de la qualité de l'eau de la zone. La période de prélèvement était durant la période des hautes eaux (mois d'mars) de l'année 2023.

III.5. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à la quel le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenue sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur ait une connaissance précise de conditions du prélèvement et son importance pour la qualité des résultats analytique (ADE 2013).

III.6. Mode de prélèvement

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. dans le cas d'une rivière , d'une nappe ouverte, d'un réservoir, une citerne , la bouteille sera prolongée a une certaine distance du fond (50cm) et de la surface assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes, et en évitant la mise en suspension des dépôts.

Dans le cas d'un lac ou d'un retenue d'eau, Ilya lieu de choisir plusieurs points de prélèvements et en chacun d'eux, de prélever plusieurs échantillons a différentes profondeurs pour tenir compte l'hétérogénéité verticale et horizontale.

Dans le cas d'un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inferieur a 10 min.

Au moment du prélèvement, pour l'analyse chimique, les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (ADE 2013).

III.7. Transports des échantillons

D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante. Dans les eaux ayant subi une désinfection au chlore, cet oxydant pourra être éliminé par de petites quantités de thiosulfate de sodium introduit dans le deuxième cas avant la stérilisation du flacon de prélèvement (ADE 2013).



Figure 11 : Glacière utilisé pour le transport des échantillons

III.8. Présentation des forages

Ces deux tableaux représentent les différentes informations concernant les quatre forages. Dans lesquelles on a fait nos prélèvements.

Tableau 1 : Informations sur les coordonnées et la date de réalisations et mise en service des forages

Nom du forage	coordonnées		Date de mise en service	Année de réalisation
	x	y		
Forage 01	4.5231659	36.4287172	Juillet 2021	2020
Forage 02	4.5365087	36.4556403	Juillet 2021	2020
Forage 03	4.5320266	36.4378891	Juillet 2021	2020
Forage 04	4.5157175	36.4003344	Juillet 2021	2020

Tableau 2 : Fiche technique des différents forages

Nom des forages	Profondeur (m)	Débit (l/S)	Alimentation
Forage 01	179	20	Azaghar Akbou
Forage 02	178	20	Azaghar Akbou
Forage 03	177	20	Azaghar Akbou
Forage 04	180	20	Azaghar Akbou

III.9. Les analyses physico-chimiques et organoleptiques des échantillons

III.9.1. Paramètres organoleptique

III.9.1.1. Odeur et saveur

Une eau potable de bonne qualité a un bon gout et ne présente pas d'odeur. La saveur dépend essentiellement de la qualité et la nature des corps dissous. Toute odeur est une signe de pollution ou de la présence d'une matière organique en décomposition.

A l'état naturel, une concentration de la minéralisation, introduit un gout plus ou moins accentué dans l'eau. S'il y a absence des sels habituels la saveur de l'eau sera fade. C'est le cas de l'eau des citernes.

Si elle contient une trop grande quantité de chlorure, l'eau aura une saveur saumâtre. Si elle contient de forte quantité de sels de magnésium, l'eau aura un gout amer. Les mauvais gouts de l'eau ne sont pas graves du point de vue de l'hygiène, mais ils sont désagréables pour l'emploi de cette eau comme boisson (ADE 2013).

Pour les méthodes d'analyses ordinaires. On propose comme traitements selon les conditions comme le coule le degré de pureté etc :

- Aération ;
- Adsorption ;

- Oxydation ;
- Filtration.

- **Résultats**

Les résultats du goût et saveur doivent être appréciés au moment du prélèvement. Par une évaluation de sensation pour l'odeur et par la dégustation du goût. et on a trouvé une petite odeur de chlore aussi un goût ou une saveur de chlore à cause du traitement de cette eau un ajout de chlore. Aussi le prélèvement a été fait juste après les traitements la distance est petite donc une concentration du chlore est grande. Lorsque la distance entre la place de traitement et le prélèvement est petite la concentration du chlore est grande.

III.9.1.2. Couleur

La couleur de l'eau est due à l'élément qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Elle dite varie ou réel lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations. Lorsque on trouve une couleur dans une eau on fait des traitements correcteurs comme :

- Clarification : par décantation et filtration ;
- Adsorption ;
- Oxydation. (ADE 2013).

- **Résultats**

La coloration a été évaluée par observation visuelle lors des prélèvements. On a pas trouver une couleur a cette eau dans les différentes places des prélèvements. Donc notre eau elle ne contient pas des matières colloïdales ou un effet colorant.

III.9.2. Les paramètres physico-chimiques

III.9.2.1. Température

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles ; les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonnières.

La température de l'eau sera prise au niveau même du prélèvement de l'échantillon. Elle a été mesurée avec un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré (ADE 2013)

Tableau 3 : Résultats de mesure de température

Nom du forage	Analyses actuelles	Analyses 2021	Norme(C°)
Forage 01	22	27	25
Forage 02	20	25	25
Forage 03	20	26	25
Forage 04	21	26	25

- La température varie entre (20et22) avec une moyenne de (21).
- Par rapport à l'analyse précédentes on ne trouve pas une grande différence cette petite différence revienne au changement de climat
- La température de L'eau de ces forage sont proche a la norme donc on trouve pas un problème.

III.9.2.2 .Conductivité

La mesure de la conductivité permettre d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux soit le plus souvent une salinité élevée comme elle peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est dû aux ions de calcium. Elle est mesurée avec un conductimètre qui contient une sonde quand émerge dans un bécher qui contient notre eau a analyser bien sue après rincer la sonde.

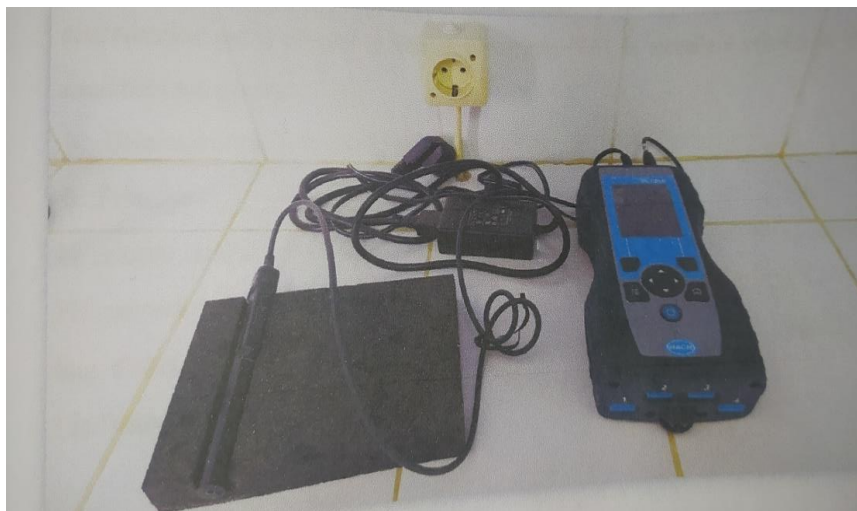


Figure 12 : Conductimètre

Tableau 4 : Résultats de mesure de conductivité

Nom des forages	Analyse actuel (us /cm)	Analyse précédente (us/cm)	Norme
Forage 01	1003	1672	2800
Forage 02	1065	1162	2800
Forage 03	1148	995.5	2800
Forage 04	1004	837	2800

- La conductivité de l'analyse actuelle varie entre (1003et1148) us/cm avec une moyenne de 1175.5us/cm.
- On remarque que la moyenne dépasse 1000us/cm donc l'eau a une minéralisation excessive.

III.9.2.3. pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogéné est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène il est inférieur ou supérieur a 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau. Pour les eaux naturelles. (Cahier de charge technique du stage)

Nous avons utilisé un pH mètre de laboratoire sur lequel nous avons branché une électrode combine.

Ces deux photos représentent un ph mètre de marque HANNA et un multi paramètre de laboratoire.



Figure 13 : pH-mètre de marque HANNA et multi paramètre de laboratoire

Tableau 5 : Résultats de mesure de pH

Nom du forage	Analyse actuel des échantillons	Analyse précédente	Norme
Forage 01	7.52	7.9	6.5jusqu'a 9
Forage 02	7.45	7.96	6.5jusqu'a9
Forage 03	7.48	8	6.5jusqu'a9
Forage 04	7.42	8.105	6.5jusqu'a9

- Le pH varie entre 7et8 donc il correspond à une eau neutre ;
- Cette eau à analyser est dans les normes ;
- Si on veut faire un abaissement du pH il faut ajouter de solution acide ou injection de gaz carbonique. Et si on veut une élévation de pH il faut une filtration sur matériaux alcalinoterreux ou injection d'une réactive chaux vive, carbonate de calcium.

III.9.2.4. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à ça transparence. Elle donne une idée de la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles charge de substances finement divisées (grains de silice, matières organique limons.....).Fortement parfois d'importants dépôts dans les

tuyauteries et les réservoirs. (ADE 2013).

On a fait la mesure avec un turbidimètre et les résultats sont dans ce tableau.

Tableau 6 : Mesure de la turbidité

Nom du forage	Résultats d'analyse actuelle. (NTU)	Résultats d'analyse précédente (NTU)	Norme (NTU)
Forage 01	0.815	1.37	5
Forage 02	0.350	3.66	5
Forage 03	0.410	2.18	5
Forage 04	0.555	2.335	5

- On remarque que la turbidité de notre eaux est ignorante elle est plus inferieure a la norme donc notre eau n'est pas turbide elle ne contient pas dès MES.
- Si on trouve une turbidité plus élevés par rapport à notre norme, des traitements correcteurs comme la filtration et la coagulation floculation seront fait .

III.9.3. paramètres volumétrique

III.9.3.1. Titre alcalimétrique complet(TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO^{-3}), carbonate (CO_2^{-3}) et hydroxyde (OH).

Les normes ISO 9963 définissent plusieurs types d'alcalinité :

- ✓ Alcalinité au virage du rouge de méthyle, elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5 pour déterminer les ions HCO^{-3} , CO_2^{-3} , OH^- (TAC).
- ✓ Alcalinité au point de virage de la phénolphtaléine, elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_2^{-3} (TA) (REJSEK. F 2002).

La mesure de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume de l'échantillon par l'acide sulfurique (N/50), en présence de phénolphtaléine (0,5%) pour la détermination du TA, et du méthylorange (0,5%) pour la détermination du TAC. (RODIER, J) ce tableau représente les résultats du TAC.

Tableau 7 : Résultats du TAC

Nom des forages	Résultats actuel	Résultats président 2021	Norme
Forage 01	218	270	UNT
Forage 02	210	180	UNT
Forage 03	216	185	UNT
Forage 04	207	200	UNT

- Dans les résultats actuels le TAC varie entre 207 et 218 avec une moyenne de 212.5.

III.9.3.2. Alcalinité

- **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 titre alcalimétrique, et la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet. (cahier de charge technique du stage).

- **Réactifs**

_Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37 %.

_phénolphtaléine (indicateur).

_méthyl orange (indicateur).

- **Mode opératoire TA**

_50ml d'eau à analyser.

_2gouttes de phénolphtaléine (indicateur).

Si aucune coloration n'apparaît TA=0

- **Mode opératoire TAC**

_50ml d'eau à analyser.

_2gouttes de méthyl orange.

Titration avec HCL jusqu'à coloration jaune orangé.

- **Mesure et calcul des résultats**

$$\text{HCO}_3^- = \frac{va \times Na \times M\text{HCO}_3^- \times 1000}{PE} = \frac{Va \times 0.01 \times 61 \times 1000}{SO}$$

Tableau 8 : Résultats de mesure Del 'alcalinité

Nom du forage	Résultats actuel (mg /l)	Résultats précédentes 2021(mg/l)	Norme (mg/l). de CaCo3
Forage 01	265.96	329.4	65valeurs minimales.
Forage 02	256.2	216.9	65valeurs minimales.
Forage 03	263.5	225.8	65valeurs minimales.
Forage 04	252.5	244	65valeurs minimales.

- On remarque que l'alcalinité varie entre 252.5 (mg/l) et 265.96. avec une moyenne de 259.23 (mg/l).

III.9.3.3. Dureté totale (TH)

Ce sont essentiellement les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dont les sels sont naturellement très solubles, responsables de la dureté. On dit qu'ils possèdent une grande mobilité dans l'environnement aquatique qualité qu'ils partagent avec les sels de Sodium et de Potassium. La dissolution du Ca^{2+} et de Mg^{2+} résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. Cette dissolution est accrue par la présence dans l'eau de gaz carbonique CO_2 , provenant de l'atmosphère et des couches superficielles du sol. (TARDAT- HENRY M, B. J. (1984).

La dureté totale a été déterminée par complexométrie, en utilisant l'EDTA magnésien comme réactif et le noir Eriochrome comme indicateur coloré. Ce dosage représente la mesure de la dureté de l'eau (TH) en degré français, avec $\text{TH} (^\circ\text{F}) = [\text{Ca}^{2+} (\text{m}\acute{\text{e}}\text{q.l}^{-1}) + \text{Mg}^{2+} (\text{m}\acute{\text{e}}\text{q.l}^{-1})] \times 5$, et par conséquent : $\text{Mg}^{2+} = \text{TH} - \text{Ca}^{2+}$ (EDELIN.M, 1992).

- **Principe :**

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide (EDTA). A un pH de 10.

L'indicateur est le noir Eriochrome. Qui donne une couleur rose en présence des ions de calcium et de magnésium.

Lors de titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu. . (Cahier de charge technique du stage).

- **Réactif**

_solution EDTA (0.02N).

_tampon ammoniacal NH₄OH.

_ Un indicateur de coloration.

- **Mode opératoire**

_prendre 50ml de l'eau a analysé.

_ajouter 0.8 ml de tampon ammoniacal.

_ajouter un indicateur de coloration.

_ titrer avec l'EDTA jusqu'à l'apparition d'une couleur bleu.

- **Mesure et calcul du résultat :**

Le résultat est exprimé en mg/l CaCO₃ donné par l'équation suivante :

$$TH = \frac{V1 \times NEDTA \times F \times M_{CaCO3} \times 1000}{PE} = \frac{V1 \times 0.02 \times F \times 1000 \times 100}{PE}$$

Tableau 9 : Résultats de mesure de la dureté total (TH)

Nom du forage	Résultats actuel Mg/l caco3	Résultats précédent (°F)	Norme mg/l CACO3
Forage 01	356	54	500
Forage 02	384	42	500
Forage 03	440	39.25	500
Forage 04	360	32.9	500

- Nous remarquons que nos résultats sont dans les normes.
- Les résultats actuels varient entre 356 et 440 mg/l CaCO₃.
- Une eau à titre hydrotimétrique élevé est dure dans le cas contraire. il s'agit d'une eau douce.
- Pour l'usage domestique, on peut utiliser des deux titrant jusqu'à 500 mg de CaCO₃, mais la dureté agréable se situe entre 80 et 150 mg/l de CaCO₃. (cahiers technique du stage).

III.9.3.4. Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité

moindre, sous forme de sulfates, chlorure, etc. les eaux de pluies, de citernes n'en renfermer que des traces.

Pour le dosage du calcium, on procède de la même façon que pour la dureté totale, en changeant l'indicateur coloré par du murexide et le pH est porté 12_13, par addition de soude pour faire précipiter les ions Mg^{2+} , sous forme d'hydroxydes. (RODIER, J)

- **Principe**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse E.D.T.A. à pH compris entre 12_13. Ce dosage se fait en présence de murexide. Réagit tout d'abord avec les ions de calcium, puis avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

- **Réactifs**

_Solution E.D.T.A (0.02N).

_Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 2N.

- **Mode opératoire**

_prendre 50 ml d'eau à analyser.

_Ajouter 1 ml d'hydroxyde de sodium NaOH.

_Ajouter un indicateur de coloration MUREXIDE.

_ titrer avec l'E.D.T.A jusqu'à l'apparition d'une couleur violet. (cahier de charge technique du stage).



Figure 14 : Le résultat du virage de Ca^{2+}

- **Mesure et calcul du résultat**

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

$$Ca^{2+} = \frac{V1 \times NEDTA \times F \times M_{Ca^{++}} \times 1000}{PE} = \frac{V1 \times 0.02 \times F \times 40g \times 1000}{50 \times 2}$$

Tableau 10 : Résultats de mesure de calcium

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l).	Résultats précédent (mg/l).	Norme
Forage 01	105.6	118	200
Forage 02	96	95	200
Forage 03	112	83	200
Forage 03	104	92.1	200

- Dans les résultats actuels la quantité du calcium dans les différents forages compris entre 96 (mg/l) et 112 (mg/l) avec une moyenne de 104 (mg/l).
- Les résultats trouvés dans les normes.
- On ne trouve pas une grande différence entre les résultats actuels et les résultats précédents (2021).

III.9.3.5. Magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'ensemble terrestre, élément indispensable pour la croissance il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux.

Son abondance géologique et sa grande solubilité ainsi que sa large utilisation industrielle dont que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligrammes par litre.

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. À partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable l'eau.

La teneur en magnésium est par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique. (Le cahier de charge technique du stage.)

Tableau 11 : Résultats de mesure de magnésium

Nom du forage	Résultats actuel (150mg/l)	Résultats précédent 2021(mg/l)	Norme (mg/l)
Forage 01	22.26	58.5	150
Forage 02	34.85	49.61	150
Forage 03	38.72	44.77	150
Forage 04	42.4	23.89	150

- Le résultat actuel varie entre 22.26 (mg/l) et 42.4 (mg/l).
- Les résultats ne dépassent pas la norme.
- Les résultats sont conformes.

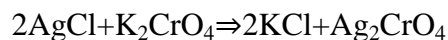
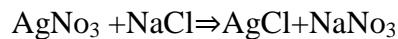
III.9.3.6. Chlorures

La méthode utilisée est celle de Mohr. Les ions chlorure réagissent quantitativement avec le nitrate d'argent, avec formation de chlorure d'argent, sel très peu soluble. On utilise le chromate de potassium K_2CrO_4 comme indicateur.

Les chlorures Cl^- , selon la méthode de Mohr (RODIER, J). basée sur le titrage d'un volume d'eau avec une solution de nitrates d'argent $AgNO_3$ concentrée en présence de l'indicateur Chromates de potassium (K_2CrO_4), jusqu'au virage de la coloration du jaune au rouge brique et le début du dépôt d'un précipité rouge.

- **Principe**

On fait agir au milieu neutre $Ph+6.7$ ou 7 . Une solution à titré 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.



- **Réactifs**

_ Solution de nitrate d'argent à 0.01N.

_ indicateur coloré K_2CO_4 .

- **Mode opératoire**

_ prendre 5 ml d'eau a analysé.

_ ajouter 2 gouttes de notre indicateur coloré K_2CrO_4 .

Titrer avec $AgNO_3$. A 0.01 N jusqu'à coloration brunâtre. .(cahier de charge technique du stage).

- **Mesure et calcul du résultat**

$$Cl^- = \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M_{Cl}}{PE} = \frac{V_{AgNO_3} \times 0.01 \times 35.5 \times 100 \times F}{5}$$



Figure 15 : Résultats du virage Cl

Tableau 12 : Résultats de mesure des chlorures

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg/l)	Norme
Forage 01	213.6	149.75	500
Forage 02	233.6	98	500
Forage 03	289.9	92.5	500
Forage 04	220.2	63.5	500

- Les résultats de mesure de Cl^- varient entre 213.6 (mg/l) et 289.9 (mg/L).
- Les résultats sont dans la norme.
- Cette variation peut être expliqué par la multitude d'origines qu'ils peuvent

avoir, d'abord leur présence en fort concentration dans les eaux ayant traversées les formations argileux sableuses ou argileuses ce qui facilite la dissolution des terrains salifères.

III.9.3.7. Sulfure

Les eaux naturelles contiennent toujours des sulfates, en proportions très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (comme par exemple les pyrites).

❖ Dosage des sulfates par Spectrophotomètre

Les ions SO_4^{2-} sont dosés par colorimétrie en utilisant un Spectrophotomètre (HACH photomètre DR6000) réglé à une longueur d'onde de 520 nm et en utilisant le chlorure de baryum (ajouté en poudre) qui conduit à la formation de sulfate de baryum ($BaSO_4$),

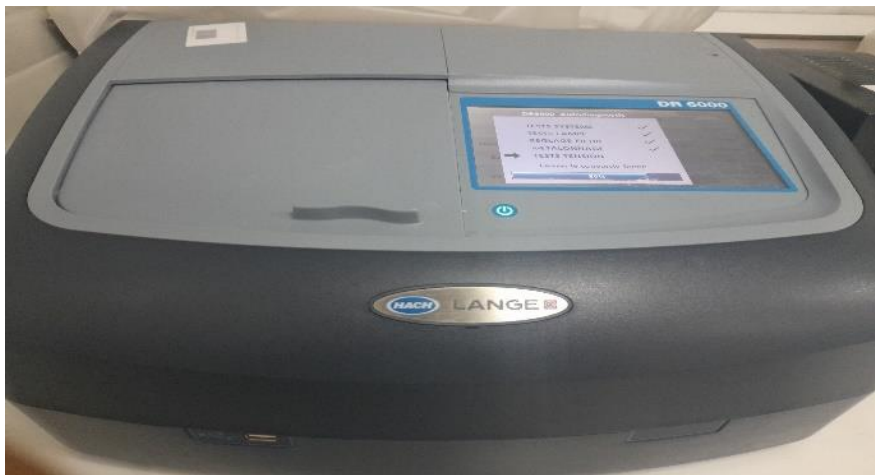
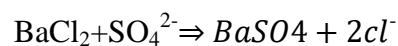


Figure 16 : Spectrophotomètre

❖ Principe

Les ions sulfates sont précipités et passé à l'état de sulfate de baryum en présence de $BaCl_2$



❖ Réactifs

- _Solution stabilisante.
- _Solution de chlorure de baryum.

❖ Mode opératoire

- _prendre 20ml d'eau a analyser puis compléter a 100 ml d'eau. Distillée.
- _ajouter 5ml de la solution stabilisante.
- _ ajouter 2ml de chlorure de baryum.

_agiter énergiquement pendant 1mn.

_ passé au spectrophotomètre- $A=420\text{nm}$.(cahier de charge technique du stage).

❖ Mesure et calcul du résultat

Les résultats sont afficher directement par spectrophotomètre en (mg/l) de sulfates x le facteur de dilution.

Tableau 13 : Résultats de mesure des sulfures

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg/l)	Norme (mg/l)
Forage 01	153.3	405	400
Forage 02	85.5	265	400
Forage 03	103.8	157.5	400
Forage 04	115.7	146	400

- Les résultats de mesure des sulfures varient entre 85.5mg/l et 153.3mg/l.
- Cette variation peut être expliquée par l'oxydation des minéraux sulfureux.
- Les résultats trouvés sont dans les normes parce que ne dépasse pas la norme.

III.9.3.8. Sodium et Potassium

❖ Origine

Le sodium est un élément constant dans l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères. Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constants dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l (RODIER J., 2005)

❖ Dosage du sodium et potassium

Le sodium et le potassium sont dosés par photométrie d'émission de flamme.

- 1) Le sodium est dosé par photométrie d'émission de flamme (PFP7 JENWAY)

LTD), avec filtres sélectifs Na, K....

- 2) On utilise une solution de NaCl comme solution étalon.



Figure 17 : photomètre d'ion de flamme

Tableau 14 : Mesure de sodium Na⁺

Nom du forage	Résultats actuel mg/l	Résultats précédent (mg /l)	Norme (mg/l)
Forage 01	133	130	200
Forage 02	82.1	72	200
Forage 03	106	37.5	200
Forage 04	94.1	51	200

- Les résultats de mesure de sodium varient entre 82.1mg/l et 133mg/l
- Les résultats trouvés sont dans les normes.
- On ne trouve pas une grande différence entre les résultats actuel et précédent.
- Ce sodium provient de la formation géologique.

Tableau 15 : Mesure de potassium

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg/l)	Norme (mg/l)
Forage 01	3.1	2.2	12

Forage 02	3	2.8	12
Forage 03	3.1	2.5	12
Forage 04	2.9	2.4	12

- Les résultats actuels varient entre 2.1 (mg/l) et 3.1 (mg/l).
- Il Ya une augmentation du potassium dans les deux années.
- Les résultats sont dans les normes.

III.9.3.9. Nitrites

❖ 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) mesure de l'absorbance a 540 nm.

❖ Mode opératoire

_50ml d'eau a analysé.

_1ml d'un réactif mixte.

_incubation pendant 10 min puis faire la lecture. (Cahier de charge technique du stage).

❖ Mesure et calcul de résultat

Les résultats sont affichés directement par spectrophotomètre en mg/l de nitrites. Et les résultats sont représentés dans ce tableau.

Tableau 16 : Les résultats de mesure de nitrites

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg/l)	Norme (mg /l)
Forage 01	0.008	0.003	0.2
Forage 02	0.012	0	0.2
Forage 03	0.015	0.0065	0.2
Forage 04	0.016	0.0005	0.2

- Les résultats de mesure des nitrites varient entre 0.008 mg/l et 0.016 mg/l dans les

résultats actuels

- Les résultats sont dans les normes elles ne dépassent pas 0.2 mg/l.
- On remarque que les résultats sont un peu faibles.

III.9.3.10. Fer

Le fer est un élément très présent dans l'organisme humain qui en contient entre 2,5 et 4 g, il entre dans la constitution de l'hémoglobine et de la myoglobine, deux protéines très impliquées dans les cellules de l'organisme.

❖ Principe

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a une 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 de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer. (ADE 2013).

❖ Réactif

_chlorhydrate d'hydroxylamine.

_tampon d'acétate.

_phénol'roline.

❖ Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau a analysé dans une fiole de 100 ml. Après on ajoute 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine. Ajouter après 2 ml de tampon d'acétate. Et 2 ml de phénantroline .une incubation pendant 15 min a l'abri de la lumière puis faire la lecture avec le spectrophotomètre.

❖ Mesure et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par le spectrophotomètre en mg/l de Fer. Et ce tableau représente ces derniers.

Tableau 17 : Résultats de mesure du Fer

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg /l)	Norme (mg/l)
Forage 01	0.06	0.002	0.3
Forage 02	0.07	0.003	0.3
Forage 03	0.03	0.001	0.3

Forage04	0.04	0.003	0.3
-----------------	------	-------	-----

- Le résultat actuel de mesure de Fer varie entre 0.03 mg/l et 0.07mg/l.
- Par rapport à la norme les résultats sont faible.

III.9.3.11. Les nitrate 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.

❖ Réactifs

_solution de salicylate de sodium a 0.5 % (renouveler dans les 24 h).

_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 a 3 gouttes de NaOH a 30%.

_ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

_Evaporera sec ou bain marie ou à l'étuve 75_88C puis laisser refroidir.

_ Ajouter 15 ml d'eau distillée.

_Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 420nm. Le résultat est donné en mg/l. (cahier de charge technique du stage).

❖ Mesure et calcul du résultat

Le résultat est donné directement en mg/l a une longueur d'onde de 420 nm multiplier par 4.43 pour obtenir la concentration en NO^{3-} et les résultats sont représenter dans ce tableau :

Tableau 18 : Les r résultats de mesure des nitrates

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg/l)	Norme (mg/l)
Forage 01	1.12	8.98	50
Forage 02	1.05	8.66	50
Forage 03	0.121	8.315	50
Forage 04	3.31	8.545	50

- Les résultats de mesure de nitrates varient entre 0.121 et 3.31 (mg/l).
- On remarque que les résultats sont faibles par rapport à la norme.
- Les résultats actuels sont faibles par rapport aux résultats des années précédentes.

III.9.3.12. Dosage d'ammonium

❖ Principe

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

❖ Mode opératoire

Prendre 40 ml d'eau à analyser, ajouter 4 ml du réactif 1, après ajouter 4 ml du réactif 2 et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h 30. (cahier de charge technique du stage).

❖ Mesure et calcul du résultat

Les résultats sont affichés directement par spectromètre en mg/l d'ammonium. Et ces derniers sont affichés dans ce tableau.

Tableau 19 : Résultats de mesure d'ammonium

Nom du forage	Résultats actuel (mg/l)	Résultats précédent (mg/l)	Norme (mg/l)
Forage 01	0.008	0.01	0.5
Forage 02	0.007	0.025	0.5
Forage 03	0.007	0	0.5
Forage 04	0.007	0	0.5

- Les résultats de mesure d'ammonium varient entre 0.007 et 0.008mg/l.
- Les résultats sont dans les normes
- On remarque que la quantité d'ammonium est faible parce que c'est un paramètre de pollution.

❖ Remarque

Dans l'ensemble de nos analyses on trouve un peu d'incertitude c'est-à-dire les résultats ne sont pas juste à 100%. Ce problème est causé par des différents paramètres entre ces dernières on trouve la température, Ph, micro-organisme, l'exactitude des volumes, la méthode de manipulation et la méthode de prélèvements qui ont une influence sur la composition chimique de l'eau des forages .pour cela pour confirmer que nos résultats sont

juste il faut calculer la balance ionique .si on la trouve inferieure a 10% ça veut dire que les résultats sont juste , et si on trouve le contraire il faut vérifier ou faire des autres analyses.

III.10. Conclusion :

En conclure, ce chapitre représente les analyses physicochimiques réaliser au niveau de laboratoire d'analyse de l'ADE. On à insérer tous les modes opératoires des éléments analysés et tous les matériels utilisés, aussi les résultats actuels et précédents avec les normes OMS avec une interprétation à ces résultats. Ces résultats nous aiderons a continuer le travail dans le chapitre 4.

Chapitre VI :

Les analyses statistiques multi variées des caractéristiques

IV.1. Introduction

Pour la détermination de la qualité d'une eau il faut avoir la composition chimique de cette dernière pour voir le domaine de son utilisation. Au cours des dernières décennies, suite au développement de l'urbanisation, les activités industrielles et agricoles, la qualité de l'eau souterraine et aquifère du monde y compris ceux de l'Algérie se dégrade. La qualité des eaux des nappes phréatique peut être influencée par la dissolution des formations géologiques, les rejets domestiques et surtout l'activité agricole. Cette étude hydro-chimique est menée dans le but de déterminer et de connaître l'origine de faciès chimique des eaux, son évolution spatio-temporelle, ainsi pour avoir une idée générale sur la qualité de ces eaux et les utilisations. DAGNELIE.P. (1975).

On utilise le logicielle diagramme pour tracer les deux diagrammes (piper et scholler bercaloff) .après de calculer avec l'Excel le bilan ionique des eaux de nos forage.

On traite les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines des forages implantés dans la région de Akbou par l'Analyse en Composantes Principales (ACP), la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et Analyse des Correspondances Multiples (ACM) ou on a utilisez logiciel XLSTAT , j'ai profitez de l'essai gratuit pour pratiquer les 03 analyses pendant une périodes de 14 jours d'essai dont l'objectif est d'identifier les faciès chimiques .

IV.2. Calcule du bilan ionique

On utilisant le logiciel Excel et après de transformer l'unité des cations et anions du (mg/l) en (meq/l) on calcule le bilan ionique des eaux de chaque forage avec l'équation suivante.

$$\text{Bilan ionique} = \frac{\epsilon_{\text{cations}} - \epsilon_{\text{anions}}}{\epsilon_{\text{cations}} + \epsilon_{\text{anions}}}$$

Les résultats sont affichés dans ce tableau :

Tableau 20 : Résultats de calcule du bilan ionique

Somme des cations (meq/l).	Somme des anions (meq/l).	Bilan ionique (%).
9.66	9.62	0.1904174
16.41	18.16	-5.0691028
12.04	11.95	0.3601038
9.52	9.71	-1.0001304
8.84	8.96	-0.643319
13.23	14.90	-5.9556087

IV.2.1. Interprétation

Ce tableau représente les résultats de calcul du bilan ionique quand à calculer avec le logiciel Excel après de calculer la somme des ions et la somme des cations avec le même logiciel. On remarque que les résultats sont variés entre (0.1904174% et 5.9556087%), ces résultats montre que les analyses fait sont fiable parce que on n'a pas dépassé 10%.

IV.3. Diagramme de PIPER

Diagramme de PIPER représente une simultané le facies chimiques des échantillons. Il contient deux triangles chaque un représente le facies cationique et l'autre anionique et d'un losange synthétisant le facies globale (représentation synthétique des ions majeurs. Les points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons combinaisons des éléments cationiques et anioniques (BOUDIA, A.2016).

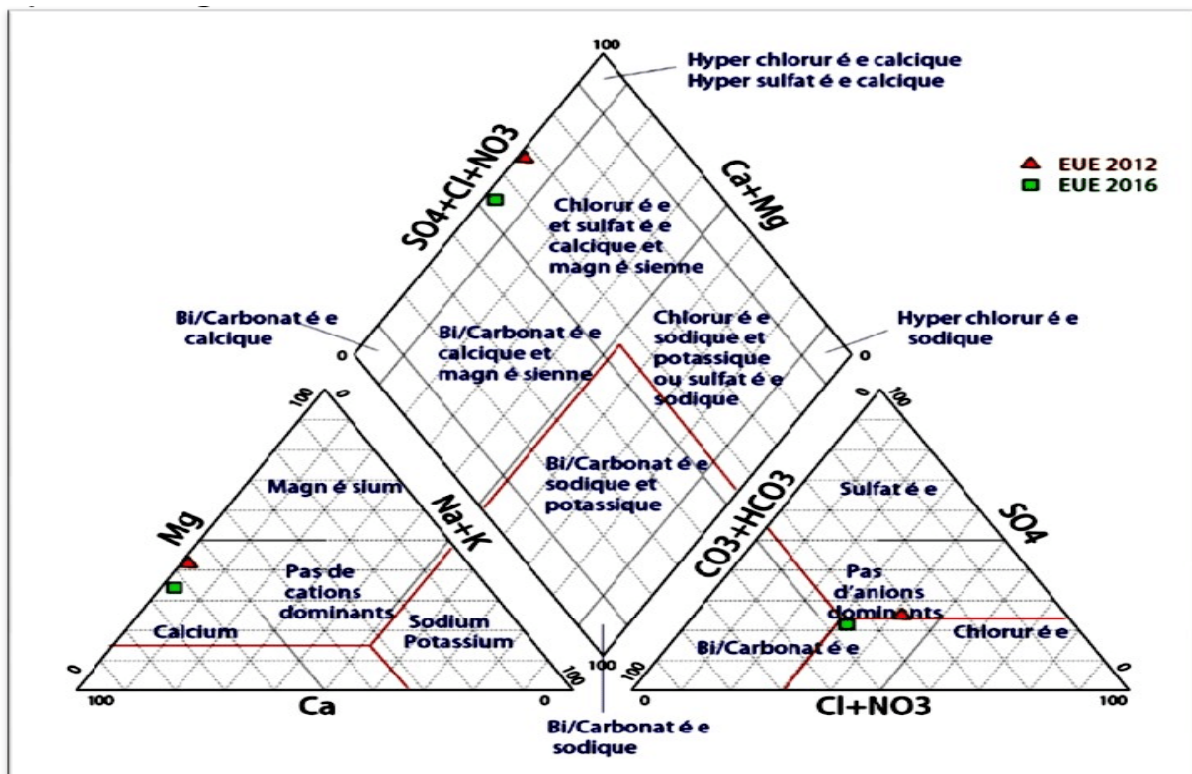


Figure 18 : Diagramme de PIPER

Avec le logiciel de diagramme on a classifié les eaux de nos forages. Le classement de ces derniers faits avec les résultats d'analyse qui a été fait en 2021. Parce que en 2023 il y on a 2 forage en arrêt.

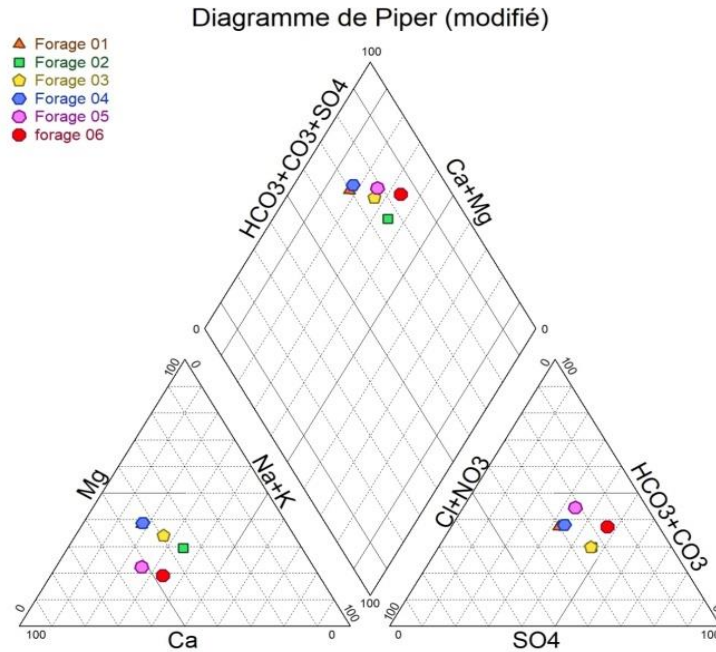


Figure 19 : Projection des échantillons sur le diagramme de PIPER

A partir de ce diagramme on peut remarquer que pour les eaux des 6 forages d'Akbou, les nuages des points montre qu'il n'y a pas des cations dominantes dans ces eaux, ainsi on ne trouve pas une dominance d'anions selon le diagramme de PIPER. Et le diagramme global met en relief le faciès sulfaté calcique et magnésienne.

IV.4. Diagramme de scholler-berkaloff

Ce genre de diagramme est semi logarithmique, il représente le faciès chimique de plusieurs eaux. Chacun de nos échantillons est représenté par une ligne verticale en échelle logarithmique, l'ensemble des points forme une ligne brisée qui jumellent des différents éléments chimiques. Lorsque des lignes se croisent un changement de faciès chimique est mis en évidence. (BOUDIA, A.2016).

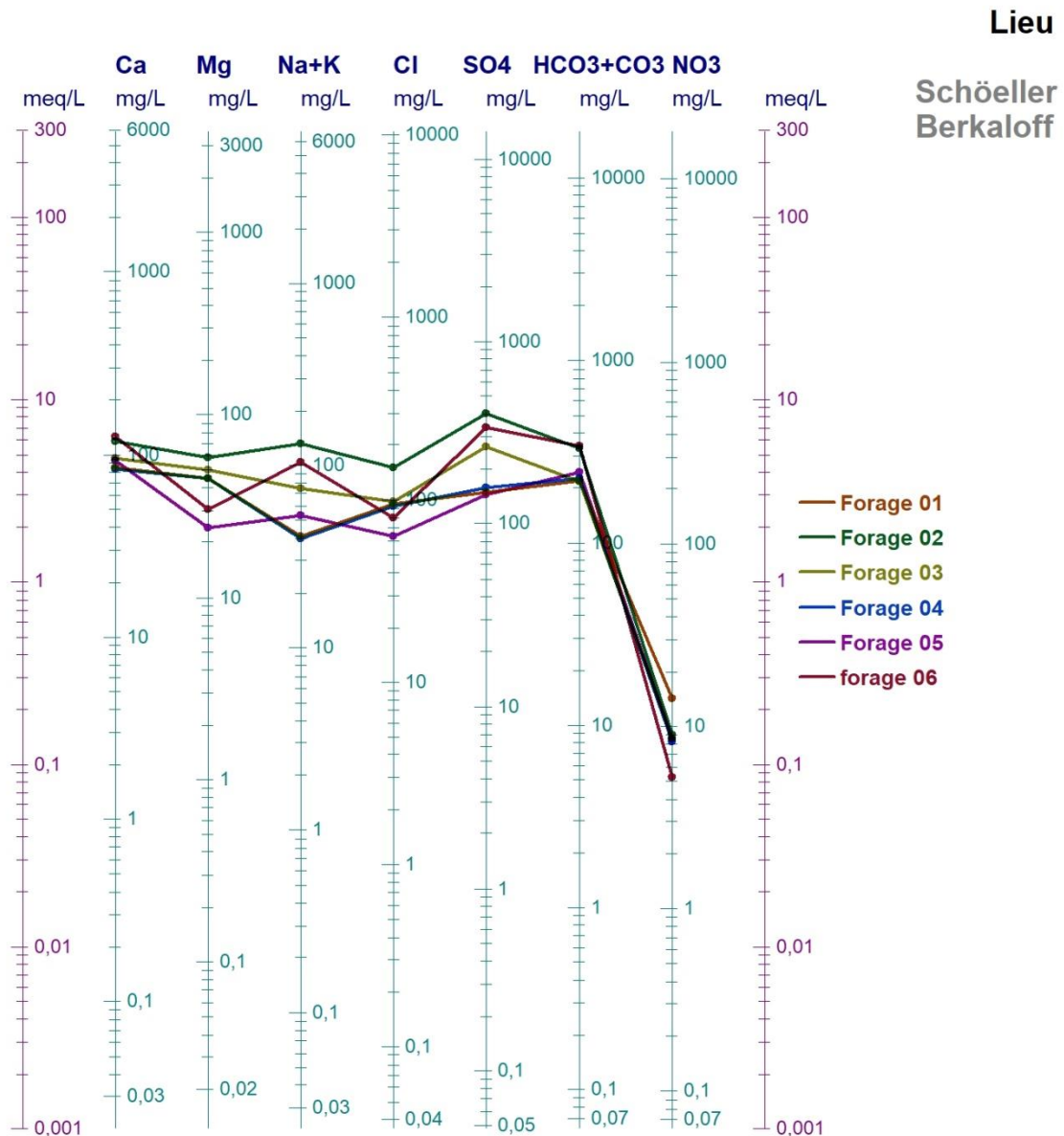


Figure 20 : Représentation des résultats selon le diagramme de scholler berkaloff

La représentation des résultats d'analyse selon le diagramme de scholler berkaloff confirme la dominance du facies qui est sulfaté calcique et magnésienne. Parce qu'on trouve trois sommets dans les graphes

IV.5. Modalisation

IV.5.1 .ACP

L'analyse en composantes principales (ACP) ; Est une méthode statistique essentiellement descriptive, l'objectif de cette analyse est de représenter sous une forme graphique. Le maximum des informations contenues dans un tableau de données. Les données comportent n

Chapitre IV : Les analyses statistiques multi variées des caractéristiques

variables quantitatives (PHILIPPEAU.G, 1986).

C'est l'une des méthodes d'analyses multidimensionnelles qui visent à structurer, aussi à résumer et synthétiser les données en vue de comprendre le phénomène traité.

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP), se présentent essentiellement sous la forme d'une suite de graphes. Les projections des individus et des variables figurent simultanément sur les mêmes graphiques. Deux individus proches sur la représentation sont semblables vis-à-vis de toutes les variables. Plus les variables ne se situent près du centre du graphique. Moins elles sont discriminantes et inversement (VILAIN. M 1999).

La forme graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) réunit à la fois les points caractéristiques des variables observées et les points représentatifs des individus observés (DAGNELIEF. P 1975).

L'Analyse en Composantes principales (ACP) c'est l'une des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles. Elle permet de convertir la matrice de données à un nouvel ensemble de composantes principales basé sur la matrice de variance-covariance (MAOUI .A et all 2010).

Chaque échantillon d'eau de nos points de prélèvement constitue une unité statistique, les différents paramètres soumis à l'analyse constituent les variables qui caractérisent ces unités statistiques. Un ACP a été pratiqué sur 6 forages (analyses).

IV.5.1.1 .Analyse statistique

Un traitement statistique élémentaire a été effectué pour déterminer les paramètres de position centrale et de la dispersion des paramètres physicochimiques. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous. Il montre que le potentiel d'Hydrogène pH a des valeurs dans les limites des normes algériennes, il varie légèrement de 7.870 à 8.105, la moyenne est de 7.963. La conductivité (COND) enregistre une moyenne de 1139.917 μ s/cm avec un écart-type de 283.136mg/l. Les concentrations de calcium (Ca^{2+}) sont caractérisées par des valeurs variant de 83 à 124.930 mg/l. Les valeurs du magnésium (Mg^{2+}) varient de 23.895 à 58.5 mg/l. Les chlorures (Cl^-) varient de 63.5 à 149.75mg/l. Les concentrations sulfates (SO_4^{2-}) de la nappe varient entre 145 à 405 mg/l. ces paramètres sont très essentielles dans l'analyse physicochimique. Les autres paramètres sont représentés dans ce tableau.

Tableau 21 : Représente les statistiques descriptives

Variable	Observations	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
T° C	6	6	21,700	23,800	23,068	0,779
pH	6	6	7,870	8,105	7,963	0,083
Cnd	6	6	885,000	1672,000	1139,917	283,136
Tur (µs/cm)	6	6	0,730	3,660	2,006	1,161
Tac (°F)	6	6	18,000	27,830	21,555	4,605
TH (°F)	6	6	32,900	54,000	41,958	6,963
HCO3- (mg/l)	6	6	216,900	339,650	262,558	56,633
Ca2+ (mg/l)	6	6	83,000	124,930	99,672	17,586
Mg2+ (mg/l)	6	6	23,895	58,500	42,013	12,715
Cl- (mg/l)	6	6	63,500	149,750	96,373	29,101
SO42- (mg/l)	6	6	146,000	405,000	243,635	110,614
Na+ (mg/l)	6	6	37,500	130,000	71,750	37,552
K+ (mg/l)	6	6	2,150	2,800	2,458	0,262
NO2- (mg/l)	6	6	0,000	0,010	0,004	0,004
Fe (mg/l)	6	6	0,000	0,011	0,003	0,004
NO3- (mg/l)	6	6	5,220	14,130	8,975	2,877
NH4+ (mg/l)	6	6	0,000	0,257	0,045	0,104

IV.5.1.2. Valeur propre et la variabilité

Ce tableau donne les valeurs propres et la variabilité, le premier axe principal a une valeur propre égale à 8.350, il explique 49.117 % de la variation totale, la seconde composante égale à 4.558 explique 26.814 % de la variance totale. Les deux premiers facteurs fournissent une inertie expliquée de 75.93 % considérée comme une bonne inertie moyenne. Cependant le pourcentage cumulé tend vers 100% ce qui traduit la complexité des influences qui s'exerce sur le chimisme des eaux.

Tableau 22 : Valeurs propres

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	8,350	4,558	2,175	1,541	0,375
Variabilité (%)	49,117	26,814	12,794	9,067	2,208
% cumulé	49,117	75,931	88,725	97,792	100,000

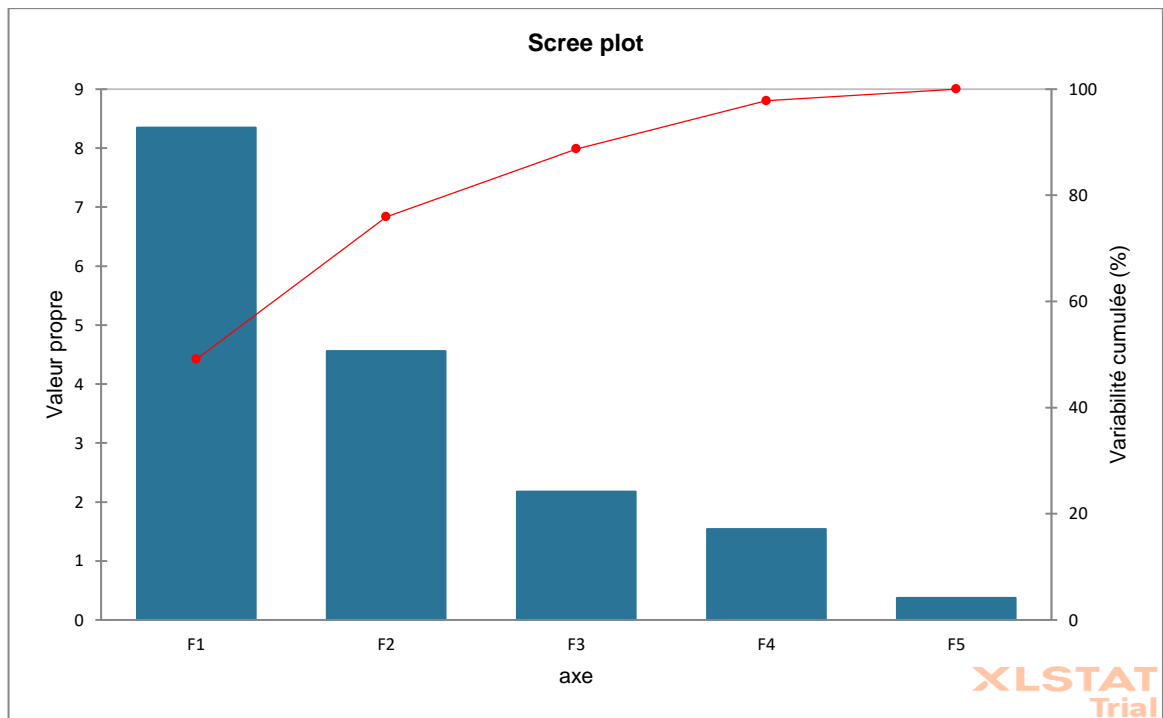


Figure 21 : Graphe des valeurs propres

Cette figure représente un scree plot un graphe qui représente le pourcentage cumulé qui augmente d'une valeur minimale 49.117% jusqu'au 100%.aussi un histogramme qui représente les valeurs propre dans lequel on remarque une diminution des valeurs propre, d'une valeur maximal 8.350 a une valeur minimal 0.375.

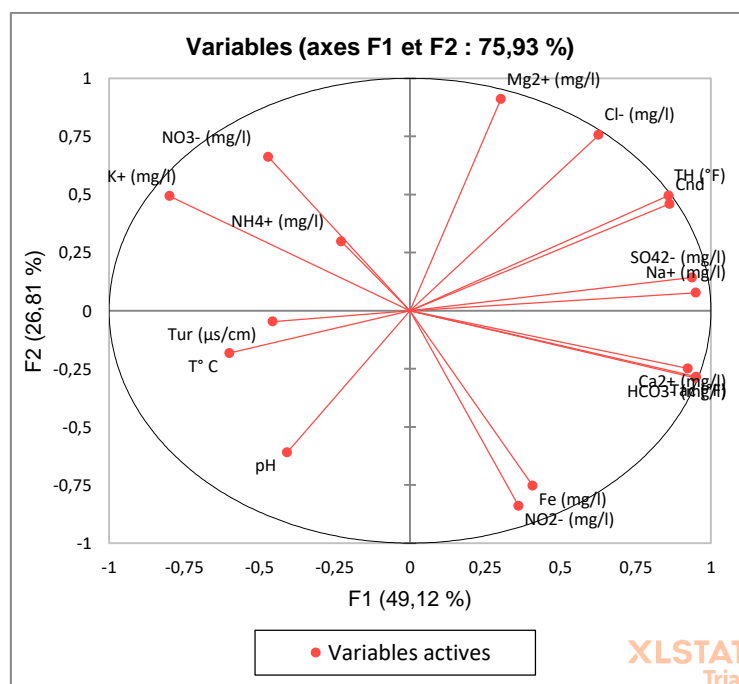


Figure 22 : Projection des variables sur le plan factoriel 1_2

Chapitre IV : Les analyses statistiques multi variées des caractéristiques

Le facteur 1 exprime 49.12 % de la variance des données et montre une corrélation dominante des éléments (Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^-) à l'exception du HCO_3^- , TC, TH.

Le facteur 2 exprime 26.81 % de la variance des données, montre une bonne corrélation des éléments (Cl^- , SO_4 , Ca^{2+} , COND, Na^+ , TH, HCO_3^+).

L'analyse du cercle réalisé par les deux facteurs F1 et F2 montre une opposition entre l'ensemble des éléments chimiques constituant la minéralisation des eaux ainsi que les éléments de pollution, à la température et les bicarbonates. Ces interprétations nous permettent de considérer le facteur 1 comme facteur de minéralisation lié à la dissolution des formations géologique.

Tableau 23 : Coordonnées des observations

	F1	F2	F3	F4	F5
Forage 01	-2,383	1,850	-1,832	-1,619	-0,349
Forage 02	4,873	2,337	-0,438	1,073	-0,215
Forage 03	-1,652	1,603	2,958	-0,364	0,015
Forage 04	-1,712	-0,224	-0,802	0,915	1,194
Forage 05	-2,268	-2,362	-0,171	1,499	-0,796
forage 06	3,142	-3,205	0,285	-1,503	0,152

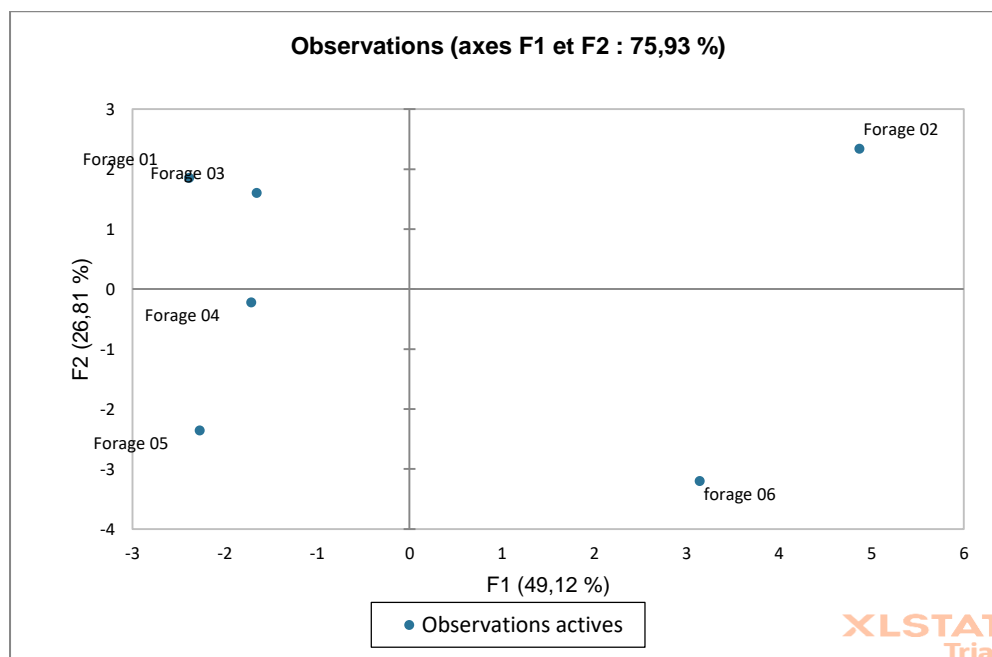


Figure 23 : Observation actives (axes F1 et F2)

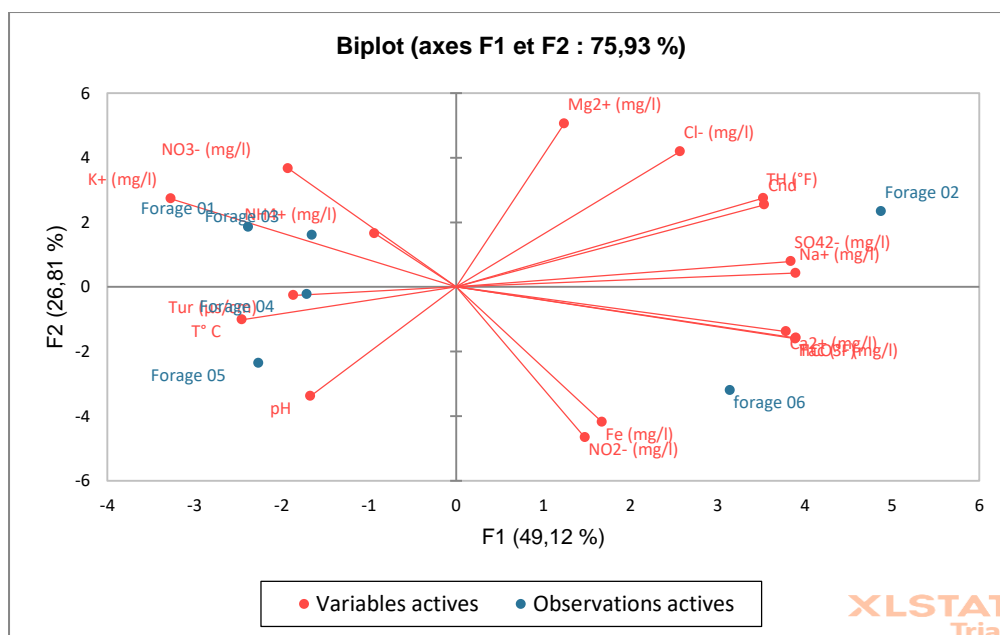


Figure 24 : Les variables actives et les observations actives des deux axes

Cette étude de répartition des individus, parallèlement à celle des variables, fait apparaître les regroupements de points suivants.

Groupe 1 : forage 01, forage03, forage04, forage05.

Groupe 2' : forage 02, forage 06.

IV.5.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

IV.5.2.1. Principe de la méthode

La classification ascendante hiérarchique CAH présente une méthode de classification dont le principe est :

On commence par calculer la dissimilarité entre les N objets. Puis on regroupe les deux objets dont le regroupement minimise un critère d'agrégation donné, créant ainsi une classe comprenant ces deux objets.

On calcule ensuite la dissimilarité entre cette classe et les N-2 autres objets en utilisant le critère d'agrégation. Puis on regroupe les deux objets ou classes d'objets dont le regroupement minimise le critère d'agrégation.

On continue ainsi jusqu'à ce que tous les objets soient regroupés.

Ces regroupements successifs produisent un arbre binaire de classification : dendrogramme, dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. Ce

Chapitre IV : Les analyses statistiques multi variées des caractéristiques

dendrogramme représente une hiérarchie de partitions. On peut alors choisir une partition en tronquant l'arbre à un niveau donné, le niveau dépendant soit des contraintes de l'utilisateur (l'utilisateur sait combien de classes il veut obtenir), soit de critères plus objectifs.

Plusieurs méthodes d'agrégation sont disponibles ; Méthode de Ward (inertie), méthode de Ward (variance), lien complet, lien simple, lien fort, lien flexible, lien moyen et lien proportionnel

IV.5.2.2. Avantages de la classification ascendante hiérarchique :

La classification ascendante hiérarchique (CAH) est une méthode de classification qui présente les avantages suivants :

On travaille à partir des dissimilarité entre les objets que l'on veut regrouper. On peut donc choisir un type de dissimilarité adapté au sujet étudié et à la nature des données.

L'un des résultats est le dendrogramme, qui permet de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre adéquat de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées.

IV.5.2.3. Résultats pour la Classification Ascendante Hiérarchique dans le secteur D'étude

Les données utilisées dans cette classification correspondent aux données hydrochimies des neuf (06) points de prélèvement.

Le but est ici de créer des groupes homogènes d'individus.

L'application de la méthode CAH au moyen du logiciel XLSTAT nous a permis de faire ressortir beaucoup de résultats : statistique des nœuds, diagramme des niveaux, dendrogrammes, barycentres des classes, distances entre les barycentres des classes, objets centraux, distances entre les objets centraux, résultats par classe et les résultats par objet, etc. (non présentés ici).

Parmi les résultats de la classification CAH, on peut analyser les deux dendrogrammes qui présentent la composition des deux groupes et comment les neuf individus ont eux-mêmes été regroupés.

Le dendrogramme complet permet de visualiser le regroupement progressif des objets, où le trait en pointillé marque le niveau auquel est effectuée la troncature.

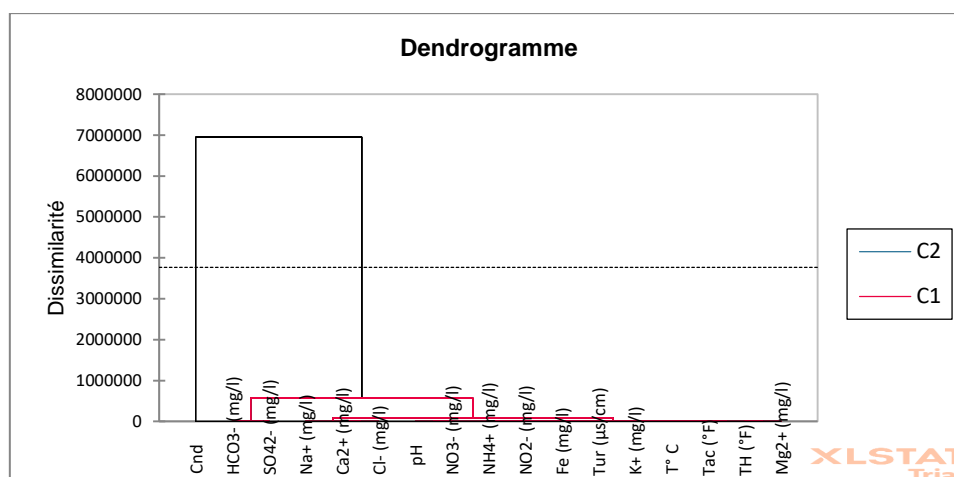


Figure 25 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) / Nombre de classes = 2

Ce dendrogramme représente la classification ascendante hiérarchique (CAH) dans le nombre de classe c'est 2 cette clarifications est base sur les analyses des éléments physicochimique.

Tableau 24 : Résultats par classe

Observation	Classe	Distance au barycentre
T° C	1	92,014
pH	1	126,735
Cnd	2	0,000
Tur (µs/cm)	1	141,047
Tac (°F)	1	92,331
TH (°F)	1	44,086
HCO3- (mg/l)	1	511,143
Ca2+ (mg/l)	1	104,003
Mg2+ (mg/l)	1	51,469
Cl- (mg/l)	1	105,978
SO42- (mg/l)	1	502,841
Na+ (mg/l)	1	60,970
K+ (mg/l)	1	139,831
NO2- (mg/l)	1	145,570
Fe (mg/l)	1	145,572
NO3- (mg/l)	1	125,241
NH4+ (mg/l)	1	145,473

Ce tableau représente les résultats de classification par classe et la distance au barycentre. On trouve deux classe la première contient un seul élément qui est la CND contraire à l'autre

classe qui contient les éléments restants.

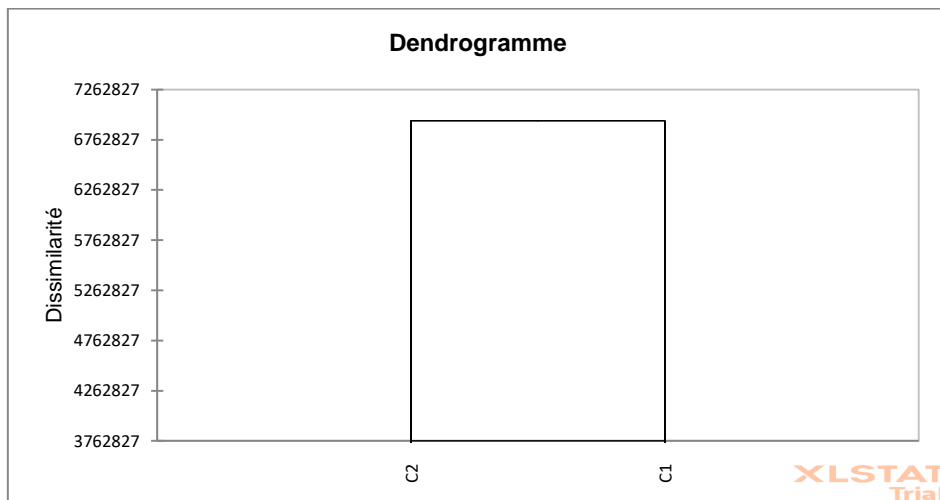


Figure 26 : Dendrogramme tronqué

Ce dendrogramme représente les deux classes C1 et C2 après de définir les résultats de classification par classe

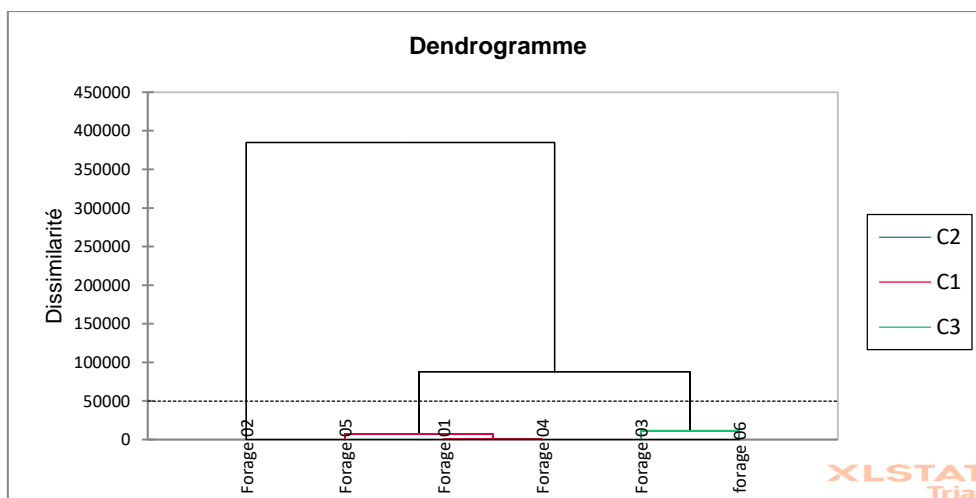


Figure 27 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) / Nombre de classes = 3

:

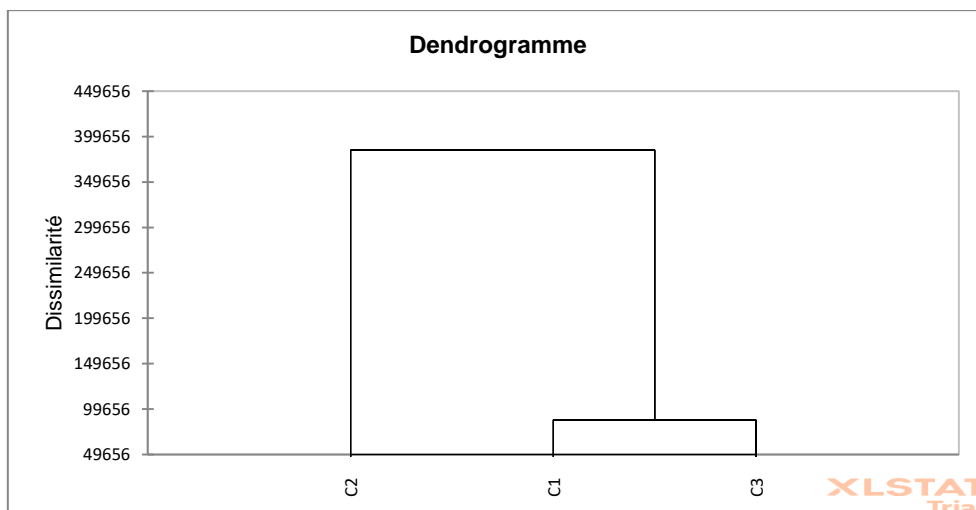


Figure 28 : Dendrogramme de dissimilarité par rapport à la classe

Ces deux dendrogramme représente la classification ascendante hiérarchique (CAH).cette classification nous montre qu'il y a trois classe.

Tableau 25 : Résultat par classe

Classe	1	2	3
Nombre d'objets par classe	3	1	2
Somme des poids	3	1	2
Variance intra-classe	3997,888	0,000	11534,511
Distance minimale au barycentre	24,032	0,000	75,942
Distance moyenne au barycentre	48,021	0,000	75,942
Distance maximale au barycentre	70,372	0,000	75,942
	Forage 01	Forage 02	Forage 03
	Forage 04		forage 06
	Forage 05		

Ce tableau représente les résultats de classification par classe qui a été fait avec le logiciel XLSTAT cette classification nous montre qu'il y a 3 classe de forage (forage 1.4.5) et (forage2) et (forage 3.6) cette dernière a été fait à base de :

Nombre d'objet par classe ; Somme des poids ; variance interclasse ; distance minimale, moyenne, maximale, au barycentre.

Tableau 26 : Résultats par objet

Observation	Classe	Distance au barycentre
Forage 01	1	24,032
Forage 02	2	0,000
Forage 03	3	75,942
Forage 04	1	49,658
Forage 05	1	70,372
forage 06	3	75,942

Ce tableau représente les résultats de classification par objet, on remarque qu'il y a trois classe ce type de classification est basé sur la distance au barycentre. Ces trois classe sont (forage 1.4.5) ;(forage 2) ; (forage 3.6).

IV. Aptitude à l'irrigation :

IV.6.Calcul du taux d'adsorption du sodium (SAR)

$$SAR = \frac{[Na+]}{\sqrt{\frac{[Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]}{2}}}$$

SAR= indice de risque de sodium.

Na, Ca, et Mg : concentration de de sodium, calcium et magnésium en méq/L.

Tableau 27 : Résultats de calcul de SAR

Nom des forages	Résultats de calcul de SAR meq/L
Forage 01	0.83
Forage 02	2.34
Forage 03	1.49
Forage 04	0.82
Forage 05	1.22
Forage 06	2.13

Tableau 28 : Classification des eaux destinées à l'irrigation, selon les valeurs de SAR et de la conductivité électrique (AGID(2003)).

Classe	Valeur SAR	Aptitude de l'eau a l'irrigation
S1] 0 - 10[Eau à faible risque de salinisation, convient à tous les sols.
S2] 10 - 18[Eau a risque moyenne de salinisation, ne peut être utilisé que pour les plantes tolérantes a la salinité et pour les sols aérés (texteur grossière) et perméable.
S3] 18 - 26[Eau a fort risque d'alcalinisation, peut être utilisé que pour les plantes très tolérantes a la salinité et pour les sols bien drainés et mieux avec ajout de la matière organique.
S4] 26 - +∞ [Eau a très fort risque d'alcalinisation, non utilisable pour l'irrigation. 5

- ❖ Selon les résultats de calculs de SAR l'intervalle des valeurs est] 0 - 10[donc notre Eau à faible risque de salinisation, convient à tous les sols.

IV.8. Classification de wilcox

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en pourcentage

$$NA(\%) = \frac{[Na+]}{[Mg^{2+}] + [Ca^{2+}] + [Na+] + [K]} \times 100$$

Avec : Na, Ca, Mg et K : concentrations de sodium, calcium et magnésium et potassium en méq/L. (AGID(2003),)

Tableau 29 : Résultats de calculs de (Na%)

Nom du forage	(Na%)
Forage01	24
Forage02	34
Forage03	26
Forage04	17

Chapitre IV : Les analyses statistiques multi variées des caractéristiques

Forage05	25
Forage06	33

Selon le tableau on remarque que les résultats calculé sont moyenne donc notre sol n'est pas saturés en sodium donc on peut irriguer certaines genres de plantes.

IV.9. Radio d'adsorption de magnésium

Les sols contenant des niveaux élevés de magnésium échangeable sont souvent exposés à des problèmes d'infiltration du sol.

Dans une eau à dominance de magnésium (rapport Ca / Mg <1) ou dans un sol contient du magnésium (rapport sol-eau Ca / Mg <1), l'effet potentiel du sodium peut être légèrement augmenté et par conséquent une augmentation de salinisation du sol. En d'autres termes, une valeur SAR donnée montrera un peu plus de dégâts si le rapport Ca / Mg est inférieur à 1. Le MAR est défini par l'équation suivante (AGID(2003)).

$$\text{MAR} = \frac{[Mg^{2+}]}{[Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]} \times 100$$

Avec : les concentrations de magnésium et calcium exprimées en méq/l.

Tableau 30 : Résultat de calculs de (MAR)

Nom du forage	MAR(%)
Forage01	46
Forage02	44
Forage03	46
Forage04	47
Forage05	29
Forage06	28

On remarque que les pourcentages de MAR varient entre 28% et 46% donc notre qualité d'eau est adaptée.

IV.10. Indice de perméabilité

Le problème de perméabilité liée à la qualité de l'eau se produit lorsque le taux d'infiltration d'eau dans et à travers le sol est réduit par l'effet de sels spécifiques ou le manque de sels dans l'eau à tel point que la culture n'est pas suffisamment approvisionnée en eau et le rendement est réduit. L'indice de perméabilité est donné par la formule suivante :

$$PI = \frac{[Na] + \sqrt{[HCO_3]}}{[Ca] + [Mg] + [Na]} \times 100 .$$

Tableau 31 : Classification de l'eau par l'indice de perméabilité (AGID(2003).

Classe d'eau	Indice de perméabilité. (%)	Qualité d'eau
1	> 75%	Excellent
2	25 – 75 %	bien
3	< 25%	Inapproprié

Tableau 32 : Résultats de calculs de l'indice de perméabilité

Nom de forage	résultats
Forage 01	37
Forage 02	48
Forage 03	41
Forage 04	37
Forage 05	48
Forage 06	51

Selon les résultats on remarque que les pourcentages varient entre 37% et 51% donc notre qualité d'eau est bien.

IV.6. Conclusion

Dans le dernier chapitre on a jumeler tous les informations pour finaliser notre travail. On a utilisé les résultats d'analyses pour faire les deux diagramme PIPER, SCHOLER BERCKALOF avec le logiciel diagramme avec des interprétations sur les deux. Aussi on a fait une modalisation : L'analyse en composantes principales (ACP) après de faire l'analyse statistique et on a terminé notre travail avec la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) aves des interprétations sur les graphes. Après de terminer cette partie on a calculé le taux d'adsorption du sodium(SAR) et on a trouvé que notre eau est de faible salinisation. D'un autre coté on a calculé le radio d'adsorption de magnésium avec un résultat de qualité d'eau est adapté. En fin la détermination de l'indice de perméabilité on à découvert que la qualité de notre eau est bien pour l'irrigation de certaine plantes.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude que nous avons menée dans la région d'Akbou nous a permis de faire une approche à la connaissance de la qualité de l'eau souterraine par différentes méthodes graphiques et statistiques multi variées. Et découvrir l'utilité de ces eaux dans le secteur de l'irrigation. On a fait cette étude a partir des données et des connaissances des régions telles :

- ✓ Des information sur la zone d'étude comme la situation géographique du bassin versant de la Soummam ou se situent nos forages, la démographie élevée de cette région qui est un élément très important, le relief Le relief de la wilaya de Bejaïa qui est caractérisé par une prédominance de montagnes avec des pentes excédant souvent les 25% et des altitudes variant entre le niveau de la mer et 1000 m dont 50% ne dépassent pas les 600 m. le climat de La zone littorale et la vallée de la Soummam jouissent d'un climat pluvieux et doux en hiver, sec et chaud en été. Aussi la pluviométrie qui aide la nappe a se remplissent, aussi la situation hydrographique et le cadre géologique les couches souterraines de la région de la Soummam ou Akbou.
- ✓ Dans une autre partie on a parlé sur l'emplacement des forages, les normes et qualité d'eau (OMS) dans les quelle on a comparé les résultats mesurer dans le laboratoire, la technique d'échantillonnage et la conservations et transport des échantillon qui est un élément essentielle qui peut changer les paramètres de nos échantillons, on a aussi représenté les résultats d'analyses actuelle et précédent avec une petite comparaison et interprétations , finalement on a pu voir que il y on a un impact de la géologie sur la qualité d'eau.
- ✓ La dernière partie est consacrée pour une étude avec le logiciel diagramme on a arrivé à savoir la dominance des éléments chimiques ou le facies qui est sulfaté calcique et magnésienne. L'étude hydro-chimique de la qualité des eaux souterraines de cette région, soit par les analyses statistiques multi variées en composantes principale (ACP) Cette étude de répartition des individus, parallèlement à celle des variables, fait apparaitre les regroupements de points suivants. Groupé 1 : forage 01, forage03, forage04, forage05. Groupe 2 : forage 02, forage 06.
- ✓ la classification ascendante hiérarchique (CAH) fait ressortir les points

Conclusion générale

suivants : cette par classe classification nous montre qu'il y a 3 classe de forage (forage 1.4.5) et (forage2) et (forage 3.6), et une autre classification par objet, on remarque qu'il y on a trois classe ce type de classification est basé sur la distance au barycentre. Ces trois classe sont (forage 1.4.5) ;(forage 2) ; (forage 3.6).

- ✓ Après les résultats de calculs de l'indice de risque de sodium, dans le quelle on a découvert que notre Eau à faible risque de salinisation. Après on a fait la classification de wilcox on remarque que les résultats calculé sont moyenne donc notre sol n'est pas saturés en sodium donc on peut irriguer certaines genres de plantes. Et on a clôturé notre travail avec le radio d'adsorption de magnésium (MAR) dans lequel on a découvert que notre qualité d'eau est bien.

Finalemnt au cours de ce travail, j'ai pu prendre certaines compétences tel que la manipulation du matériels d'analyse dans un laboratoire et la maitrise de nouveau logiciels comme Diagramme et XLSTAT, là le travail en groupe ainsi que l'autonomie et la responsabilité. Elle était une bonne expérience dans notre chemin professionnel.

Références Bibliographiques

- ✓ ALGÉRIENNE DES EAUX. (2013). Bejaïa, Algérie: ALGÉRIENNE DES EAUX.
- ✓ Ministre des ressources en eau, 2018.
- ✓ Azegagh A., Ghilas R., 2006. Etude de l'herpétofaune dans les zones humides de la basse vallée de la Soummam (Bejaïa, centre nord-est algérien). Mém. Ing d'Etat en Ecologie et Environnement, Univ. A-Mira de Bejaïa, Algérie, 74 p+ 5p annexes.
- ✓ Messafri L., 2018. Contribution à l'étude des grands feux dans la wilaya de Bejaia. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi ouzo, 63p.
- ✓ Mokhtari K. et Zouagui M., 2017. Contribution au suivi des pressions anthropiques de la wilaya de Bejaïa. Mémoire master des sciences de la nature et de la vie, Univ de Bejaia, 35 p.
- ✓ Abdelhalim SAOU, THESE présentée le 07 février 2013 pour l'obtention du grade de DOCTEUR EN SCIENCE, filière hydraulique, option hydraulique générale .université A.MIRA BEJAIA.
- ✓ RAHMANI Souad et CHAIBI Samia 27.09.2020. suivi de qualité physico-chimique des eaux de surface d'oued Soummam.
- ✓ BELLIL Karim2014 .évaluation physico-chimique des sols de la région de la Soummam, université Abderrahmane Mira.
- ✓ (09) Melle BAHLOUL Fayrouz, mémoire de magister « Contribution Au Développement De La Méthode d'Estimation Des Ressources En Eau(Cas des ressources en eau du bassin versant de la Soummam) », université de Bejaïa, 2013/2014.
- ✓ Melle Hamenni Nassima, Mémoire de Magister « étude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG », Ecole nationale supérieure d'agronomie, 2011.
- ✓ Beyragued Affaf, Boudiaf Aicha, Mémoire fin d'étude « Contribution a la connaissance de la qualité des eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam-Bejaïa », Université de Msila, 2016/2017.
- ✓ REJSEK.F. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, France.
- ✓ TARDAT- HENRY M, B. J. (1984). Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.
- ✓ BOUDIA, A., & BOUAMEUR, A. (2016). CARACTERISATION HYDROCHIMIQUE

ET QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE KARSTIQUE DE SAIDA.
SAÏDA: UNIVERSITE DR. MOULAY TAHAR DE SAÏDA.

- ✓ PHILIPPEAU.G. (1986). Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. ITCF, Paris, 63 p.
- ✓ VILAIN.M. (1999). Méthodes expérimentales en agronomie pratique et analyse. Ed. Lavoisier, Paris, 337 p.
- ✓ DAGNELIE.P. (1975). Analyse statistique à plusieurs variables. Ed. Imprimerie J. Du culot, Gembloux, 362 p.
- ✓ Maoui, A., KHERICI, N., & DERRADJI, F. (2010). Hydrochemistry of Sandstone aquifer in a semi-aride région, Ain oussera, Alegria. Environ Earth Sci 60:689–701.
- ✓ AGID(2003), efficience de l'irrigation dans les grands périmètres en Algérie séminaire franco algérienne sur la gestion de l'irrigation dans les conditions de ressources en eau limitée.
- ✓ RODIER, J. L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau. Dunod.

Annexe

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercuré	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	Phénols	µg/l	0,5
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1

Figure 29 : Normes algériennes du ministre des ressources en eau (22 mars 2011)

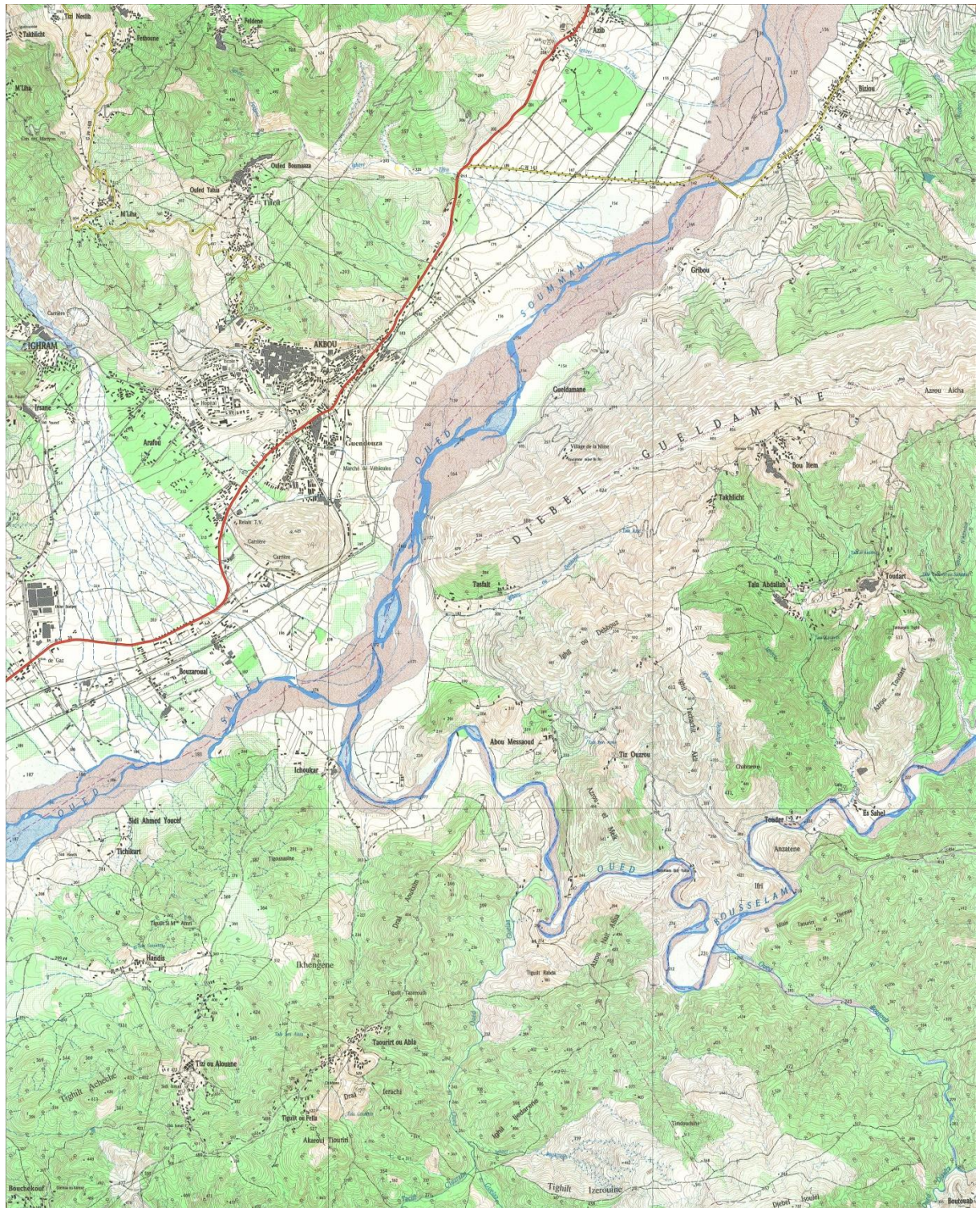


Figure 30 : Carte topographique de la région de la Soummam