



Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnelle en :

Hydraulique

Thème :

Application des méthodes statistiques
multi variées à l'études hydrochimie de la
qualité des eaux souterraines Albienne
Ouled Djelal, Algérie

Réalisé par :

MOSTAFAOUI AHMED

Encadré par :

- **Djaffer Khoudja Hakim**

Maitre de Conférences (IT, Univ-Bouira)

Soutenu devant le jury :

- Examineur 1 : M. YAHIAOUI Abdelhalim

Maitre de Conférences (IT, Univ-Bouira)

- Examineur 2 : Mme. BOUAKLINE Hanane

Maitre-Assistant (IT, Univ-Bouira)

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, aimés 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 MA GRANDE MERE CHERIE

Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur dans les deux vies

A MES CHERS ET ADORABLES SCEURS

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

A MES CHERS MEMBRES DU EL KINDI CLUB

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie me comblent de bonheur. Quisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

A TOUS MES AMIS QUE J'AIME TANT.

A MES COLLEGUES DE MA PROMOTION (2020)

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

AHMED, M

Avant tout, je remercie 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 **Djafer Khoudja Hakim** pour ses précieuses conseils Pour l'établissement de ce travail.*

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

J'adresse mes remerciements à tous les professeurs de l'institut de technologie qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

*J'adresse aussi mes remerciements à Mr **Beldjouhar Mohammed** directeur des ressources en eaux de la wilaya de oulled djellal et Mr **Loughraichi Fazid** ingénieur au niveau de l'organisme national de contrôle technique de la construction hydraulique, sans oublier Madame **Sabrina** Ingénieur au laboratoire **ADE Biskra** pour leurs soutiens pendant la durée de mon stage.*

*Je présente mes sincère remerciement à mes collègue **Hassani Sid Ali** et **Phenini Mohamed Salah** pour leurs soutiens pendant toute la durée du stage qu'on a vécu tous les trois ensembles.*

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.

RESUMER

L'objectif principal de ce travail est un diagnostic de la qualité des eaux Albiennes de la région de Ouled djellal.

L'analyse de la qualité physico-chimique a concerné des échantillons prélevés à partir de 09 forages de la nappe du continentale intercalaire exploitée dans la région utilisée pour l'alimentation en eau potable et destinées à l'irrigation des terres agricoles.

Pour les eaux souterraines, les résultats obtenus ont montré que l'eau de la nappe du continentale intercalaire a une faible qualité par rapport aux normes. Ceci concerne plus particulièrement le pH, la conductivité (minéralisation), la dureté totale ainsi que la concentration des éléments majeurs.

A cet effet, l'évaluation continue de la qualité des eaux est impérative et un traitement pour réduire la détérioration de la qualité des eaux et éliminer les problèmes de santé peut s'avérer nécessaire

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تشخيص جودة المياه البيئية في منطقة أولاد جلال. ويتعلق تحليل النوعية الفيزيائية - الكيميائية بعينات مأخوذة من 09 ابار من المائدة القارية البيئية المستغلة في المنطقة المستخدمة في إمدادات مياه الشرب والمخصصة لري الأراضي الزراعية. وفي حالة المياه الجوفية، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن نوعية المياه في طبقة المياه الجوفية القارية المتقاطعة منخفضة بالمعايير. وينطبق هذا بصفة خاصة على درجة الحموضة، والموصلية (المعدنية)، والصلابة الكلية وتركيز العناصر الرئيسية. وتحقيقاً لهذه الغاية، لا بد من إجراء تقييم مستمر لنوعية المياه، وقد تكون المعالجة ضرورية للحد من تدهور نوعية المياه والقضاء على المشاكل الصحية

Abstract

The main objective of this work is a diagnosis of the quality of the Albian waters of the Ouled djellal region.

The analysis of the physico-chemical quality concerned samples taken from 09 boreholes of the Intercalary Continental Table exploited in the region used for drinking water supply and intended for irrigation of agricultural land.

In the case of groundwater, the results obtained have shown that the quality of the water in the intercalary continental aquifer is low by standards. This applies in particular to pH, conductivity (mineralization), total hardness and concentration of major elements.

To this end, continuous assessment of water quality is imperative and treatment to reduce the deterioration of water quality and eliminate health problems may be necessary

TABLES DES TABLEAUX

Tableau 1 Les nappes captées de la région d'Ouled Djellal (zair, 2017).....	14
Tableau 2 Précipitations moyennes mensuelles (2008) d'Ouled Djellal (Guezainia & Guerram, 2011) :	15
Tableau 3 Les températures dans la région d'Ouled Djellal (2008)	15
Tableau 4 Unités géologiques et hydrogéologiques dans la région de Ouled djellal.....	17
Tableau 5 Caractéristiques des forages de la nappe du Continental Intercalaire dans la commune d'Ouled Djellal (DRE).....	22
Tableau 6 résultat de mesure de la température	26
Tableau 7 résultat de mesure de la conductivité	27
Tableau 8 RESULTAT DE MESURE DE PH.....	28
Tableau 9 résultat de mesure du TH.....	29
Tableau 10 résultat de mesure du calcium	30
Tableau 11 résultat de mesure du magnésium	30
Tableau 12 résultat de mesure du TAC	31
Tableau 13 résultat de mesure du chlorure.....	32
Tableau 14 résultat de mesure du sulfate	33
Tableau 15 résultat de mesure du NACL	34
Tableau 16 résultat de mesure de potassium.....	35
Tableau 17 résultat de mesure du nitrates	36
Tableau 18 résultat de mesure d'ammonium.....	36
Tableau 19 résultat de mesure du FER.....	37
Tableau 20 résultat de mesure DU TDS.....	38
Tableau 21 résultat de mesure du phosphore	38
Tableau 22 Statistiques élémentaires des paramètres	44
Tableau 23 Matrice de corrélation des paramètres.....	46
Tableau 24 Valeurs propres et la variabilité.....	47
Tableau 25 Corrélation entre variable et poids factoriels.	49
Tableau 26 Contribution des variables selon les axes factoriels.....	50
Tableau 27 Distances entre les barycentres des classes	54
Tableau 28 Barycentres (Centre de gravité) des variables par classes variables par classes ...	54
Tableau 29 Résultats par classe :.....	55
Tableau 30 Valeurs propres ACM	55

TABLES DES FIGURES

Figure 1 siege de la DRE OULLED DJELLAL	2
Figure 2 Organigramme de la direction des ressources en eau –OULED DJELLAL.....	5
Figure 3 Découpage administratif de la wilaya de OULED DJELLAL	8
Figure 4 Carte de la population et la densité de la wilaya de Ouled djellal (HELAL, 2016) ..	8
Figure 5 La carte hydrographique de la zone d'étude (HELAL, 2016)	9
Figure 6 La carte d'esquisse géologie de la région de la wilaya de Biskra.....	10
Figure 7 Calcaires marneux (Bendinne.S, 2019)	11
Figure 8 Grés de l'Albien inférieur (BENDDIN.S(2019).....	12
Figure 9 Coupe géologique Nord-Sud de la région d'étude.....	12
Figure 10 Log-stratigraphique d'un forage à Ouled Djellal.....	13
Figure 11 la carte pluviométrique de la région de Biskra(zair, 2017), Extrait de la carte pluviométrique d'Algérie 1/500000, 1971)	15
Figure 12 Courbe pluviométrique et température (2008).....	16
Figure 13 Les aquifères inventories au niveau de la région de Biskra.....	18
Figure 14 Distribution des puits et extension la nappe phréatique (OSS, 2004)	19
Figure 15 Tableau récapitulatif des unités géologiques et hydrogéologiques	21
Figure 16 Log lithostratigraphique du forage Barrémien à Ouled Djellal	23
Figure 17 le pH-mètre	27
Figure 18 dosage du calcium.....	29
Figure 19 spectrophotomètre.....	32
Figure 20 photomètre d'émission de flamme	34
Figure 21 Courbe d'étalonnage du potassium.....	35
Figure 22 Courbe d'étalonnage du sodium	35
Figure 23 Dendrogramme	40
Figure 24 graphe symétrique.....	41
Figure 25 GRAPHE Variation de la conductivité dans les forages (MAI.2022).....	45
Figure 26 Graphe des valeurs propres.....	47
Figure 27 Projection des variables sur le plan factoriel (1-2).	48
Figure 28 Dendrogramme complet visualisant le regroupement progressif des objets.	53
Figure 29 Le dendrogramme tronqué.....	54
Figure 30 Valeurs propres ACM.....	56

Table des matières

RESUMER.....	4
TABLES DES TABLEAUX.....	1
TABLES DES FIGURES.....	1
INTRODUCTION GENERALE.....	1
I. PRESENTATION D'ORGANISME D'ACUEIL.....	2
I.1. Introduction.....	2
I.2. Historique de la direction des ressources en eau.....	2
I.3. Direction des ressources en eau.....	2
I.4. Organigramme de la direction des ressources en eau de OULED DJELLAL.....	3
I.4.1. Le service de la mobilisation des ressources en eau est chargé notamment.....	3
I.4.2. Le service de l'alimentation en eau potable est chargé notamment :.....	3
I.4.3. Le service d'assainissement est chargé notamment :.....	3
I.4.4. Le service de l'hydraulique agricole est chargé notamment :.....	4
I.4.5. Le service de l'administration des moyens est chargé notamment.....	4
I.5. Conclusion.....	6
II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	7
II.1. Introduction.....	7
II.2. Aperçu géographique.....	7
II.2.1. Situation géographique.....	7
II.2.2. Démographie.....	8
II.3. Développement de la ville d'Ouled Djellal.....	9
II.4. Situation Hydrographique.....	9
II.5. Cadre géologique de la région d'Ouled Djellel.....	10
II.5.1. Quaternaire.....	10
II.5.2. Miocène supérieur (Pontien).....	10
II.5.3. Pliocène.....	10
II.5.4. Eocène moyen (Lutétien).....	11
II.5.5. Eocène inférieur.....	11
II.5.6. Sénonien supérieur.....	11
II.5.7. Sénonien inférieur.....	11
II.5.8. Turonien.....	11

II.5.9.	Cénomaniens	11
II.5.10.	Albien.....	12
II.5.11.	Aptien	12
II.5.12.	Barrémien.....	12
II.6.	Aspect climatologique.....	14
II.6.1.	Les précipitations	14
II.6.2.	Les précipitations moyennes annuelles	15
II.6.3.	La Température	15
II.7.	Nappes d'eau souterraines	16
II.7.1.	Nappe phréatique du Quaternaire.....	19
II.7.2.	Nappe du Continental Intercalaire (CI)	20
II.8.	Exploitation de la nappe continental intercalaire a ouled djellal.....	22
II.9.	Conclusion.....	24
III.	LES PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES.....	9
III.1.	Introduction	25
III.2.	Site de prélèvement	25
III.3.	Normes de qualité des eaux.....	25
III.4.	Echantillonnage.....	25
III.4.1.	Techniques d'échantillonnage.....	25
III.4.2.	Transport et conservation au laboratoire	25
III.5.	Moyens et méthodes d'analyses	26
III.5.1.	Mesure in situ.....	26
III.5.1.1.	La Température	26
III.5.1.2.	LA CONDUCTIVITE	26
III.5.1.3.	Le pH.....	27
III.5.2.	Mesure au laboratoire.....	28
III.5.2.1.	La dureté.....	28
III.5.2.2.	Dosage de Calcium et Magnésium	29
III.5.2.3.	Titre alcalimétrique	31
III.5.2.4.	Les Chlorures	31
III.5.2.5.	Les Sulfates	32
III.5.2.6.	Sodium et Potassium.....	33
III.5.2.7.	Les nitrites ET Ammonium.....	35
III.5.2.8.	LE FER	37
III.5.2.9.	TDS.....	37
III.5.2.10.	Phosphore	38

III.5.3.	Modalisation.....	39
III.5.3.1.	ACP	39
III.5.3.2.	CAH	39
III.5.3.3.	ACM	41
III.6.	Conclusion.....	42
IV.	LES ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEES DES CARACTERISTIQUES.....	43
IV.1.	Introduction.....	43
IV.2.	L'analyse en composantes principales (ACP)	43
IV.2.1.	Définition.....	43
IV.2.2.	Analyse statistique	44
IV.2.3.	Statistique bivariée.....	45
IV.2.4.	Valeur propre :	47
IV.3.	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	51
IV.3.1.	Principe de la méthode :.....	51
IV.3.2.	Avantages de la classification ascendante hiérarchique :.....	52
IV.3.3.	Résultats pour la Classification Ascendante Hiérarchique dans le secteur D'étude	52
IV.4.	Analyse des correspondances multiples (ACM) :	55
IV.4.1.	Définition	55
IV.4.2.	Résultats pour les observations :	56
IV.5.	CONCLUSION	57
	Conclusion générale	59
	Bibliographie	60

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante. 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 disponibilité de la ressource en eau se distingue entre le Nord et le Sud du pays. La situation géographique de Ouled djellal entre le Tell et le Sahara offre à la région, sur le plan hydrique, l'avantage des eaux superficielles du Nord et des eaux souterraines du Sahara septentrional. Cependant, les réserves souterraines représentent le potentiel hydrique le plus important de la région (96.62%) Cette ressource est contenue dans les grands systèmes aquifères du Complexe Terminal (CT) et du Continental Intercalaire (CI) tous deux surmontés par la nappe phréatique présente dans l'ensemble des oasis.

Au cours de cette étude, nous cherchons à étudier essentiellement la qualité des eaux souterraines de cette région. Nous présentons le travail en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente une présentation de la direction des ressources en eaux, leurs rôles, l'organigramme et les services possédé.
- Le second chapitre présente la zone d'études, aperçu géographique, hydrographique, climatologique et les différentes formations aquifères existantes dans la région de Ouled djellal et il identifie autant les nappes d'eau exploitées dans la région d'Ouled Djellal.
- Le troisième chapitre étudie les paramètres physico chimiques des eaux souterraines la région d'Ouled Djellal avec résultat réalisé au niveau de laboratoire ADE Biskra et interprétation avec des années précédente. Et modélisation analyses statistiques multivariées des variables physico-chimiques ACP, CAH, ACM.
- Le quatrième chapitre on a pratiqué L'ACP/ CAH/ ACM aux différentes caractéristiques physico-chimiques des déférents forages par logiciel XLSTAT et leurs interprétations.

CHAPITRE I

PRESENTATION D'ORGANISME D'ACCUEIL

I.1. Introduction

Ce chapitre sera consacré à la présentation de la Direction des Ressources en Eaux de Ouled Djellal, qui m'accueille pendant ma période de stage

I.2. Historique de la direction des ressources en eau

La Direction des ressources en eau est une direction exécutive de wilaya présidée par un directeur, ce dernier est nommé par décret présidentiel.

Financièrement, elle dépend directement du ministère des ressources en eau.

Fondée en 2021, et en 2022 statut confirmé par décret présidentiel.

I.3. Direction des ressources en eau

La Direction des ressources en eau est un service public à vocation technique et administrative répondant aux exigences socio-économiques et celle du développement, son rôle est de :

- Préserver et optimiser l'exploitation des ressources en eau.
- Diriger et organiser les données liées à des fonctions telles que la recherche, le stockage et de distribution d'eau pour l'utilisation rationnelle dans le domaine agricole et industriel.
- Veiller sur l'application de la loi régissant l'exploitation des ressources en eau (eau potable, assainissement et irrigation).
- Préparer des fiches techniques, et planifier des programmes sectoriels.
- Contrôle et suivi des différents projets.



Figure 1 siège de la DRE OULLED DJELLAL

I.4. Organigramme de la direction des ressources en eau de OULED DJELLAL

Selon le schéma l'organigramme de la direction des ressources en eau se compose de la direction générale, le secrétariat ainsi que cinq (05) services, chacun de ces services a des rôles répartis comme suit :

1.4.1. Le service de la mobilisation des ressources en eau est chargé notamment

- ✓ De participer aux études et à l'élaboration du programme d'action visant la mobilisation de la ressource superficielle et souterraine ;
- ✓ D'assurer la maîtrise d'ouvrage, de suivre la réalisation des projets et de veiller au respect des règles et des normes de réalisation des ouvrages ;
- ✓ De veiller à la bonne exploitation, gestion et entretien des ouvrages de mobilisation de la ressource ;
- ✓ De constituer des banques de données sur les connaissances, la mobilisation, l'utilisation et la conservation de l'eau au niveau de la Wilaya

1.4.2. Le service de l'alimentation en eau potable est chargé notamment :

- ✓ De participer aux études et à la programmation des projets d'alimentation en eau potable.
- ✓ D'assurer la maîtrise d'ouvrage, le suivi de la réalisation des projets d'alimentation en eau potable et de veiller au respect des règles et de normes de réalisation de ces projets.
- ✓ De veiller à la bonne gestion et au bon fonctionnement du service public de l'alimentation en eau potable.
- ✓ De constituer et de mettre à jour un système d'information relatif à l'alimentation en eau potable et industrielle.

1.4.3. Le service d'assainissement est chargé notamment :

- ✓ De participer aux études et à la programmation des projets d'assainissement et de protection contre les inondations ;
- ✓ D'assurer la maîtrise d'ouvrage et le suivi de la réalisation des projets d'assainissement et de protection contre les inondations et de veiller au respect des règles de construction de ces ouvrages.

- ✓ De participer au choix des procédés et des techniques d'assainissement et d'épuration
- ✓ De veiller au bon fonctionnement du service public lié à l'assainissement et au respect des règles et des normes de la gestion et l'exploitation des infrastructures y afférentes
- ✓ De veiller en relation avec les services concernés, à la protection et a la préservation de la ressource ;
- ✓ De constituer et de mettre à jour un système d'information relatif à l'assainissement et à la protection de l'environnement.

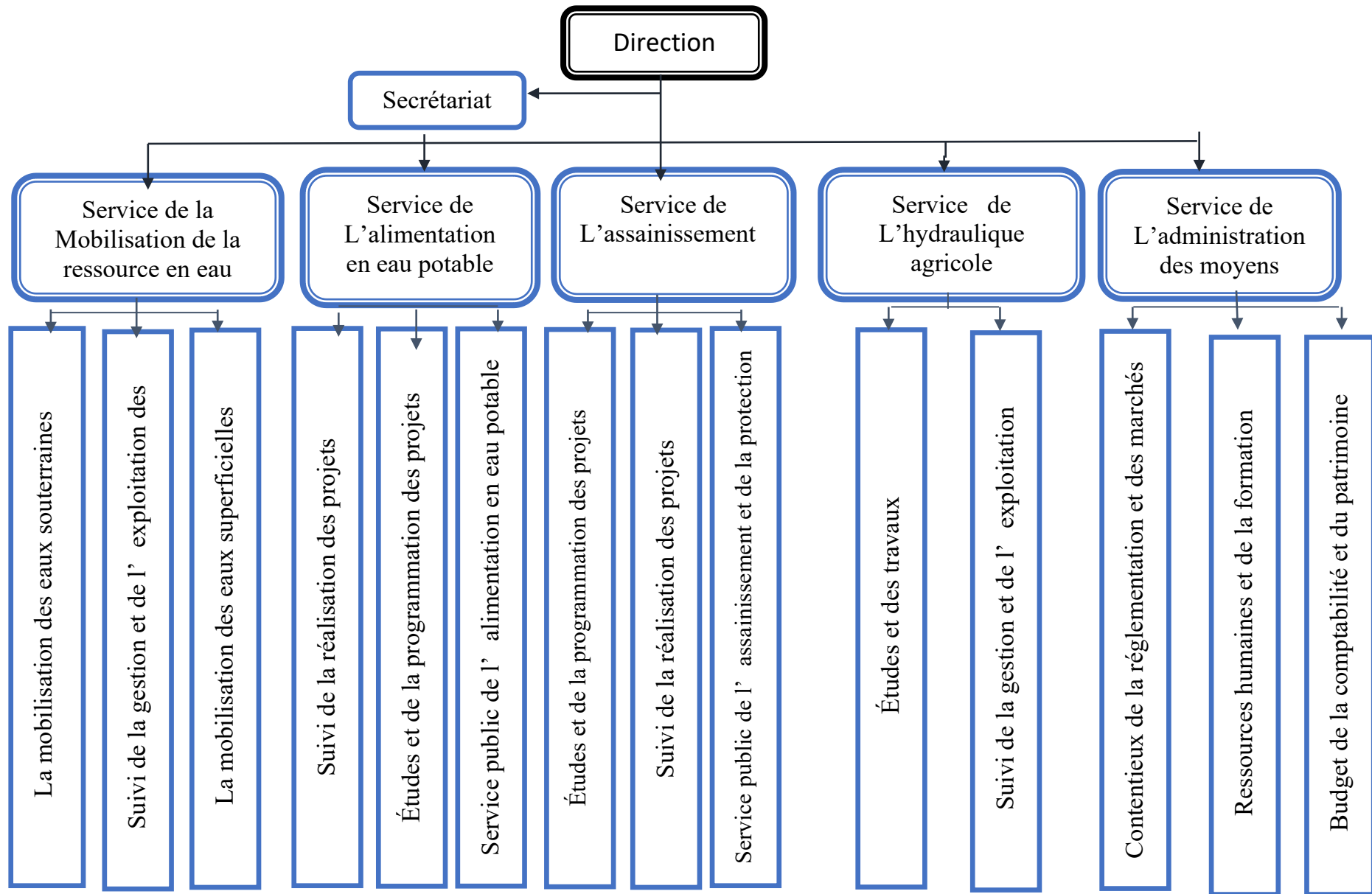
1.4.4. Le service de l'hydraulique agricole est chargé notamment :

- ✓ De participer à l'élaboration des programmes de développement de la petite moyenne hydraulique agricole ;
- ✓ D'assurer le suivi et la mise en œuvre des programmes de développement du petit et moyen hydraulique agricole ;
- ✓ De veiller à l'application de la réglementation et les normes d'exploitation de l'infrastructure d'irrigation et de drainage.
- ✓ De réunir les éléments relatifs à l'octroi de concessions d'exploitation des infrastructures d'irrigation et de drainage.

1.4.5. Le service de l'administration des moyens est chargé notamment

- ✓ De participer à l'élaboration des budgets d'équipement et de fonctionnement et leur exécution.
- ✓ De gérer et de veiller à la préservation du patrimoine.
- ✓ D'élaborer et d'exécuter les plans de gestion de la ressource humaine et de la formation du personnel.
- ✓ D'instruire et de suivre les affaires contentieuses.

Figure 2 Organigramme de la direction des ressources en eau –OULED DJELLAL



I.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présentés l'organisme d'accueil de la direction des ressources en eaux, willaya de OULLED DJELLAL. Ainsi qu'on a pu voir les différentes missions et objectifs de cette entreprise.

CHAPITRE II

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Introduction

Ouled Djellal est une ville située au Sud- Ouest du massif des Aurès en Algérie, à environ 100 km au sud-ouest de la ville de Biskra et à 390 km au Sud- Est d'Alger. Elle compte environ 66 000 habitants, dont près de la moitié sont issus de l'exode rural des années 70. Rattachée à Biskra, depuis l'époque Ottomane, puis faisant partie du département des Aurès pendant la période coloniale, elle fut rattachée une nouvelle fois, après l'indépendance, à Biskra, lors du découpage administratif de 1974. En novembre 2019 la nouvelle division a été annoncée d'Ouled Djellal a fait le numéro 51 de l'État.

Dans la région d'Ouled Djellal, comme dans beaucoup d'autres des marges sahariennes, les principales activités économiques sont liées aux cultures du palmier dattier et à l'élevage. L'importance des palmeraies est due surtout à la présence de nappes souterraines et/ou phréatiques très productives et peu profondes dont l'exploitation date de plus d'un siècle. (Lahllali, 2019).

Cependant, le développement récent dans la région des Ziban se caractérise par l'extension, la diversification et la rationalisation des activités économiques. L'eau étant ici le facteur limitant du développement, et surtout de l'activité agricole, il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur (CHABOUR, 2006). Ainsi, les forages profonds encouragés par l'Etat ont rendu possible l'exploitation intensive de vastes superficies, considérées auparavant pendant des siècles comme zones de parcours.

Le secteur d'étude fait partie des régions Sud de l'Oued Djeddi.

II.2. Aperçu géographique

II.2.1. Situation géographique

La région des Ziban s'étend sur les piémonts de l'Atlas saharien qui se partage en trois massifs montagneux du Zab, des Aurès et des Nemenchas, juste à la flexure de contact entre le bouclier saharien rigide et tabulaire et les plissements très marqués de l'Atlas. (zair, 2017)

La wilaya est située au Sud-Est de l'Algérie aux portes du Sahara. Avec l'altitude moyenne est d'environ 200 m. (Guezainia & Guerram, 2011) selon la Monographie de wilaya de Biskra 2008) Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie.

Le Chef-lieu de la wilaya est située à 390 km au Sud- Est de la capitale Alger ; limitée au Nord par le domaine pré atlasique et les montagnes des Aurès, au Sud par les reliefs d'Ouled Djellal, à l'Est par la zone de Chott (Chott Melghir) et à l'Ouest par les plaines steppiques de la région de Djelfa. (SEMAR et SENGOUGA, 2013).

CHAPITRE 02 : PRESENTATION DE ZONE D'ETUDES

La wilaya s'étend sur une superficie de 326,60 km² (Guezainia & Guerram, 2011), avec une population de 63 237 habitants (2008) répartie à travers 6 communes (26 /11/2019).

Au Nord et au Sud par la chaîne tellienne et la chaîne atlasique, respectivement aux environs des coordonnées géographiques 34° 25' 44 de latitude Nord. A l'ouest et à l'est, par le débordement des formations atlasiques et la rencontre des deux chaînes (Monts des Aurès); respectivement aux coordonnées géographiques 5° 03' 51'' ' de longitude Est.

OULLED DJELLA

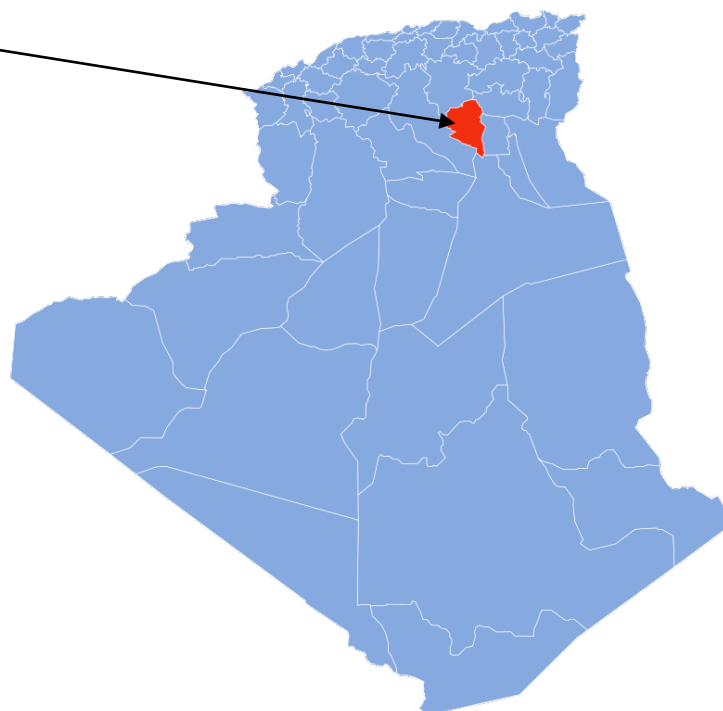


Figure 3 Découpage administratif de la wilaya de OULED DJELLAL

Oued Djedi et à peu près à 1 km au Sud de la ville d'Ouled Djellal, avec les coordonnées suivantes : - 34°25' et 32'' Nord et 5°03' et 51'' Est, (LAHLALI.A(2019)).

II.2.2. Démographie

Selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2008 (44000 habitants), la population de la wilaya est évaluée à 63 237 habitants en 2015. (Voir la figure 4)

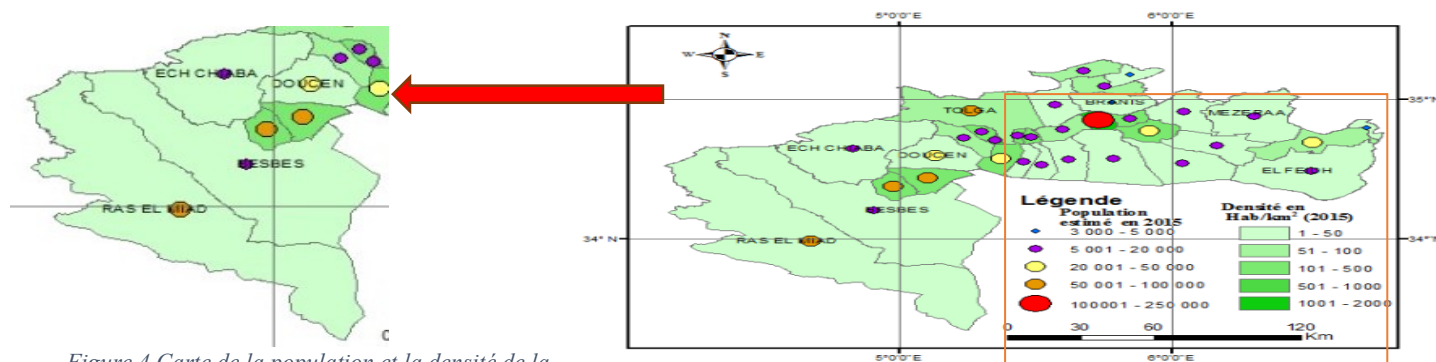


Figure 4 Carte de la population et la densité de la wilaya de Ouled djellal (HELAL, 2016)

II.3. Développement de la ville d'Ouled Djellal

Avant 1990, la ville d'Ouled Djellal était un véritable cul de sac, mais aujourd'hui, grâce aux nombreuses routes qui ont vu le jour progressivement, Ouled Djellal est devenue une plaque tournante du trafic routier.

Ainsi, la ville est reliée aux villes d'El Oued, de Touggourt et de Ouargla, au sud ; elle est aussi reliée aux villes de Laghouat et Djelfa, à l'ouest, et aux villes de M'Doukal, Barika et Batna, au nord.

D'autres éléments naturels et technologiques ont contribué à la restriction de la forme actuelle du tissu bâtie de la ville et ont orienté son extension, il s'agit de : l'Oued Djedi et notamment Oued El Assel. Les terrains sableux sur les rives d'Oued Djedi, situé sur le côté Ouest et côté Nord-est de la ville.

II.4. Situation Hydrographique

La wilaya d'Ouled Djellal est drainée au sud par un important cours d'eau qui est Oued- Djedi à caractère temporaire dont le débit est irrégulier et pratiquement nul Elle est parcourue aussi par d'autres Oueds de moindre importance qui sont : Oued Besbes, Oued Diefel et Oued Rtem. (Guezainia & Guerram, 2011).

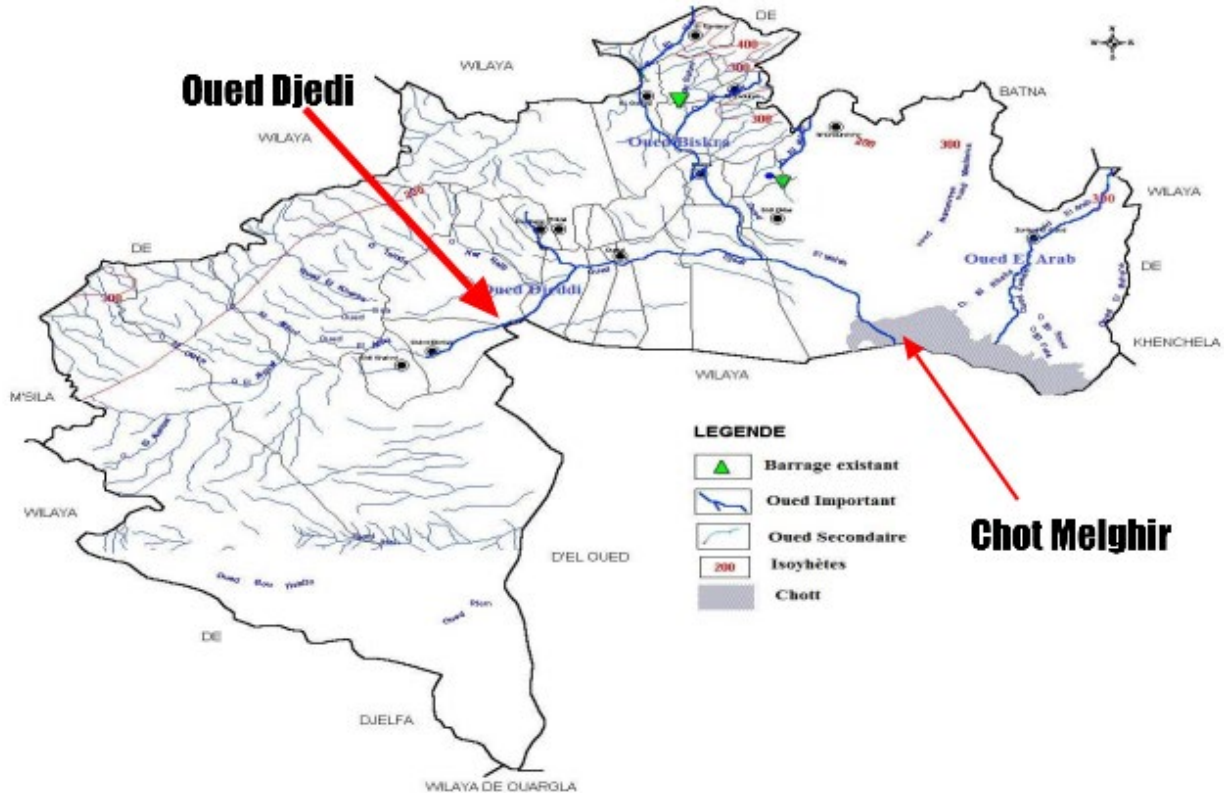


Figure 5 La carte hydrographique de la zone d'étude (HELAL, 2016)

II.5. Cadre géologique de la région d'Ouled Djellel

La région d'Ouled Djellal représente un pays de transition structurale et sédimentaires, au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexures, de plis-failles et de failles d'orientation Est Ouest appelé "Accident Sud Atlasique (Lahllali, 2019).

La région d'Ouled Djellal se caractérise par des terrains sédimentaires, allant du Quaternaire au sommet jusqu'au Barrémien à la base.

II.5.1. Quaternaire

Il s'étend largement dans la plaine en couvrant les dépressions, les vallées, il est caractérisé par une érosion des dépôts pliocènes ainsi que par alluvionnement important (sables et argiles) dans les grandes plaines.

II.5.2. Miocène supérieur (Pontien)

Il affleure seulement dans la dépression (combe) de l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal. Il est représenté par des argiles et marnes multicolores souvent très sableuses. C'est un dépôt continental détritique : argiles, sables, graviers et marnes.

II.5.3. Pliocène

Il est représenté par des poudingues, des bancs de grés et d'argiles sableuses à proximité des massifs (Chetma, Chaïba et Ouled Djellal) passant à des couches rouges sableuses et gypseuses dans la plaine.

Il est également représenté par la croûte calcaire-gypseuse englobant souvent des masses de poudingues, des sables et des graviers dans le Sud de l'Oued Djedi. (LAHLALI. A (2019)

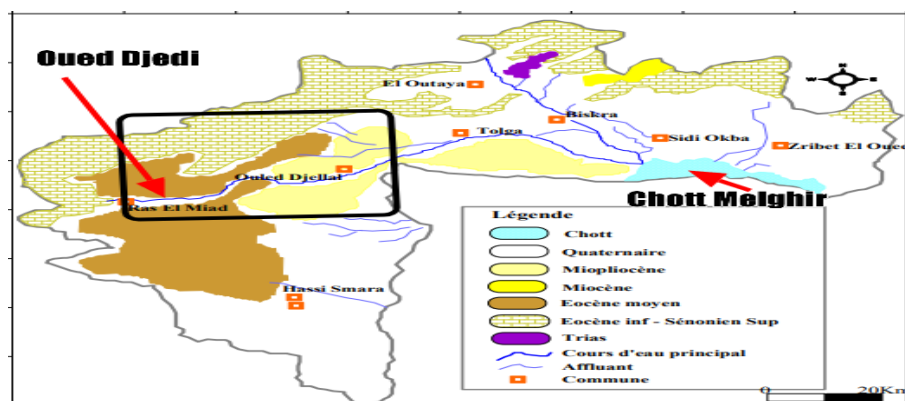


Figure 6 La carte d'esquisse géologie de la région de la wilaya de Biskra

II.5.4. Eocène moyen (Lutétien)

C'est un dépôt exclusivement lagunaire représenté par des argiles, du gypse en couches épaisses, des anhydrites et des calcaires dolomitiques. Les couches gypseuses et calcaires sont très développées dans la région d'Ouled Djellal.

II.5.5. Eocène inférieur

Sa puissance varie entre 150 et 200 mètres. Ce sont des calcaires blancs riches en silex noirs ; ils affleurent au Nord de Tolga.

II.5.6. Sénonien supérieur

Il est représenté par des calcaires cristallins et dolomitiques en couches très épaisses, des intercalations lagunaires marneuses et gypseuses très nombreuses à l'Ouest (Djebel Gouara et sur le flanc Nord du Djebel Bou Rhezal). Ce sont des calcaires maestrichtiens reposant sur les marnes noirâtres du campanien (à Dalaat el hamra).

II.5.7. Sénonien inférieur

Il affleure sur le flanc Nord de djebel Bou Rhezal, sa puissance est de 300 à 400m. Ce sont des calcaires gris ou blancs alternant régulièrement avec des marnes grisâtres, parfois gypseuses. (LAHLLALIA(2019))

II.5.8. Turonien

Il est représenté uniformément dans toute la zone montagneuse par un épais niveau de 200 à 300m d'épaisseur composé de calcaire cristallin de calcaire marneux et de calcaire dolomitique.

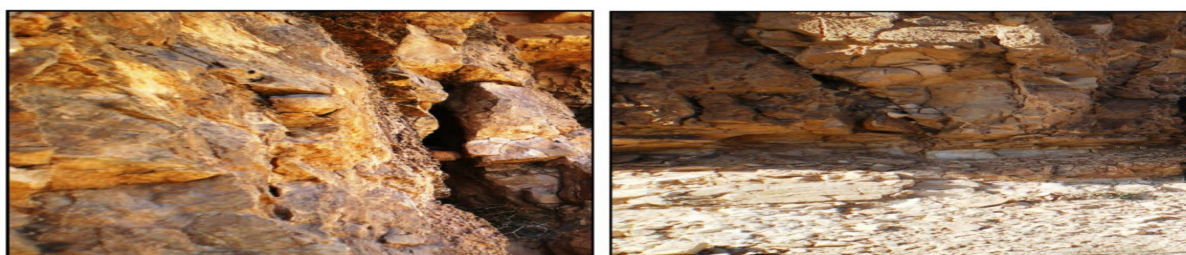


Figure 7 Calcaires marneux (Bendinne.S, 2019)

II.5.9. Cénomanién

Cet étage affleure aux deux extrémités de la région de Biskra, surtout au niveau de la combe du Djebel Bou Rhezal et au nord-est de Borj Chaïba, sa puissance est de 500 m. Ce sont des calcaires marneux avec intercalations marneuses et gypseuses. (LAHLLALIA(2019))

II.5.10. Albien

Il affleure dans la combe de l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal et au nord de Chaïba. Il est constitué en majeure partie par des grès rouges ou gris avec intercalation d'argile rouge, sa puissance est d'environ 250 m. A la base de la série, les formations sont gréseuses (50 à 100 m.) : grès fins à ciment calcaire beige gris à Ouled Djellal. Au sommet, les formations sont plus carbonatées (environ 100 m) : calcaire gris et marnes gris noires à Sidi Khaled ; calcaire blancs à gris et argiles grises à vertes à Ouled Djellal. (LAHLLALI.A(2019))



Figure 8 Grès de l'Albien inférieur (BENDDIN.S(2019))

II.5.11. Aptien

Cette couche est visible seulement vers Chaïba, elle présente un faciès lagunaire avec intercalation marine, il est constitué par des argiles et des marnes multicolores, des anhydrites, des calcaires dolomitiques et des dolomies. L'épaisseur de ce dépôt est d'environ 60 m.

Les forages ont traversé 50 m. de dolomies et de calcaires argileux à Sidi Khaled, mais rien d'équivalent à Ouled Djellal où l'on a pu noter une absence totale des faciès carbonatés entre le Barrémien et l'Albien qui sont gréseux, Il peut s'agir ici d'un changement latéral de faciès ou d'une lacune de sédimentation. (LAHLLALI.A(2019))

II.5.12. Barrémien

Cette couche affleure uniquement vers Chaïba. Elle est constituée par les grès rouges avec quelques intercalations argileuses.

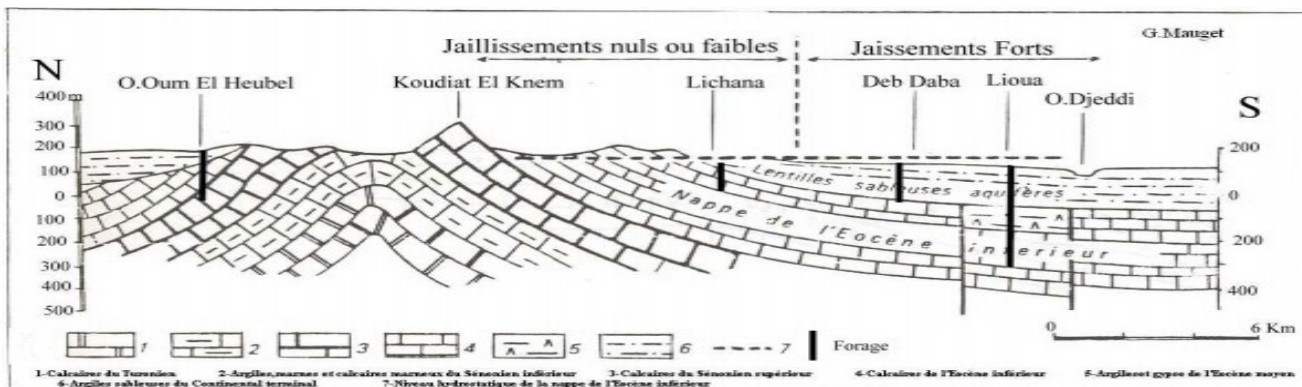


Figure 9 Coupe géologique Nord-Sud de la région d'étude.

CHAPITRE 02 : PRESENTATION DE ZONE D'ETUDES

SONDAGE OULED DJELLAL 1 (BAREMIEN)

Carte: BISKRA 1/200.000

Date des travaux: 24-5-1973 au 2-8-1974 Long: 3° 01' 50" X 716.250

Echelle de la coupe: 1/100.000 Lat: 38° 24' 60" Y 128.200 Z 203,33

N°Fichier Forages

N°INVENTAIRE

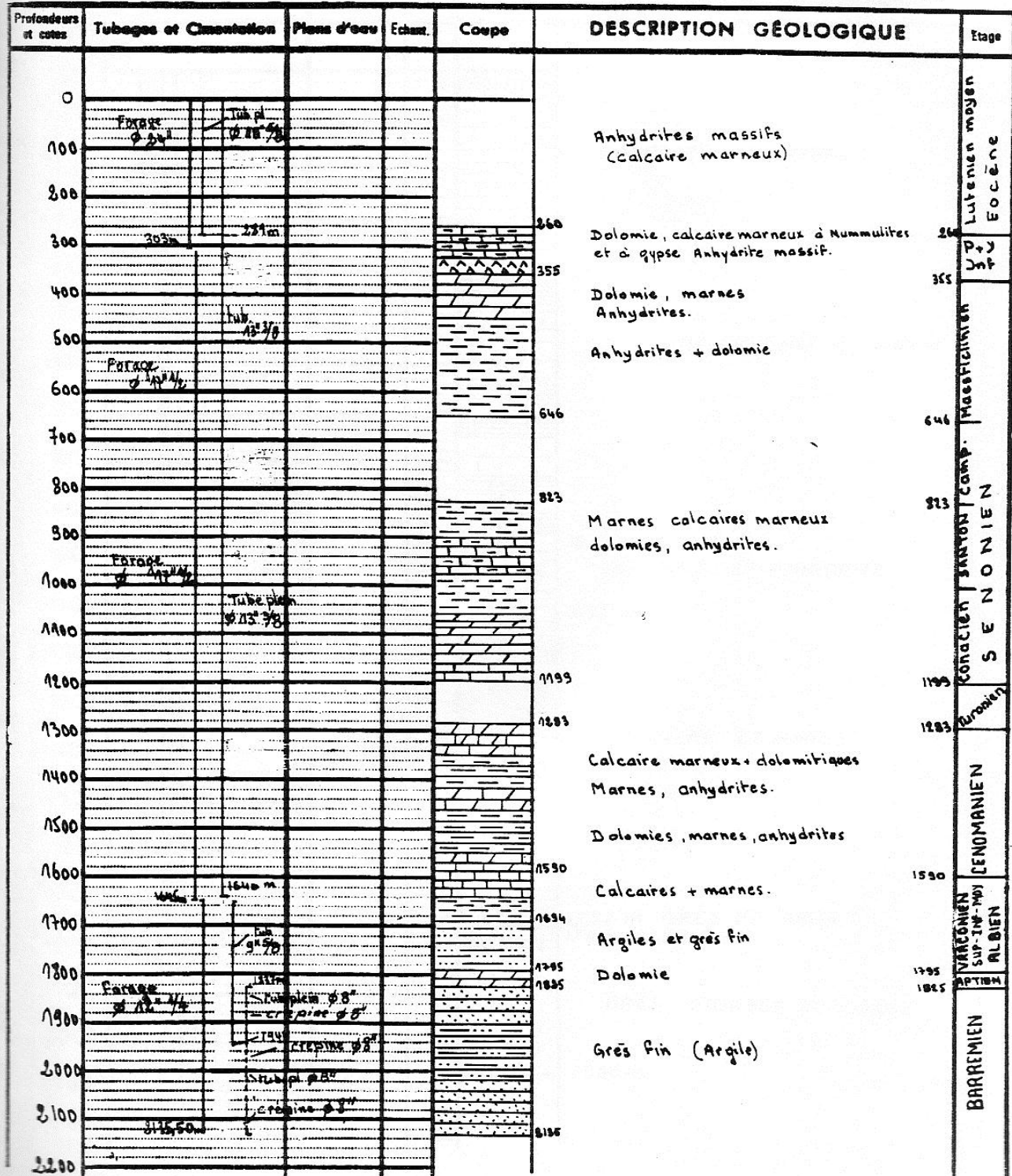


Figure 10 Log-stratigraphique d'un forage à Ouled Djellal

Le tableau suivant présente les nappes d'eau exploitées de la région d'étude

Tableau 1 Les nappes captées de la région d'Ouled Djellal (zair, 2017)

	La nappe	Profondeur (m)
Ouled djellal	Phréatique	20-60
	Moi-pliocène	90-250
	Eocène inférieur	90-500
	Albien	1700-2600
Sidi khaled	Phréatique	20-60
	Eocène inférieur	90-500
	Albien	1500-2500

II.6. Aspect climatologique

Dans un pays comme l'Algérie caractérisé par le contraste entre le climat méditerranéen de la bordure littorale et le climat désertique du sud en passant par le climat des montagnes, des hauts plateaux, il est nécessaire de pouvoir préciser le type climatique du secteur que l'on étudie.

Notre région d'étude, sur le plan météorologique, constitue une zone de transition entre plusieurs phénomènes climatiques, notamment, le passage du régime climatique méditerranéen au climat saharien caractérisé par des influences desséchantes qui règnent, pendant une partie de l'année, sur le Sahara Septentrional.

Le relief caractérisé par les derniers chaînons de l'Atlas Saharien et formant une barrière aux influences méditerranéennes accentue les contrastes climatiques.

La région d'Ouled-Djellal fait partie du climat méditerranéen à étage bioclimatique saharien caractérisé par des hivers secs et froids et des étés secs et chauds (**Guezainia & Guerram, 2011**).

Le climat d'Ouled Djellal est : sec et chaud en été (température entre 35 et 45 °C le jour, et entre 25 et 35 °C la nuit), il est sec et froid en hiver (température entre 10 et 20 °C le jour, et entre -2 et 5 °C la nuit). (**developpement-durable**)

II.6.1. Les précipitations

La faiblesse de la pluviosité est le caractère fondamental du climat saharien, On note ainsi des précipitations annuelles très faibles dans certaines localités. Les précipitations sont très faibles et irrégulièrement réparties dans le temps et dans l'espace, les précipitations moyennes annuelles La pluviométrie moyenne annuelle dans la région est faible mais les variations interannuelles sont très fortes. (**Guezainia & Guerram, 2011**).

Une zone de grande extension caractérisée par des précipitations comprises entre 100 à 200 mm enregistrées au niveau de la ville Doucen, Ouled Djellal et Sidi Khaled.

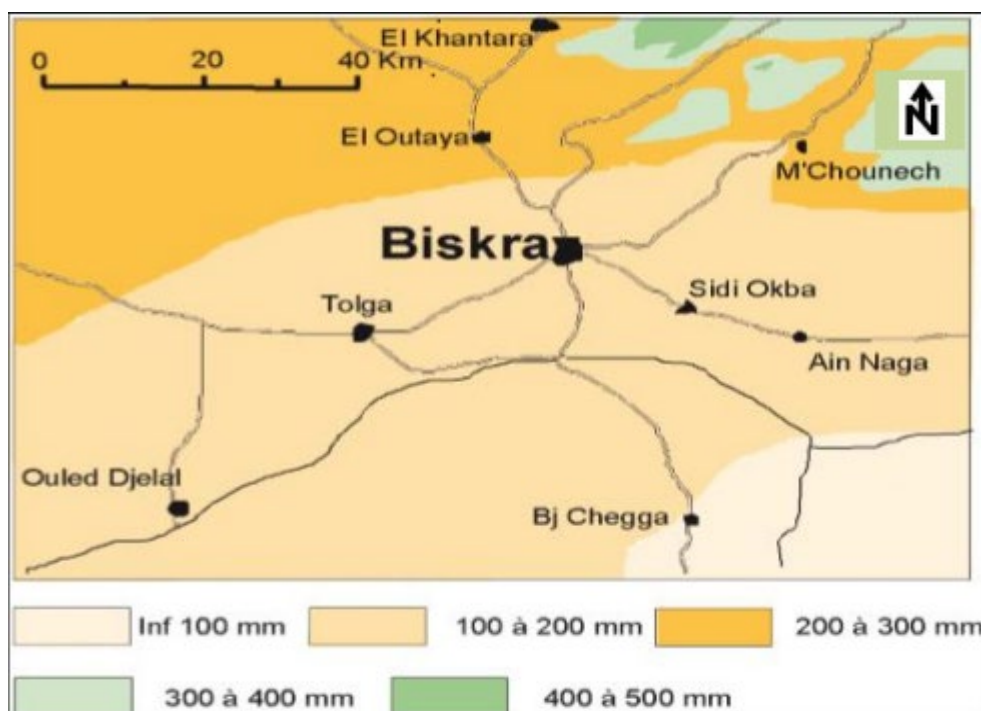


Figure 11 la carte pluviométrique de la région de Biskra (Zair, 2017), Extrait de la carte pluviométrique d'Algérie 1/500000, 1971

II.6.2. Les précipitations moyennes annuelles

Les moyennes mensuelles calculées au niveau des stations de Ouled Djellal sont mentionnées sur le tableau 2.

Tableau 2 Précipitations moyennes mensuelles (2008) d'Ouled Djellal (Guezainia & Guerram, 2011) :

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Pluviométrie (mm)	4.1	0.5	4.1	0	21.2	0	0	18.1	0.5	40	0	37.7	126.2

II.6.3. La Température

Les températures moyennes mensuelles des différentes périodes se limitent en deux saisons, un hiver froid et un été chaud et dont l'écart de températures peut dépasser 25.3°C.

Le maximum absolu de température peut dépasser 48,4 °C et le minimum absolu peut être descendu jusqu'à 1,6°C

Tableau 3 Les températures dans la région d'Ouled Djellal (2008)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Température(°C)	21	24	28	33	38	42	45	44	40	33	26	22	33

En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer les périodes sèche et humide.

Lorsque les températures passent au-dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est déficitaire en eau, et lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est humide.

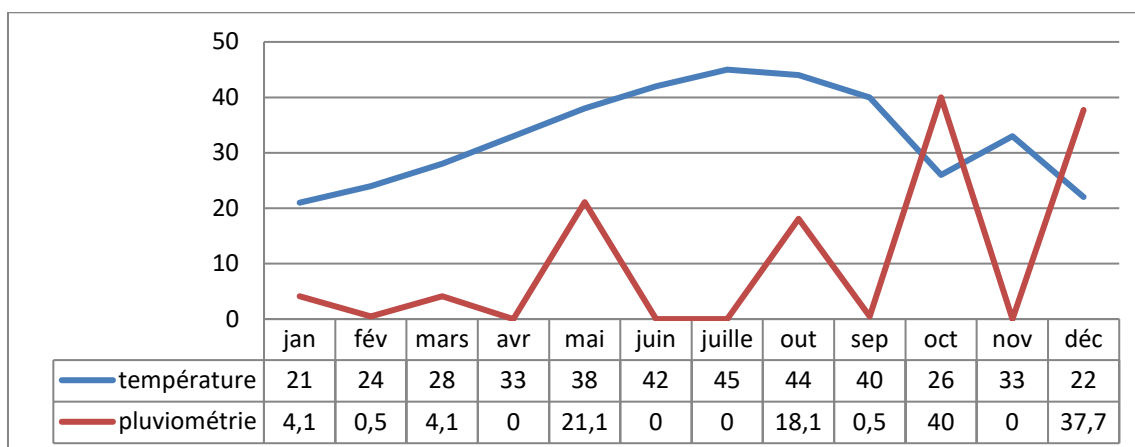


Figure 12 Courbe pluviométrique et température (2008)

A partir de ce diagramme, on constate que durant l'année hydrologique, la région est caractérisée uniquement par une période sèche.

La détermination de cette période a une importance primordiale pour déterminer les besoins en eau d'irrigation. Sachant que dans cette période l'évaporation dans la région d'Ouled Djellal est à son maximum ce qui implique un rabattement de la nappe souterrain qui fut la seule source d'eau dans cette région agricole

Les ressources en eaux souterraines de la région sont essentiellement contenues dans deux grands systèmes aquifères : le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI), tous deux couverts par la nappe phréatique présentent dans toutes les oasis.

Ce chapitre est consacré à ces systèmes aquifères et à la détermination des niveaux des eaux souterraines développée dans notre zone d'étude d'Ouled Djellal.

II.7. Nappes d'eau souterraines

Différentes études géologiques et hydrogéologiques ont montré l'existence de plusieurs niveaux aquifères hétérogènes. Ces aquifères apparaissent essentiellement dans les formations d'âge Quaternaire, Mio-Pliocène, Eocène inférieur, Sénonien supérieur et l'Albien

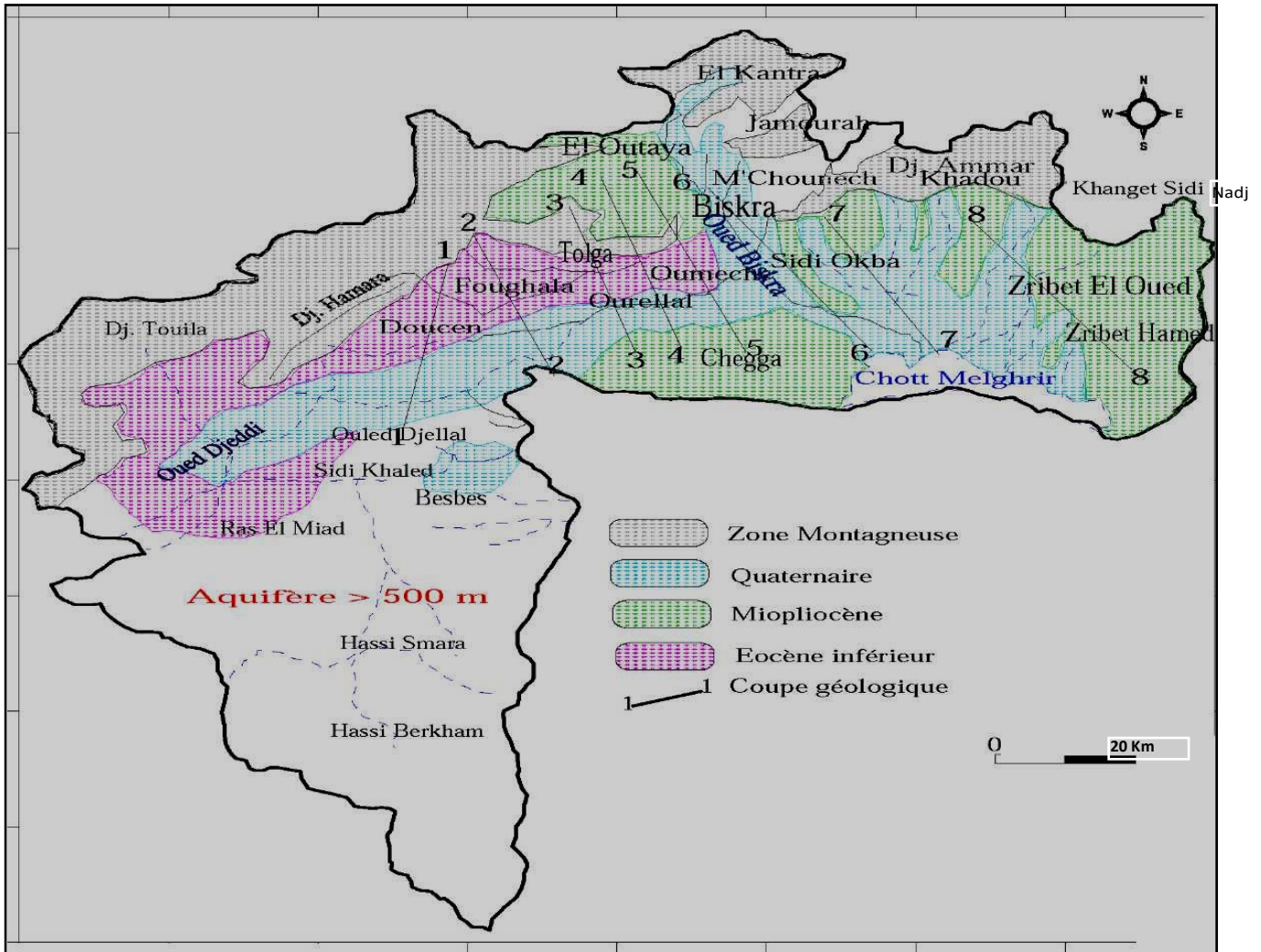


Tableau 4 Unités géologiques et hydrogéologiques dans la région de Ouled djellal

Figure 13 Les aquifères inventoriés au niveau de la région de Biskra

Unités stratigraphiques	Lithologie	Unités Hydrogéologiques	
Quaternaire	Sables, Argiles	Nappe phréatique	
Mio-pliocène	Alternance d'argiles et sables	Nappe des sables	Complexe Terminal
Eocène moyen	Argiles gypseuses	Semi perméable	
Éocène inférieur	Calcaires	Nappe des calcaires	
Sénonien supérieur	Calcaires		
Sénonien inférieur	Argiles ,gypse, sels	Imperméable	
Turonien	Calcaires dolomitique et dolomie	Nappe du turonien	
Cénomanién	Argiles, marnes Mamo-calcaires et gypse	Imperméable	
Albien	Calcaire Marnes, grés	Nappe du Continental Intercalaire	
Aptien	Grés , dolomies		
Barrémien	Grés		

II.7.1. Nappe phréatique du Quaternaire

Il s'agit de nappes superficielles généralement exploitées par puits. Ces nappes sont localisées dans les plaines et les lits d'oueds. Ce sont des nappes peu profondes. Elles sont constituées généralement par les formations Quaternaires. Elles sont alimentées, directement par les précipitations, les eaux de crues, parfois par drainance à partir des aquifères situés plus en profondeur et artésiens, les eaux de drainage, les fuites occasionnées par les ouvrages de canalisation et les forages et enfin par le retour des eaux à partir de l'irrigation (CHABOUR, 2006)

Le système aquifère d'inféro-flux le plus important de la région est, sans conteste, celui de la nappe en gouttière de l'Oued Djedi et de la nappe d'inféroflux de l'Oued Biskra (figure 14). On compte 2500 à 3000 points d'eau dans la région d'Ouled Djellal, Sidi Khaled, Doucen.

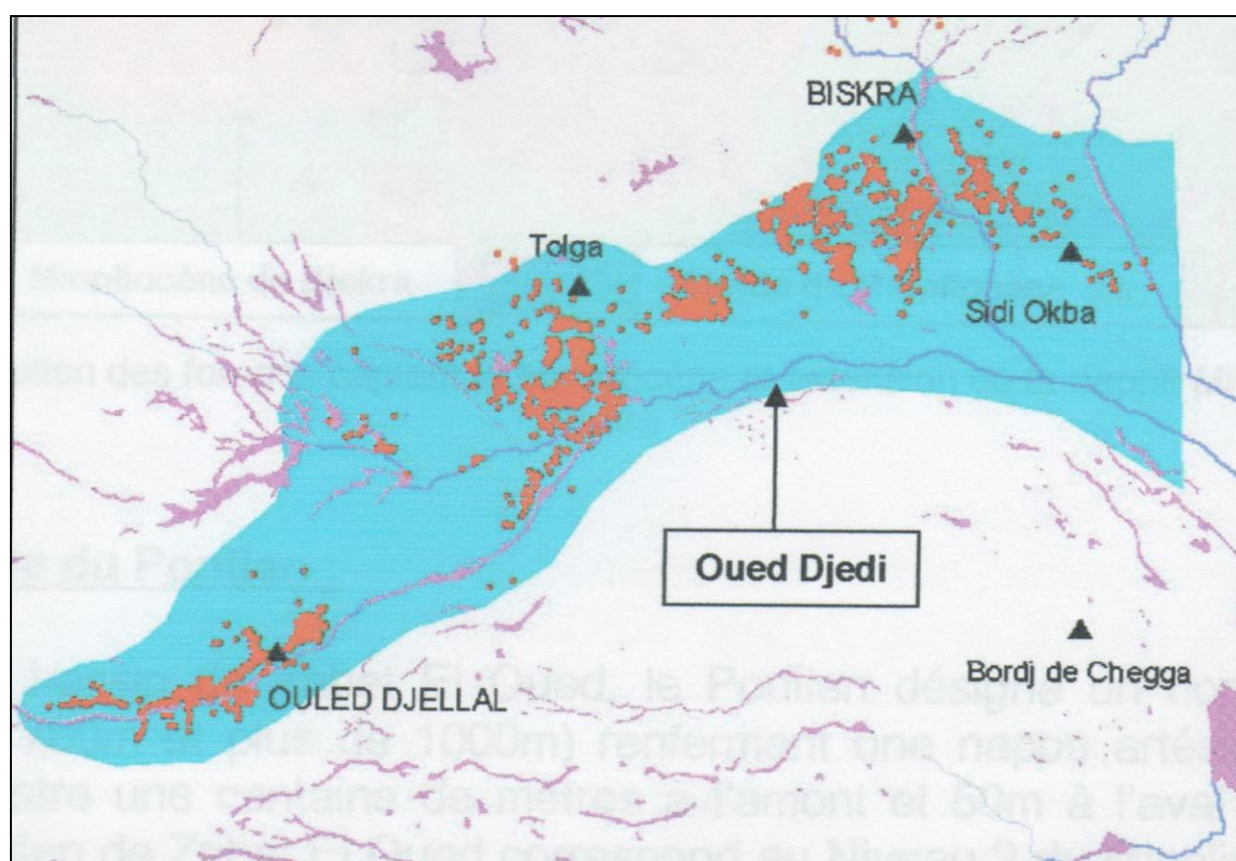


Figure 14 Distribution des puits et extension la nappe phréatique (OSS, 2004)

La géométrie de cette nappe se distingue par sa discontinuité dans l'espace ; aussi bien verticale qu'horizontale. Elle repose, généralement sur les formations imperméables du Pliocène (formations argileuses) ou en discordance sur l'Eocène moyen lagunaire, quand le Mio-Pliocène est absent, comme c'est le cas au niveau d'Ouled Djellal et Sidi Khaled

II.7.2. Nappe du Continental Intercalaire (CI)

Cette formation occupe pratiquement la totalité du Sahara algérien septentrional. Elle s'étend sur une superficie d'environ 600 000 Km².

Dans la région des Ziban, cette nappe a environ une épaisseur de 500 mètres (secteur d'Ouled Djellal) et est constituée par le complexe Albien, Aptien et Barrémien (figure 15). Le toit du Continental Intercalaire correspond aux formations argileuses et évaporitiques du Cénomanién. La profondeur de ce toit, dans le secteur d'Ouled Djellal et de Sidi Khaled se situe à environ 2000 mètres. Le mur est mal défini et correspond aux formations comprises entre la discordance hercynienne et le Barrémien. Dans la région des Ziban, il correspond au Néocomien.

L'exploitation de cet aquifère est très coûteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 5°C. Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydro thermales qui sont les sources de Hammame Essalhines, dans la commune de Biskra et de Hammam Sidi El- Hadj, dans la commune d'El-Outaya (**CHABOUR, 2006**)

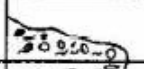



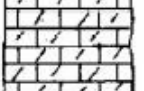


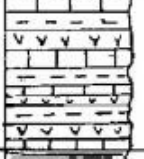

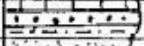

UNITE stratigraphique	LOG Stratigraphique	Description Stratigraphique	Unite Litho-Stratigraphique	Unite Hydrogeologique
quaternaire		Alluvions	Continental	Nappe Phreatique
Mio-Pliocene		poudingues calc. gypseux sable, argile	Terminal	Nappe De Sable
Eocene Moy.		argile, gypse calc. dolomitique	Eocene Argilo-Evaporitique	Nappe de l'Eocene moyen Semi-Impermeable
Eocene Inf.		Calc. blancs à silex	Eocene Carbonaté	Nappe Calcaire
Senonien Sup.		Calc. dolomitiques	Senonien Carbonaté	
Senonien Inf.		Alternance de calcaires et de marnes	Senonien Lagunaire	Impermeable
TURONNIEN		calc. dolomitique calc.	Turonien Carbonaté	Nappe Calcaire Du Turonien
CENOMANIEN		Marno - Calc. Marnes Gypse	Cenomanien Argilo - Evaporitique	Impermeable
ALBIEN		Argiles Gres	Albien Argilo Gresoux	NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE
APTIEN		calc. marnés argiles, gres.	Aptien lagunaire gresoux	
BARREMIEN		Gres	Barremien Gresoux	

Figure 15 Tableau récapitulatif des unités géologiques et hydrogéologiques

II.8. Exploitation de la nappe continental intercalaire a ouled djellal

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien, d'une profondeur entre 1600 et 2500 m et un débit moyen de 80 l/s. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur, en plus la température de l'eau peut dépasser les 60°C. Cette nappe est exploitée dans la wilaya par 19 forages (ANAT, 2003).

Dans la commune d'Ouled Djellal, une partie de l'eau qui alimente les cultures locales est puisée de la nappe du Continentale Intercalaire.

Le tableau 9 présente les principales caractéristiques des trois (3) forages profonds exploités au niveau de la commune quand à la figure 20, illustre la coupe lihostratigraphique du forage Barrémien situé au Centre d'Ouled Dejllal. Ces eaux sont légèrement saumâtres et naturellement chaudes et en principe doivent subir un traitement avant utilisation.

Tableau 5 Caractéristiques des forages de la nappe du Continental Intercalaire dans la commune d'Ouled Djellal (DRE)

Forage N°	X, Y	Année de réalisation	Profondeur ml	Débit l/s	Compteur	Equipement de surface	Observation
Station	34° 25' 51.60" 05° 03' 02.60"	1974	2150	100	Non	Moyen	Injection directe sur réseaux (100% Citoyens)
L'assel	34° 24' 51.03" 05° 02' 00.73"	1983	2154	150	Non	Moyen	Mixte (Agricole Citoyens) 50/50 %
Kef Trab	34°23'36.18 5° 3'52.60"	2018	2100	100	Non	Bonne état	Mixte (Agricole Citoyens) 30/70 %

CHAPITRE 02 : PRESENTATION DE ZONE D'ETUDES

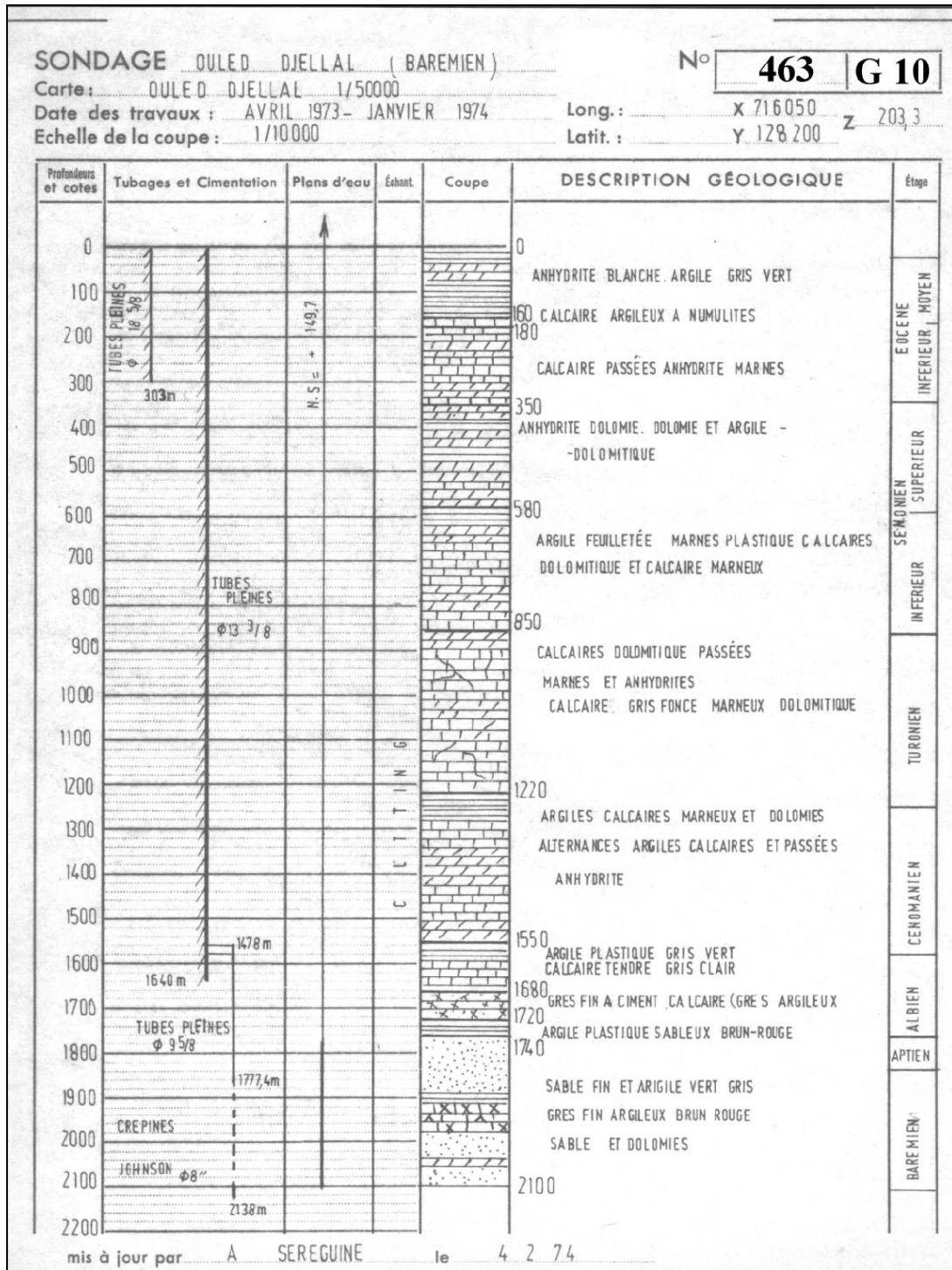


Figure 16 Log lithostratigraphique du forage Barrémien à Ouled Djellal

II.9. Conclusion

Dans cette partie nous avons défini les données nécessaires concernant notre Agglomération du point de vue topographie, géologie, climatologie, démographie et les ressources en eau de la région d'étude.

CHAPITRE III

les paramètres physico chimiques des eaux souterraines

III.1. Introduction

Le présent chapitre a eu pour but de décrire les différentes méthodes d'analyses ainsi que les logiciels utilisés pour la détermination des relations relatives aux paramètres physico-chimiques et paramètres de pollution. Ces programmes informatiques (logiciels) vont être employés pour une exploitation des résultats sous différentes formes (graphique, cartographique, statistique et géochimique) et en tirer des renseignements particuliers.

III.2. Site de prélèvement

Pour mettre en évidence la qualité physico-chimique ainsi que les paramètres de pollution des eaux de la région de Ouled Djellal. Le choix a été fait de telle sorte à couvrir les différentes nappes exploitées Albienne, Elle est suivie des prélèvements pour analyse, afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs.

III.3. Normes de qualité des eaux

Selon l'OMS et la NPA l'eau destinée à la consommation humaine doit respecter un certain nombre de paramètres qui définissent sa potabilité. Chaque paramètre ne doit pas dépasser une valeur limite.

III.4. Echantillonnage

III.4.1. Techniques d'échantillonnage

L'échantillonnage se définit comme une procédure dans laquelle une portion de substance, de matériau ou de produit est prélevée pour fournir un échantillon représentatif de l'ensemble pour les besoins de l'analyse.

Les prélèvements ont été effectués selon une fréquence saisonnière, pendant deux campagnes où des analyses complètes ont été effectuées.

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en plastique de 1000 cm³ de capacité. Avant le prélèvement proprement dit, le flacon est rincé soigneusement par l'eau de forage.

III.4.2. Transport et conservation au laboratoire

L'échantillon doit être recueilli dans des flacons hermétiques qui auront été soigneusement rincés sur place avec la solution de la prise, en prenant soin de ne pas laisser des bulles d'air sous le bouchon (RODIER & all, 1976).

III.5. Moyens et méthodes d'analyses

III.5.1. *Mesure in situ*

La température a été mesurés in situ. La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz ainsi que sur la valeur du pH. La connaissance de ce paramètre permet aussi de donner des indications sur les profondeurs de circulation des eaux souterraines

(DE VILLERS, SQUILBIN, & YOURASSOWSKY, 2005)

III.5.1.1. *La Température*

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

Tableau 6 Mesure de la température

Les forages	Les analyses actuelles sur situ °C	Les analyses précédentes	
		1981- 1983	2016
KAF TRABE	55,0	/	58
LASSEL	50,0	/	53
CENTRE	55,0	55	54
DIFEL	55,0	/	55
SOIREGUE	55	/	51
LAKHNAZ	70,0	/	58
SIDI KHALED	55,0	/	50
ARICH HAMOULA	50,0	57	52
LEHOUMEL	50,0	/	50

La nappe de l'albien se caractérise dans toute la région d'étude par des eaux à températures très élevées (des eaux thermales), ceci implique la nécessité d'un refroidissement avant la distribution urbaine.

- La température varie entre [55°-70°] d'une moyenne de 62.5°C.
- Entre les années on remarque qu'il n'y a pas une grande déference.

III.5.1.2. *LA CONDUCTIVITE*

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivimètre donnant directement la conductivité de l'échantillon, à la température adoptée (25°C) en ms/cm ou en µs/cm. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ;

Le résultat de conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tableau 7 résultat de mesure de la conductivité

Les forages	Les analyses actuelles ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983-1981) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Donné thèse doctorat des années (2016) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
KAF TRABE	6390	/	4000	2800
LASSEL	5950	3900	4400	
CENTRE	3510	3210	4500	
DIFEL	6570	4100	4700	
SOIREGUE	3020	/	4800	
LAKHNAZ	3250	/	3900	
SIDI KHALED	3440	3430	4500	
ARICH HAMOULA	3020	3200	4400	
LEHOUMEL	3090	4000	4400	

- La conductivité varie entre [3020-6570] $\mu\text{S}/\text{cm}$ d'une moyenne de 4790 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- La conductivité dépasse trop les normes.

III.5.1.3. Le pH

Nous avons utilisé un pH mètre de laboratoire sur lequel nous avons branché une électrode combinée. La température peut être adaptée à celle de l'échantillon grâce à une gamme de réglage de température comprise entre 10° et 60° C

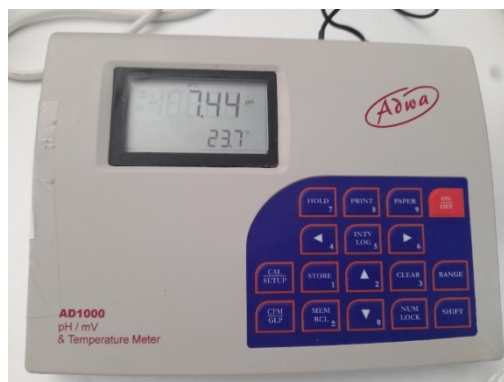


Figure 17 le pH-mètre

Tableau 8 RESULTAT DE MESURE DE PH

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	7,3	/	8	6,5-8,5
LASSEL	7,52	7,6	8,12	
CENTRE	7,3	7,6	8,03	
DIFEL	7,2	7,6	8,16	
SOIREGUE	7,12	/	8,05	
LAKHNAZ	7,48	/	8	
SIDI KHALED	7,15	8,24	8,01	
ARICH HAMOULA	7,27	8	8,11	
LEHOUMEL	8,07	8,1	8	

- Le pH varie entre [7-8] donc il correspond la solution neutre.

III.5.2. Mesure au laboratoire

Les analyses physico-chimiques des échantillons d’eaux ont été effectuées au sein du laboratoire de l’ADE à Biskra. Les procédures de dosage sont déduites des méthodes d’analyse standard (TARDAT, HENRY, & BEAUDRY, 1984) ou les catalogues des appareillages utilisés.

III.5.2.1. La dureté

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, 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 $TH (^{\circ}F) = [Ca^{2+} (m\acute{e}q.l^{-1}) + Mg^{2+} (m\acute{e}q.l^{-1})] \times 5$, et par conséquent : $Mg^{2+} = TH - Ca^{2+}$ (EDELIN.M, 1992)

Tableau 9 résultat de mesure du TH

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	1270	/	1546	500
LASSEL	1320	1280	1559	
CENTRE	1350	1200	1198	
DIFEL	1400	1540	1466	
SOIREGUE	1320	1080	1420	
LAKHNAZ	2040	/	1482	
SIDI KHALED	2000	/	1126	
ARICH HAMOULA	1350	1170	1308	
LEHOUMEL	1500	/	1572	

- La dureté variée entre [1200-2000]mg/l.
- La dureté est très élevée par rapport aux normes.

III.5.2.2. Dosage de Calcium et Magnésium

Le calcium Ca^{2+} , par ajout d'un volume de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH), avec une pincée d'un indicateur coloré (Muréxide), puis titrage avec une solution d'EDTA jusqu'au virage de la coloration vers le bleu.



Figure 18 dosage du calcium

CHAPITRE 03 : LES PARAMETRES PHYSICO-CHEMIQUES DES EAUX SOUTERIANES

Tableau 10 résultat de mesure du calcium

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	256	/	262,5	200
LASSEL	280	292	295	
CENTRE	280	276	235	
DIFEL	292	346	287,5	
SOIREGUE	360	/	345	
LAKHNAZ	448	/	213,8	
SIDI KHALED	408	188	240	
ARICH HAMOULA	360	216	220	
LEHOUMEL	440	270	283,8	

- Le calcium est varié entre [250-450]mg/l.
- Le calcium dépasse les normes d'eau et augmente par rapport aux années précédentes

La dureté magnésienne est la différence entre les deux valeurs déterminées de l'échantillon, dureté totale et dureté calcique, les résultats sont convertis en mg/l.

Tableau 11 résultat de mesure du magnésium

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	153	/	240,6	150
LASSEL	154	132	199,5	
CENTRE	158	121	148,5	
DIFEL	163	140	181,8	
SOIREGUE	102	/	135,7	
LAKHNAZ	224	/	230,4	
SIDI KHALED	243	96	128	
ARICH HAMOULA	109	139	184,5	
LEHOUMEL	97	176	209,9	

- Le magnésium est varié entre [100-250]mg/l
- Le magnésium dépasse les normes d'eaux

III.5.2.3. Titre alcalimétrique

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 ($CO2^3$) et hydroxyde (OH^-).

Les normes ISO9963 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 , $CO2^3$, OH^- (TAC).

✓ Alcalinité au point de virage de la phénolphthaléine, elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions $CO2^3$ (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 phénolphthaléine (0,5%) pour la détermination du TA, et du méthyl-orange (0,5%) pour la détermination du TAC (RODIER, 2009).

Tableau 12 résultat de mesure du TAC

Les forages	Les analyses actuelles	Les normes
KAF TRABE	215	
LASSEL	215	
CENTRE	167	
DIFEL	216	
SOIREGUE	138	
LAKHNAZ	240	
SIDI KHALED	210	
ARICH HAMOULA	180	
LEHOUMEL	168	

- TAC vari entre [138-240]mg/l d'une moyenne 194,33mg/l.

III.5.2.4. Les 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, 2009), 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.

Tableau 13 résultat de mesure du chlorure

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	486	/	320	500
LASSEL	455	600	500	
CENTRE	308	587	558	
DIFEL	445	550	1000	
SOIREGUE	555	/	528	
LAKHNAZ	553	/	205	
SIDI KHALED	552	368	935	
ARICH HAMOULA	553	580	565	
LEHOUMEL	581	600	340	

- Le chlore vari entre [450-600]mg/l
- On remarque que la quantité de chlore dans l'eau des forges n'est pas dépassé dans la majorité.

III.5.2.5. Les Sulfates

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 ($BaSO_4$),

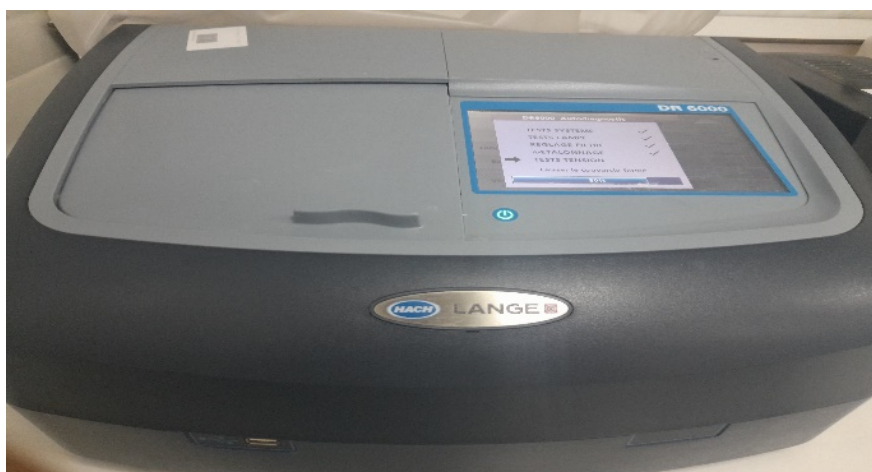


Figure 19 spectrophotomètre

Tableau 14 résultat de mesure du sulfate

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	258	/	1607	250
LASSEL	204	1100	1475	
CENTRE	125	1115	1044	
DIFEL	272	1050	1250	
SOIREGUE	328	/	1769	
LAKHNAZ	357	/	1656	
SIDI KHALED	364	606	738	
ARICH HAMOULA	351	1200	1388	
LEHOUMEL	357	1270	1525	

- Le sulfates vari entre [125-360]mg/l.
- La quantité du sulfate dans les eaux albiennes on peut dire est normale par rapport aux analyse actuelle.
- La quantité du sulfates les années anciennes étai très élevés même par rapport aux normes.

III.5.2.6. Sodium et Potassium

a) 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)

b) 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 20 photomètre d'émission de flamme

Tableau 15 résultat de mesure du NaCl

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	460	/	244	200
LASSEL	401	302	387,5	
CENTRE	308	340	426,3	
DIFEL	445	282	715	
SOIREGUE	420	/	482,5	
LAKHNAZ	200	/	280	
SIDI KHALED	200	211	530	
ARICH HAMOULA	182	416	487,5	
LEHOUMEL	190	312	289	

- Le sodium vari entre [200-460]mg/l
- On remarque que le sodium a dépassé les normes dans les différents forages

3) Le potassium est dosé par émission de flamme (PFP7 JENWAY LTD), dans ce cas la solution étalon est celle de KCl.

Tableau 16 résultat de mesure de potassium

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE	30	/	14,3	12
LASSEL	30	58	9,5	
CENTRE	20	39	10	
DIFEL	25	59	6,3	
SOIREGUE	20	/	64,8	
LAKHNAZ	20	/	7	
SIDI KHALED	15	20	7,5	
ARICH HAMOULA	15	60	62	
LEHOUMEL	26	88	16,5	

- Le potassium varie entre [15-30] mg/l
- Le potassium a dépassé légèrement les normes dans la majorité des forages.
- Par rapport les années on remarque la quantité de potassium est diminuée.

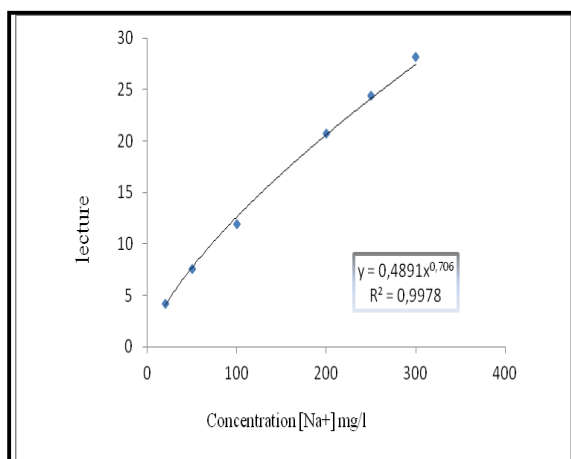


Figure 22 Courbe d'étalonnage du sodium

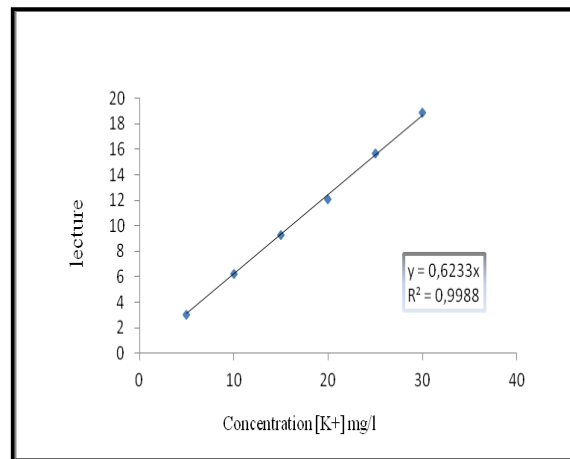


Figure 21 Courbe d'étalonnage du potassium

III.5.2.7. Les nitrites ET Ammonium

L'ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence dans les eaux profondes résultent le plus souvent de la décomposition anaérobie de la matière organiques azotées. On les trouve souvent à des teneurs variantes entre 0,1 et 0,2 mg/l, il n'a pas d'effet appréciable sur la santé des consommateurs, mais sa présence dans l'eau est un indicateur de pollution. L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un aliment qui peut permettre à certaines bactéries de se proliférer dans les réseaux de distribution (Tremblay, L., 1995)

CHAPITRE 03 : LES PARAMETRES PHYSICO-CHEMIQUES DES EAUX SOUTERIANES

Nous avons utilisé un analyseur portable parallèle SL1000 de laboratoire sur lequel nous avons branché une électrode combinée pour les mesurer

Tableau 17 résultat de mesure du nitrate

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		Donné thèse doctorat des années (1983 1981)	Donné thèse doctorat des années (2016)	
KAF TRABE4	17	/	6	50
LASSEL/	14	10	13	
CENTRE/	16	11	17.25	
DIFEL/	22	11	20.5	
SOIREGUE	10,5	/	12	
LAKHNAZ	10,9	/	8	
SIDI KHALED	11,6	7	12.5	
ARICH HAMOULA/	13,5	3	10	
LEHOUMEL/	15,7	4.5	1	

- Le nitrate vari entre [10-22]mg/l
- La quantité de nitres dans les forages n'a pas dépassé les normes.
- La quantité de nitrates est très faible par rapport aux années précédents et aux normes

Tableau 18 résultat de mesure d'ammonium

Les forages	Les analyses actuelles	Les normes
KAF TRABE4	0	0.5
LASSEL	0	0.5
CENTRE	0	0.5
DIFEL	0	0.5
SOIREGUE	1,65	0.5
LAKHNAZ	1,73	0.5
SIDI KHALED	2,04	0.5
ARICH HAMOULA	1,74	0.5
LEHOUMEL	2,21	0.5

- L'ammonium vari entre [0-2]mg/l
- On remarque dans les 4 premières forages la quantité d'ammonium est nul (région de oulled djellal) par contre les autres forages de la région de sidi khaled ils ont des quantités importantes qui dépasse les normes.

III.5.2.8. LE FER

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

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)

Tableau 19 résultat de mesure du FER

Les forages	Les analyses actuelles	Les normes
KAF TRABE	4,2	0,3
LASSEL	5,36	
CENTRE	4,99	
DIFEL	5,3	
SOIREGUE	5,66	
LAKHNAZ	5,72	
SIDI KHALED	6,02	
ARICH HAMOULA	4,5	
LEHOUMEL	2,03	

- Le fer vari entre [4-6]mg/l
- Les eaux albiennes sont connues par leur quantité de FER très élevés

III.5.2.9. TDS

TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale de substances dissoutes dans l'eau. Le TDS se compose de sels inorganiques et de certains matériaux organiques.

Le TDS s'est calculée (par division de la conductivité PAR deux) $TDS = \frac{CONDUCTIVITE}{2}$

Tableau 20 résultat de mesure DU TDS

Les forages	Les analyses actuelles	Les analyses précédentes		Les normes
		1983	2016	
KAF TRABE	3195	/	2000	/
LASSEL	2975	1950	2200	/
CENTRE	1755	1605	2250	/
DIFEL	3285	2050	2350	/
SOIREGUE	1510	/	2400	/
LAKHNAZ	1625	/	1950	/
SIDI KHALED	1720	1715	2250	/
ARICH HAMOULA	1510	1600	2200	/
LEHOUMEL	1540	2000	2200	/

- TDS vari entre [1500-3200]mg/l
- On remarque que la quantité TDS est augmenté par rapport aux années précédentes.

III.5.2.10. Phosphore

Le phosphore, naturellement peu présent dans l'eau, cesse d'être un facteur limitant et, au contraire, favorise la prolifération algale qui est l'un des principaux signes de l'eutrophisation des eaux. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les eaux stagnantes

Dosage des sulfates par Spectrophotomètre

Les ions PO₄⁻ sont dosés par colorimétrie en utilisant un Spectrophotomètre (HACH photomètre DR6000) réglé à une longueur d'onde de 880 nm et en utilisant l'Acide sulfurique

Tableau 21 résultat de mesure du phosphore

Les forages	Les analyses actuelles	Les normes
KAF TRABE	4,5	0,5
LASSEL	2,5	
CENTRE	3,5	
DIFEL	2,6	
SOIREGUE	3,4	
LAKHNAZ	4,2	
SIDI KHALED	4,2	
ARICH HAMOULA	2,9	
LEHOUMEL	0,22	

- Phosphore vari entre [0.22-4.5]mg/l
- Le phosphore dépasse les limites dans tous les forage appart forage LHOUMEL.

III.5.3. Modalisation

III.5.3.1. ACP

L'analyse en composantes principales (ACP), est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter sous une forme graphique, le maximum des informations contenues dans un tableau de données. Les données comportent n variables quantitatives. Les individus peuvent être représentés dans un espace à p dimensions (**PHILIPPEAU.G, 1986**).

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

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 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 (**DAGNELIE.P, 1975**)

Elle permet de décrire les relations existantes entre les différents types d'échantillons d'eau et les points de prélèvement d'une part, et entre les différents types d'échantillons d'eau entre elles-mêmes, d'autre part.

L'analyse en composantes principales (ACP) appliquée à l'étude des échantillons d'eau, sera réalisée en tenant compte de leur point de prélèvement, pour établir la relation entre les variables quantitatives, c'est-à-dire la relation entre les différents types de contamination.

III.5.3.2. CAH

Classification ascendante hiérarchique (cah) est l'une des méthodes de regroupement les plus populaires. Disponible en Excel grâce au logiciel statistique XLSTAT (**XLSTAT.CAH**)

- Principes de la classification ascendante hiérarchique

La classification ascendante hiérarchique (CAH) est une méthode de classification itérative dont le principe est simple.

- ✓ 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. (XLSTAT.CAH)

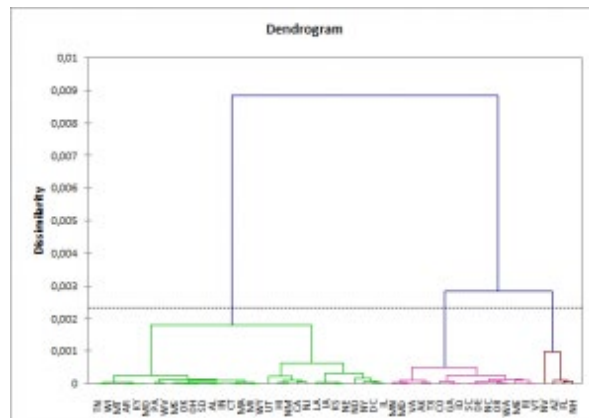


Figure 23 Dendrogramme

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 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. (XLSTAT.CAH)

- **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 dissimilarités 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. (XLSTAT.CAH)

III.5.3.3. ACM

Analyse des Correspondances Multiples (ACM ou AFCM) vous permet d'explorer de vastes ensembles de données de variables qualitatives. Faites-le dans Excel avec le logiciel statistique complémentaire XLSTAT. (XLSTAT.ACM)

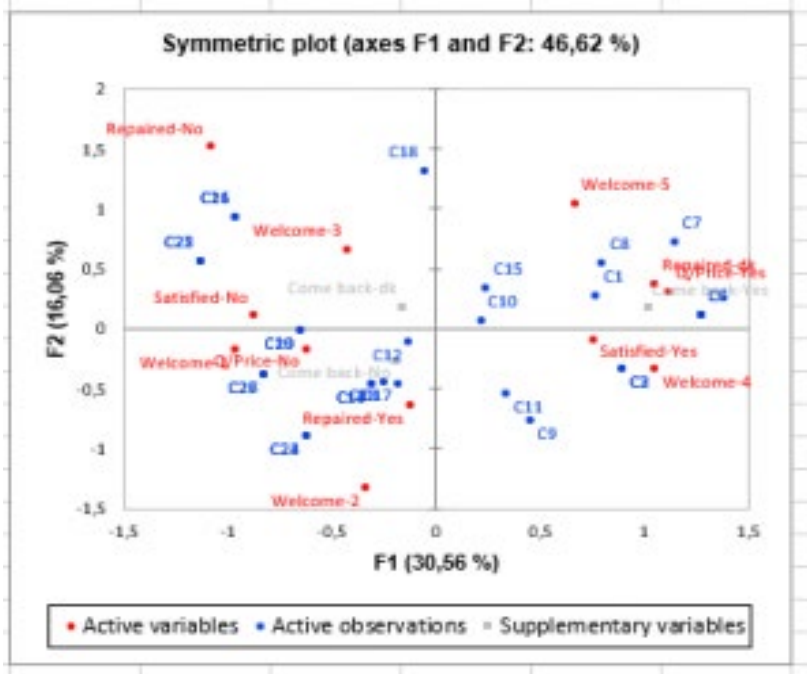


Figure 24 graphe symétrique

• **Qu'est-ce que l'Analyse des Correspondances Multiples ?**

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) est une méthode qui permet d'étudier l'association entre au moins deux variables qualitatives.

L'Analyse des Correspondances Multiples est aux variables qualitatives ce que l'Analyse en Composantes Principales est aux variables quantitatives. Elle permet en effet d'aboutir à des cartes de représentation sur lesquelles on peut visuellement observer les proximités entre les catégories des variables qualitatives et les observations. (XLSTAT.ACM)

• **Principe de l'Analyse des Correspondances Multiples**

La construction du tableau disjonctif complet est l'une des étapes préalables au calcul de l'Analyse des Correspondances Multiples. Les p variables qualitatives sont éclatés en p tableaux disjonctifs Z_1, Z_2, \dots, Z_p , composés d'autant de colonnes qu'il y a de modalités pour chacune des variables. A chaque fois qu'une modalité m de la j ème variable correspond à un individu i , on affecte 1 à $Z_{j(i,m)}$. Les autres valeurs de Z_j sont nulles. Les p tableaux disjonctifs sont alors concaténés en un tableau disjonctif complet.

A partir du tableau disjonctif complet sont calculées les coordonnées des modalités des variables qualitatives, ainsi que les coordonnées des observations dans un espace de représentation optimal pour le critère d'inertie. Dans le cas de l'Analyse des Correspondances Multiples on montre que l'inertie est égale au nombre moyen de modalités moins un. Elle ne dépend donc pas uniquement de l'association entre les variables. Greenacre (1993) a proposé une mesure ajustée de l'inertie, inspirée de la Joint Correspondence Analysis (JCA). Cet ajustement permet d'avoir des pourcentages plus élevés et plus informatifs pour les axes de représentation (**XLSTAT.CAH**)

- **Résultats de l'Analyse des Correspondances Multiples**

- ✓ Tableau disjonctif : ce tableau n'est affiché que si les données d'entrée correspondent à un tableau observations/variables. Ce tableau est un tableau intermédiaire permettant d'aboutir au tableau de contingence des deux variables sélectionnées.
- ✓ Tableau de Burt : le tableau de Burt est affiché si l'option correspondante a été activée. Le diagramme en bâtons en 3 dimensions en est la représentation graphique.
- ✓ Valeurs propres et pourcentages d'inertie : les valeurs propres, les pourcentages d'inertie et les pourcentages d'inertie ajustée et le graphique correspondant (scree plot) sont affichés. Seules les valeurs propres non triviales sont affichées. Si un filtrage a été demandé il est appliqué aux résultats qui suivent. (**XLSTAT.ACM**)

III.6. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous nous sommes intéressés à définir le site de prélèvement, les méthodes d'échantillonnage, et les différentes méthodes analytiques utilisées le long de notre étude et leurs résultats actuel et des anciens résultats, ainsi que les outils informatiques représentés par les logiciels d'hydrochimie et les logiciels de statistiques où nous pouvons décrire les relations entre les paramètres de qualité et les paramètres de pollution des eaux

CHAPITRE IV

les analyses statistiques multivariées des caractéristiques

IV.1. Introduction

La composition chimique d'une eau est indispensable pour la détermination de sa qualité et du domaine de son utilisation. Au cours des dernières décennies, suite au développement de l'urbanisation, les activités industrielles et agricoles, les eaux souterrains et aquifères du monde y compris ceux de l'Algérie ont vu leur qualité se dégrader. La qualité des eaux albiennes (Continente intercalaire) 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 d'avoir une idée générale sur la qualité de ces eaux et les secteurs d'utilisation.

On traite les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines des forages implantés dans la région de Ouled Djellal par l'Analyse en Composantes Principales (ACP), la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et Analyse des Correspondances Multiples (ACM) ou on a utilisé logiciel XLSTAT, j'ai profité de l'essai gratuit pour pratiqué les 03 analyses pendant une période de 14 jours d'essai dont l'objectif est d'identifier les faciès chimiques et l'interaction eau-roche afin d'expliquer l'occurrence de tel élément par rapport à un autre

La composition chimique des eaux souterraines est liée à plusieurs facteurs, parmi lesquels on trouve la nature géologique des formations à travers lesquelles l'eau a circulée, les variations saisonnières du climat et les activités anthropiques.

IV.2. L'analyse en composantes principales (ACP)

IV.2.1. Définition

L'Analyse en Composantes principales (ACP) fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles. Elle vise à réduire le nombre total des variables à un autre moindre, sans perdre les informations essentielles. Elle permet de convertir la matrice de données à un nouvel ensemble de composantes principales basé sur la matrice de variance-covariance (**maoui, KHERICI, & DERRADJI, 2010**)

Chaque échantillon d'eau d'une campagne 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 9 forages (analyses) et 20 paramètres.

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

IV.2.2. 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 au (Tableau 22). Il montre que le potentiel d'Hydrogène pH a des valeurs dans les limites des normes algériennes, il varie légèrement de 7.120 à 8.070, la moyenne est de 7,379. La conductivité (COND) enregistre une moyenne de 4248,889 μ s/cm avec un écart-type de 1558,328mg/l (Fig. 25). Les concentrations de calcium (Ca^{2+}) sont caractérisées par des valeurs variant de 1510 à 3285 mg/l. Les valeurs du magnésium (Mg^{2+}) varient de 97 à 243 mg/l. Les chlorures (Cl^-) varient de 308 à 581mg/l. Les concentrations sulfates (SO_4^{2-}) de la nappe varient entre 125 à 364 mg/l

Tableau 22 Statistiques élémentaires des paramètres

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
TC°	9	44,000	70,000	53,778	7,138
PH	9	7,120	8,070	7,379	0,292
COND	9	3020,000	6570,000	4248,889	1558,328
TDS	9	1510,000	3285,000	2123,889	779,630
TH	9	1270,000	2040,000	1505,556	298,752
Ca++	9	256,000	448,000	347,111	73,479
Mg ++	9	97,000	243,000	155,889	51,070
NO2	9	0,000	0,500	0,236	0,226
NH4	9	0,000	2,210	1,041	1,002
TAC	9	138,000	240,000	194,333	32,546
HCO3-	9	140,000	366,000	236,038	65,401
Cl -	9	308,000	581,000	498,667	86,604
SO4	9	125,000	364,000	290,667	83,355
NO3-	9	10,500	22,000	14,578	3,619
Fe2+	9	2,030	6,020	4,864	1,212
PO4	9	0,220	4,500	3,113	1,303
R,SEC	9	1800,000	3400,000	2357,778	627,730
Tr	9	4,370	59,800	13,640	17,365
Na+	9	182,000	460,000	311,778	120,450
K+	9	15,000	30,000	22,333	5,723

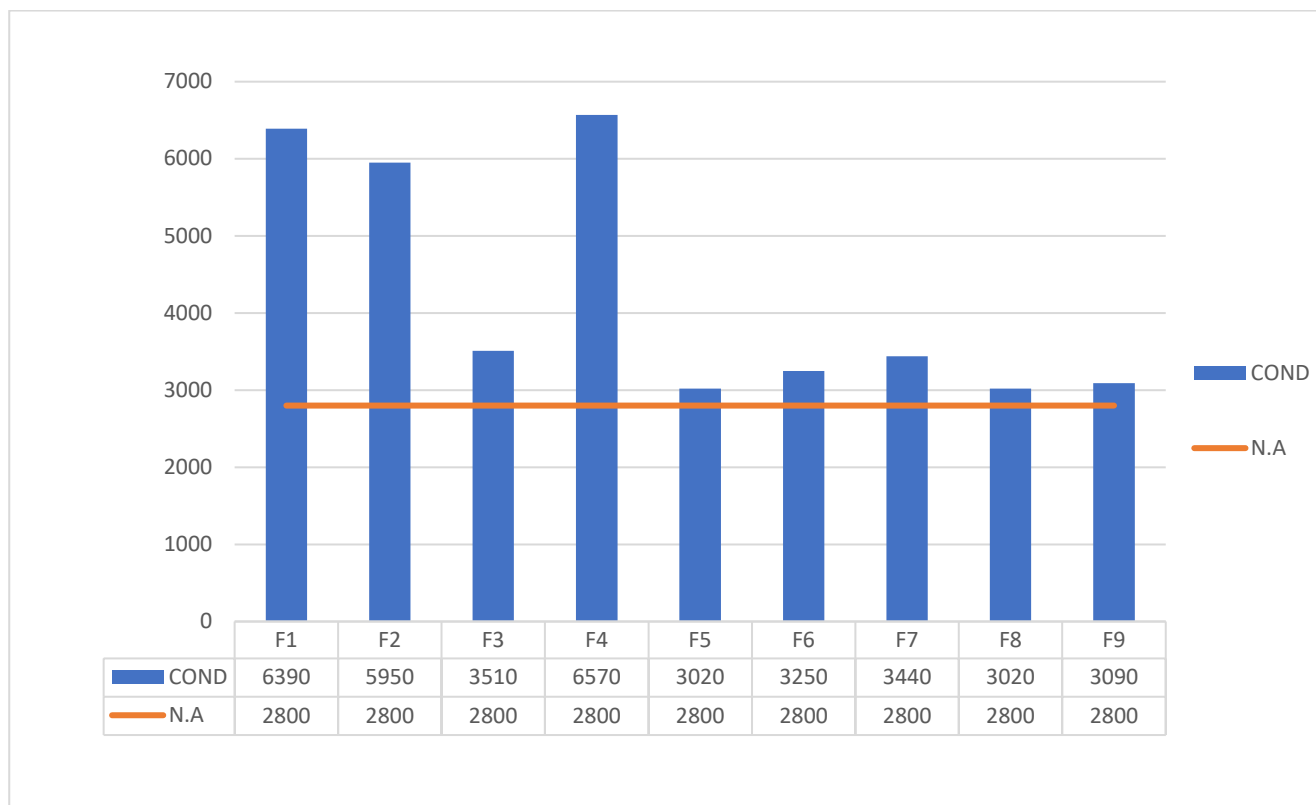


Figure 25 GRAPHE Variation de la conductivité dans les forages (MAI.2022)

IV.2.3. Statistique bivariée

Les coefficients de corrélation simples ont été calculés entre les paramètres physicochimiques. La matrice de corrélation regroupe les résultats de calcul (Tableau. 23). Elle montre que la conductivité (COND) est corrélée positivement à TDS, Ca²⁺ NO²⁻, NH₄, NO³⁻, R-SEC, Na⁺,K⁺.

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

Tableau 23 Matrice de corrélation des paramètres

Variables	TC°	pH	COND	TDS	TH	Ca++	Mg ++	NO2	NH4	TAC	HCO3-	Cl -	SO4	NO3-	Fe2+	PO4	R,SEC	Tr	Na+	K+
TC°	1																			
pH	-0,008	1																		
COND	-0,417	-0,151	1																	
TDS	-0,416	-0,153	1,000	1																
TH	0,640	0,037	-0,392	-0,391	1															
Ca++	0,459	0,399	-0,739	-0,740	0,736	1														
Mg ++	0,508	-0,303	0,093	0,094	0,795	0,175	1													
NO2	0,456	0,153	-0,815	-0,815	0,584	0,912	0,032	1												
NH4	0,308	0,264	-0,809	-0,809	0,561	0,930	-0,012	0,960	1											
TAC	0,294	-0,019	0,515	0,515	0,492	-0,022	0,732	-0,165	-0,250	1										
HCO3-	-0,168	-0,193	0,286	0,286	-0,115	-0,254	0,056	-0,082	-0,213	0,460	1									
Cl -	0,190	0,243	-0,383	-0,384	0,398	0,739	-0,078	0,807	0,824	0,004	-0,030	1								
SO4	0,210	0,135	-0,443	-0,444	0,535	0,807	0,057	0,857	0,864	0,052	0,010	0,955	1							
NO3-	-0,649	0,065	0,698	0,698	-0,461	-0,565	-0,173	-0,708	-0,640	0,171	0,222	-0,490	-0,418	1						
Fe2+	0,311	-0,800	0,086	0,088	0,329	-0,149	0,615	-0,037	-0,180	0,300	0,074	-0,191	-0,110	-0,316	1					
PO4	0,545	-0,763	0,108	0,109	0,288	-0,228	0,616	-0,062	-0,210	0,366	0,166	-0,170	-0,102	-0,291	0,735	1				
R,SEC	-0,390	-0,234	0,989	0,989	-0,389	-0,748	0,102	-0,816	-0,823	0,481	0,232	-0,414	-0,450	0,712	0,150	0,162	1			
Tr	0,063	-0,096	0,512	0,512	-0,270	-0,422	-0,022	-0,344	-0,343	0,254	0,160	0,016	-0,076	0,237	-0,209	0,388	0,499	1		
Na+	-0,339	-0,378	0,766	0,767	-0,622	-0,794	-0,195	-0,749	-0,764	0,000	-0,120	-0,422	-0,522	0,458	0,220	0,198	0,818	0,449	1	
K+	-0,258	0,416	0,747	0,746	-0,473	-0,496	-0,242	-0,657	-0,599	0,240	-0,090	-0,221	-0,408	0,498	-0,369	-0,278	0,706	0,495	0,638	1

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

IV.2.4. Valeur propre :

Le tableau 24 donne les valeurs propres et la variabilité, le premier axe principal a une valeur propre égale à 8,941, il explique 44,707 % de la variation totale, la seconde composante égale à 4,049 explique 20,243 % de la variance totale. Les deux premiers facteurs fournissent une inertie expliquée de 64,95 % 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 24 Valeurs propres et la variabilité

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	8,941	4,049	2,423	1,491	1,396	0,982	0,515	0,202
Variabilité (%)	44,707	20,243	12,117	7,457	6,980	4,910	2,574	1,012
% cumulé	44,707	64,950	77,067	84,524	91,504	96,414	98,988	100,000

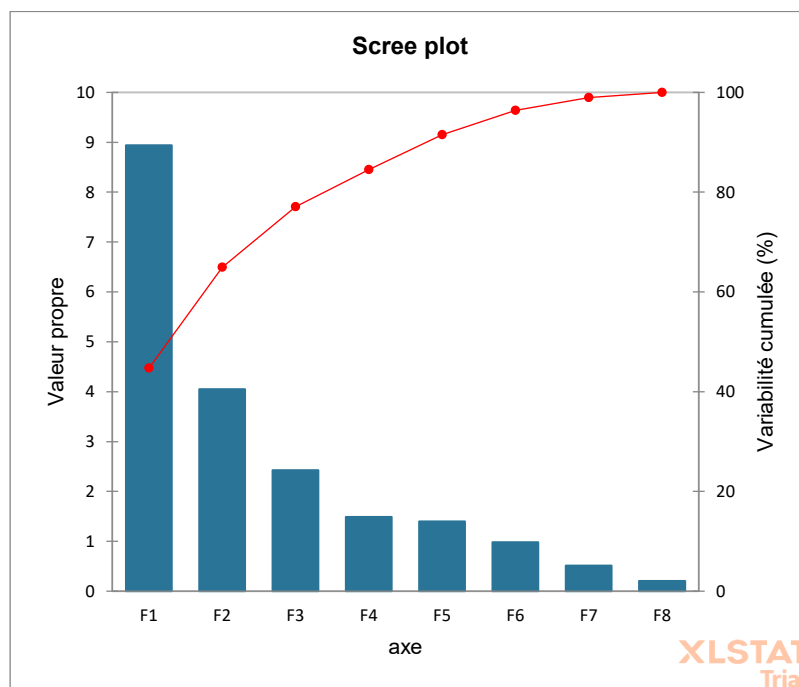


Figure 26 Graphe des valeurs propres

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

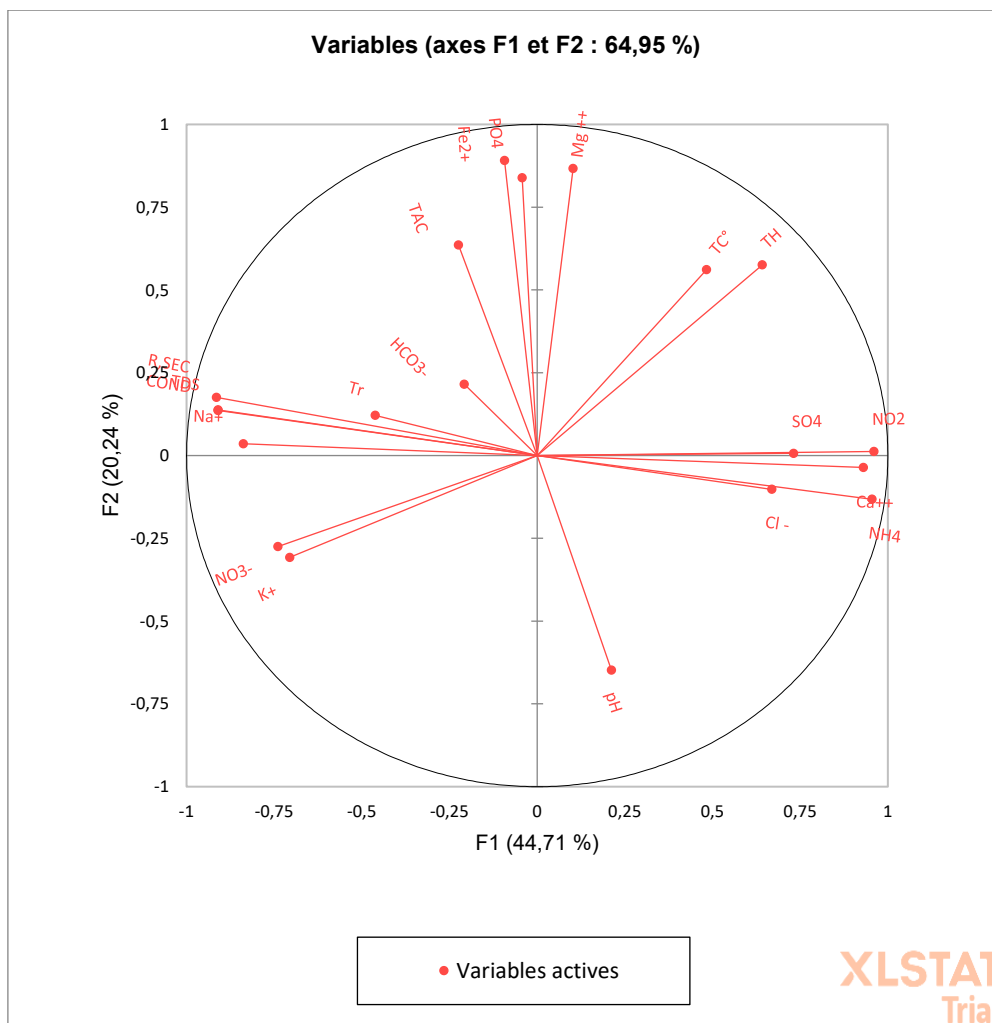


Figure 27 Projection des variables sur le plan factoriel (1-2).

Le facteur 1 exprime 44.71 % de la variance des données et montre une corrélation élevée des éléments (Mg^{2+} , PO_4 , Fe^{2+} , TAC, PH,) à l'exception du HCO_3^- , TC, TH.

Le facteur 2 exprime 20,24 % de la variance des données, montre une bonne corrélation des éléments (NO_2^- , NH_4^+ , Cl^- , SO_4 , Ca^{2+} , K^+ , Tr, COND, R-SEC, TDS, Na^+ , NO_3^-)

L'analyse du cercle réalisé par les deux facteurs F1 et F2 (Fig. 27) 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

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

Tableau 25 Corrélation entre variable et poids factoriels.

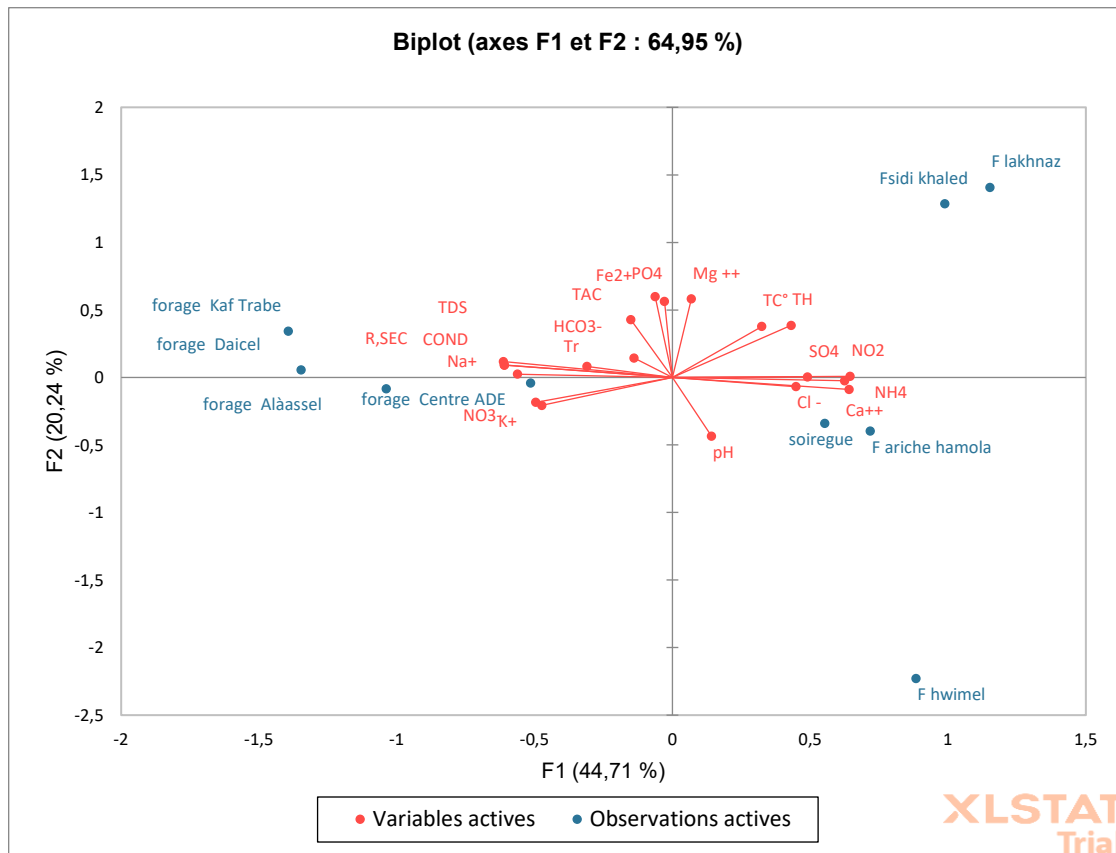
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
TC°	2,613	7,793	0,222	1,271	18,195	9,669	3,146	30,337
pH	0,501	10,365	10,970	12,708	2,820	2,366	3,241	0,453
COND	9,256	0,458	5,090	0,258	0,162	2,151	0,433	0,514
TDS	9,259	0,468	5,060	0,262	0,164	2,146	0,440	0,510
TH	4,612	8,187	4,663	6,677	0,022	2,406	3,698	0,307
Ca ⁺⁺	9,682	0,032	3,640	0,820	0,082	2,146	0,177	4,649
Mg ⁺⁺	0,117	18,540	2,028	8,689	0,004	1,114	5,294	10,824
NO2	10,319	0,004	0,527	3,142	0,156	0,020	0,776	5,526
NH4	10,198	0,431	0,916	1,896	0,028	1,148	0,940	1,830
TAC	0,563	9,989	18,706	3,491	1,621	0,448	2,381	0,278
HCO3-	0,482	1,144	2,246	2,819	37,415	24,520	9,758	0,384
Cl -	5,001	0,258	10,290	16,260	0,042	3,583	2,344	1,330
SO4	5,980	0,001	8,791	12,048	1,061	4,962	0,969	1,996
NO3-	6,119	1,868	1,714	1,712	7,266	0,651	28,150	28,376
Fe ²⁺	0,020	17,380	5,612	0,193	0,486	9,762	10,260	0,074
PO4	0,097	19,588	1,678	4,717	2,301	4,398	2,316	0,006
R,SEC	9,364	0,763	3,329	0,478	0,034	3,970	0,000	2,242
Tr	2,385	0,363	5,721	16,266	10,644	15,855	15,271	3,899
Na ⁺	7,859	0,031	0,779	5,830	6,121	8,579	1,555	6,170
K ⁺	5,572	2,335	8,019	0,463	11,374	0,106	8,848	0,294

Les variables donnant les meilleures contributions sur l'axe factoriel 1 sont la COND, TDS, TH, Ca²⁺, NO2, NH4, Cl⁻, SO4, NO3⁻, R-SEC, Na⁺, K⁺ ce qui confirme qu'il est un facteur de minéralisation. Pour l'axe factoriel 2, les variables donnant les meilleures contributions sont les TC° PH, Mg²⁺, Fe²⁺ PO4, donc il peut être considéré comme facteur caractérisant la pollution liée aux activités anthropiques qui sont très répandues dans la région.

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

Tableau 26 Contribution des variables selon les axes factoriels.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
TC°	0,234	0,316	0,005	0,019	0,254	0,095	0,016	0,061
pH	0,045	0,420	0,266	0,190	0,039	0,023	0,017	0,001
COND	0,828	0,019	0,123	0,004	0,002	0,021	0,002	0,001
TDS	0,828	0,019	0,123	0,004	0,002	0,021	0,002	0,001
TH	0,412	0,331	0,113	0,100	0,000	0,024	0,019	0,001
Ca++	0,866	0,001	0,088	0,012	0,001	0,021	0,001	0,009
Mg ++	0,010	0,751	0,049	0,130	0,000	0,011	0,027	0,022
NO2	0,923	0,000	0,013	0,047	0,002	0,000	0,004	0,011
NH4	0,912	0,017	0,022	0,028	0,000	0,011	0,005	0,004
TAC	0,050	0,404	0,453	0,052	0,023	0,004	0,012	0,001
HCO3-	0,043	0,046	0,054	0,042	0,522	0,241	0,050	0,001
Cl -	0,447	0,010	0,249	0,243	0,001	0,035	0,012	0,003
SO4	0,535	0,000	0,213	0,180	0,015	0,049	0,005	0,004
NO3-	0,547	0,076	0,042	0,026	0,101	0,006	0,145	0,057
Fe2+	0,002	0,704	0,136	0,003	0,007	0,096	0,053	0,000
PO4	0,009	0,793	0,041	0,070	0,032	0,043	0,012	0,000
R,SEC	0,837	0,031	0,081	0,007	0,000	0,039	0,000	0,005
Tr	0,213	0,015	0,139	0,243	0,149	0,156	0,079	0,008
Na+	0,703	0,001	0,019	0,087	0,085	0,084	0,008	0,012
K+	0,498	0,095	0,194	0,007	0,159	0,001	0,046	0,001



L'étude de la répartition des individus, parallèlement à celle des variables, fait apparaître les regroupements de points suivants (fig. n° 41).

Groupe 1 : F kaf trabe , F daicel , F alaassel, F centre ade ; eaux situées à Ouled djellal..

Groupe 2' : F soiregue, F ariche hamola, F sidi khaled, F lakhnaz, F hwimel ; eaux situées à sidi kahled daira.

IV.3. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

IV.3.1. Principe de la méthode :

La classification ascendante hiérarchique (CAH) est une méthode de classification itérative dont le principe est simple.

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 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.3.2. 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 dissimilarités 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.3.3. Résultats pour la Classification Ascendante Hiérarchique dans le secteur D'étude

Les données utilisées dans cette classification correspondent aux données hydrochimies des neuf (09) 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).

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

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 (fig. n° 28).

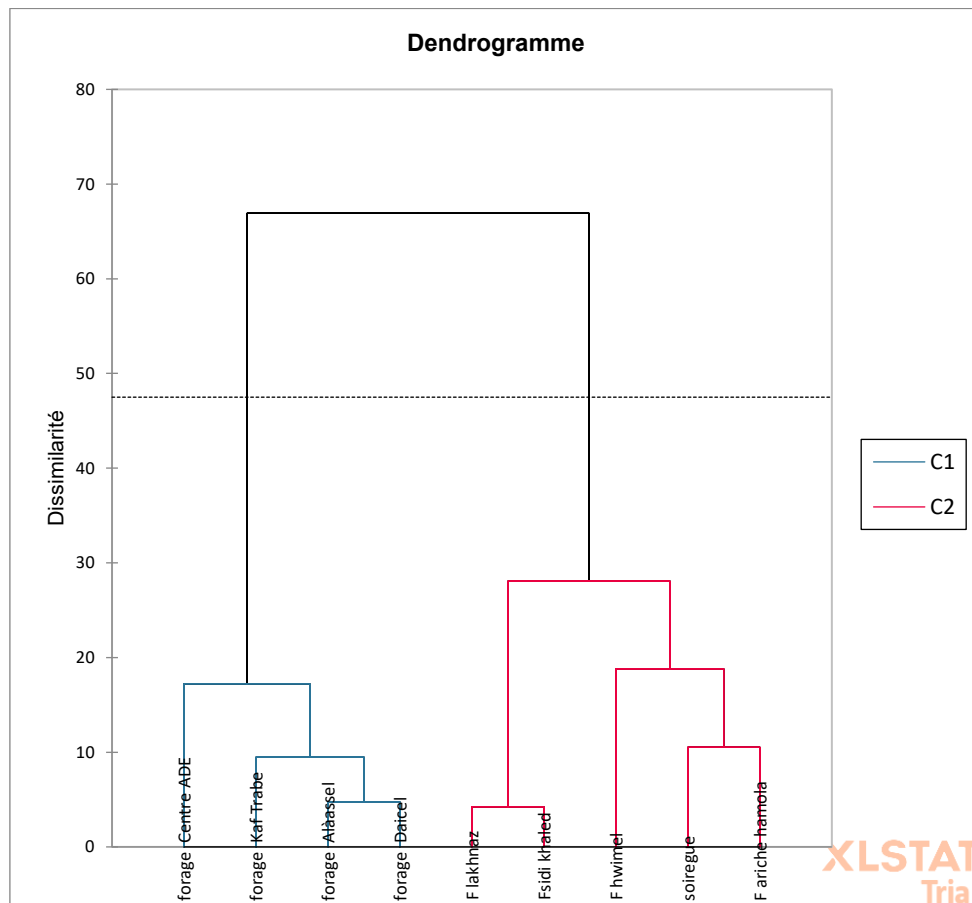


Figure 28 Dendrogramme complet visualisant le regroupement progressif des objets.

Après troncature, le dendrogramme permet de visualiser trois classes

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

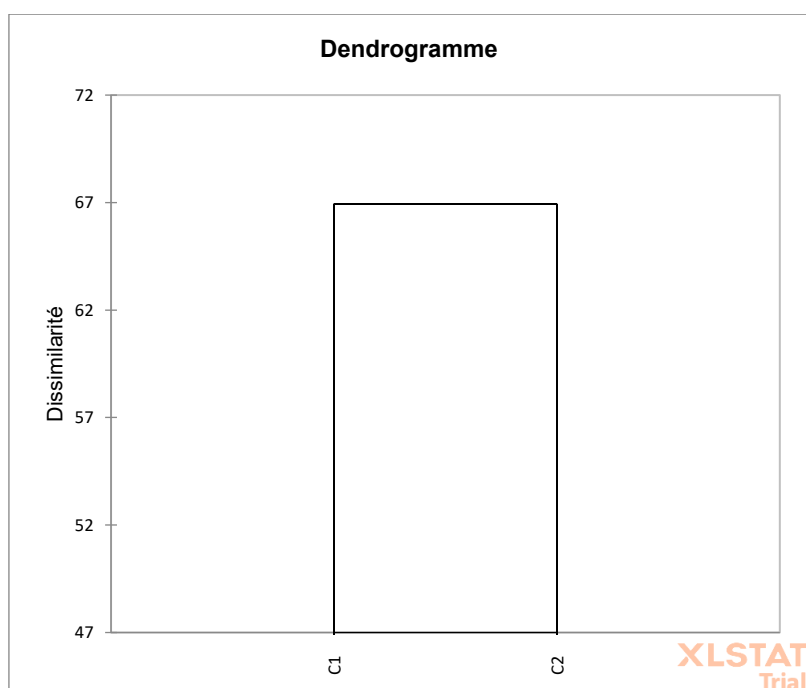


Figure 29 Le dendrogramme tronqué.

Les résultats par classes sont indiqués dans le tableau n° 26 où sont indiqués, pour chaque classe, les objets (individus) correspondants.

Une classification par la même méthode (CAH) a été appliquée aux observations. Le principe est basé sur la classification des observations autour d'un centre de gravité (Barycentre) pour chaque variable dans chaque classe (tableau 28). Puis un centre de gravité pour l'ensemble de la classe (tableau 29).

Enfin, le logiciel calcule la distance (Ecart) entre les centres de gravités (Barycentres) de ces classes (tableau 27).

Tableau 27 Distances entre les barycentres des classes

	1	2
1	0	5,488
2	5,488	0

Tableau 28 Barycentres (Centre de gravité) des variables par classes variables par classes

Classe	Cl ⁻	SO ₄	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺	PO ₄	R,SEC	Tr	Na ⁺	K ⁺	TAC	HCO ₃ ⁻
1	-0,868	-0,911	0,738	0,081	0,124	0,872	0,367	0,761	0,684	0,274	0,180
2	0,694	0,729	-0,591	-0,065	-0,099	-0,697	-0,294	-0,609	-0,548	-0,219	-0,144
	TC°	pH	COND	TDS	TH	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₂	NH ₄	Somme des poids	Variance intra-classe
	-0,389	-0,167	0,870	0,870	-0,571	-0,954	0,022	-1,041	-1,039	4,000	10,477
	0,311	0,134	-0,696	-0,696	0,457	0,763	-0,017	0,833	0,831	5,000	15,410

Tableau 29 Résultats par classe :

Classe	1	2
Nombre d'objets par classe	4	5
Somme des poids	4	5
Variance intra-classe	10,477	15,410
Distance minimale au barycentre	1,762	2,926
Distance moyenne au barycentre	2,719	3,460
Distance maximale au barycentre	3,595	4,566
FORAGES	KAF TRABE	SOIREGUE
	ALAASSEL	LAKHNAZ
	CENTRE ADE	SIDI KHALED
	DAICEL	ARICHE HAMOLA
		HWIMEL

L'application du CAH montre les groupes suivants :

- **Le groupe n° 01** : ce groupe renferme 4 forages : KAF TRABE, ALAASSEL, CENTRE ADE, DAICEL ces forages situés à la daïra de OULLED DJELLAL.
- **Le groupe n° 02** : ce groupe comporte les forages SOIREGUE, LAKHNAZ, SIDI KHALED, ARICHE HAMOLA, HWIMEL, ces forages situés à la daïra de SIDI KHALED sauf le forage de SOIREGUE ces forages situés à la daïra de OULLED DJELLAL.

IV.4. Analyse des correspondances multiples (ACM) :

IV.4.1. Définition

Est une méthode d'analyse factorielle adaptée aux données qualitatives (aussi appelées catégorielles). Contrairement à l'AFC qui étudie le lien entre deux variables qualitatives, l'ACM la généralise en permettant d'étudier le lien entre plusieurs variables qualitatives^{1,2}. Un exemple typique de ces données est celui des enquêtes d'opinion.

Tableau 30 Valeurs propres ACM

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	0,915	0,857	0,816	0,758	0,729	0,709	0,671	0,645
Variabilité (%)	14,998	14,049	13,374	12,425	11,959	11,616	11,006	10,574
% cumulé	14,998	29,046	42,421	54,846	66,804	78,420	89,426	100,000

CHAPITRES 04 : ANALYSES STATISTIQUES MULTIVARIEE DES CARACTERISTIQUES

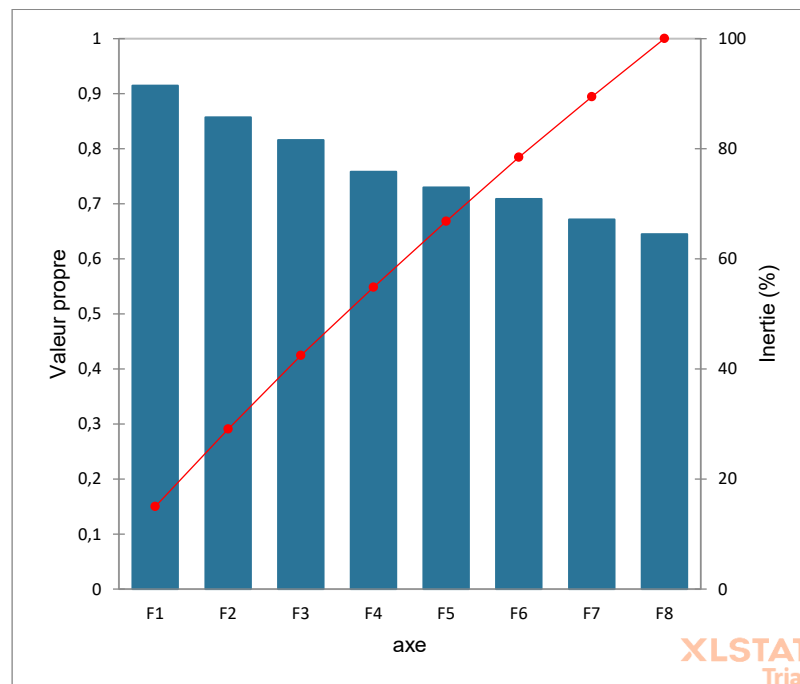
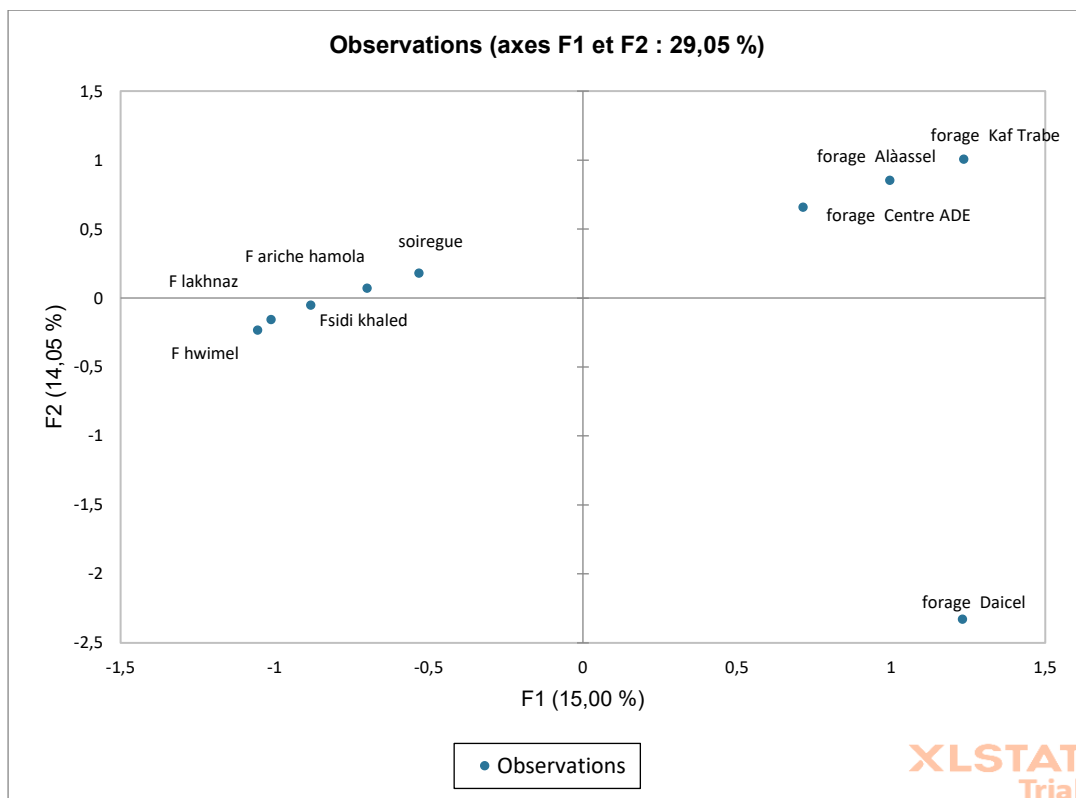


Figure 30 Valeurs propres ACM

IV.4.2. Résultats pour les observations :

Tableau 31 résultat ACM

	F1	F2	F3	F4	F5
F Kaf Trabe	1,236	1,006	0,088	0,759	0,539
F Alàassel	0,996	0,854	0,421	0,247	0,765
F Centre ADE	0,715	0,658	-0,328	-0,665	-2,004
F Daicel	1,232	-2,328	-0,051	-0,049	0,080
F soiregue	-0,532	0,180	-0,352	-1,069	0,580
F lakhnaz	-1,011	-0,156	-1,008	1,076	-0,702
F sidi khaled	-0,882	-0,052	-1,075	0,713	0,660
F ariche hamola	-0,700	0,072	0,128	-1,606	0,487
F hwimel	-1,054	-0,234	2,176	0,592	-0,404



Dans cette partie ou on a pratiqué analyse des correspondances multiples (ACM) on conclue deux familles bien claire qui sont opposé a l'axe F1 dans la figure (..)

- Groupe 1 : F kaf trabe , F daicel , F alaassel, F centre ade ; eaux situées à Ouled djellal..
- Groupe 2 : F soiregue, F ariche hamola, F sidi khaled, F lakhnaz, F hwimel ; eaux situées à sidi kahled दौरا.

IV.5. CONCLUSION

L'étude hydro-chimique des eaux souterraines permet de dire que :

- ✓ L'analyse en composante principale a révélé la présence de deux facteurs influencent la qualité des eaux souterraines, à savoir un facteur f1 de minéralisation et facteurs f2 de pollution.
- ✓ Les forages sont classés par deux familles qui est confirmé par la pratique des trois Analyses statistiques multivariées des variables physico-chimiques ACP, CAH, AC

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

L'étude que nous avons menée dans la région de Ouled Djellal nous a permis de faire une approche à la connaissance de la qualité des eaux souterraines par différentes méthodes graphiques et statistiques multi variées.

Cette étude est basée sur des données et connaissances de la région telles que :

- Le climat de Ouled Djellal est caractérisé par un climat semi-aride, sec et très chaud en été et très froid hiver avec des températures qui varient de 21 °C au mois de janvier à 44°C en Aout. Les précipitations annuelles atteignent environ 282 mm.
- La géologie : La région d'Ouled Djellal représente un pays de transition structurale et sédimentaires, au Nord c'est un pays montagneux, tandis qu'au Sud c'est un pays effondré, qui fait partie du Sahara Septentrional
- L'hydrographie : La willaya d'Ouled Djellal est drainée au sud par un important cours d'eau qui est Oued- Djedi à caractère temporaire dont le débit est irrégulier et pratiquement nul Elle est parcourue aussi par d'autres Oueds.

L'étude hydro-chimique de la qualité des eaux souterraines, soit par les analyses statistiques multivariées en composantes principale (ACP), la classification ascendante hiérarchique (CAH) et l'analyse des correspondances multiples (ACM) fait ressortir les points suivants :

- Les résultats comparatifs par l'analyse en composante principale (ACP) présentent une corrélation des ions sur les plan F1 et F2
- La CAH regroupe les eaux des forages de notre zone d'étude en deux groupes le premier groupe Le groupe n° 01 : ce groupe renferme 4 forages : KAF TRABE, ALAASSEL, CENTRE ADE, DAICEL ces forages situés à la daïra de OULLED DJELLAL. Le groupe n° 02 : ce groupe comporte les forages SOIREGUE, LAKHNAZ, SIDI KHALED, ARICHE HAMOLA, HWIMEL, ces forages situés à la daïra de SIDI KHALED sauf le forage de SOIREGUE ces forages situés à la daïra de OULLED DJELLAL.

La majorité des forages présente des eaux d'une qualité n'est pas acceptable pour la potabilité et les paramètres testés sont pas dans les normes, la concentration de la majorité des caractéristiques sont élevés.

La qualité des eaux pour deux groupes est influencée de la géologie locale de notre région

Bibliographie

(s.d.).

ADE. (s.d.). ALGERIEN DES EAUX . BISKRA.

ANAT. (2003). Agence Nationale pour l'Aménagement du Territoire .

Bendinne.S. (2019). ETUDE DE LA FAISABILITE DE LA RECHARGE DE LA NAPPE D'EL MAADER (BOU SAADA) PAR LES EAUX DE CRUES, Mémoire de Master, Université Mohamed khider –Biskra. Faculté des Sciences et de la Technologie,hydraulique.

CHABOUR. (2006). Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie.

DAGNELIE.P. (1975). Analyse statistique à plusieurs variables. Ed. Imprimerie J. Duculot, Gembloux, 362 p.

DE VILLERS, J., SQUILBIN, M., & YOURASSOWSKY, C. (2005). DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

DRE. (s.d.). DIRECTION DES RESSOURCES EN EAUX .

EDELIN.M, F. (1992). Epuration physico-chimique de eaux, 2è me édition, Ed.CEBEDOC.

Guezainia , I., & Guerram, A. (2011). ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE D'OULED DJELLAL (WILLAYA DE BISKRA), Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master deux En Hydraulique, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.

HELAL, F. (2016). Qualité, gestion intégrée et cartographie des ressources en eau de la wilaya de Biskra, Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre .

Lahlali, A. (2019). ETUDE DE FAISABILITE D'UN BARRAGEINFERO-FLUX SUR OUED DJEDI A OULED DJELLEL (DE LA WILAYA de biskra), Mémoire de Master, Université Mohamed khider –Biskra, Faculté des Sciences et de la Technologie, hydraulique urbaine.

Maoui, A., KHERICI, N., & DERRADJI, F. (2010). Hydrochemistry of an Albian sandstone aquifer in a semi-arid region, Ain oussera, Algeria. Environ Earth Sci 60:689–701.

OSS. (2004). OBESERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL.

PHILIPPEAU.G. (1986). Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. ITCF, Paris, 63 p.

REJSEK.F. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, France.

RODIER , J., & all. (1976). . 8eme édition ; pages (945 à1075) - RODIER, J. et all. (1996). - RODIER, J. et all. (2009).

RODIER J., B. C. (2005). RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico- chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

TARDAT- HENRY M, B. J. (1984). Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.

TARDAT, HENRY, M., & BEAUDRY, J. (1984). TARDAT-HENRY M, BEAUDRY J,(1984).Chimie des eaux, Ed. Le Griffon d'argile, INC, Québec.

Tremblay.L. (1995). La production des trihalomethanes dans les systèmes de distribution d'eau potable au Québec.

VILAIN.M. (1999). Méthodes expérimentales en agronomie pratique et analyse. Ed. Lavoisier,Paris, 337 p.

Zair, N. (2017). Evaluation la qualité des eaux souterraines utilisées en irrigation, problème et solution, cas de la région de Biskra (Sud-est Algérien) , Mémoire de Master2, Faculté de Technologie Département d'Hydraulique et Génie civile , Université.