



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Faculté de Technologie

Département d'Hydraulique et Génie civil

MEMOIRE

Présent en vue de l'obtention du diplôme du Master en hydraulique

Option : *Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'Assainissement*

THEME:

**Influences de la qualité des Eaux d'irrigation sur la
culture de la pomme de terre au niveau du périmètre
agricole d'Akfadou (Commune de Debila)**

Dirigé par

GUESSEIR BELGACEM

Présenté par:

- **BEN MOUSSA Larbi**
- **DJEHICHE Nadjib**
- **DAHBI Ali**

Promotion: Juin 2021

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

En premier lieu ceux que personne ne peut compenser les sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre bien-être à nos parents qui se sont sacrifiés pour nous prendre en charge tout au long de notre formation et qui sont l'origine de notre réussite que dieu les garde et les protèges.

A notre famille et nos chers amis qui nous ont accordé leur soutien dans les instants les plus difficiles.

Tous nos formateurs et toute l'équipe pédagogique et administrative .

pour l'aide qu'ils ont toujours porté aux étudiants.

Toute personne qui de près ou de loin a participé à notre formation.

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre LIEU, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre promoteur consultant Prf

GUESSEIR BELGACEM

pour nous avoir diligenté tout au long de ce travail, pour sa Compréhension, sa patience, sa compétence, et ces remarques qui nous ont été précieuses.

Nous tenons à remercier également, le président de jury et les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger et d'évaluer notre travail.

Nous présentons nos chaleureux remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Résumé

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Dans ce travail, nous avons étudié les influences de la qualité de l'eau d'irrigation sur la culture de la pomme de terre au niveau agricole d'Akfadou (commune de Dabila). Car ce sont les produits les plus cultivés de la région. Nous avons effectué des analyses physiques et chimiques de l'eau de quatre gares provenant de la nappe phréatique utilisées pour l'irrigation, et il a été constaté que cette eau a un effet positif sur le rendement de la culture de la pomme de terre.

Du point de vue de SAR, il n'y a aucune restriction sur l'utilisation de cette eau.

Mots clés : nappe phréatique, S.A.R, Concentration minérale, la pomme de terre.

Abstract :

The water quality used for irrigation is essential for the yield and quantity of crops, maintenance of soil productivity, and protection of the environment. For example, the physical and mechanical properties of the soil, ex. soil structure (stability of aggregates) and permeability, are very sensitive to the type of exchangeable ions present in irrigation waters.

In this work, we studied the influences of the quality of irrigation water on the cultivation of potatoes at the agricultural level of Akfadou (municipality of Dabila) Because they are the most cultivated products in the region. We carried out physical and chemical analyzes of the water from four groundwater stations used for irrigation, and it was found that this water has a positive effect on the yield of the potato crop.

From the point of view of SAR, there is no restriction on the use of this water.

Key words: groundwater, S.A.R, Mineral concentration, Potato.

ملخص :

نوعية المياه المستخدمة للري أمر رئيسي لمحصول و كمية المحاصيل الزراعية، و الحفاظ على إنتاجية التربة و حماية البيئة، على سبيل المثال، فإن الخصائص الفيزيائية و الكيماوية للتربة مثلا هيكل التربة (استقرار المجاميع) و النفاذية ، حساسة للغاية لنوع من الايونات الحاضرة في صرف مياه الري .

درسنا في هذا العمل تأثير نوعية مياه الري على زراعة البطاطس على مستوى المحيط الزراعي بأكفادو (بلدية الدبيلة). بحكم انها اكثر المنتوجات زراعة في المنطقة . قمنا بتحليل فيزيائية و كيميائية لمياه اربع محطات من المياه الجوفية المستعملة في الري وتبين ان هذه المياه ذات اثر ايجابي على مردود زراعة البطاطس وتميزت هذه المياه بصلاية عالية بسبب التركيز المعدنية هذا راجع الى الاصل الجيولوجي للمنطقة.

و من منظور معدل الامتصاص النوعي (S.A.R) لا يوجد قيود على استعمال هذه المياه.

الكلمات الأساسية : البطاطس , المياه الجوفية , التركيز العالي , معدل الامتصاص النوعي (S.A.R)

Abréviations

- **A.D.E** : Algérienne Des Eaux.
- **A.N.R.H** : Agence National des Ressource Hydrique.
- **C.T** : Complexe Terminal.
- **D.R.E** : Direction des Resource en Eau.
- **F.A.O** : Food and Agriculture Organization.
- **J.O** : Journal Officielle.
- **N.A** : Norme Algérienne.
- **O.M.S** : L'organisation Mondiale du Santé.
- **O.N.M** : Office National Météologique.
- **S.A.R** : Sodium absorption ratio.
- **U.N.E.S.C.O** : United nation éducation science culture and Organization.
- **D.S.A** : Direction des Services Agricoles.

Sommaire

Titre	N° Page
Chapitre I	
Présentation de la région d'étude	
I .1. Présentation de la région d'étude	03
I.1.1. Localisation de la région de Debila	03
I.1.2. présentation du périmètre agricole de la région de Debila	04
I.1.3. Climatologie	05
I.1.3.1. Le but de l'étude climatologique	05
I.1.3.2. Données météorologiques de la région de Debila	05
I.1.3.3. Climagramme d'Emberger	10
I.1.3.4. Indice d'aridité	12
I.1.3.5. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de Debila	12
I.1.4. Géologie régionale de Debila	13
I.1.4.1. Formation de l'ère secondaire	13
I.1.4.2. Formation de l'ère Tertiaire	16
I.2. présentation des nappes aquifère de la région de Debila :	17
I.2.1. Nappe Phréatique	18
I.2.2. Nappe Complexe Terminal (CT)	20
I.2.3. Nappe du Continental Intercalaire	21
I.3. Conclusion :	23
Chapitre II	
Synthèse Bibliographique de la qualité des eaux d'irrigation et de la culture de la pomme de terre	
II.1. Qualité de l'eau d'irrigation	25
II.1.1. Introduction	25
II.1.2. Caractéristique des eaux d'irrigation	25
II.1.2.1. contrôle de la qualité de l'eau	27
II.1.2.2. Caractéristique chimiques	29
II.1.2.3. Paramétré Physico-chimique et les éléments toxiques	30
II.2. La pomme de terre – solanum tuberosum L	33
II.2.1. Introduction	33
II.2.2. Cycle de plante	33
II.2.3. Préparation du sol	33
II.2.4. Irrigation	34

II.2.5. Récolter - rendement	34
II.3. Conclusion	35

Chapitre III Matériels & Méthodes

III.1.1. Introduction	36
III.1.2. Périmètre agricole d'Akfadou	36
III.1.3. Choix des stations	36
III.1.4. Condition set mode d'échantillonnage	39
III.1.5. Potentiel hydrogène "PH"	39
III.1.6. Température	40
III.1.7. Conductivité électrique	40
III.1.8. Titre hydrométrique (TH)	40
III.1.9. Résidu sec : unité : mg/l	41
III.1.10. Calcium	41
III.1.11. Magnésium	41
III.1.12. sodium et potassium	41
III.1.13. An hydrique carbonique	43
III.1.14. Sulfates	44
III.1.15. Chlorures	44
III.2. Conclusion:	45

Chapitre IV Résultats et discussions

IV.1. Introduction	47
IV.2. Les paramètres physico-chimiques	49
IV.2.1. Potentiel hydrogène(PH)	49
IV.2.2. Température (°C)	50
IV.2.3. Conductivité électrique CE	51
IV.2.4. Résidu sec (RS)	52
IV.2.5. Titre Hydrotimétrique	53
IV.2.6. Calcium Ca ²⁺	54
IV.2.7. MagnésiumMg ²⁺	55
IV.2.8. Sodium Na ⁺	56
IV.2.9. Potassium K ⁺	57
IV.2.10. Chlorures Cl ⁻	57
IV.2.11. Sulfate SO ₄ ⁻	59
IV.2.12. Bicarbonates HCO ₃ ⁻²	60
IV.2.13. NitratesNO ₃ ⁻	60
IV.2.14. Sodium Adsorption Ratio (S.A.R)	61
IV.3. Influences de les eaux d'irrigation sur la culture de la pomme de terre:	62
IV.1. Conclusion	64
Conclusion Générale	66

Liste De Tableau

<u>Titre</u>	<u>Page</u>
Tableau.I.01 : Données climatiques de la région de Debila (2010-2020) (O.N.M de Guemar)	05
Tableau.I.02 : classification du climat de la région	12
Tableau II.1 : Teneurs maximales d'éléments des eaux d'irrigation	29
Tableau II.2 : Teneurs maximales des métaux lourds	30
Tableau II.3 : Journal officielle de R.A.D.P No41 le 15/07/2012	31
Tableau II.4 : Risque de SAR	32
Tableau.III.01:Forages de la nappe phréatique choisis (D.R.E.,A.D.E,2021).	38
Tableau.III.02:La courbe d'étalonnage pour la mesure du sodium.	41
Tableau.III.03:La courbe d'étalonnage pour la mesure du potassium	42
Tableau.III.04:La courbe d'étalonnage pour la mesure des sulfates (2021).	44
Tableau.IV.01: Analyses physico-chimique de la nappe phréatique en (mg/l) (2021).	48
Tableau.IV.02:Valeurs du PH.	50
Tableau.IV.03:Valeurs de la Température (°C).	50
Tableau.IV.04:Valeursde laconductivitéélectrique (µS/cm).	51
Tableau.IV.05:Valeurs de Résidu sec (mg/1).	52
Tableau.IV.06:relatifaux durestés (mg/1).	53
Tableau.IV.07:Valeurs de calcium Ca ²⁺ (mg/1).	54
Tableau.IV.8:Valeurs de Magnésium Mg ²⁺ (mg/1).	55
Tableau.IV.9 : Valeurs de Sodium Na ⁺ (mg/1).	56
Tableau.IV.10:Valeurs de Potassium K ⁺ (mg/1).	57
Tableau.IV.11:ValeursdeChlorure Cl ⁻ (mg/1).	58
Tableau.IV.12:Valeurs des Sulfates SO ₄ ⁻ (mg/1)	59
Tableau.IV.13:Valeurs des bicarbonates (mg/1).	60
Tableau.IV.14:ValeursdesNitratesNO ₃ ⁻ (mg/1).	61
Tableau.IV.15:les analyses de SAR.	62
Tableau.IV.16:Rendement la pomme de terre	62

Liste De Figure

<u>Titre</u>	<u>Page</u>
Figure.I.01 : Carte de situation géographique de la région de DEBILA (découpage administratif de l'Algérie 2015)	04
Figure.I.02 : Températures moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)	06
Figure.I.03 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)	07
Figure.I.04 : Evaporations moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)	08
Figure.I.05 : Humidités moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)	08
Figure.I.06 : Insolations moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)	09
Figure.I.07 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station de Guemar (2010-2020)	10
Figure.I.08 : place de la région de Debila dans le Climagramme d'Emberger	11
Figure.I.09 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Debila (2010-2020).	13
Figure I.10 : la litho stratigraphique du forageF1 (A.N.R.H ; 1993)	15
Figure I.11 : Carte géographique du limite et le système aquifère C.T et C.I (UNISCO, 1972)	17
Figure I.12 : coupe hydrogéologique du système aquifère du Sahara (UNESCO, 1972)	18
Figure I.13 : Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement (Cote Marc, 2006)	19
Figure I.14 : Carte piézométrique de la limite du nappe complexe terminal et les sens d'écoulement (Baba SY et al ; 2006)	21
Figure I.15 : Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)	22
Figure.III.01: Localisation des points d'eau échantillonnés	37
Figure.III.02: Courbe d'étalonnage du sodium(2021).	42
Figure.III.03: Courbe d'étalonnage du potassium(2021).	42
Figure.III.04: Courbe d'étalonnage des sulfates (2021).	44
Figure.IV.01: Valeurs du PH pour l'irrigation.	50
Figure.IV.02 : Valeurs de la Température(c°)	51
Figure.IV.03: Valeurs de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pour	52

l'irrigation

Figure.IV.04 : Valeurs du Résidu sec (mg/l)	53
Figure.IV.05 : Valeurs de duretés en (mg/l).	54
Figure.IV.06: Valeurs de calcium Ca^{2+} (mg/l)	55
Figure.IV.07: Valeurs de Magnésium Mg^{2+} (mg/l)	56
Figure.IV.08: Valeurs de Sodium Na^+ (mg/l)	56
Figure.IV.09: Valeurs de Potassium K^+ (mg/l)	57
Figure.IV.10 : Valeurs de Chlorure (mg/l)	58
Figure.IV.11 : Valeurs des Sulfates SO_4^- (mg/l)	59
Figure.IV.12 : Valeurs des bicarbonates HCO_3^- (mg/l)	60
Figure.IV.13 : Valeurs des Nitrates NO_3^- (mg/l)	61

Liste de photo

<u>Titre</u>	<u>Page</u>
Photo.III.01: Appareil PHmètre (2021).	39
Photo.III.02: Appareil conductimètre (2021).	40
Photo.III.03:: Calibrer Titre hydrométrique (TH) dans un laboratoire (2021)	40
Photo.III.04: Photomètre de flamme industriel PFP7 – Jenway et mode d'emploi (2021).	43
Photo.III.05: Titration (2021).	43
Photo.III.06: Spectrophotomètre et mode d'emploi (2021)	44

Introduction générale

Introduction générale

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement.

Les ressources en eau proviennent généralement d'eaux de surface et souterraines renouvelables et non renouvelables.

Les eaux souterraines sont une ressource naturelle importante. Il représente un réservoir à partir duquel une eau de bonne qualité, si elle est correctement protégée, peut être obtenue pour l'approvisionnement en eau potable ainsi que pour l'agriculture et l'industrie, et agit comme une ressource tampon en période de sécheresse.

En ce qui concerne le milieu agricole, à Akfadou dans la commune de Debila, comme tout le nord du Sahara algérien, la plus part des ressources en eau d'irrigation sont constituées d'eau souterraine. Dernier contenu dans les formations physiques composées. Si les aquifères sont forts dans la richesse en eau de cette région, ils imposent en revanche certaines limitations, qui sont une minéralisation élevée ou moindre, l'agressivité, une dureté élevée, la croûte, la salinité, etc.

Pour toutes ces raisons, nous avons vu qu'il est utile de présenter notre contribution à travers cette étude de la qualité de l'eau d'irrigation utilisée en agriculture dans cette région et de son effet sur le produit de la pomme de terre qui est considéré comme une culture stratégique

Pour cela, nous avons structuré notre étude en quatre chapitres :

- **Chapitre I** : présentation de la commune de Debila dans le contexte géographique secondée d'une étude climatique, topographique et hydrogéologique
- **Chapitre II** : synthèse bibliographique de la qualité des eaux d'irrigation et de la culture de la pomme de terre
- **Chapitre III** : matériel et méthodes d'analyse :
- **Chapitre IV** : partie expérimentale et interprétation des résultats suivie d'une conclusion

CHAPITRE I

Présentation de la région d'étude

CHAPITRE I : Présentation de la région d'étude

I.1. Présentation de la région d'étude :

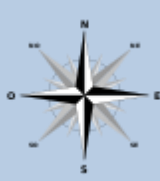
I.1.1. Localisation de la région de Debila :

La commune de Debila se situe dans le côté Est de la wilaya d'El-Oued, la distance entre elle et le chef-lieu de wilaya est de 20 Km, elle a une superficie de 78 Km² avec six localités (Akfadou ; Debila ; Djamaa Mida ; Chenaïba ; Djedeïda et Drimini). Sa population est estimée à 29401 habitants avec une densité de 378hab/km².

La commune est située au-dessus du niveau de la mer avec une altitude de 56 m, elle est limitée par les deux lignes de latitude 33.5063 et de longitude 6.93799 (Nord 33°30'23") et (Est 6°56'17").

La commune de Debila est limitée :

- Au Nord par la commune de Magrane.
- Au Nord-est par la Commune de Hassi Khalifa.
- Au Sud par la Commune de Trifaoui.
- à l'Est par la Commune de Trifaoui et Commune de Hassi Khalifa.
- à l'Ouest : Commune de Sidi Aon et Commune de Hassani Abdelkrim.

Sidi Aoun	Magrane	Hassi Khalifa
Sidi Aoun		Trifaoui
Hassani Abdelkrim	Hassani Abdelkrim, Trifaoui	Trifaoui

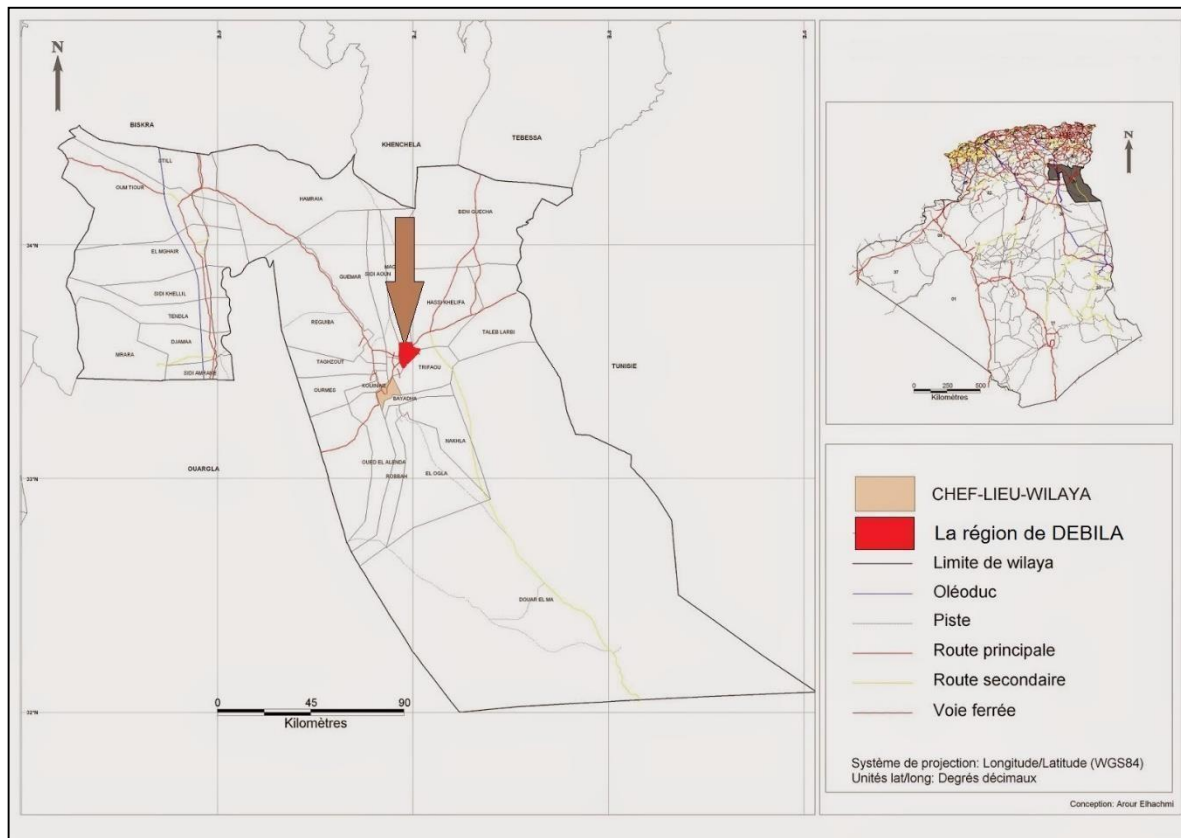


Figure.I.01 : Carte de situation géographique de la région de DEBILA (découpage administratif de l'Algérie 2015)

I.1.2.présentation du périmètre agricole de la région de Debila:

La région est situé à deux périmètre agricole : le périmètre de Debila cherguia « El Ezdihar » et le périmètre de « Akfadou » avec une superficie de (D.S.A 2020) :

- Superficie total : 600 HA.
- Superficie agricole utile : 587 HA.
- Superficie irriguée : 587 HA.

L'occupation du sol :

- Phoeniculture : 18680
- Maraichage : la pomme de terre, la tomate et la poivres qui est le plus de maraichages dans la région.
- Fourrage : 06 de C.T, et plus de 215 de phréatique.
- Arboriculture : l'Abricot, le Grenade, D'olive, Les figues.

I.1.3. Climatologie :**I.1.3.1. Le but de l'étude climatologique**

La connaissance des caractéristique hydro climatologique est très important pour notre étude, il est indispensable pour évaluer l'alimentation de réservoir souterraine par l'infiltration et pour l'établissement d'un bilan hydrique

I.1.3.2. Données météorologiques de la région de Debila :

Puisque la région de Debila est située dans la Sahara donc le climat est saharien sec et chaud ont été, froid et sec en hiver

Le tableau suivant présente les données climatiques de 10 ans (2010-2020) de la région de Debila

Tableau.I.01 : Données climatiques de la région de Debila (2010-2020)**(O.N.M de Guemar)**

mois	T max	T min	préc	évap	hum	T moy	Inso	vent
Jan	17.07	5.58	17	60.47	66.8	11.32	238.05	2.42
Fév	19.34	6.65	3.7	84.1	55.49	12.99	249.47	2.82
mars	24.18	10.83	4.65	121.9	49.61	17.5	278.35	3.41
avril	28.08	14.68	5.04	196.35	43.69	21.38	290.89	4.45
mai	33.54	19.6	4.67	201.94	39.8	26.57	315.81	4.74
Juin	38.41	24.07	1.45	210.15	34.8	31.24	347.94	4.25
Juil	41.69	26.86	0.32	256.14	31.21	34.27	353.95	3.96
aout	41.1	26.95	1.01	218.73	34.49	34.02	333.11	3.58
Sep	35.39	22.89	7.48	166.33	46.6	29.14	275.68	3.54
Oct	30.15	17.74	9.48	120.12	53.1	23.94	264.14	2.55
nov	22.53	11.02	12.03	78.27	56.9	16.77	234.68	2.59
Déc	17.74	6.55	7.96	63.04	66.3	12.14	232.22	2.79
moy	29.1	16.11	6.31	148.12	48.23	22.61	284.52	3.42

- T max : température maximale (°C)
- T min : température minimal(C°)
- Préc : précipitation (mm)
- Evap : évaporation (mm)
- Hum : humidité (%)
- T moy : température moyenne (C°)
- Inso : insolation (heure)

I.1.3.2.1. Température :

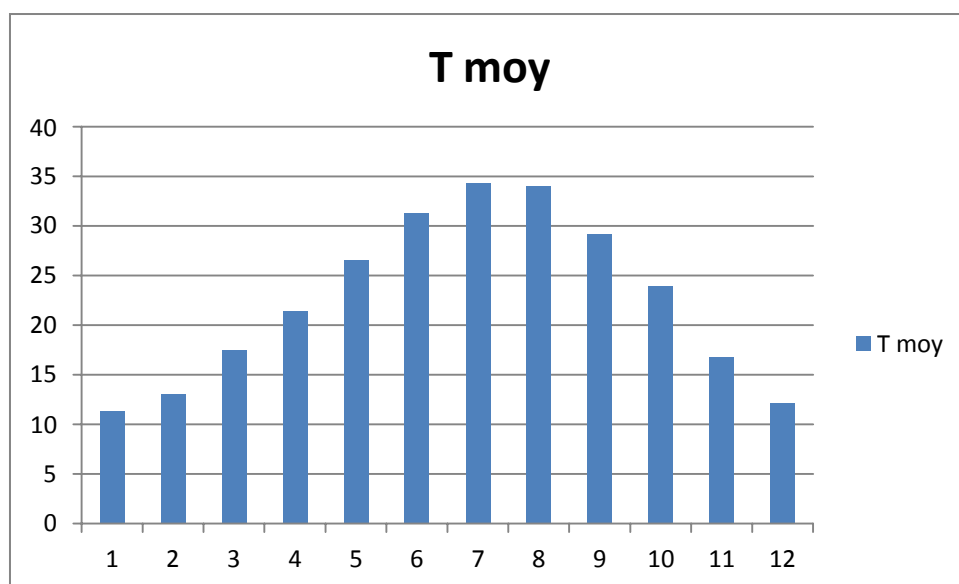


Figure.I.02 : Températures moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)

A partir le graphique de la colonne des températures moyennes on observe que :

La température moyenne mensuelle est maximale au mois de juillet avec une valeur de 34.27°C et une valeur minimale au mois de janvier avec l'ordre de 11.32°C

I.1.3.2.2. Précipitations :

Les précipitations désignent les gouttes d'eau ou les cristaux de glace qui, formés après condensation et agglomération dans les nuages, deviennent trop lourds pour se maintenir en suspension dans l'air et tombent au sol ou s'évaporent avant de l'atteindre. Ces précipitations sont de plusieurs natures : la pluie, la neige et la grêle comptent parmi les plus fréquentes.

Selon les données climatiques du tableau nous avons établi la courbe de variation moyenne mensuelle des précipitations suivante :

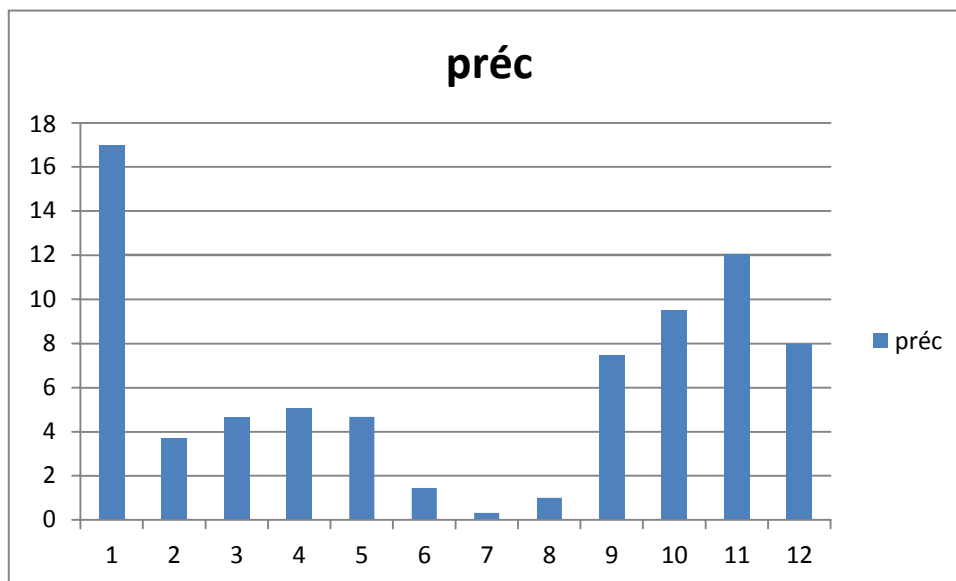


Figure.I.03 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)

À partir cette courbe on conclut que :

Le mois de janvier est le plus arrosé avec 12 (mm) ; et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0.32 (mm).

I.1.3.2.3. Evaporation

Nous remarquons un maximum d'évaporation moyenne mensuelle de l'ordre de 256.14 (mm) au mois de juillet et minimum au mois de janvier 60.47 (mm).

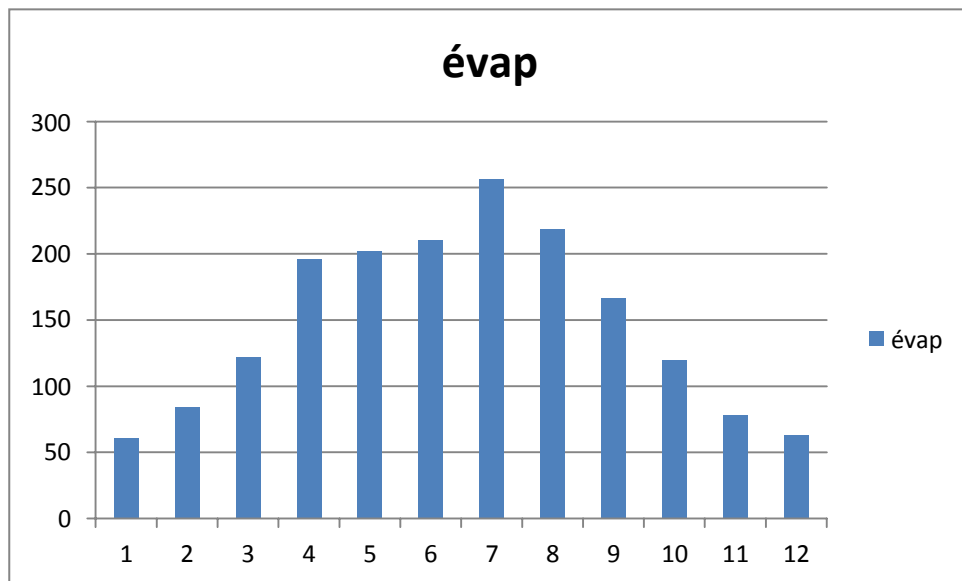


Figure.I.04 : Evaporations moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)

I.1.3.2.4. Humidité

L'humidité est en fonction des saisons, nous enregistrons un maximum de 66.8 % au mois de janvier et un minimum de 31.2 % au mois de Juillet.

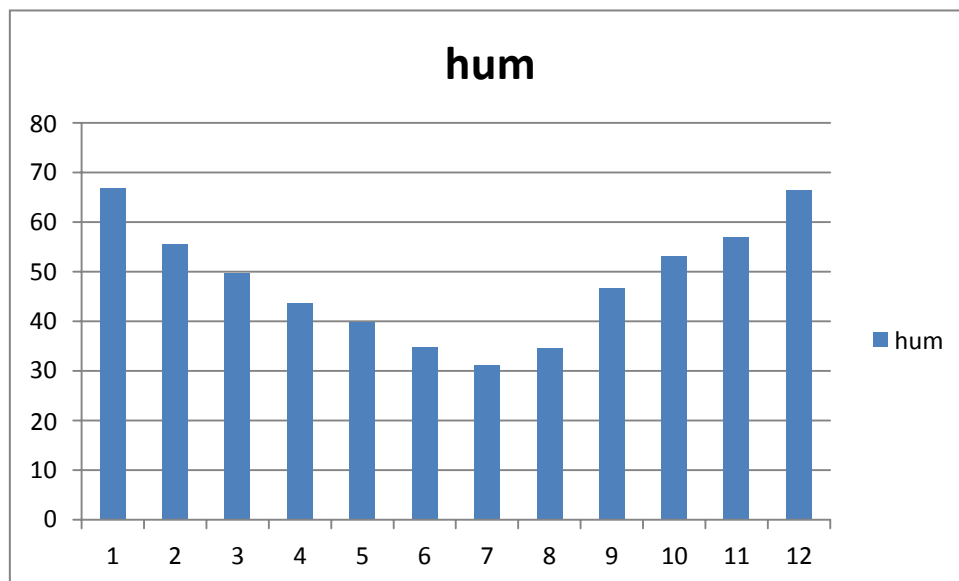


Figure.I.05 : Humidités moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)

I.1.3.2.5. Insolation

La brillance du soleil est maximum au cours du mois de juillet avec 353.95 heures et le mois de décembre le moins insolation par 232,22 heures.

La moyenne annuelle de rayonnement solaire dans la région de Debila est 3396.29 heures.

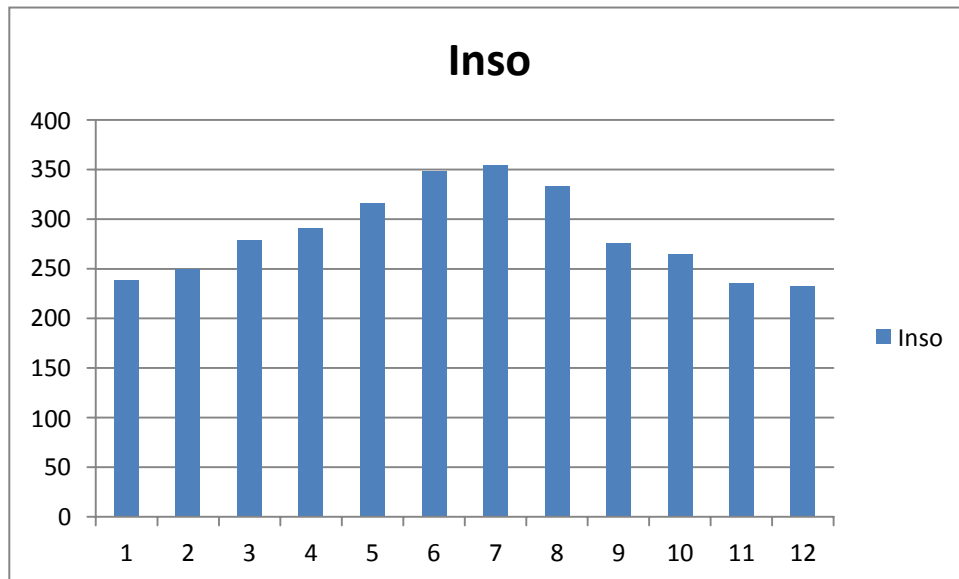


Figure.I.06 : Insolations moyennes mensuelles à la station de Guemar (2010-2020)

I.1.3.2.6. Vent

Les vents dominants sont surtout ceux du printemps provenant d'Ouest au Nord- Ouest. Les vents les plus forts soufflent en fin d'hiver, début printemps. Les vents de sable arrivent pendant, le mois de Juin et parfois en Juillet

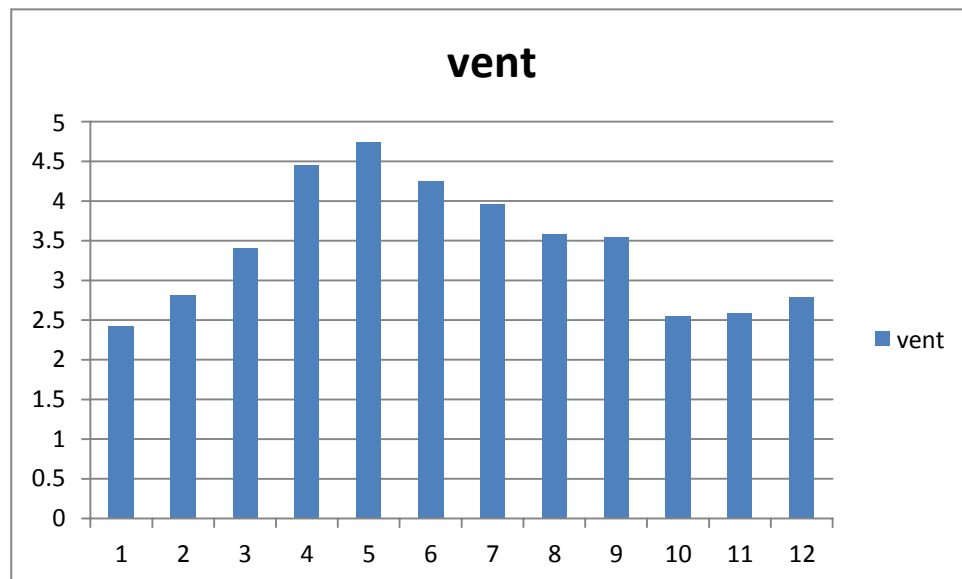


Figure.I.07 : Vitesses moyennes mensuelles des vents à la station de Guemar (2010-2020)

I.1.3.2. Climagramme d'Emberger :

Le Climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée

L'indice est égal au quotient pluviométrique d'Emberger qui peut s'écrire selon STEWART, (1969) in (SAKHRI, 2000)

$$Q2=3.43 P/(M-m)$$

Soit :

- Q2 : quotient pluviométrique d'Emberger (1955) modifié par Stewart (1968) pour l'Algérie et le Maroc
- P : la somme des précipitations annuelles exprimées en (mm).
- M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (°C)
- m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (°C).

Le calcul de l'indice d'après les données de notre région :

$$P= 74.79 \quad M=41.69 \quad m=5.58$$

$$Q2=3.43*74.79/(41.69-5.58)$$

$$Q2=7.10 \text{ mm/c}^\circ$$

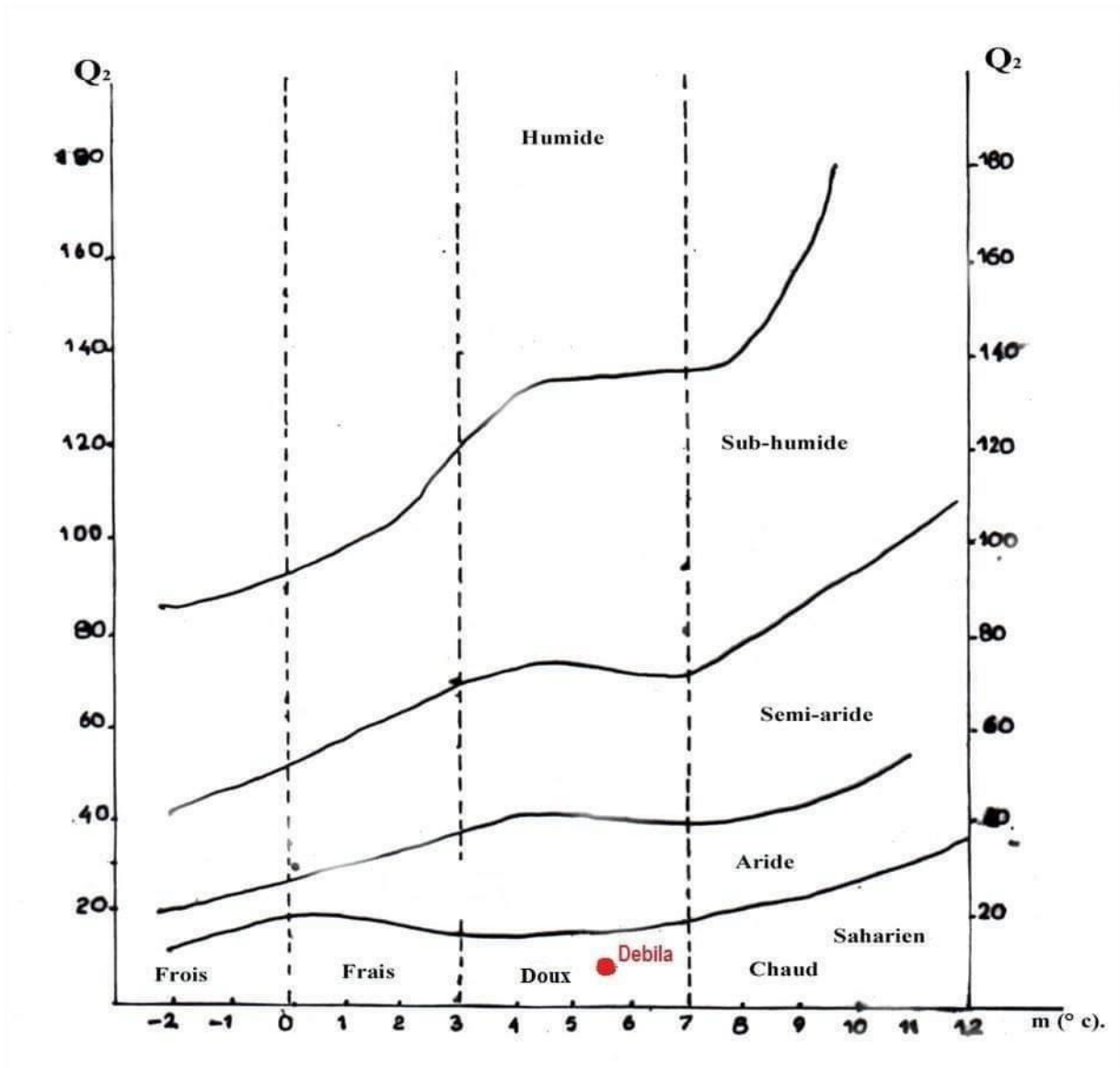


Figure.I.08 : place de la région de Debila dans le Climagramme d'Emberger

I.1.3.3. Indice d'aridité :

L'indice d'aridité (De Martonne, 1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles en (mm) et la moyenne des températures annuelles en (°c), en appliquant par la formule suivant :

$$I = P / (T + 10)$$

Avec :

- I : l'indice d'aridité
- P : précipitation moyenne annuelle en (mm)
- T : température moyenne annuelle en (c°)

Dans notre étude les valeurs est :

$$P = 74.79 \text{ (mm)} \quad T = 22.61 \text{ (c°)}$$

$$I = 74.79 / (22.61 + 10) = 2.29$$

Sur la base des fourchettes de l'indice d'aridité fixées par De Martonne, nous pouvons tirer le type de climat de notre région d'étude

Tableau.I.02 : classification du climat de la région

Indice d'aridité	classification
$0 < I < 5$	Climat hyperaride
$5 < I < 7,5$	Climat désertique
$7,5 < I < 10$	Climat steppique
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré

D'après le tableau notre région est caractérisée par un climat hyper aride

I.1.3.4. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de Debila :

Le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations moyennes mensuelles (P) et les températures moyennes mensuelles (T), qui sont portées sur des axes où l'échelle de la température est double de la pluviosité. $P = 2T$

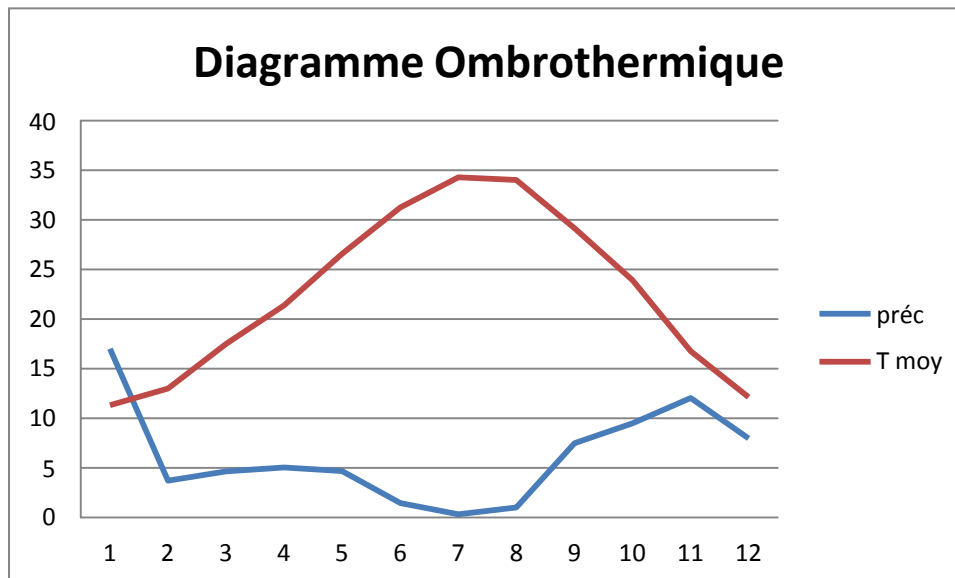


Figure.I.09 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Debila (2010-2020).

Le diagramme d'Ombrothermique montre que la période sèche dure toute l'année dans la région de Debila, ce qui nécessite la pratique de l'irrigation annuellement.

I.1.4. Géologie régionale de Debila :

D'après (Cornet 1964 ; Bel 1968) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre.

Sur la base des logs de forage l'Albien faite par (A.N.R.H 1993) sur la région de Debila, nous citons les principes strates repérées dans notre région, en allant de la plus ancienne vers le plus récente

I.1.4.1. Formation de l'ère secondaire :

- ❖ **Barrémien** : cet étage est capté par tous les forages du continental intercalaire réalisés dans cette région ; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalaire de calcaire dolomitique, on rencontre également du sables avec présence de silex, l'épaisseur moyenne de cette étage est de l'ordre de 200à230 mètres.
- ❖ **L'Aptien** : comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaire. D'après les coupes géologiques

des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas 30 mètres

❖ **L'Albien** : Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès de sable et par du calcaire avec passages de silex et d'argile. La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les courbes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

❖ **Le Vraconien** : C'est en fait, une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitique. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passées de grès à ciment calcaire.

Dans cette zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250 à 300 mètres

❖ **Le Cénomaniens** : Cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaire dolomitique, d'argile et d'anhydrites. Il joue le rôle d'un écran imperméable.

Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de dolomies qui la distinguent nettement, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaire correspondants à la limite inférieure de Turonien.

❖ **Le Turonien** : cet étage représente la base du complexe terminal. Il est généralement carbonaté et constitué par du calcaire dolomitique et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaire turoniens et parfois de marnes. Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

❖ **Le Sénonien** : la plupart des études géologique effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond du sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au sénonien carbonaté au sommet :

- Sénonien lagunaire : la limite de ce sous étage est bien distinguée. Le sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles ou ces derniers sont aisément différenciés de ceux du Turonien. Il est constitué également d'anhydrites, de calcaire dolomitique d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.
- Le Sénonien carbonaté : ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaire dolomitique avec des intercalations marno-argileuse et en grande partie par des calcaire fissurés. Son épaisseur dépasse parfois 300 mètres.

Il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le Sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentant des calcaire de même nature avec présence de nummulites.

I.1.4.2. Formation de l'ère Tertiaire :

- ❖ **L'Eocène** : il est formé par des sables et des argiles, parfois en rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 à 200 mètres.
- ❖ **Le Miocène** : il repose en discordance indifféremment sur le primaire d'une part et sur la crétacée inférieure, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe terminal (C.T). la plupart des coupes de sondage captant cet horizon, montrent que le Miocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès. Sur toute l'étendue du Sahara oriental, Bel et Demargne séparent cet horizon en 4 niveaux.
 - Niveau argileux : il est peu épais et existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec l'Eocène lagunaire, les argiles de la base du Miocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du Sénonien-Eocène carbonatées et celle du pontien sableux.

- Niveau grès sableux : c'est la plus intéressant sur le plan hydrogéologique, son épaisseur reste presque régulière sur toute l'étendue du Sahara oriental. A sa base, on trouve parfois des graviers alors que le sommet se charge progressivement d'argiles. C'est à ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.
- Niveau argileux : il ne présente pas un grand intérêt du point de vue hydrogéologique, ce niveau renferme des lentilles sableuses qui peuvent former le 4^{ème} niveau du Miopliocène.
- Niveau sableux : Ce niveau constitué le 2^{ème} horizon aquifère du Complexe Terminal, du point de vue hydrogéologique, ces niveaux sableux présentant un grand intérêt car ils correspondent pour ainsi dire à la nappe des sables du Complexe Terminal.

I.2. présentation des nappes aquifère de la région de Debila :

La région de Debila est comme la plupart des oasis du Sahara septentrional, les seul ressources hydrique disponible pour l'irrigation sont les nappes souterraines. Celle de la région de Debila, sont contenus dans des formations aquifère de nature différents. A l'échelle régionale et du pays, les auteurs (Baba SY, 2005 ; Castany, 1982 ; UNISCO, 1972)

D'après les études hydrogéologiques, nous observons l'existence de trois types de nappes :

- Nappe libre superficielle (phréatique).
- Nappe captive de Complexe Terminal.
- Nappe captive de Continental Intercalaire.

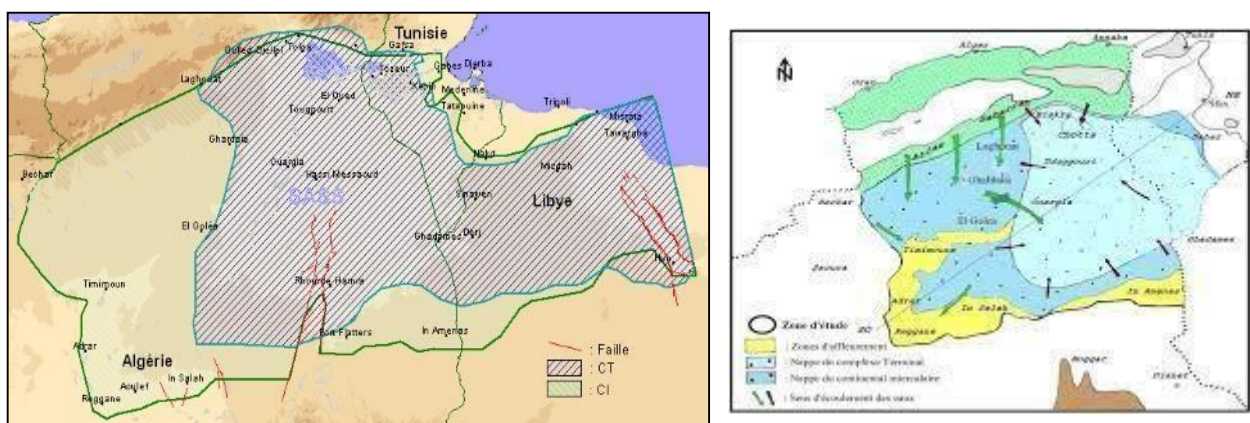


Figure I.11 : Carte géographique du limite et le système aquifère C.T et C.I (UNISCO, 1972)

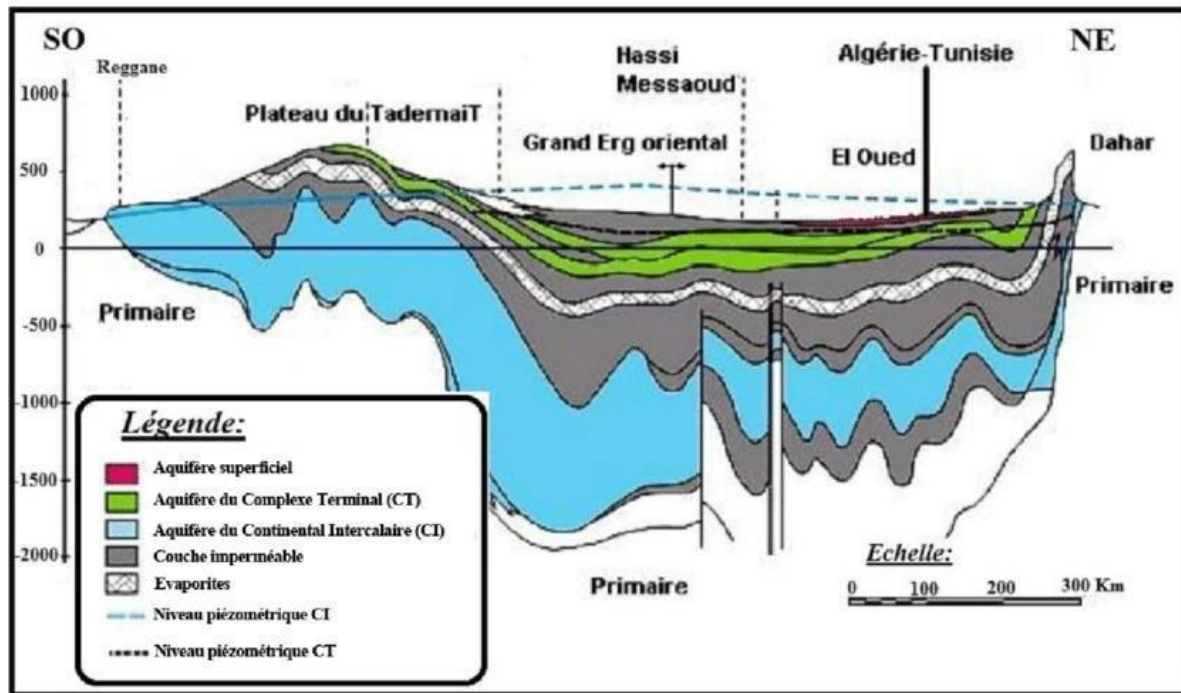


Figure I.12 : coupe hydrogéologique du système aquifère du Sahara (UNESCO, 1972)

Dans notre étude nous avons étudié les deux nappes de Phréatique et la Complexe Terminal. Ces deux systèmes hydrauliques forment du Sahara septentrional algérien une région considérée comme très riche en ressource hydrique.

I.2.1. Nappe Phréatique :

La nappe phréatique présente dans toute la région du Debila correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire ; elle se localise à des profondeurs variant entre 10 et 60 mètres. Vu sur son importance, cette nappe représente la source principale en eau des palmeraies ; elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui selon les enquêtes sont en nombre de 21000. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement rapide sur toute la région du Debila et particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. La nappe libre est présente sur toute la zone d'étude. La nappe phréatique dans la région du Debila est principalement alimentée par les eaux utilisées par les populations (les eaux d'irrigation, industrielles et domestiques) et la source absolue de ces dernières est des nappes profondes du Complexe Terminale et Continentale Intercalaire (Cote, 2006).

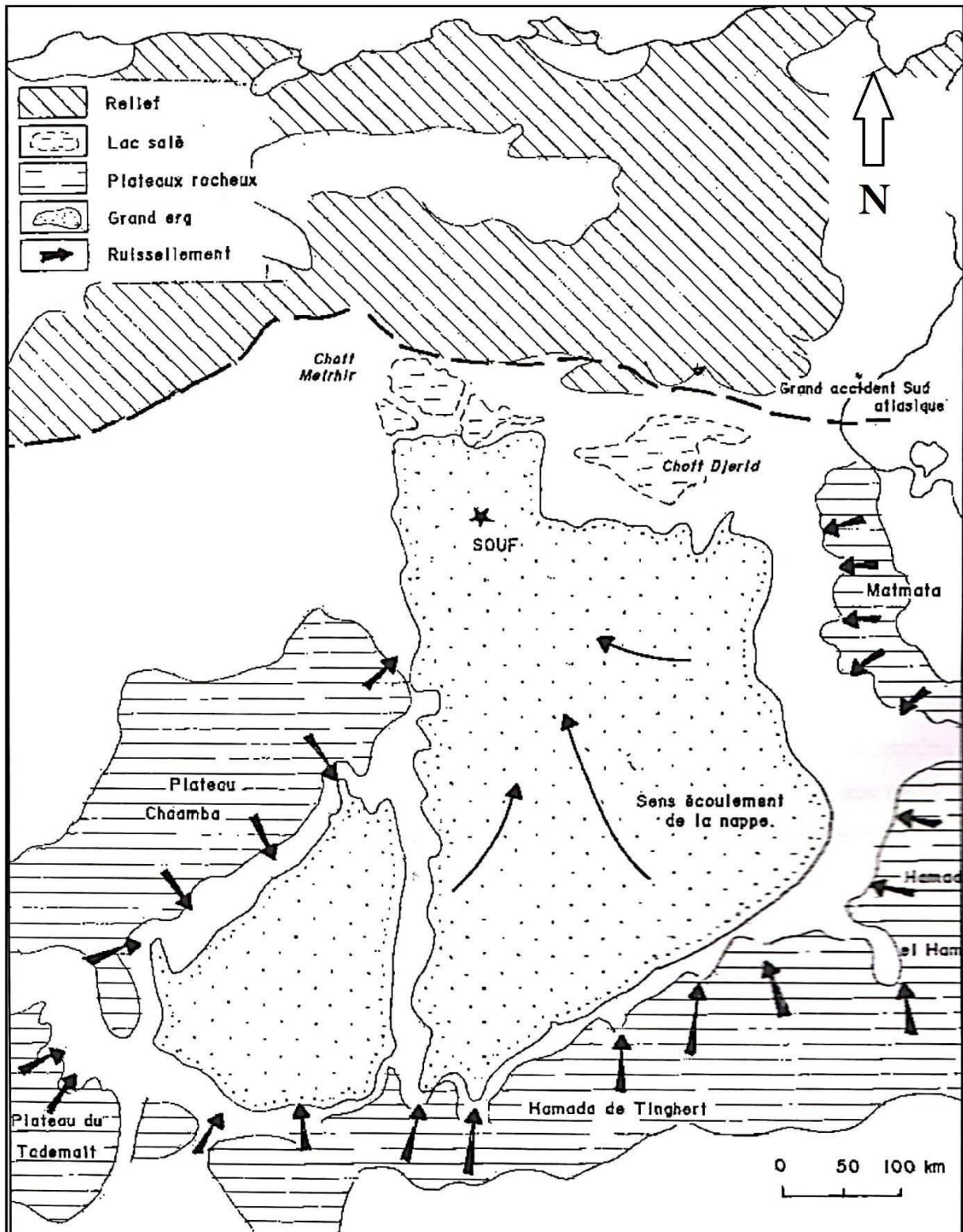


Figure I.13 : Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement

(Cote Marc, 2006)

I.2.2. Nappe Complexe Terminal (CT) :

Selon la définition de Kilian C (1931), le terme « Complexe terminal » désignait les formations continentales, argileuses et sableuses du Miopliocène. Mais d'après BEL et DEMARGNE (1966) : « La nappe du Complexe Terminal contenue dans les sables du Miopliocène est plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, la nappe du Complexe Terminal, par opposition au Continental Intercalaire». C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du «Complexe Terminal», appellation publiée pour la première fois par BEL et Cuhe ; 1969 : ce terme de « nappe du Complexe Terminal » qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique. Les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Miopliocène sont évidentes sur l'ensemble du Bassin, à l'exception de la région des Chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler. La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien lagunaire. Cependant, ces niveaux concordent avec ceux du Sénonien ou du Miopliocène sur la bordure du bassin. Les terrains constitutifs du Complexe Terminal s'étendent sur une superficie de 350 000 km² d'environ (Figure I.11) en Algérie et en Tunisie couvrant ainsi essentiellement la majeure partie du bassin oriental et l'ensemble du Sahara septentrional, depuis la Saoura à l'Ouest jusqu'au Graben de Hun (et même jusqu'au Golfe de Syrte) à l'Est, depuis l'accident Sud- Atlantique au Nord jusqu'au flanc Nord des plateaux de Tademaït et du Tinhert en Algérie, de Gargaf (Nord du Fezzan) en Libye. Son extension longitudinale est donc au moins égale à celle du Continental Intercalaire (1600 km), tandis que sa hauteur dans le sens Nord-Sud est plus réduite (600 km) (BRL-BNEDER, 1992).

Le Continental Intercalaire constitue le réservoir profond du Sahara septentrional. Il s'étend sur plus de 600 000 km² sur les seuls territoires algériens et tunisiens, depuis l'accident Sud-atlasique au Nord jusqu'aux affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tihert au Sud. Limité à l'Ouest selon un axe Béchar - Reggane, sa prolongation vers l'Est en Libye sous la Hamada al Hamra jusqu'au Graben de Hon couvre encore quelques 250 000 km² supplémentaires (BRL-BNEDER, 1992).

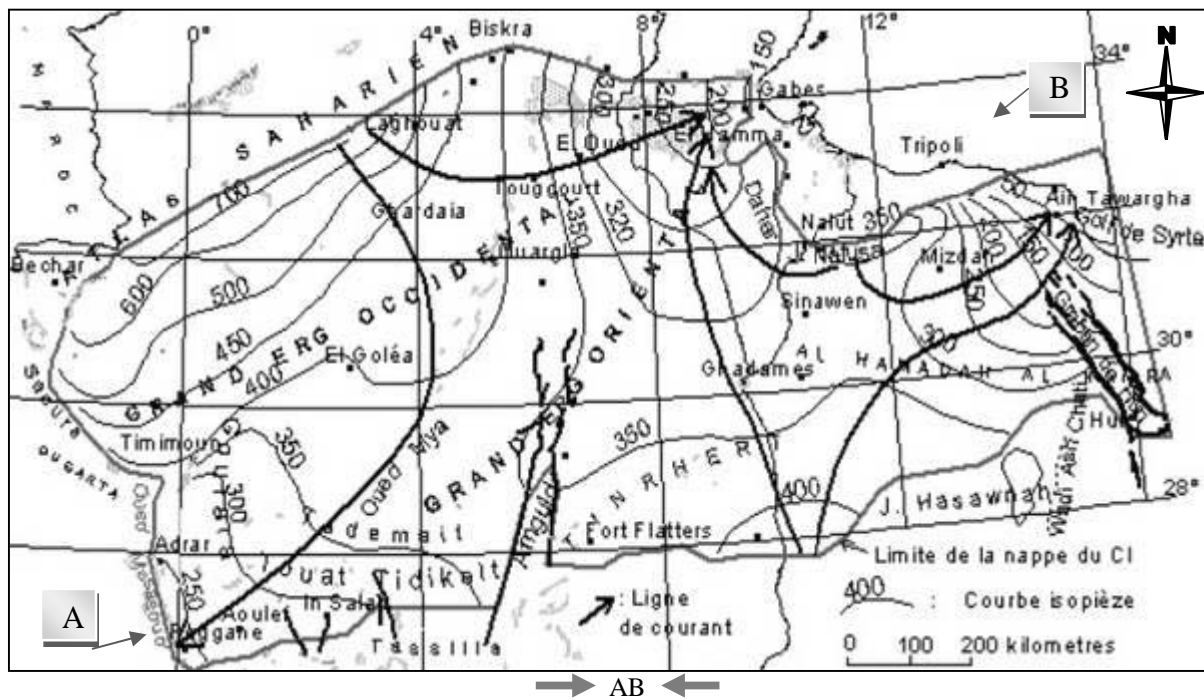


Figure I.15 : Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

I.3.Conclusion :

La région de Debila est une commune de la wilaya d'El-Oued, située au Sud-Est Algérien au centre d'une grande cuvette synclinale. Et comme tout le Sahara septentrional Algérienne la région est caractérisée par un climat hyper aride, caractérisé par une irrégularité pluviométrique annuelle et interannuelle. Ce climat est caractérisé par l'existence de deux périodes différentes :

L'une sèche et chaude, qui s'étale de mars à novembre et l'autre humide et froide pendant le reste de l'année. Le mois le plus humide est décembre, il est caractérisé par une forte humidité (environ 66.8%) et d'un faible rayonnement solaire (environ 232.22heures). Le mois le plus sec est juillet, il est caractérisé par une faible humidité (31.2 % environ). La brillance du soleil est très élevée avec 353.95 heures, ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.

Dans la région de Debila. Les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire avec une lithologie variée dans le temps, régulière et homogène dans l'espace. Ces conditions ont favorisé la formation dans la zone de Debila, et dans tout le bas Sahara, de plusieurs formations aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès.

CHAPITRE II

Synthèse Bibliographique de la qualité des eaux d'irrigation et de la culture de la pomme de terre

CHAPITRE II : Synthèse Bibliographique

II.1. Qualité de l'eau d'irrigation :

II.1.1. Introduction :

Avant d'aborder la qualité de l'eau destinée à l'irrigation nous essayons de définir cette dernière qui n'est autre qu'un apport artificiel d'eau à des plantes cultivées qui a pour but de compenser l'insuffisance des précipitations naturelles et de permettre le développement harmonieux de ces plantes (Marcel Nazoer ; 2002)

L'eau d'irrigation doit être considérée selon sa nature (souterraine ; superficielle), sa quantité et sa qualité (douce, médiocre ou mauvaise) pour notre étude nous intéressons principalement à la qualité des eaux d'irrigation.

II.1.2. Caractéristique des eaux d'irrigation :

La qualité d'une eau d'irrigation est déterminée par ces caractéristiques physiques chimiques et bactériologique et de ces teneurs en métaux lourds.

Cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation ont été dégagés (agronomie.info).

1. Salinité : contenu total en sels solubles.
2. Sodium : proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres.
3. Alcalinité et dureté : concentration d'anions carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) en relation avec la concentration en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+})
4. Concentration en éléments qui peuvent être toxiques
5. pH : de l'eau d'irrigation

Les deux premiers critères sont d'importance majeure car un excès de sels augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plantes flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/l ou, plus couramment, par la conductivité électrique. La conductivité électrique est exprimée en milli siemens/centimètre (mS/cm) qui est l'équivalent de 1 de siemens par mètre (dS/m) et en moyenne, à 640 ppm de sel .

Proportion relative des cations sodium (Na^+) par rapport aux autres.

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation.

Le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui provoque un sol dur et compact lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau.

La perméabilité des sols sableux peut ne pas se détériorer aussi vite que les sols plus lourds lorsqu'irrigués avec une eau de forte teneur en sodium, cependant un problème potentiel existe (Couture, 2004).

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour en nommer quelques-unes.

De grande quantité de sodium combiné avec du chlorure donne à l'eau un goût salé. Si l'eau passe par un système d'aspersion et que le calcium et le magnésium sont bas, des teneurs moyennes à élevées de sodium peuvent défolier les plantes sensibles.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (RAS). Le RAS décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

De l'eau avec un RAS de plus de 9, ne devrait pas être utilisée même si le contenu total en sel est relativement bas.

Un usage continu d'eau avec un RAS élevé provoque une déstructuration du sol.

II.1.2.1. contrôle de la qualité de l'eau :

L'étude de la qualité d'une eau d'irrigation ou de boisson nécessite de connaître :

- Les caractéristiques physico-chimiques.
- Eléments toxique.
- Les éléments indésirables.
- Les caractéristiques organoleptiques.
- Analyse microbiologique.

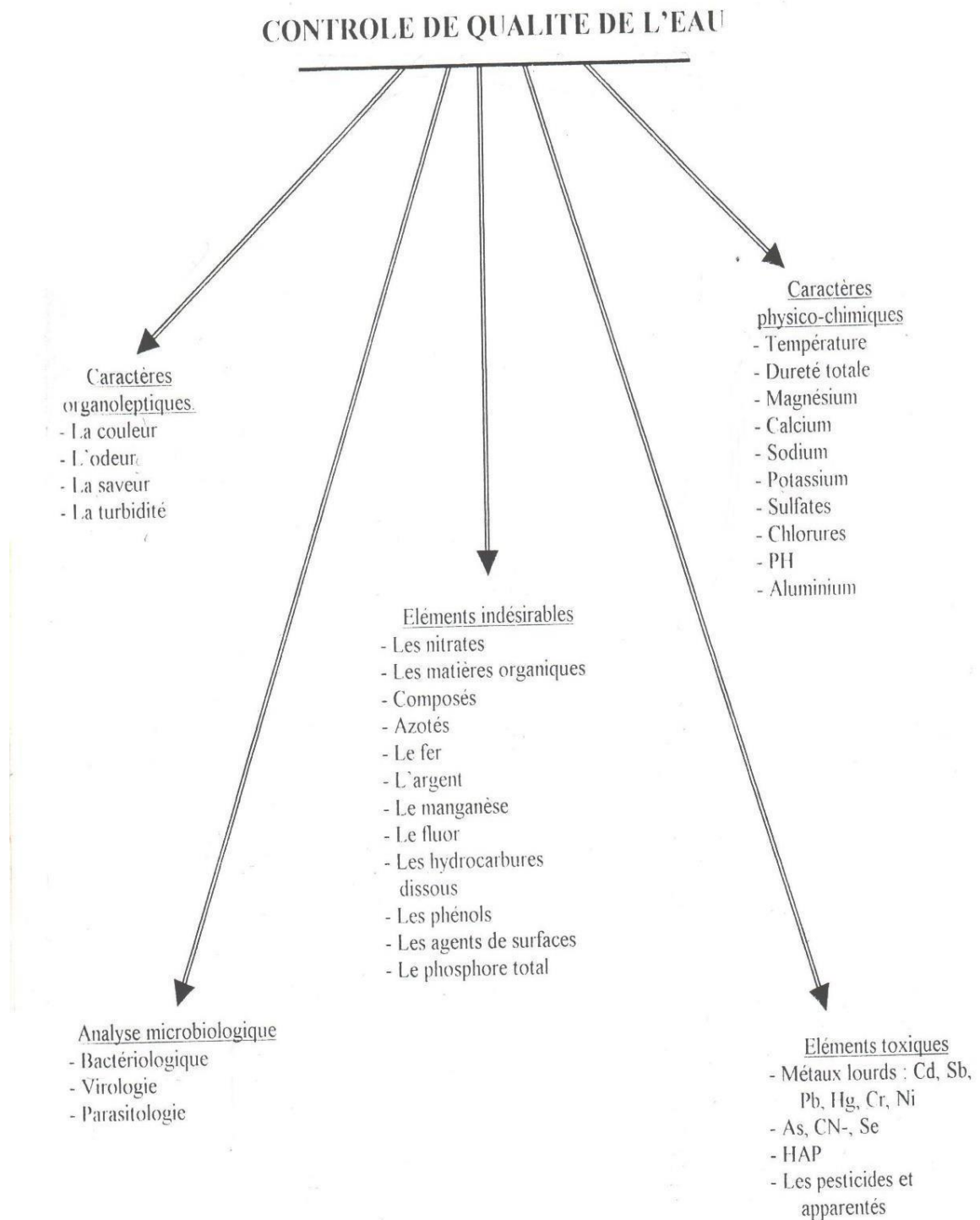


Schéma du control de qualité de l'eau

II.1.2.2. Caractéristique chimiques :

Selon la (F.A.O ; 2003) la concentration maximales tolérées des certains paramètres chimiques de l'eau d'irrigation sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Teneurs maximales d'éléments des eaux d'irrigation

paramètre	Concentration en (mg/l)
pH	6,5 à 8,5
Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	<3000*
DBO5	30*
DCO	120*
MES	30*
Température ($^{\circ}\text{C}$)	35 **
Ca^{2+}	400**
Mg^{2+}	60**
Na^{+}	220**
HCO_3^{-}	610**
Cl^{-}	1065**
SO_4^{2-}	960**
CO_3^{2-}	3**
NO_3^{2-}	10-30**
NO_2^{-}	<1*
NH_4	5**
PO_4	2**
K^{+}	2**
Fe^{2+}	5**
Zn	2**
Pb	0,05**

Source : *OMS(1989), **FAO(2003)

Teneurs maximales des métaux lourds à l'état de traces, recommandées par les eaux d'irrigation (F.A.O ; 2003).

Tableau II.2 : Teneurs maximales des métaux lourds

Eléments	Concentration maximale recommandée (mg/l)
Cd (cadmium)	0,01
Cr (chrome)	0,1
Fe (fer)	5
Mn (manganèse)	0,20
Ni (nickel)	0,20
Pb (plomb)	0,05
Cu (cuivre)	0,20

II.1.2.3. Paramétré Physico-chimique et les éléments toxiques :

D'après le journal officiel de la république Algérienne démocratique et populaire No 41 (15/07/2012) certaine paramètre physique et les concentrations des éléments toxiques sont résumés dans le tableau suivants :

Tableau II.3 : Journal officielle de R.A.D.P No41 le 15/07/2012

	Paramétré	UNITE	Concentration maximale admissible	
Physique	pH	-	6,5≤pH≤8,5	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	infiltration de SAR=0-3CE 3 à 6 6 à 12 12 à 20 20 à 40		ds/m	0,2
				0,3
				0,5
				1,3
		3		
Chimique	DBO5	mg/l	30	
	DCO	mg/l	90	
	Chlorure (Cl)	meq/l	10	
	Azote (NO3-N)	mg/l	30	
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8,5	
Eléments toxiques(*)	Aluminium	mg/l	20	
	Arsenic	mg/l	2	
	Béryllium	mg/l	0,5	
	Bore	mg/l	2	
	Cadmium	mg/l	0,05	
	Chrome	mg/l	1	
	Cobalt	mg/l	5	
	Cuivre	mg/l	5	
	Cyanures	mg/l	0,5	
	Fluor	mg/l	15	
	Fer	mg/l	20	
	Phénols	mg/l	0,002	
	Plomb	mg/l	10	
	Lithium	mg/l	2,5	
	Manganèse	mg/l	10	
	Mercuré	mg/l	0,01	
	Molybdène	mg/l	0,05	
	Nickel	mg/l	2	
	Sélénium	mg/l	0,02	
	Vanadium	mg/l	1	
Zinc	mg/l	10		
(*) pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin,				

Notons que la minéralisation globale de l'eau est un paramètre important à beaucoup d'égard. D'un point de vue agricole non seulement la minéralisation global est à prendre en considération mais aussi le rapport des teneurs des divers ions. Ace sujet la valeur du S.A.R est importante car il permet d'apprécier le danger d'alcalinisations.

Nous signalons que les eaux chargées en sels, ont des effets physiologiques se traduisant par une chute de rendement des symptômes on toxicité et dans certains cas de dépérissements de palmiers.

II.1.2.4. SAR dans l'eau d'irrigation :

Le SAR c'est le Sodium adsorption ratio

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

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{1/2[Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]}}$$

Na : Sodium en (meq/l)

Ca : Calcium en (meq/l)

Mg : Magnésium en (meq/l)

Le risque de SAR dans l'eau d'irrigation résumé dans le tableau suivante :

Tableau II.4 : Risque de SAR

	SAR	Note
Nul	<3.0	Pas de restriction sur l'utilisation de l'eau
Léger à modéré	3,0 – 9,0	Entre 3 et 6, une attention particulière doit être portée sur les récoltes sensibles. Entre 6 et 8 du gypse doit être utilisé. Récoltes non sensibles. Tout le 1 ou 2 jour déterminé s'il y a une augmentation des teneurs en Sodium.
Elevé	>9,0	Domage sévère

II.2. La pomme de terre – solanum tuberosum l :**II.2.1. Introduction :**

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des solanacées. C'est une plante annuelle mais qui est vivace par ses tubercules. C'est-à-dire que si on la laisse au champ, la pomme de terre repoussera d'année en année grâce à ses tubercules formés en cours de cycle. La floraison et la production de graines étant rares, la multiplication est assurée par voie végétative, ce sont les tubercules qui constituent les semences.

La pomme de terre préfère les climats frais, elle demande des températures inférieures à 24 °C le jour et 16 °C la nuit afin de pouvoir tubériser.

C'est pourquoi elle est principalement cultivée aux îles Australes durant la saison fraîche avec des semis d'avril à août des récoltes s'étalant du mois de juillet à novembre.

II.2.2. Cycle de plante :

Le cycle de vie de la pomme de terre est variable, en Polynésie française il peut aller de moins de 3 mois à plus de 4 mois, principalement en fonction du type de variété choisie, précoce à tardive, mais aussi en fonction du lieu d'implantation, plus ou moins favorable, et des conditions climatiques.

Afin de réduire la durée du cycle de culture et de limiter ainsi la pression des nuisibles, il est conseillé de choisir une variété précoce à semi précoce et de suivre les conseils d'implantation de la culture demandée.

II.2.3. Préparation du sol :

Préférence de la pomme de terre pour les sols colluviaux (situés en bas de pente) Les meilleurs résultats sont obtenus sur des sols assez profonds, fertiles, frais, meubles et bien drainés, sans excès d'humidité.

La pomme de terre se développe parfaitement dans les terres n'ayant pas été cultivées depuis longtemps et peut être utilisée pour la remise en culture de terres abandonnées.

Amendement de fond La pomme de terre est une culture exigeante en potasse et en phosphore avec un cycle végétatif court. Une bonne fertilisation de fond permet de voir des carences qui peuvent entraîner: des retards de croissance, une diminution de rendement, une tubérisation faible et des plantes plus sensibles aux attaques extérieures.

II.2.4. Irrigation :

Irrigation La pomme de terre est une culture très sensible au stress hydrique, et le système racinaire de surface limite la zone explorée, la majorité de l'eau étant prélevée dans les 40 premiers. Elle nécessite l'introduction de 500 à 750 mm d'eau, soit 500 à 750 litres par mètre cube, répartis régulièrement tout au long du cycle de culture.

Arrosez toujours à la base, et évitez de mouiller les feuilles pour limiter le développement de maladies fongiques (champignons), un bon travail du sol permet un meilleur drainage de l'eau et limite ainsi le risque d'étouffement des racines.

Le recours à l'irrigation permet d'assurer le bon déroulement de la phase de formation des tubercules et d'assurer leur grossissement. De ce fait, la pomme de terre est particulièrement sensible à la sécheresse pendant les 9 dernières semaines de son cycle cultural.

L'irrigation permet également de mieux maîtriser le risque d'avoir des repousses, des tubercules difformes ou une peau craquelée

En cas de période séché Il est donc important de pouvoir apporter à cette culture l'eau qui lui est indispensable de la plantation à la récolte. Chaque fois que le sol commence à être sec au toucher, il est nécessaire de réaliser une irrigation d'en moyenne 25 à 50 mm (soit 25 à 50 litres / m²) tous les 4 à 5 jours.

II.2.5. Récolter - rendement :

Les tubercules commercialisables doivent être d'un diamètre suffisant (diamètre minimum de 40 mm) sans lésion importante ni verdissement Le rendement potentiel, selon les densités citées plus haut, est de 20 à 25 tonnes de tubercules commercialisables par hectare, mais en général il se situe entre 6 fois et 10 fois le poids de semences mises en terre, soit pour 1,5 tonnes de semences plantes à l'hectare, entre 9 et 15 tonnes de tubercules récoltés par hectare

les pommes de terre, une fois récoltées, peuvent se conserver 2 à 3 mois à une température de 8,9 ° C en comparaison de la température dans le bac à légumes d'un réfrigérateur est de 5 à 6 ° C Il est important pour une bonne conservation que les pommes de terre ont été récoltées avec soin et ne sont pas encore subi de dommages (coups, lésions...)

II.3. Conclusion :

Pour obtenir un bon produit de pomme de terre répondant aux normes idéales, nous devons rechercher la qualité de l'eau d'irrigation car elle contrôle la qualité de la production dont l'agriculteur a désespérément besoin, connaissant ainsi les aspects physiques et chimiques. , Les propriétés bactériologiques et toxicologiques sont nécessaires avant la mise en œuvre de tout projet agricole.

Chapitre III

Matériels & Méthodes

Chapitre III : Matériels & Méthodes

III.1.1. Introduction:

Dans ce chapitre nous avons choisis les stations d'étude, les matériels utilisés et les méthodes d'analyses physicochimiques des eaux effectués sur les échantillons prélevés des forages de la nappe phréatique.

III.1.2. Périmètre agricole d'Akfadou:

Il est situé sur la commune de Dabila, à 23 km au nord-est de la capitale de l'Etat, son développement a commencé en 1969, et il est considéré comme la première zone d'expansion agricole de la wilaya d'El-Oued depuis l'inauguration de la feu le président Houari Boumediene en 1974, alors qu'il s'étendait sur une superficie de 120 hectares. Il se compose de 18700 palmiers de différentes variétés, dont: Deglat-Nour, Ghars, Degla-Bieda, Dhokkar avec des distances de 8 x 8 m. Il y a une superficie de 10 hectares d'arbres fruitiers en culture associée et 40 hectares de cultures maraichères plantées de palmiers dont 250 hectares de pommes de terre (D.S.A 2020) Certains agriculteurs pratiquent l'élevage traditionnel . L'eau d'irrigation est fournie par des puits individuels, au niveau de la nappe phréatique.

L'irrigation se fait par gravité et l'arrosage se fait par immersion dans des tapis de terre. Le taux de machinerie est très faible (la majorité des travaux agricoles est effectuée annuellement). J'ai mentionné que le réseau d'irrigation était constitué d'un système goutte à goutte(20ha).

III.1.3. Choix des stations :

Des prélèvements ont été effectués sur quatre forages de la nappe phréatique, le choix de ces stations dépend des raisons de facilité d'accès et de proximité, et pour balayer toute la zone d'étude, voici les stations en service :

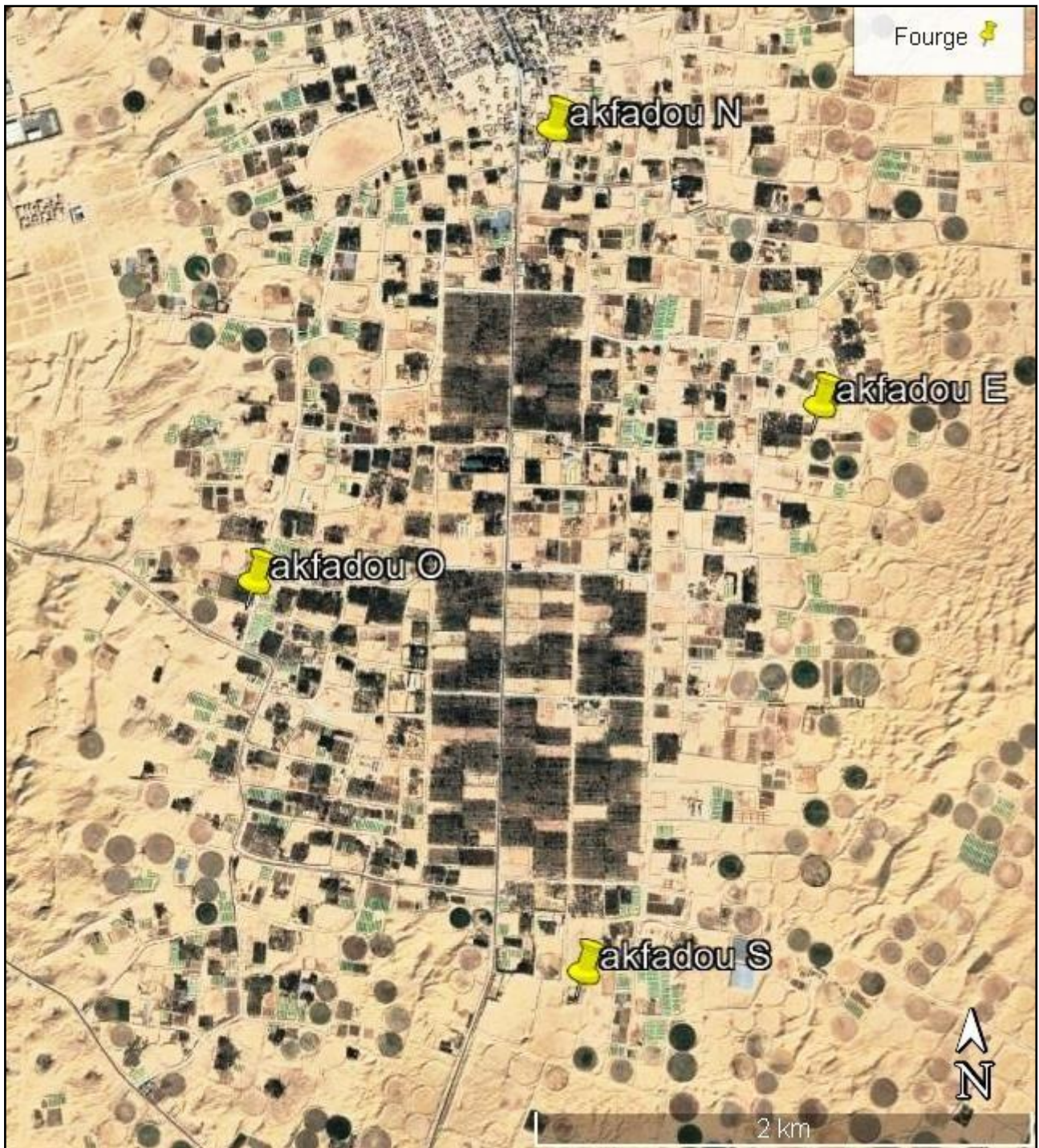


Figure.III.01: Localisation des points d'eau échantillonnés

Tableau.III.01: Forages de la nappe phréatique choisis (D.R.E., A.D.E, 2021).

Nom du forage	Les coordonnées			prof (m)	Débit (l/s)	usage	PH	Température (c°)
	X	Y	Z					
Akfadou N	6°56'47.61	33°29'24.42"	74	15	9	IRR	7,60	18
Akfadou E	6°57'29.23"	33°28'48.29"	76	18	7	IRR	7,40	15
Akfadou O	6°56'0.80"	33°28'25.30"	63	25	7	IRR	7.91	16
Akfadou S	6°56'52.18"	33°27'34.50"	61	20	11	IRR	7,25	17

III.1.4. Conditions et mode d'échantillonnage:

L'échantillonnage est essentiel et précis car il détermine l'importance de l'analyse. Il doit être de haute qualité mais aussi représentatif de ce que l'on veut analyser. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois à l'eau pour analyse, puis fermés hermétiquement.

Les analyses in situ ont porté sur les paramètres physiques et chimiques clés et les métaux lourds susceptibles de caractériser la qualité de l'eau à étudier. Et déterminer la distribution quantitative des principaux composants. Toutes ces étapes sont réalisées grâce au laboratoire A.D.E de El oued.

Appareils utilisés et mode opératoire:**III.1.5. Potentiel hydrogène (PH):****Principe de la méthode:**

La valeur du pH est utilisée comme mesure standard pour mesurer les propriétés de l'eau. ... Cela signifie que lors de la mesure de la concentration en ions hydrogène, il est possible de connaître la quantité d'acidité, de neutralité et d'alcalinité, ainsi que le degré de chacun d'eux.

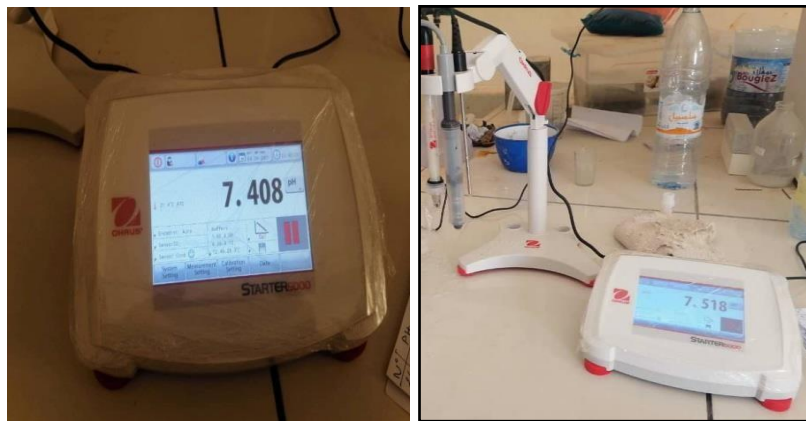


Photo.III.01:Appareil PH mètre (2021).

Mode opératoire:

Après avoir étalonné le pH-mètre à l'aide de solutions tampons, laver soigneusement les électrodes avec de l'eau distillée, puis les introduire dans la solution et agiter pour déterminer leur pH.

III.1.6. Température:

La température est mesurée sur le terrain sur un thermomètre après avoir été immergé dans l'eau pendant 10 minutes.

III.1.7. Conductivité électrique:

Principe de la méthode:

La conductivité électrique du courant électrique traversant l'eau est une fonction directe de la concentration ionique de la solution. Par conséquent, sa détermination donne une mesure indirecte des substances dissoutes.

Mode opératoire:

Les électrodes sont soigneusement traitées avec de l'eau distillée, immergées dans l'échantillon agité, puis la température de l'échantillon est lue sur le compensateur conducteur. Enfin, on lit la conductivité sur l'échelle, le résultat est exprimé en S/cm et mS/cm.



Photo.III.02:Appareil conductimètre (2021).

III.1.8. Titre hydrométrique (TH):

La dureté totale ou hydrométrique (TH) est la somme des concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+} . Le mode opératoire consiste à prélever 100 ml d'eau à analyser, ajouter 5 ml de solution tampon (pH = 10) et quelques gouttes d'indicateur coloré (noir d'Eriochrome T). Enfin, verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu vert, ce volume versé correspond à la dureté totale (en Photo.III.03).

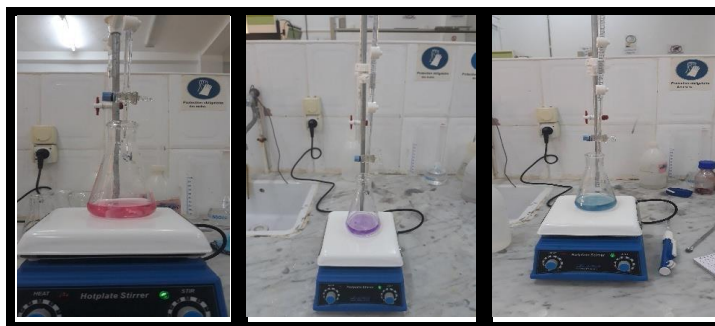


Photo.III.03:Détermination du Titre hydrométrique (TH) dans un laboratoire (2021) .

III.1.9. Résidu sec : unité : mg/l:

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 110 ou 180 °C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée.

III.1.10. Calcium:

Elle peut être déterminée en utilisant la méthode d'absorption atomique basée sur la propriété que les atomes neutres à une longueur d'onde donnée doivent absorber une quantité d'énergie.

Un échantillon de 100 ml d'eau est acidifié avec 1 ml d'acide chlorhydrique. Il est porté à ébullition, après refroidissement, ramené au volume initial. Diluer avec une solution de chlorure de strontium pour ramener le contenu dans les limites de la courbe de titrage. La lecture se fait à une longueur d'onde de 422,67 nm en référence à la courbe d'étalonnage.

III.1.11. Magnésium:

Le filtrat de vinaigre résultant de la précipitation du calcium est évaporé à environ 150 ml. Deux gouttes d'acide chlorhydrique sont ajoutées, puis 20 M 1 25 % de phosphate d'ammonium. Porter à ébullition. La solution encore chaude est neutralisée avec de l'ammoniaque puis 1/5 de volume d'ammoniac pur est ajouté. Agiter et laisser reposer 12 heures à température ambiante, puis filtrer sur filtre sans cendres et laver le précipité à l'ammoniaque 1/2. Séchez puis vivez la chaux rouge dans une capsule de phosphore pesant mg de pyrophosphate de magnésium.

III.1.12. sodium et potassium:

Les ions Na^+ et K^+ sont dosés par photométrie d'émission de flamme (JENWAY-PFP7).

Afin d'effectuer le dosage du sodium, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution mère de NaCl à 1000 mg de Na^+ /l. Les résultats du tableau 10 et de la **Figure.III.02** présentent un exemple des lectures servant à l'étalonnage pour le dosage du sodium.

Tableau.III.02: La courbe d'étalonnage pour la mesure du sodium.

Na^+ (mg/l)	0	20	40	60	80	100
Lecture	0	31	53	71	85	100

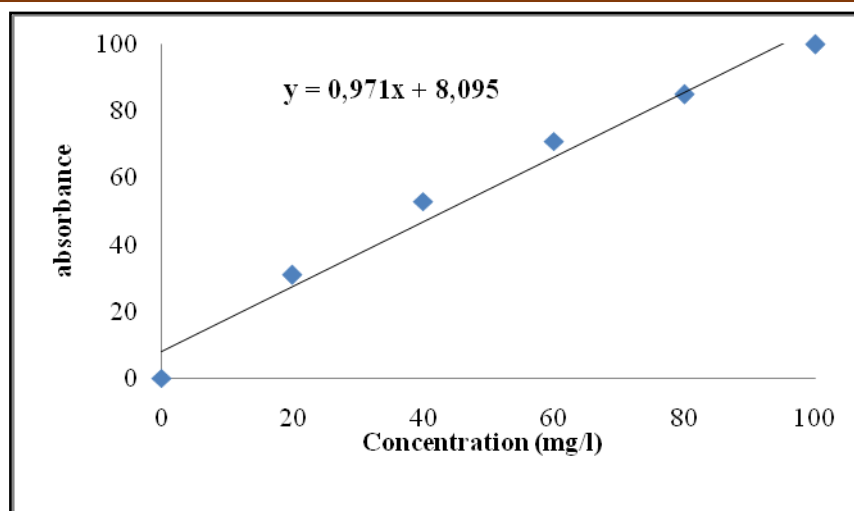


Figure.III.02: Courbe d'étalonnage du sodium(2021).

Pour le dosage du potassium, les solutions étalons sont préparées par dilution à partir d'une solution mère de KCl à 1000mg de K^+ /l. Les résultats du tableau 11 et de la **Figure.III.03** présentent un exemple des lectures servant à l'étalonnage pour le dosage du potassium.

Tableau.III.03: La courbe d'étalonnage pour la mesure du potassium.

K^+ (mg/l)	0	20	40	60	80	100
Lecture	0	62	106	143	174	200

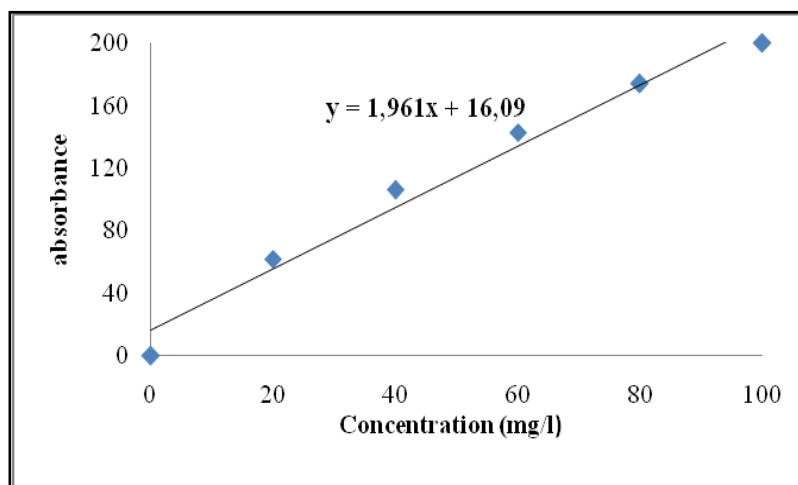


Figure.III.03: Courbe d'étalonnage du potassium(2021).



Photo.III.04:Photomètre de flamme industriel PFP7 – Jenway et mode d'emploi (2021).

III.1.13. An hydrique carbonique:

Dans une fiole jaugée de 200 ml. On introduit 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium N/40, puis on complète avec de l'eau à analyser. On ajoute 6 à 8 gouttes de solution de phénolphtaléine.

On titre ensuite avec HCl N/10 jusqu'à décoloration. La quantité de CO₂ en ml litre est donnée par l'expression : $1.0526A * 22$



Photo.III.05:Titration (2021).

III.1.14. Sulfates:

Pour déterminer la teneur de SO_4^{2-} dans les échantillons d'eau, nous avons opté pour la méthode Céphalométrique, par utilisation d'un Spectrophotomètre DR 5000 (HACH) à une longueur d'onde de 600 nm pour une suspension obtenue par réaction des sulfates avec le chlorure de baryum.

Tableau.III.04: La courbe d'étalonnage pour la mesure des sulfates (2021).

C (meq/l)	1	2	3	4	5
Absorbance	0.049	0.139	0.183	0.247	0.338

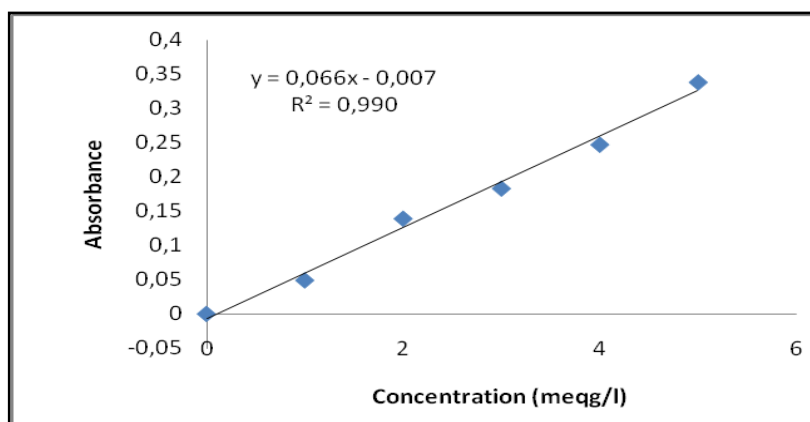


Figure.III.04: Courbe d'étalonnage des sulfates (2021).



Photo.III.06: Spectrophotomètre et mode d'emploi (2021)

III.1.15. Chlorures:

On introduit 10 ml d'eau à analyser filtrée dans une erlenmeyer de 250ml. On ajoute 2 à 3 gouttes de HNO_3 puis une pincée de CaCO_3 et 3 gouttes de solution de chromate de K +10%. On verse par une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre. Soit V le nombre de ml de nitrate d'argent N/10 utilisés. La teneur en mg de chlorure par litre d'eau est : $V \cdot 10 \cdot 5.85$.

III.2. Conclusion:

Le troisième chapitre présente la méthode d'échantillonnage et les techniques expérimentales qui ont été réalisées. Les analyses physiques et chimiques ont été réalisées in situ et en laboratoire avec différentes méthodes de dosage.

L'étude de la qualité de cette eau est assurée par des outils informatiques et des appareils de haute précision.

Chapitre IV

Résultats et discussions

Chapitre IV: résultats et discussions

IV.1. Introduction:

Dans ce chapitre, nous passons en revue les propriétés physiques et chimiques de l'eau d'irrigation de la nappe phréatique dans la zone d'étude.

Nous les comparons aux normes nationales (OJ, 2012) et internationales (F.A.O. 2003).

Nous présentons également le rendement général du produit de pomme de terre et le comparons avec les normes de pomme de terre.

Les éléments de dosage se retrouvent principalement sur les ions majoritaires dont le calcium, le magnésium, le sodium, le sulfate (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+) et les anions (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^- et NO_3^-).

Grâce à un échantillonnage suffisamment représentatif de la nature des eaux de la région, nous avons effectué les analyses et obtenu les résultats présentés ci-dessous :

Les résultats obtenus à partir des analyses physiques et chimiques des eaux étaient faites en collaboration avec l'A.D.E Ils sont représentés dans le tableau (IV.01) ci-dessous :

Tableau.IV.01: Analyses physico-chimique de la nappe phréatique en (mg/l) (2021).

Paramètre	Akfadou N	Akfadou S	Akfadou E	Akfadou O
Ph	7,60	7,25	7,40	7,91
Température(T) ° C	18	17	15	16
Conductivité électrique (µs/cm)	2160	3412	3602	2700
Titre Hydrotimétrique (TH) mg/l	1673	1582	1994	2000
Résidu sec (RS)mg/l	6980	7160	3830	3972
Calcium (Ca ²⁺) mg/l	355	380	420	360
Magnésium (Mg ²⁺) mg/l	115	109	134	122
Sodium (Na ⁺) mg/l	523	635	683	551
potassium (K ⁺) mg/l	33	32	34	40
Chlorures (Cl ⁻) mg/l	797	800	840	780
Les Sulfates(SO ₄ ²⁻)mg/l	1123	1340	1488	1200
Les Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)mg/l	97	80	79	65
Les Nitrates(NO ₃ ⁻) mg/l	40	39	42	38

Référence : ADE El Oued 2021

IV.2. Les paramètres physico-chimiques:

D'après les analyses physiques et chimiques, il apparaît que les eaux de la nappe phréatique sont chargées, caractérisées par une dureté élevée et une agressivité perçue ; les eaux sont chargées en : Sulfates, Sodium, potassium, Bicarbonates et la concentration en nitrates proche à la limite suspenseur N.B absence des références la biographiques .

Toute série de données peut entraîner un calcul de moyenne (m). Pour que cette moyenne soit vraiment représentative de l'ensemble de la série, les données ne doivent pas trop s'écarter de sa valeur. La dispersion autour de la moyenne est mesurée par le coefficient de variance (CV) qui est le rapport d'un écart type à la moyenne :

$$CV = \frac{\sigma}{m}$$

Par convention, une série d'analyse est considérée comme homogène lorsque le CV est inférieur 50%.

L'analyse physico-chimique de l'eau comprend nécessairement les éléments nécessaires à l'établissement de son équilibre ionique : on vérifie alors que la somme des cations est égale à la somme des anions par rapport à leurs ions principaux : calcium, magnésium, sodium et potassium . Cations : chlorures, sulfates, nitrates et bicarbonates pour les anions. Il est reconnu qu'il peut y avoir une différence entre la somme des anions et la somme des cations auquel cas l'équilibre ionique pour ce dosage est inférieur à 5% (les quantités exprimées en quantités stœchiométriques sont indiquées) si ces analyses sont acceptables à l'avenir .

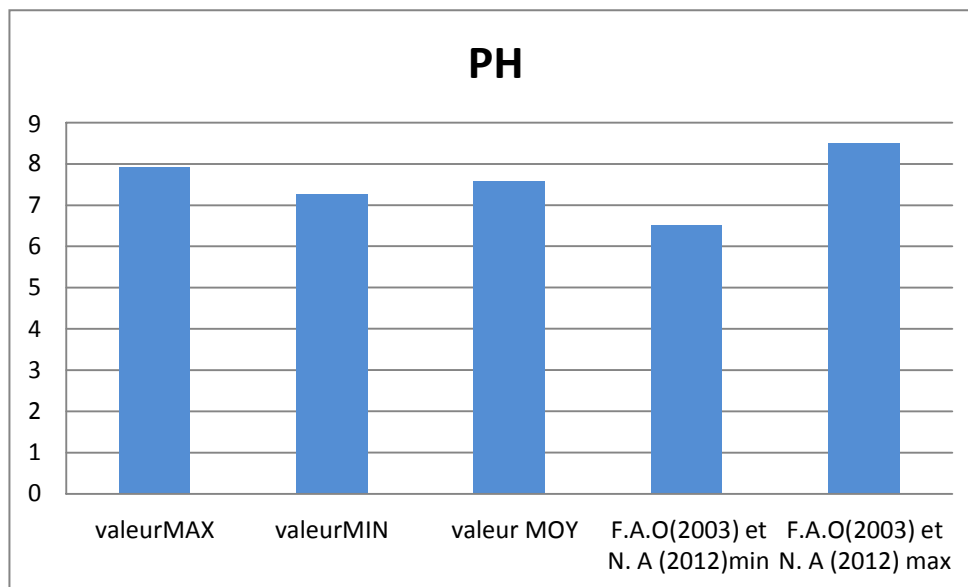
IV.2.1. Potentiel hydrogène (PH):

Le pH d'une eau permet de mettre en évidence les espèces chimiques présentes dans un échantillon. On parle alors de pH acide, de pH neutre ou de pH basique.

Les graphiques des valeurs de pH (Min et Max) de l'eau (**Figure.IV.01**) varient de 7,25 à 7,91 au cours de l'étude. Ces valeurs restent dans les règles de l'F.A.O(2003) et norme national (J;O,2012) (pH 6,5 à 8,5).

Tableau.IV.02: Valeurs du PH.

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	7.91	7.25	7.58	0.47	0.06

**Figure.IV.01:** Valeurs du PH pour l'irrigation.

IV.2.2. Température (°C):

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz et par conséquent sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface, donc sur son origine.

Les graphiques des valeurs de températures (Min et Max) de l'eau (**Figure.IV.02**) varient de 15°C à 18°C au cours de l'étude. Ces valeurs restent dans les règles de l'F.A.O(2003) et norme nationale (J;O,2012) (5°C à 35°C).

Tableau.IV.03: Valeurs de la Température (°C).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	18	15	16.5	2.12	0.13

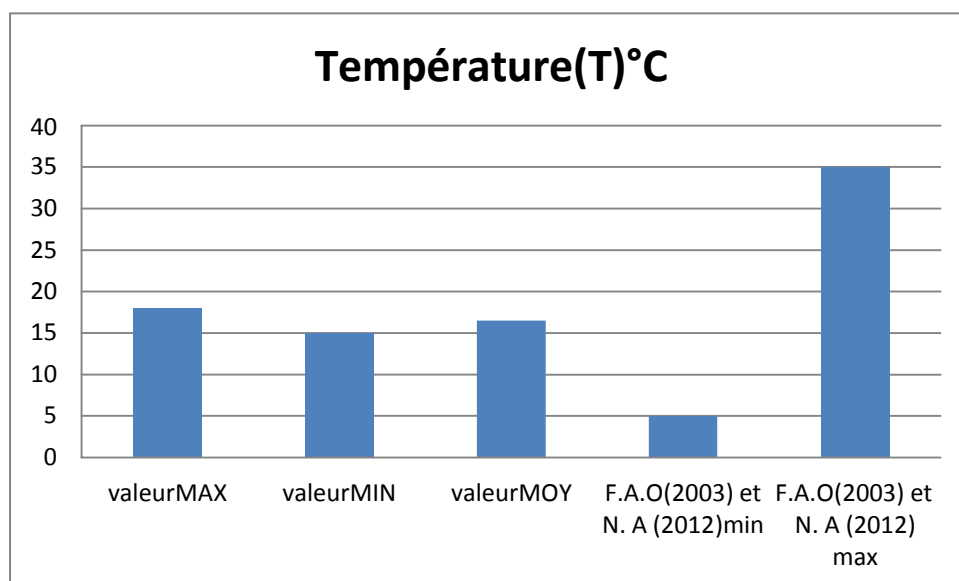


Figure.IV.02 : Valeurs de la Température(c°)

IV.2.3. Conductivité électrique CE:

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau. La mesure de conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre 2 électrodes métalliques, elle est l'inverse de la résistivité électrique.

Toutes les valeurs obtenues pour la conductivité indiquent des valeurs homogènes dans la nappe phréatique.

Notons enfin que cette salinité est avant tout d'origine géologique (salinité primaire).

Tableau.IV.04: Valeurs de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	3602	2160	2881	1019.65	0.35

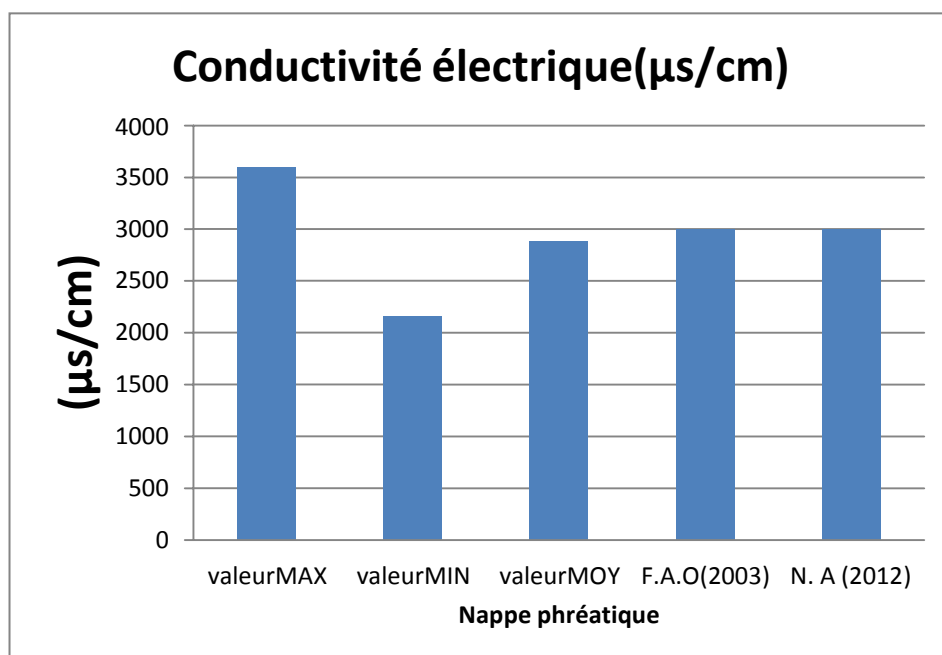


Figure.IV.03: Valeurs de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pour l'irrigation

IV.2.4. Résidu sec (RS):

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 110 ou 180 °C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée.

D'après (Tableau IV.05), on constate que les concentrations de résidus secs sont élevés car les eaux sont minéralisées vu la géologie de la région

Tableau.IV.05: Valeurs de Résidu sec (mg/l).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	7160	3830	5495	2354.67	0.43

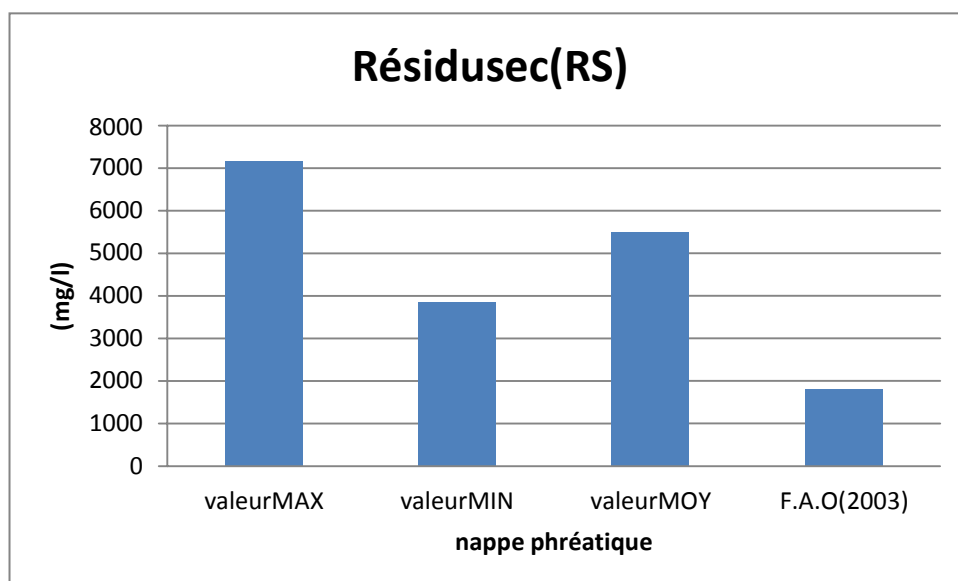


Figure.IV.04 : Valeurs du Résidu sec (mg/l)

IV.2.5. Titre Hydrotimétrique:

Le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en calcium (Ca^{+2}) et en magnésium (Mg^{+2}).

La dureté de l'eau affecte principalement l'état des tuyaux, des appareils de chauffage, etc.

D'après les résultats obtenus pour la dureté (tableau IV.06), notons qu'elle a montré des valeurs très élevées selon les normes d'irrigation de la FAO (2003) pour la nappe phréatique avec un ratio (1791 mg / l)

Tableau.IV.06:relatifaux duretés (mg/l).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	2000	1582	1791	295.57	0.17

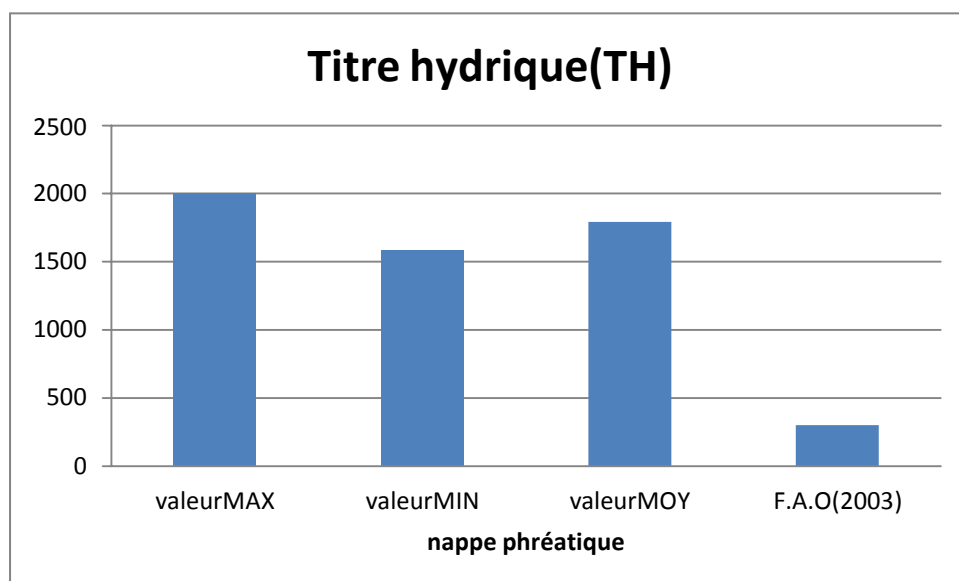


Figure.IV.05 : Valeurs de duretés en (mg/l).

IV.2.6. Calcium Ca^{2+} :

Cet élément se répète dans les roches sédimentaires, et il provient principalement de la dissolution des roches carbonatées après la présence de dioxyde de carbone. Le calcium peut également provenir de formations de gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) présenté dans la géologie de cette région.

À partir des teneurs en calcium existantes (tableau IV.07), nous notons que les valeurs se situent dans les normes d'irrigation (378.75 mg / l) par rapport à celle de la F.A.O (2003) (400 mg / l).

Tableau.IV.07: Valeurs de calcium Ca^{2+} (mg/l).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	420	355	378.75	28.28	0.08

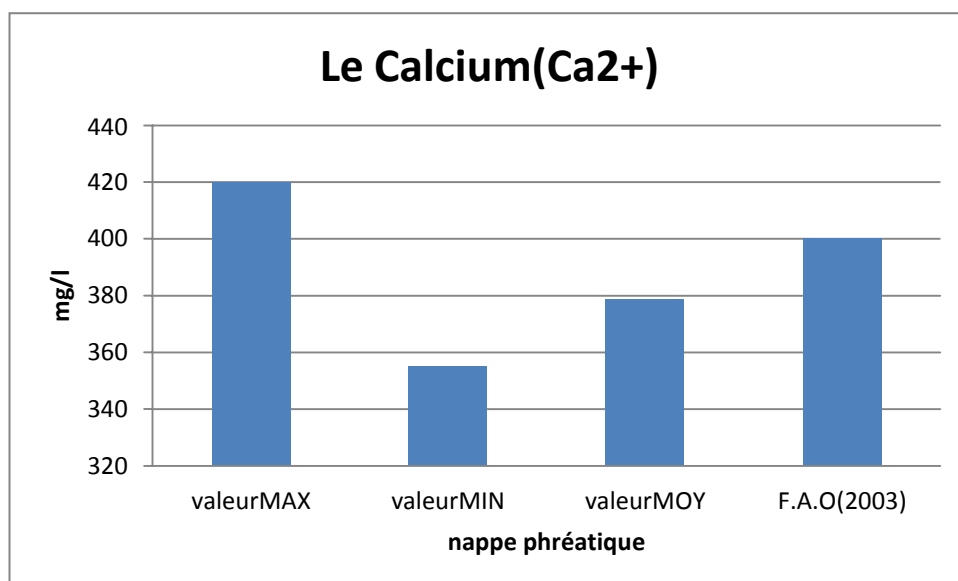


Figure.IV.06: Valeurs de calcium Ca²⁺ (mg/l)

IV.2.7. MagnésiumMg²⁺:

Le deuxième élément qui participe à la dureté totale de l'eau, et ces ions proviennent de la dissolution des roches de magnésium, du gypse et des minéraux ferreux, notamment de la dissolution des dolomitiques et du calcaire dolomitique, et les origines du magnésium sont similaires à celles du calcium.

On note les teneurs en magnésium présent (Tableau IV.08) comprises entre (134 mg/L) la valeur maximale et (109 mg/L) la valeur minimale et (121,5 mg/L) en moyenne au niveau de la nappe phréatique. Ces valeurs sont élevées et dépassent la norme fixée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (60 mg/L).

Tableau.IV.8: Valeurs de Magnésium Mg²⁺ (mg/l).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	134	109	121.5	17.68	0.15

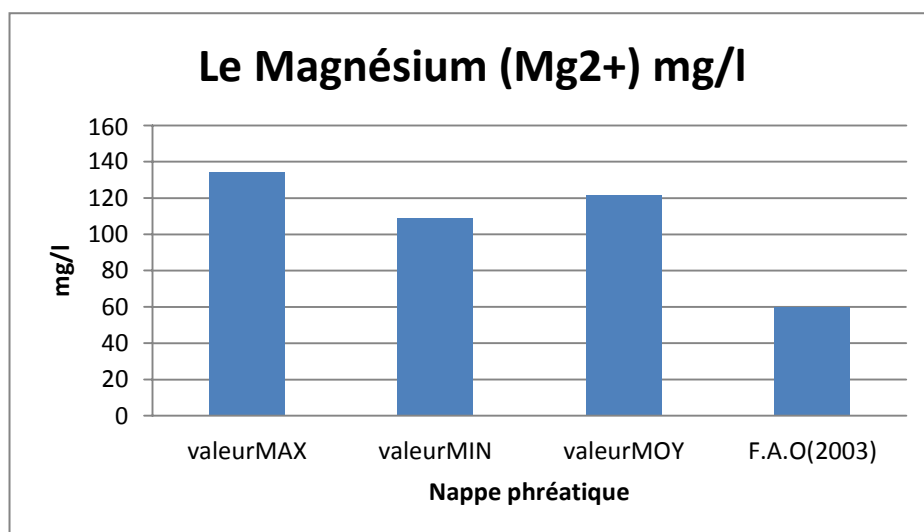


Figure.IV.07: Valeurs de Magnésium Mg²⁺ (mg/l)

IV.2.8. Sodium Na⁺:

Le sodium est l'élément alcalin le plus abondant et le plus répandu dans la nature, représentant 26 g / kg de chaux.

Les concentrations de sodium obtenues (tableau IV.19) montrent des niveaux élevés dans les eaux souterraines et les valeurs actuelles ne sont pas conformes aux normes F.A.O. (220 mg/un an).

Tableau.IV.9 : Valeurs de Sodium Na⁺ (mg/l).

la nappe	valeur MAX	Valeur MIN	Valeur MOY	Ecart-type	Coefficient De variation
phréatique	683	523	603	113.14	0.19

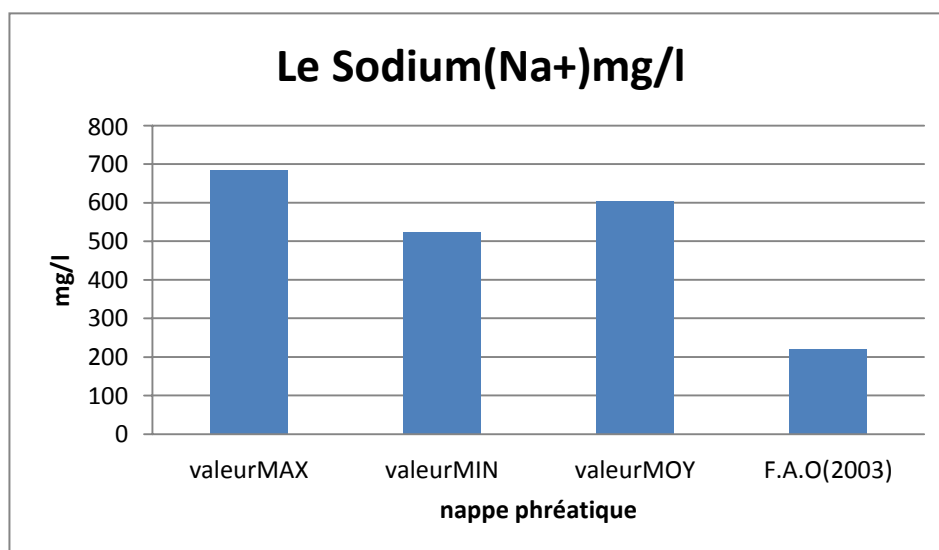


Figure.IV.08: Valeurs de Sodium Na⁺ (mg/l)

IV.2.9. Potassium K^+ :

Il provient, essentiellement des évaporites, en l'occurrence la Sylvie (KCl), ou par suite d'altération des argiles potassiques.

Pour tous les échantillons prélevés dans l'aquifère dans la zone d'étude classée dans (Tableau IV.10), notes que toutes les valeurs sont relativement élevées et suffisantes pour les normes d'irrigation pour F.A.O (12 mg / L).

Tableau.IV.10: Valeurs de Potassium K^+ (mg/l).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	40	32	36	5.66	0.16

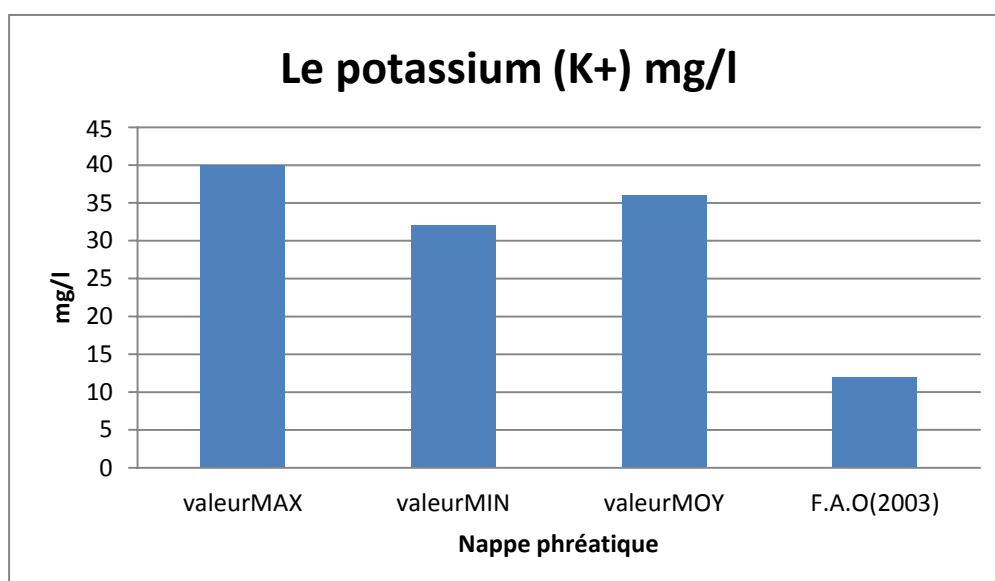


Figure.IV.09: Valeurs de Potassium K^+ (mg/l)

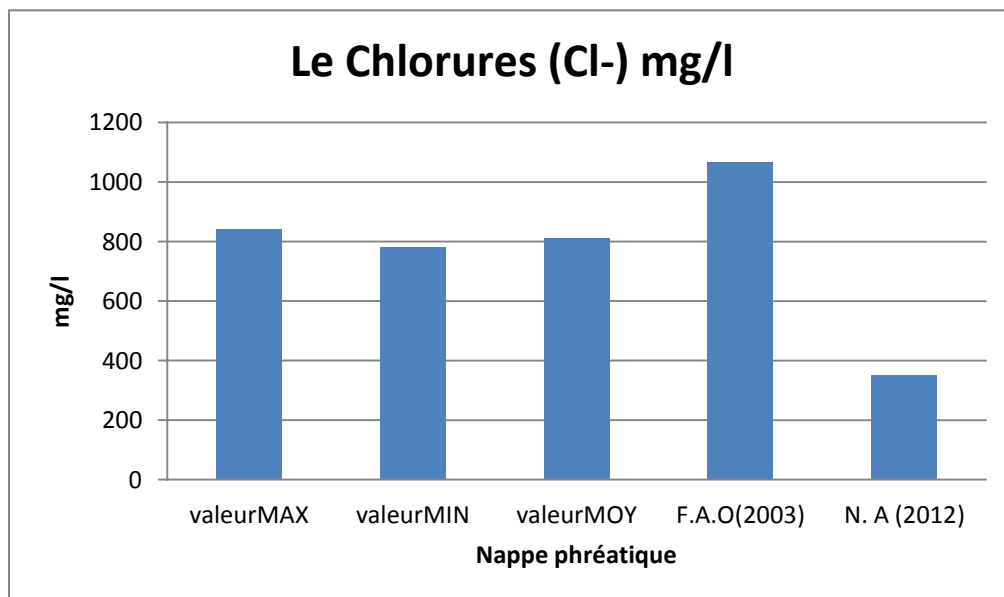
IV.2.10. Chlorures Cl^- :

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium ($NaCl$), de potassium (KCl), et de calcium ($CaCl_2$).

Les valeurs de chlorure existantes (tableau IV.11) s'inscrivent dans les normes d'irrigation en fonction du niveau de la nappe phréatique, elles sont très élevées et dépassent la norme algérienne (355 mg / l). Notez que le chlorure ne contourne pas la F.A.O. Norme d'irrigation (1065 mg / L).

Tableau.IV.11: Valeurs de Chlorure Cl⁻ (mg/l).

la nappe	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient De variation
phréatique	840	780	810	42.43	0.05

**Figure.IV.10 :** Valeurs de Chlorure (mg/l)

IV.2.11. Sulfate SO_4^- :

La présence des ions sulfatés dans l'eau leur présence dans l'eau provient de la dissolution des formations gypseuse .

D'après les résultats des teneurs en sulfate (tableau IV.12), il a été observé que la nappe phréatique dépasse la norme agricole de la FAO (960 mg / L) avec un classement moyen de (1305,5 mg / L).

Tableau.IV.12: Valeurs des Sulfates SO_4^- (mg/l).

La nappe	Valeur MAX	valeur MIN	Valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	1488	1123	1305.5	258.09	0.20

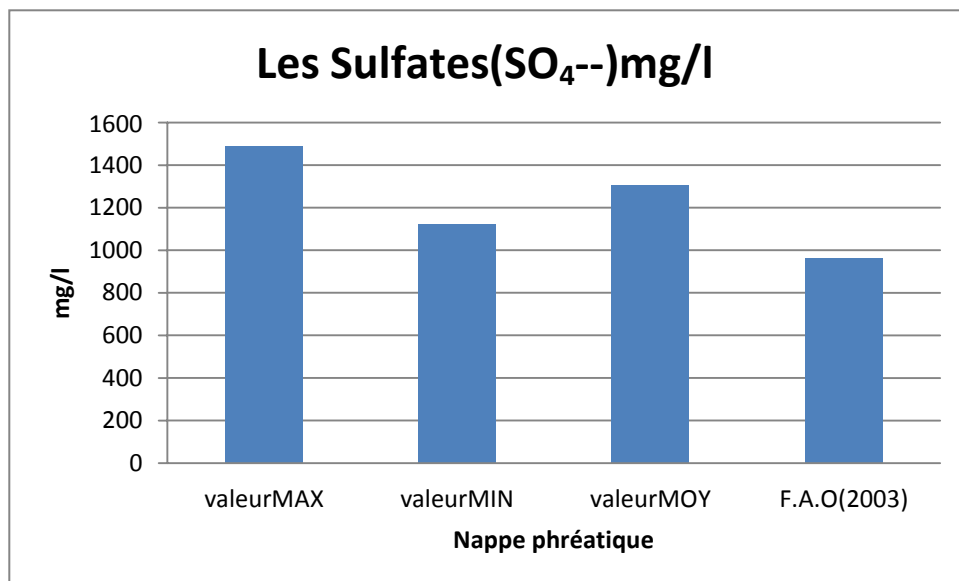


Figure.IV.11 : Valeurs des Sulfates SO_4^- (mg/l)

IV.2.12. Bicarbonates HCO_3^{-2} :

La présence de bicarbonate dans l'eau est des eaux la dissolution des formations carbonatées (calcaire, dolomite.....etc.) par des eaux chargées en gaz carbonique.

D'après les résultats de bicarbonate présentés dans (tableau IV.13), on peut dire que toute la teneur en bicarbonate de l'échantillon était inférieure à la norme d'irrigation FA.O et on peut dire qu'elle relève de ces normes.

Tableau.IV.13: Valeurs des bicarbonates (mg/l).

Les nappes	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	97	65	81	22.63	0.28

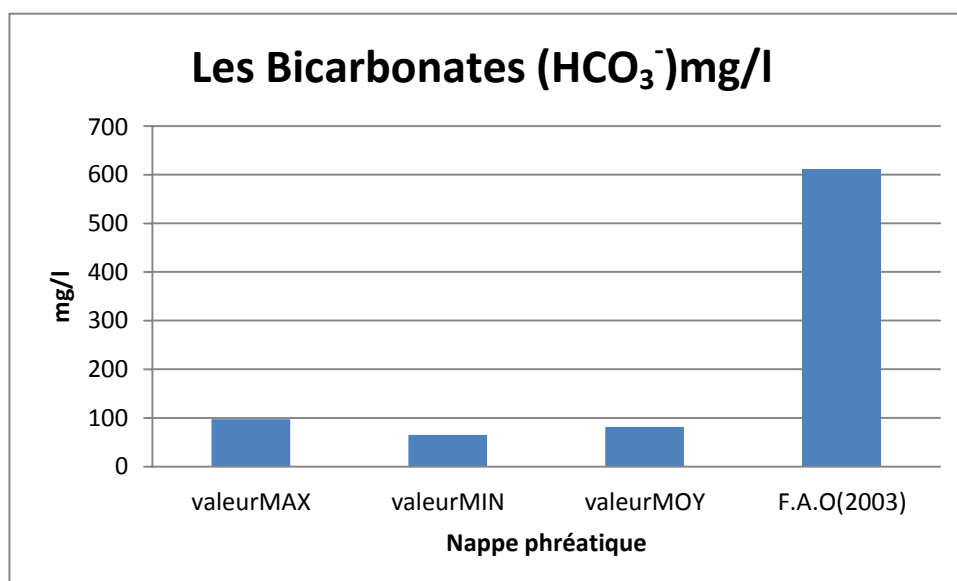


Figure.IV.12 : Valeurs des bicarbonates HCO_3^{-} (mg/l)

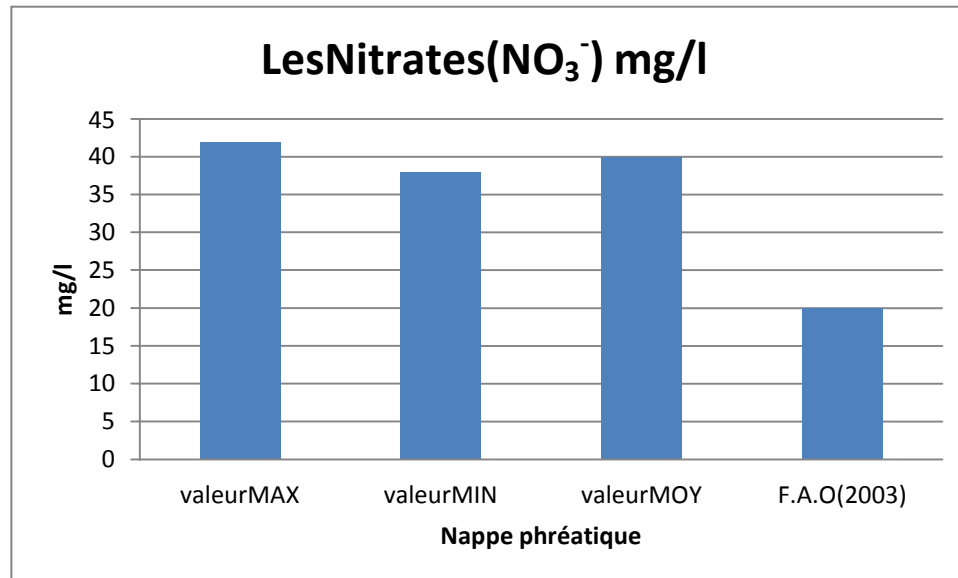
IV.2.13. Nitrates NO_3^{-} :

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, et c'est la forme la plus soluble de ce dernier.

Des teneurs en nitrates ont été trouvées (tableau IV.14) .Notez que la valeur est élevée par la norme F.A.O .

Tableau.IV.14: Valeurs des Nitrates NO_3^- (mg/l).

les nappés	valeur MAX	valeur MIN	valeur MOY	Ecart-type	Coefficient de variation
phréatique	42	38	40	2.83	0.07

**Figure.IV.13 :** Valeurs des Nitrates NO_3^- (mg/l)

IV.2.14. Sodium Adsorption Ratio (S.A.R):

Le S.A.R est un indice qui mesure le danger que représente l'existence d'une teneur donnée en sodium dans l'eau

Il se calcule par la formule d'U.S.S.L suivante:

$$\text{S.A.R} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})}{2}}}$$

Où tous les éléments sont exprimés en (meq / l). Les valeurs DAS ont été calculées à partir des données d'analyse chimique. Nous avons calculé le DAS moyen pour quatre puits d'eau souterraine, et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau.IV.15: les analyses de SAR.

La nappe	SAR	qualité	note
Akfadou N	2.21	Nul	Pas de restriction sur l'utilisation de l'eau .
Akfadou S	2.64	Nul	Pas de restriction sur l'utilisation de l'eau.
Akfadou E	2.73	Nul	Pas de restriction sur l'utilisation de l'eau .
Akfadou W	2.35	Nul	Pas de restriction sur l'utilisation de l'eau.

Sur la base de ces résultats, il apparaît que cette eau convient à l'irrigation à partir de la nappe phréatique (elle peut contenir des composants fertilisants) confirmant les données détaillées.

IV.3. Influences de les eaux d'irrigation sur la culture de la pomme de terre:

D'après notre enquête terrain auprès des agriculteurs de ce milieu agricole, le rendement de la culture de la pomme de terre est dans une certaine mesure acceptable et nous présentons dans le tableau suivant les résultats obtenus:

Tableau.IV.16: Rendement la pomme de terre .

Exploitation agricole	Rendement en qx/ha			
	2018	2019	2020	Rendement Normatif moyen
Akfadou Nord	260	265	270	200 à 250
Akfadou Sud	263	268	273	200 à 250
Akfadou Est	270	260	265	200 à 250
Akfadou Ouest	280	270	270	200 à 250

Source : subdivision agricole Debila ;(2021)

Nous recommandons que ces résultats soient les pommes de terre dites de fin de saison, car tous les résultats atteignent des résultats acceptables pour plusieurs facteurs: la qualité de l'eau d'irrigation et d'autres facteurs tels que l'utilisation d'engrais et de pesticides et le respect de la technique d'analyse.

IV.4. Conclusion :

Les résultats des analyses physiques et chimiques montrent que les eaux de la nappe phréatique de la région d'Akfadou sont caractérisées par un pH proche de neutre à légèrement alcalin. On note que la température est thermiquement homogène et dans les paramètres de l'eau d'irrigation en F.A.O. et l'Algérie pour toute la nappe phréatique (16,5 degrés Celsius). Conductivité électrique selon spécifications algériennes et F.A.O. Pour le cas de l'eau traitée (2881 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Cette eau a un pH proche de la neutralité au vu des roches légèrement alcalines, et d'autres éléments chimiques dont (Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^- , NO_3^-) sont relativement élevés, dépassant les valeurs guides de la FAO, et cette augmentation est attribuable à la géologie de la emplacements. De plus, nous soulignons que les concentrations de (Ca^{2+} , Cl^-) sont proches des normes internationales susmentionnées. Nous avons également enregistré des concentrations plus faibles par rapport aux normes d'irrigation agricole pour (HCO_3^-) selon les directives de la F A O.

Cette eau apparaît sulfurée, calcaire, magnésienne, chlorée et sodique, elle est donc âpre et agressive en termes d'analyses en termes d'irrigation, ce qui peut s'expliquer par la nature géologique de cette eau. Terres pouvant sembler contenir du gypse et du calcaire.

Du point de vue SAR, les eaux de la nappe phréatique ont enregistré une valeur de (2,47) donc des restrictions d'eau ne sont pas nécessaires,

La dureté totale de l'eau (TH) est principalement liée aux sels de calcium et de magnésium dans l'eau. Dans les échantillons, une valeur maximale dans les eaux de la nappe phréatique (1791 mg/l) ; Pour tous les échantillons d'eau étudiés, le TH dépassait la valeur indicative de la F.A.O.

D'où l'on note un bon rendement en pommes de terre dépassant 250 fucus/ha - et d'après ces résultats obtenus correspondent aux normes nationales et internationales.

Conclusion Générale

Conclusion générale

la présente étude a été réalisée durant un semestre à travers des prospections, des observations et des échantillonnages des 04 exploitations du périmètre d'Akfadou - A cet effet ,les résultats obtenus sont ,entonnés dans ce qui suit:

- L'eau de la nappe phréatique est caractérisée principalement par une élévation de sulfate de calcium et de magnésium vu la constitution géologique du terrain.

Cette eau a un pH proche de la neutralité au vu des roches légèrement alcalines, et d'autres éléments chimiques dont (Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^- , NO_3^-) sont relativement élevés, dépassant les valeurs guides de la FAO, et cette augmentation est attribuable à la géologie de la emplacements. De plus, nous soulignons que les concentrations de (Ca^{2+} , Cl^-) sont proches des normes internationales susmentionnées. Nous avons également enregistré des concentrations plus faibles par rapport aux normes d'irrigation agricole pour (HCO_3^-) selon les directives de la F A O.

La dureté globale de l'eau est principalement liée à la quantité de calcium et de magnésium dans l'eau, puisque le TH de cette eau étudiée est supérieur à la valeur guide de F.A.O.

Basé sur les résultats. Il n'y a aucune restriction sur l'utilisation de cette eau analysée, elle est légère à modérée ce qui nécessite une attention particulière aux cultures sensibles.

Tous ces résultats chimiques et physiques ont montré que la qualité de cette eau d'irrigation est acceptable et donc les rendements obtenus à partir de la plantation de pommes de terre atteignent 250 fucus/ha et plus. Selon les normes internationales et nationales de la FA.O (JO ; 2012).

De tels rendements peuvent également être améliorés si les agriculteurs appliquent correctement le parcours technique de cette culture (engraisement de n'importe quelle variété choisie, utilisation de traitements phytosanitaires rationnels, etc...).

Enfin il est souhaitable de prendre en considération dans le cadre d'autres études les aspects et interrogation suivantes :

d'étudier les eaux du complet terminal pour l'irrigation et son influence sur les rendements de la pomme de terre .

-d'évaluer le concentrations des nitrates et des phosphates de la nappe phréatique sur un grand nombre d'échantillon afin de prévoir des améliorations de productions ou des restrictions sils sont trop excédentaires pour des raisons de santé.



