



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie
Department des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Spécialité : Qualité et Métrologie Appliquée à l'Agronomie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
NAIDJI Maroua

Le : [Click here to enter a date.](#)

Étude sur la Qualité de l'Eau d'Irrigation dans la région de Biskra

Jury :

Mme. SAADI I.	MCA	Université Mohamed Khider Biskra	Président
Mme. MEBREK N. et co-encadreur BELHADJ A.	MCB	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
M. AISSAOUI H.	MCB	Université Mohamed Khider Biskra	Examineur

Dédicaces

Je dédie cette modeste travail à mon défunt marié Rabie qui travaillait toujours pour me soutenir et me donner force et volonté, que Dieu ait pitié de lui avec votre miséricorde, ainsi que ma mère, le cœur tendre qui encourage et conseille, Oh Dieu sauve-la et mes enfants Anes et Youmna les yeux que je vois avec eux et le seul espoir dans la vie ,mes sœurs Basma, Nihad et Isra et leurs enfants Amir , Bidjed et djamal.

Remerciements

A l'issue de ce travail, je tiens à remercier :

- ❖ *Mme. **MEBREK** d'avoir dirigé et orienté ce travail ;*
- ❖ *co-encadreur **BELHADJ** Amina ;*
- ❖ *les membres de jury Mme. **SAADI** et M. **AISSAOUI***
- ❖ *Tout le personnel de la Faculté d'agriculture des professeurs et des administrateurs ;*
- ❖ *Tous nos remerciements et notre appréciation au Dr Nouar Boulgobra et à la famille généreuse pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté merci ;*
- ❖ *Dr. Rchachi Miled Zohra et Dr Hecini Linda du centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides ;*

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin m'ont aidé à le réaliser.

Sommaire

Liste des abréviations	01
Introduction générale	02
Chapitre I : Généralités sur l'eau d'irrigation	03
Définition de l'irrigation	04
Qualité de l'eau d'irrigation	04
Les propriétés physico-chimiques des eaux d'irrigation	05
Propriétés physiques	05
Le pH	05
Conductivité électrique (CE)	05
Propriétés chimiques	05
Calcium et magnésium	05
Le sodium	05
Le Potassium	06
Les chlorures	06
Les sulfates	06
Les bicarbonates	06
Méthodes d'irrigation	07
Irrigation de surface	07
Irrigation goutte à goutte	08
Irrigation par aspersion	08
Importance de l'irrigation	10
Les normes de la qualité d'eau d'irrigation	10
Chapitre II : Matériels et Méthode	11
Présentation de la zone d'étude	12
Le relief	12
Topographie	12
Géologie	13
Réseau hydrographique	13
Les sols	14
La température	14
Les pluies	15
Bioclimat	16
La région de Sidi –Okba- Zab Chergui (oriental)	17
Méthodologie	19
Méthodes d'analyse	20
Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux	20
Le pH, la conductivité, la température, la salinité et l'oxygène dissout	20

Titre alcalimétrique complet (T.A.C)	20
Titre hydrométrique (TH)	20
Dureté calcique	20
Dosage des chlorures	21
Dosage des sulfates	21
Chapitre III : Résultats et Discussion	23
Interprétation des résultats	24
Interprétation le pH	24
La Conductivité électrique CE	25
Calcium	25
magnésium	26
Le Potassium	27
Les chlorures	27
Les sulfates	28
Les bicarbonates	28
Classification des eaux	29
La méthode de Richards	29
Diagramme de Piper	30
Digramme de Riverside	31
La relation entre le SAR et la CE	32
Conclusion générale	34
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des figures

Figure 1. Irrigation de parcelle agricole	04
Figure 2. Différentes méthodes d'irrigation pratiquées	
Figure 3. Irrigation par bassins	07
Figure 4. Irrigation par planches	07
Figure 5. Micro irrigation (goutte à goutte)	08
Figure 6. Irrigation par aspersion	09
Figure 7. Températures moyennes mensuelles (maximales, moyenne et minimales) enregistrés pour la période 1987-2019	15
Figure 8. Pluies annuelles dans la région de Biskra durant la période 1987-2018	16
Figure 9. Situation de la région de Biskra dans le climagramme d'Emberger selon les données de la période 1987-2019	17
Figure 10. Distribution des superficies et types d'irrigation	18
Figure 11. Situation géographique de la zone d'étude de Zab Chergui (Sidi Okba)	19
Figure 12. Différents équipements utilisés aux analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation	22
Figure 13. Valeurs du Ph pour les forages des eaux d'irrigation	24
Figure 14. Valeurs de la conductivité électrique pour les forages des eaux d'irrigation	25
Figure 15. Valeurs de Ca^{++} pour les forages des eaux d'irrigation	26
Figure 16. Valeurs de Mg^{+} pour les forages des eaux d'irrigation	26
Figure 17. Valeurs de K^{+} pour les forages des eaux d'irrigation	27
Figure 18. Valeurs de Cl^{-} pour les forages des eaux d'irrigation	27
Figure 19. Valeurs de SO_4^{-} pour les forages des eaux d'irrigation	28
Figure 20. Valeurs de HCO_3^{-} pour les forages des eaux d'irrigation	29
Figure 21. Valeurs de SAR pour les forages des eaux d'irrigation	30
Figure 22. Digramme de Piper des eaux d'irrigation de la région de Sidi Okba	31
Figure 23. Digramme de Riverside des eaux d'irrigation de la région de Sidi Okba	32

Liste des tableaux

Tableau 1. Normes d'interprétation de la qualité d'eau d'irrigation (AYERS et WESTCOT, 1994)	10
Tableau2. Tableau récapitulatif des différentes méthodes d'analyses utilisées dans notre étude	21

Liste des abréviations

- **CE** : Conductivité électrique
- **pH** : Potentiel hydrogène.
- **km²**: Kilomètre carré.
- **méq** : milliéquivalent.
- **ml** : Millilitre.
- **NO₃⁻**: Nitrates.
- **SAR** :SodiumAdsorption Ratio.
- **DMA** :Les doses maximales Admissibles.
- **SE** : sud-est.
- **SAU**: superficie agricole utile.
- **CRSTRA** : Centre De Recherche Scientifique Et Technique Sur Les Régions Aride .

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

En milieu aride, l'activité agricole n'est possible qu'avec l'irrigation, cette dernière repose presque totalement sur la mobilisation des eaux souterraines qui titrent généralement une charge saline relativement élevée (Ziza et al. 2012). Il est important de signaler que le monde perd en moyenne deux mille hectares de terres arables par jour à cause uniquement des mauvaises pratiques d'irrigation (FAO 2015).

Dans une région à climat aride et semi-aride, l'irrigation s'impose comme un choix incontournable pour l'agriculture et pour répondre aux besoins diversifiés de la population. Ces régions sont caractérisées par le déficit hydrique de façon quasi permanente ; les précipitations sont rares, irrégulières et mal réparties dans le temps et l'espace. Ce déficit hydrique associé à des évapotranspirations ETP extrêmes fait que le recours à l'irrigation des terres est inévitable.

Le développement des systèmes d'irrigation a permis la mise en valeur des terres arables en zones arides et semi-arides. C'est ainsi que depuis une cinquantaine d'années, de grands périmètres ont été construits en Algérie pour combler le déficit en eaux des cultures.

Depuis les années 1990, la région des Ziban connaît une forte mutation agricole passant d'une agriculture oasisienne traditionnelle vers une production quasi-exclusive de dattes, puis une production associant maraîchage tout au long de l'année et phoeniculture (Khiari2002). Cette dynamique aura sans doute des répercussions négatives sur la qualité des eaux.

Biskra est caractérisée par une forte potentialité phoenicole avec plus de 5 millions palmiers dattiers, et près de 100000 points d'eau. Toutes ces potentialités constituent un certain facteur de progrès et d'amélioration des conditions de vie de la population locale et de satisfaction alimentaire à l'échelle même du pays (Rechachi, 2017). Malheureusement cet acquis est menacé par une gestion irrationnelle des facteurs de production et notamment l'eau et le sol, ce qui va entraîner une dégradation du milieu, une baisse de la production, un rendement instable, et dégradation de la qualité des sols et des eaux.

L'objectif de ce travail est l'étude de la qualité physico – chimique des eaux destinées à l'irrigation ainsi que leur aptitude à l'irrigation des terres cultivées,

Introduction générale

principalement le palmier dattier, ceci, à partir de l'étude d'une trentaine d'échantillons d'eau d'irrigation provenant de forages réalisés dans la nappe du Moi-pliocène dans la région de Sidi Okba.

Chapitre I

Généralités sur l'eau d'irrigation

1-1- Définition de l'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de la nappe, en particulier dans les zones arides et semi-arides (El-ASSLOUJ et al.,2007).

1-2- Qualité de l'eau d'irrigation

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.



Figure 1. Irrigation de parcelle agricole

1-3- Les propriétés physico-chimiques des eaux d'irrigation

1-3-1- Propriétés physiques

❖ Le pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau ; c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac (VILLERS et al, 2005).

❖ Conductivité électrique (CE)

La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau (EIAIAOUI et HAJHOUI, 2010).

1-3-2- Propriétés chimiques

❖ Calcium et magnésium

La présence des ions Ca^{++} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit à la dissolution des formations carbonatées ($CaCO_3$), soit à la dissolution des formations gypseuses ($CaSO_4$). Les origines du magnésium sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite) (DEBIECHE, 2002).

❖ Le sodium

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

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'absorption du sodium (SAR). Le SAR 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.

Voici la façon dont on calcule le RAS (le sodium, le calcium, et le magnésium sont exprimés en méq/l (COUTURE, 2004).

❖ Le Potassium

Le potassium (K^+) est un élément principalement rencontré dans les roches ignées et les argiles. D'une manière générale, les eaux souterraines présentent rarement des teneurs en Potassium supérieures à 10 mg/l (SEKIOU et KELLIL, 2014).

❖ Les chlorures

Le chlorure (Cl^-) est un ion négatif du chlore (Cl) cet élément est très abondant dans l'environnement. Il est présent à l'état naturel dans les eaux souterraines en raison de l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel. Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium ($CaCl_2$) (NOVASCOTIA, 2008).

❖ Les sulfates

Les sulfates ont des origines très diverses : roches sédimentaires, minerais, engrais, transformations chimiques et biochimiques de SO_2 , H_2S , etc... (BOUZIANE et LABAD, 2009).

La présence des sulfates est généralement liée au lessivage des formations évaporitiques, tel que le gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) et l'anhydrite ($CaSO_4$), ils peuvent provenir également de l'oxydation de la pyrite (FeS_2) (BENHAMZA, 2013).

❖ Les bicarbonates

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO_2 comme il montre les équilibres chimiques suivants :

- $\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- $\text{CO}_3^{-2} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{HCO}_3^-$

Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température du milieu aqueux (BELHAMDOU, 2013).

1-4- Méthodes d'irrigation

1-4-1- Irrigation de surface

L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins voir figure 3), soit dans des sillons en terre (irrigation par planche voir figure 4) Brouwer (1990).



Figure 3. Irrigation par bassins



Figure 4. Irrigation par planches

1-4-2- Irrigation goutte à goutte

L'irrigation localisée ou irrigation goutte à goutte (voir figure 5) est l'ensemble d'apport d'eau localisée au voisinage des racines des plantes, avec des doses réduites mais, à fréquences élevées. Dans son principe, l'irrigation localisée, n'est en fait qu'une amélioration des techniques traditionnelles. Il consiste à apporter l'eau sous faible pression jusqu'aux racines de chacune des plantes et à la distribuer au compte-goutte, en surface ou en souterrain, à l'aide de petits tuyaux, posés sur le sol ou enterrés. Bien menée, cette technique permet de, notamment, diminuer la consommation d'eau : elle n'humidifie que la portion de sol située au voisinage immédiat des racines, et elle limite les pertes par évaporation, ruissellement ou infiltration profonde.



Figure 5. Micro irrigation (goutte à goutte)

1-4-3- Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est basée sur le principe d'une utilisation de l'eau aux plantes sous forme de pluie artificielle. Elle est recommandée dans les cas suivants :

- ❖ Sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface.
- ❖ Sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface.

- ❖ Terrains à pente irrégulière avec microrelief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées où les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage. Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression :

- ❖ La dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol.
- ❖ Les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques.
- ❖ Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et culture à irriguer.



Figure 6. Irrigation par aspersion

1-5- Importance de l'irrigation

L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie (BOUAROU DJ, 2012).

1-6- Les normes de la qualité d'eau d'irrigation

Les normes s'appuient en général sur les travaux d'établissement des doses maximales Admissibles (DMA) (tableau). Les concentrations des différents éléments chimiques dans l'eau interviennent directement dans la qualité des eaux.

Tableau 1. Normes d'interprétation de la qualité d'eau d'irrigation (AYERS et WESTCOT, 1994)

Paramètre d'eau	Symbole	Intervalle usuel de l'eau d'irrigation	
Conductivité électrique	CE	0-3	ds/m
Acide/Basique	pH	6 - 8.5	/
Calcium	Ca ⁺⁺	0-20	még/l
Magnésium	Mg ⁺⁺	0-5	még/l
Sodium	Na ⁺	0-40	még/l
Potassium	K ⁺	0-2	mg/l
Chlorure	Cl ⁻	0-30	még/l
Sulfate	So ₄ ⁻	0-20	még/l
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	0-10	még/l

Chapitre II

Matériels et Méthodes

2-1- Présentation de la zone d'étude

Selon Belhadj (2023), La région de Biskra (34° 48' Nord et 05° 44' Est) est située au pied du versant sud du massif des Aurès. Elle est considérée comme une zone charnière et un passage obligé entre le tel et le grand Sahara. Cette région constitue l'une des zones de transition les plus nettes entre les domaines montagneux et plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara septentrional au Sud. La zone d'étude couvre une superficie de 3,444.74 km², comprend 13 municipalités situées au Sud-Biskra et certaines parties sont situées dans les zones nord du gouvernorat d'El-Oued (El-Hadjab, Biskra, Chetma, Mechouneche, M'ziraa, Sidi-Okba, M'lili, Oumache, El-Haouch, Ain Naga, Oum Tiour, Still et Hamraia).

- **Le relief**

Dans la région sud, la plaine saharienne est un piémont sans relief marqué qui relie par une pente douce les montagnes de l'Atlas aux étendues sahariennes proprement dites. Elle est formée par une série de glacis d'érosion façonnés par l'écoulement, où sont situées les Oasis. En surface, les dépôts grossiers se trouvent à la base des montagnes et se transforment en dépôts d'argile et de sable, vers le sud. D'une manière générale, la topographie est caractérisée par le développement d'une vaste plaine coupée par des lits d'Oued qui s'écoulent depuis les montagnes de l'Atlas et disparaissent dans la grande dépression fermée de Chott Melghir.

De plus, on trouve au sud de la dépression le plus profond point de l'Algérie (chott Melghir) où le quaternaire est répandu et forme de grandes unités qui sont les aquifères alluviaux de siège de moyenne profondeur. Il est caractérisé par une surface plane à pendage Sud-Est qui atteint des valeurs d'élévation négatives correspondant au bassin endoréique de Chott Melghir (-70 m).

- **Topographie**

Le relief de la région de Sud-Biskra est topographiquement correspond à un piémont qui décroît progressivement du nord (Aurès Nemamcha) jusqu'à la dépression de Chott Melghir au sud, marqué par des pentes modérées à faibles, occupés une grande superficie de

notre zone d'étude essentiellement composées d'argile fine et d'alluvions, conduisant au développement d'importantes activités agricoles et des parcours steppiques.

- **Géologie**

La région de Biskra est située dans la zone de transition entre le domaine plissé de l'Atlas dans la partie nord de la région et le domaine désertique et plat du Sahara, dans le sud.

La région est caractérisée par la superposition de plusieurs plissements survenus entre l'Éocène moyen et le Pléistocène, qui influencent fortement la géométrie des principaux aquifères.

Le Quaternaire continental est une formation calcaire-gypseuse atteignant jusqu'à deux mètres d'épaisseurs, elle occupe des alluvions sablonneuses et argileuses dans toutes les grandes plaines sur la rive gauche de l'Oued Djedi, une claire dominance de ce stade géologique avec 2,581 Km² (56 %). Le Pliocène continental est représenté par des poudings, des bancs de grès et d'argiles sableuses à proximités des massifs (Chetma) passant à des couches rouges sableuses et gypseuses dans la plaine. Aussi il est représenté par la croûte calcaire-gypseuse, englobant souvent des masses des poudings, des sables et des graviers dans le Sud d'Oued Djedi (811 Km²).

- **Réseau hydrographique**

La région de Biskra est traversée par de nombreux Oueds, qui forment un réseau hydrographique simple et sec le long de l'année, sauf lors des précipitations exceptionnelles et qui font partie du grand bassin versant saharien du Chott Melghir. Ce dernier est alimenté principalement par Oueds Djedi, Biskra, El Arab, El Abiod.

Les Oueds qui fournissent les volumes d'eau les plus importants proviennent de l'Atlas Saharien depuis les Monts des Ksour, à l'ouest par Oued Djedi, jusqu'aux Némencha, à l'est Oued El Arab. Ce sont principalement les Aurès qui alimentent les principaux cours d'eau. Oued Djedi est le plus important oued de la région, il présente une superficie de drainage de 9130 km². Il constitue un collecteur des eaux de ruissellement d'une zone importante du versant sud de l'Atlas saharien.

Le bassin versant de l'Oued Biskra, fait partie du grand bassin du Chott Melghir, qui couvre une superficie de 68,751 km² et comprend de trente sous-bassins versants. Le bassin versant de l'Oued Biskra est allongé dans la direction (SO.NE), les principaux Oueds drainant ce dernier sont : Oued El Hai qui forme une confluence avec l'Oued Djemoura formant l'Oued Biskra. Les formations alluviales de l'Oued Biskra reposent sur les formations argileuses miocènes pratiquement imperméables. Elles sont les produits de l'érosion des reliefs amont qui ont subi un transport conséquent depuis le nord, leur nature est généralement calcaire et argileuse. Par la suite, l'Oued Biskra s'écoule dans le bassin du Chott Melghir, recevant l'apport d'autres affluents comme l'Oued Djedi, l'Oued Boulabes, l'Oued El Mansouf et l'Oued Fahama.

- **Les sols**

D'après la carte pédologique de l'Algérie, Biskra, réalisée par Durand et Barbut (1938), le Nord et Sud-Ouest de la région d'étude est caractérisée par les sols éoliens d'ablations avec 1,145 Km²(33 %). Le régime général des vents détermine aussi l'accumulation du sable dans des régions entièrement occupées par des dunes au Nord d'Oumache avec des formations sableuses fixées par la végétation. Les sols alluviaux basiques situés dans les lits d'oueds, présents dans des grandes surfaces au Sud de Biskra (1,073 Km²; 31%) au Nord Sidi-Okba, Ain Naga et Sud Oumache, tandis que les sols alluviaux occupent des petites parties d'Oumache et au Sud-Ouest de Chott Melghir. Les sols salins occupent la dépression de Chott Melghir et la partie centrale de notre région d'étude (1,041 Km²; 30 %). Selon Sedrati (2011) Les sols sont généralement pauvres et peu profonds, ce sont des sols éoliens d'ablation et des sols basiques. Ces principaux types des sols identifiés permettent d'appréhender la distribution spatiale des espaces et de leur vocation. Les palmiers dattiers sont cultivés avec succès dans plusieurs types de sol (sols sablonneux, sableux argileux, argileux et lourds), mais nécessitent un bon drainage du sol et l'aération. L'activité agricoles au Sud-Biskra s'établissent dans les glacis et les lits d'Oued (sol alluviaux basiques). Les parcours steppiques aride au Sud-Biskra sont adaptés avec nombreuses types de sol (sols alluviaux, sols alluviaux basiques, les sols éoliens et sols salins).

- **La température**

Le régime thermique de la région de Biskra est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures maximales sont supérieures à

17 °C tout au long de l'année, sont régulièrement en dessus de 41 °C en juillet et août et une minimale moyenne peuvent atteindre 28°C en été. Les basses températures se manifestent au mois de janvier avec une température moyenne de 12 °C et une minimale moyenne de 7 °C et peuvent atteindre 28°C en été.

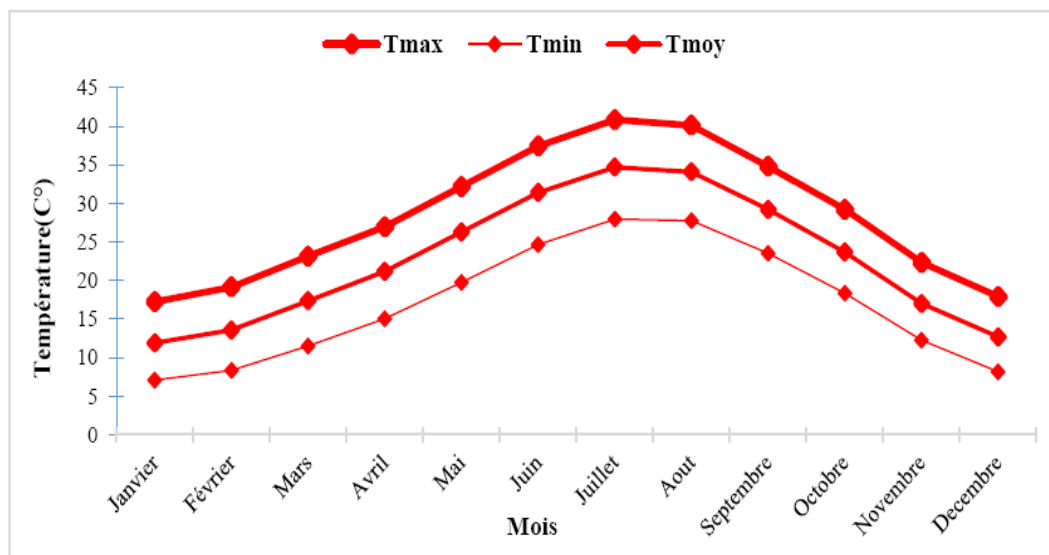


Figure 7. Températures moyennes mensuelles (maximales, moyenne et minimales) enregistrés pour la période 1987-2019

- **Les pluies**

Les précipitations est la source principale d'eau indispensable pour une production de la biomasse, caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années. L'analyse du cumule annuelle des précipitations calculées à la station pluviométrique de Biskrapour la période 1987 à 2019, montre que le mois de septembre est le mois le plus pluvieux. La faible pluviosité est enregistrée durant le mois d'août avec une pluviométrie égale à 3.06 mm. Durant cette période les précipitations sont faibles et irrégulières, allant de 49 mm en 2017 à 343 mm en 1994 ; la moyenne pour toute la période est de 152.26 mm.

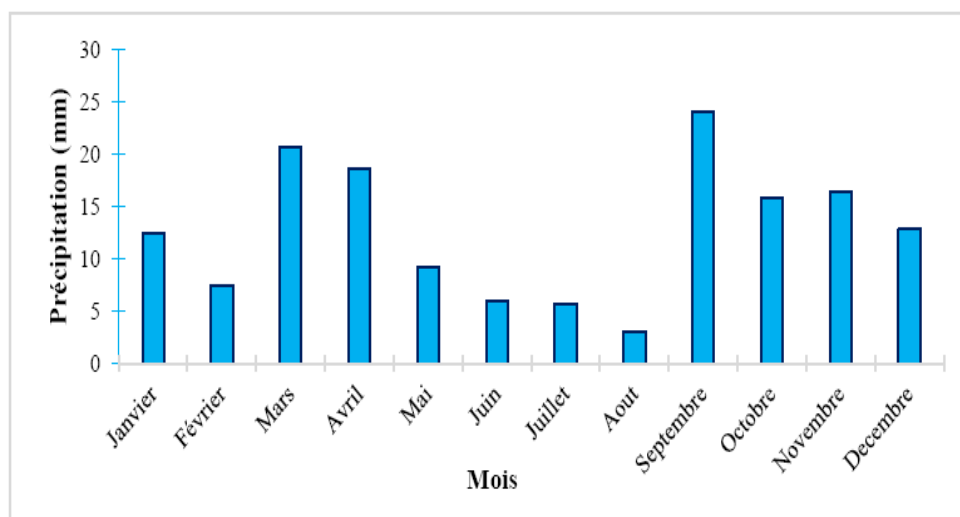


Figure 8.Pluies annuelles dans la région de Biskra durant la période 1987-2018

- **Bioclimat**

Quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) spécifique au climat méditerranéen permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Pour déterminer ce quotient, nous avons utilisé la formule de Stewart (1968), adaptée pour l'Algérie.

D'après les données climatiques de la région de Biskra pour la période de 1987 à 2019 avec $P = 152.26$ mm, $M = 40.83$ °C, $m = 7.07$ °C, la valeur de $Q2 = 15,46$ estimée a permis de situer la région de Biskra dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré.

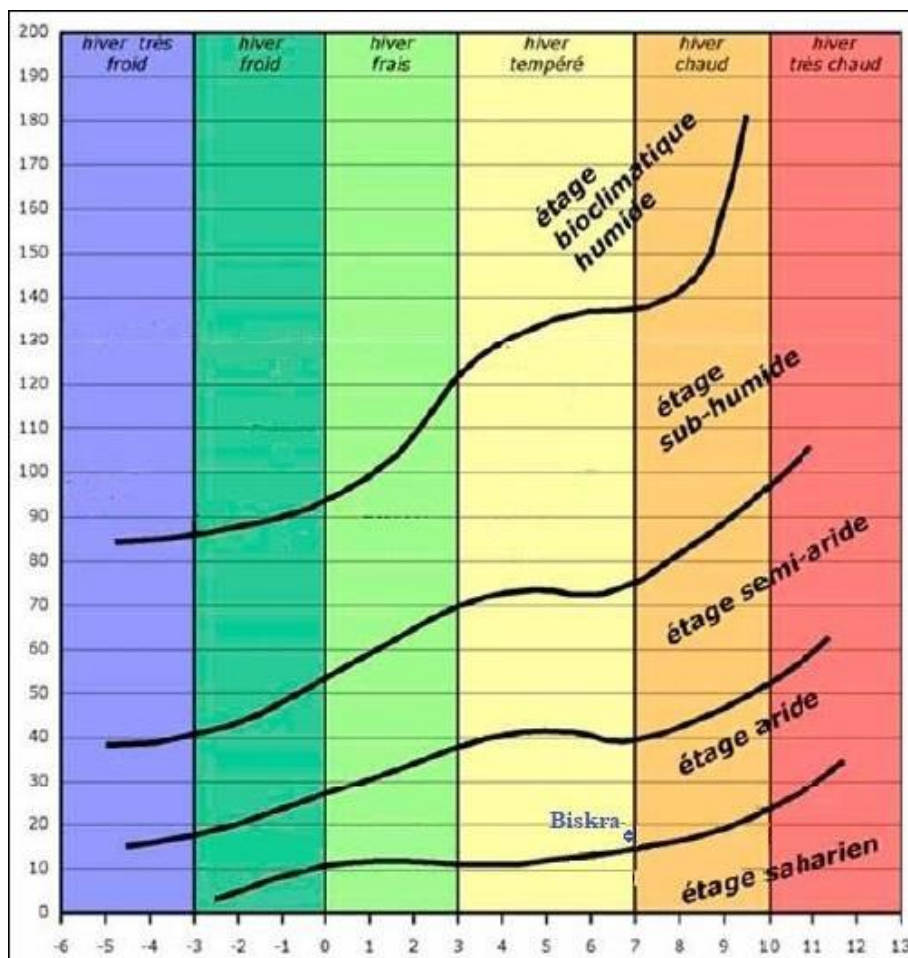


Figure 9. Situation de la région de Biskra dans le climagramme d’Emberger selon les données de la période 1987-2019

2-2- La région de Sidi –Okba- Zab Chergui (oriental)

La ville de Sidi Okba avait l’avantage d’être une ville sainte, renfermant le tombeau d’un des premiers conquérants de l’Afrique (Okba ibn Nafaâ). (Cataldo, 1988). Elle est localisée à une vingtaine de km, au sud-est SE, du chef-lieu de Biskra.

La région de Sidi Okba est une plaine à haute potentialité agricole, située au SE des Ziban, possède une SAU (superficie agricole utile) de 10025 ha dont 7513 ha irriguées soit 7.5 % de la SAU irriguée de Biskra. La répartition de la surface irriguée dans la zone d’étude est présentée dans la figure 10.

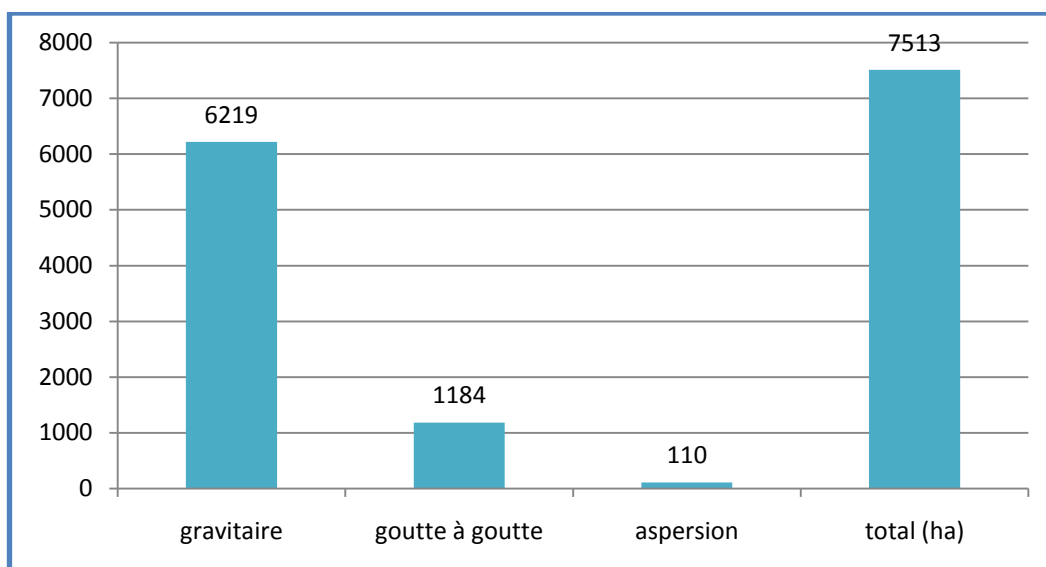


Figure 10.Distribution des superficies et types d'irrigation

Le bassin du Zab Est de Biskra s'étend sur une superficie de 9 668 Km², avec une population de près de 349 milles habitants, comprenant six petits bassins versant (bassin versant de oued El Abiod, le bassin de Dermoun, le bassin de oued Djedi, le bassin de oued El Arab, le bassin de oued Zeribet, et le bassin de Biraz-Atrous). Sur le plan administratif, le bassin du Zab Est s'étend principalement sur la région Est de la Wilaya de Biskra. Il comprend cinq Daïra, englobant onze communes : Biskra, Sidi Okba, Chetma, Ain Naga, Zeribet El Oued, M'Ziraa, El Feidh, El Houche, El Hadjeb, M'Chouneche, Khangat Sidi Nadji. (Boutouga, 2012). Sidi Okba est une région agricole pionnière du Zab Chergui au SE de Biskra, se caractérise par un haut potentiel agricole. Elle possède une superficie agricole utilisée (SAU) de 10025 ha dont 7513 ha irriguées avec plus de 700 forages recensés (ANRH, 2008 ; DSA de Biskra, 2013). En effet, une double source d'eau (barrage et forages) se manifeste, mais le recours aux eaux souterraines fait la provenance dominante de l'irrigation.

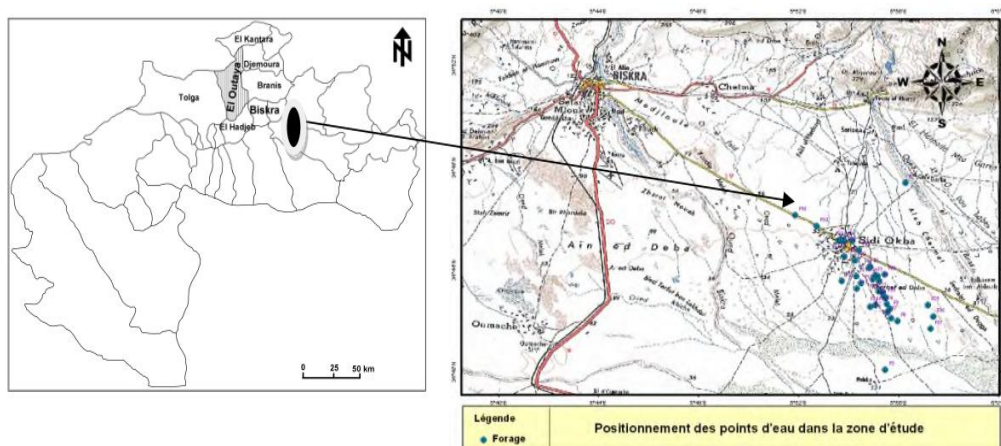


Figure 11. Situation géographique de la zone d'étude de Zab Chergui (Sidi Okba)

Dans cette étude, une quinzaine (15) de forages d'eau destinés à l'irrigation des terres agricoles dans les localités de Tajdid, Swafel Tajdid ; Mangae Boigtaf, Feidh el-ghareg et Garta ont été sélectionnés. Deux modes d'irrigation (goutte à goutte et gravitaire) sont pratiqués dans cette région ; les techniques de plantation des palmiers dattiers sont en cuvette ou en fosse, à une profondeur de 1 à 1,5 m selon l'épaisseur de la couche sablo-limoneuse présente.

Pour l'agriculture dans ces régions avec l'utilisation des eaux souterraines. Mais pour entraine les sels en excès, des fractions de lessivage sont nécessaires, à moyen ou à long terme, ce qui entraine les sels en excès, des fractions de lessivage sont nécessaires, à moyen ou à long terme, ce qui entraine une surconsommation d'eau, avec une augmentation des coûts et une baisse de productivité.

2-3- Méthodologie

Le présent chapitre a eu pour but de décrire les différentes méthodes d'analyses ainsi que les logiciels utilisées pour la détermination des relations relatives aux paramètres physico-chimiques. Ces programmes informatiques (logiciels Piper et Riverside) et les diagrammes vont être employés pour une exploitation des résultats.

2-3-1 Méthodes d'analyse

L'échantillonnage de l'eau de forage s'est fait dans une bouteille en plastique (1,5 l) ; après rinçage de celle-ci à la même eau du prélèvement. Les analyses qui ont été effectuées sont : le pH, la conductivité électrique, les sels solubles (Cl^- , CO_3^- , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^- , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , et Mg^{++}). Le but de ces analyses était de nous permettre une appréciation de la qualité de ces eaux, pour déterminer le risque d'alcalinité et de salinité de ces eaux d'irrigation sur le sol.

2-3-2 Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux

Les analyses des différentes caractéristiques physico-chimiques des eaux que nous avons étudiées ont été effectuées au sein du laboratoire central du Centre De Recherche Scientifique Et Technique Sur Les Régions Aride (CRSTRA) de Biskra selon les méthodes standard d'évaluation de qualité décrites par Tardat-Henry (1984) et Rodier et al (2009).

❖ Titre alcalimétrique complet (T.A.C)

L'échantillon d'eau à analyser est additionné de quelques gouttes (2 à 3) de méthylorange puis titré à l'aide d'acide sulfurique jusqu'au virage au jaune orange. Le TAC est exprimé en milliéquivalents par litre ou en degrés français.

❖ 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 °F).

❖ Dureté calcique

Pour déterminer la dureté calcique, on emploie le plus souvent une variante de la méthode complexométrique. On utilise l'EDTA en présence de NaOH, et cela à un pH = 12, l'indicateur coloré est la murexide. La dureté magnésienne est déduite par différence, dureté totale et dureté calcique.

❖ Dosage des chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) en présence de chromate de potassium (KCrO_4) jusqu'à apparition d'une coloration rouge brique, c'est le principe de la méthode de Mohr.

❖ Dosage des sulfates

Pour déterminer la teneur de SO_4^{2-} dans les échantillons d'eau, nous avons opté pour la méthode Néphélométrique, 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 2. Tableau récapitulatif des différentes méthodes d'analyses utilisées dans notre étude

Analyses	Méthodes
pH	pH mètre
CE 1/5 à 25 °C	Conductimètre
Cations Na^+ et K^+	spectrophotomètre à flamme
Cations Ca^{++} et Mg^{++}	Volumétrie par titration (présence EDTA)
Les chlorures Cl^-	Méthode de MOHR (précipitation par nitrate d'argent en présence de chromates)
Les sulfates SO_4^{--}	Précipitation au chlorure de baryum BaCl_2
Bicarbonates HCO_3^-	Titrimétrie à l'acide sulfurique



Figure 12. Différents équipements utilisés aux analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation

Chapitre III

Résultats et Discussion

Les données des analyses physico-chimiques des eaux de forages exploitées dans la présente étude sont présentées dans le tableau suivant :

Les résultats d’analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de la nappe (annexe 1) du Mio pliocène montrent des valeurs élevées de la conductivité électrique (4.02 – 13,65 ms/cm). Elle a une corrélation significative liée, principalement, à la forte présence de calcium Ca^{++} magnésium Mg^{++} , Sodium Na^+ , chlorures Cl^- , sulfates SO_4^- , et nitrates NO_3^- . Quoique que les eaux soient fortement salées, la faible liaison entre les éléments évaporitiques est principalement due à la nature des matériaux provoquant la salinisation de ces eaux.

3-1- Le pH

D’après la figure 13, on remarque que les forages des eaux d’irrigation ont un pH presque neutre, il varie, entre 6,6 et 7,88 avec une moyenne de 7,318 ; ces valeurs sont admises pour l’irrigation des terres agricoles car la faible liaison $pH^- HCO_3^-$ les justifie, sachant qu’un pH compris entre 6 et 8.5 est généralement retenu comme limite de dégradation de la structure (Selon Baize (1988)).

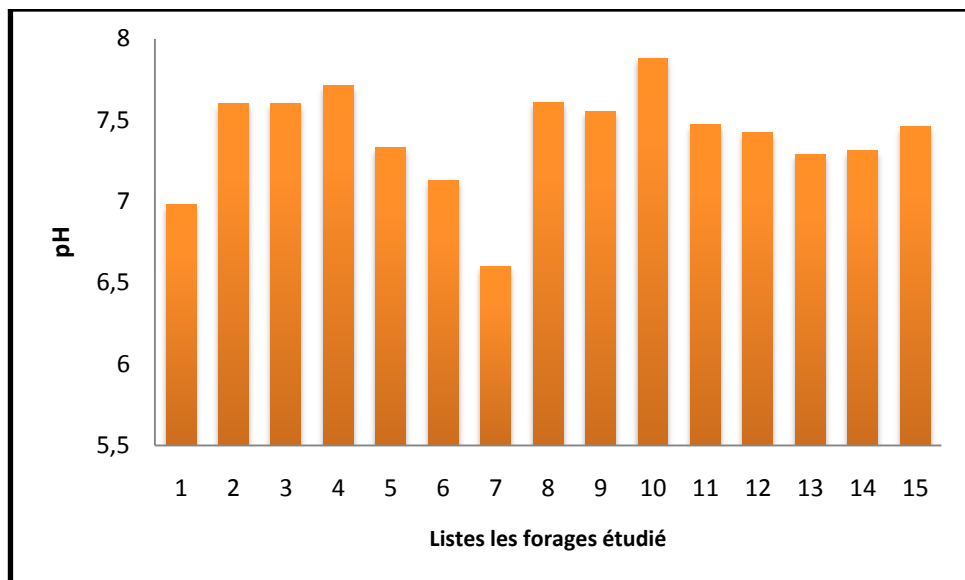


Figure 13. Valeurs du Ph pour les forages des eaux d'irrigation

3-2- Conductivité Électrique (CE)

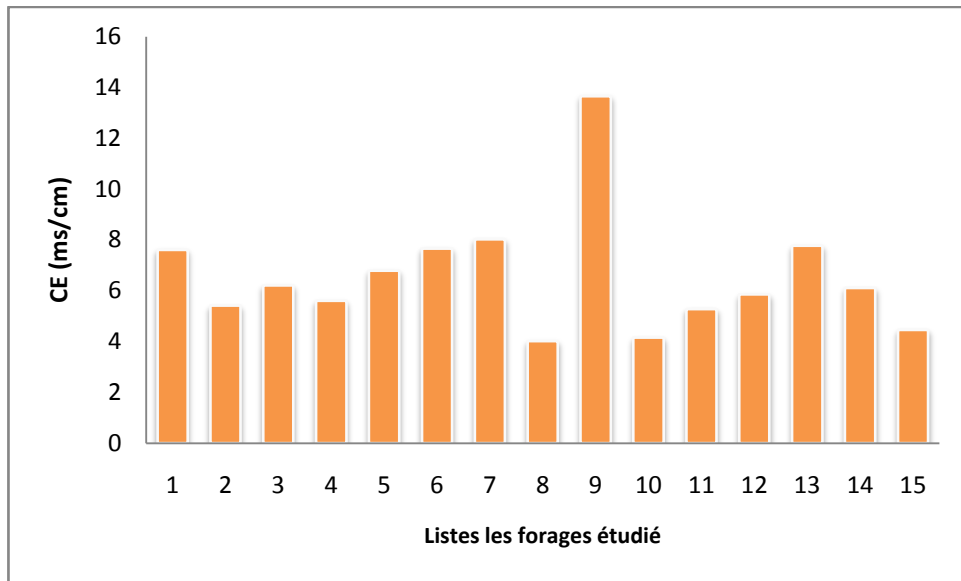


Figure 14. Valeurs de la conductivité électrique pour les forages des eaux d'irrigation

La CE d'une eau d'irrigation est influencée par la concentration totale des sels dissous, y compris les cations (comme le sodium, le calcium, le magnésium) et les anions (comme le chlorure, le sulfate, le carbonate). Une CE élevée indique une forte concentration en sels, ce qui peut avoir un impact sur la qualité de l'eau et la salinité des sols.

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. L'augmentation de la concentration des sels dissous dans 100% des forages d'eau provoque une augmentation de la CE, les valeurs enregistrées varient entre 4.02ms/cm et 13.65ms/cm et d'après l'annexe 2 qui nous donne les valeurs internationales des CE, on remarque que tous les eaux étudiées sont salés et très salés.

3-3- Calcium (Ca)

D'après la figure.15, on remarque que La teneur en calcium de l'eau d'irrigation varie entre 5.81 méq/l et 29.65 méq/l. La valeur la plus élevée est enregistrée avec le

forage F9 et la plus faible avec le forage F15. 80% des forages ne dépassent pas la valeur maximale admissible fixée par Ayers et Westcot (1994) qui est de 20 méq/l.

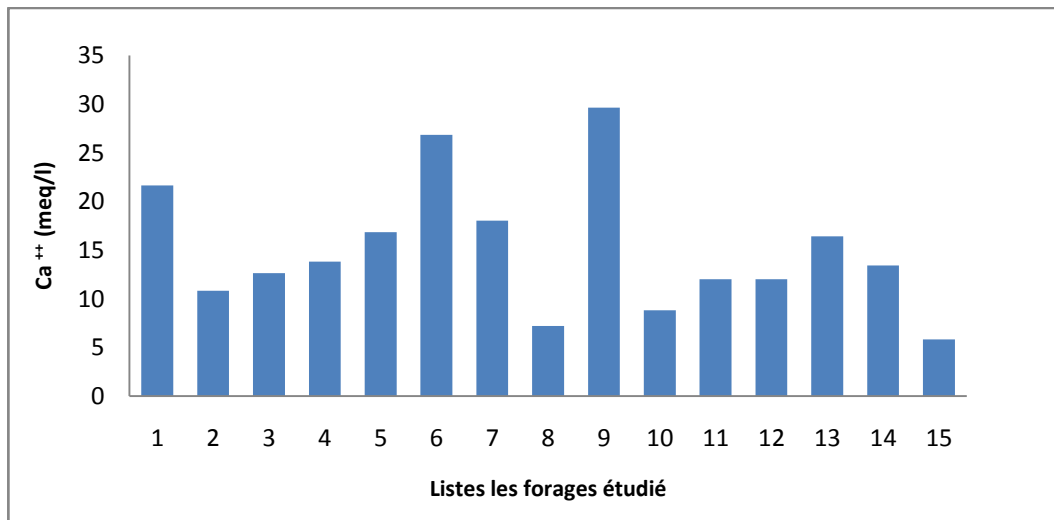


Figure 15. Valeurs de Ca⁺⁺ pour les forages des eaux d'irrigation

3-4- Magnésium (Mg)

D'après la figure.16, on remarque que la teneur en magnésium de l'eau d'irrigation varie entre 4.25 et 93.96 méq/l. La valeur la plus élevée est enregistrée avec le forage F9 et la plus faible avec le forage F15. La plupart des forages dépassent la valeur maximale admissible fixée par Ayers et Westcot (1994) qui est de 5 méq/l.

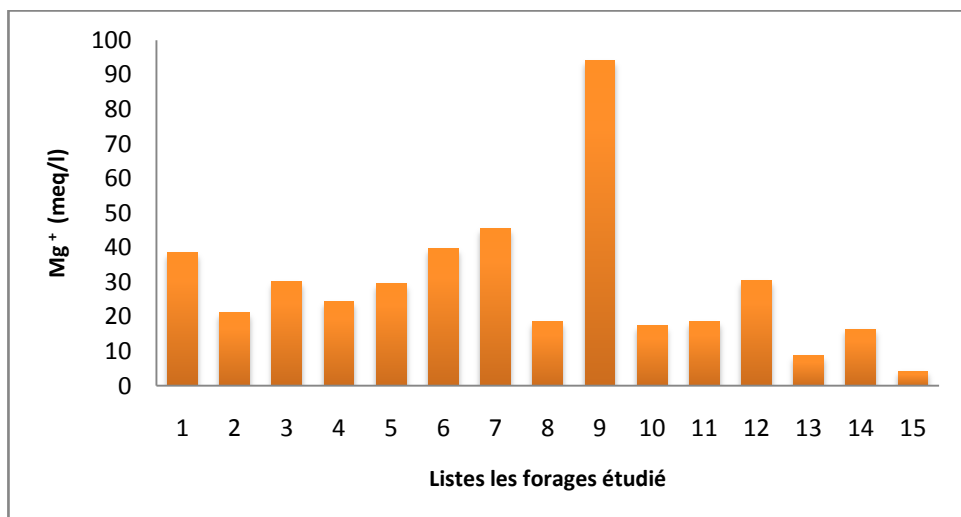


Figure 16. Valeurs de Mg⁺ pour les des forages eaux d'irrigation

3-5- Potassium (K^+)

D'après la figure.17, on remarque 100% des forages dépassent les niveaux fixés de 2 mg/l (0.05meq/l) par FAO (1996).

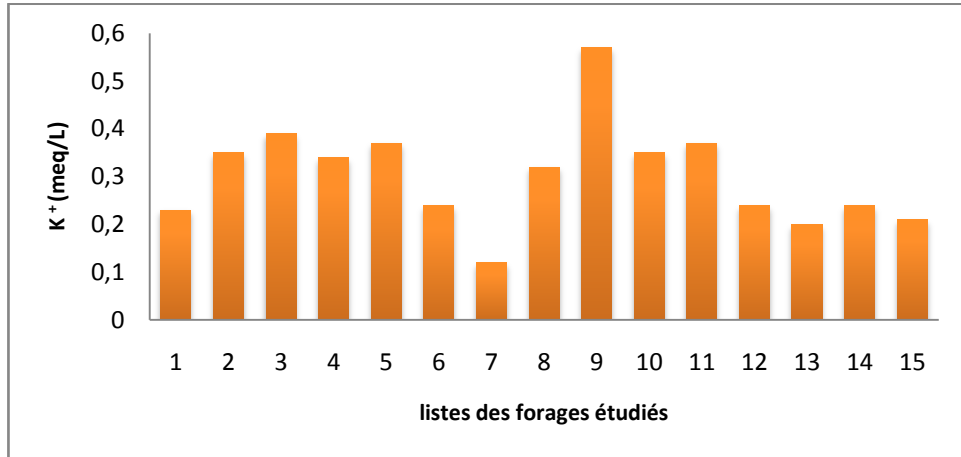


Figure 17. Valeurs de K^+ pour les forages des eaux d'irrigation.

3-6- Chlorure (Cl^-)

D'après la figure.18, on remarque que la teneur en chlorure augmente pour (F9). La concentration des chlorures sur l'ensemble des forages d'eau d'irrigation analysés varie de 15 à 85 méq/l. 70% des forages dépassent la valeur maximale admissible fixée par Ayers et Westcot (1994) avec 30 méq/l. sauf pour (F8; F13 ;14 et /15).

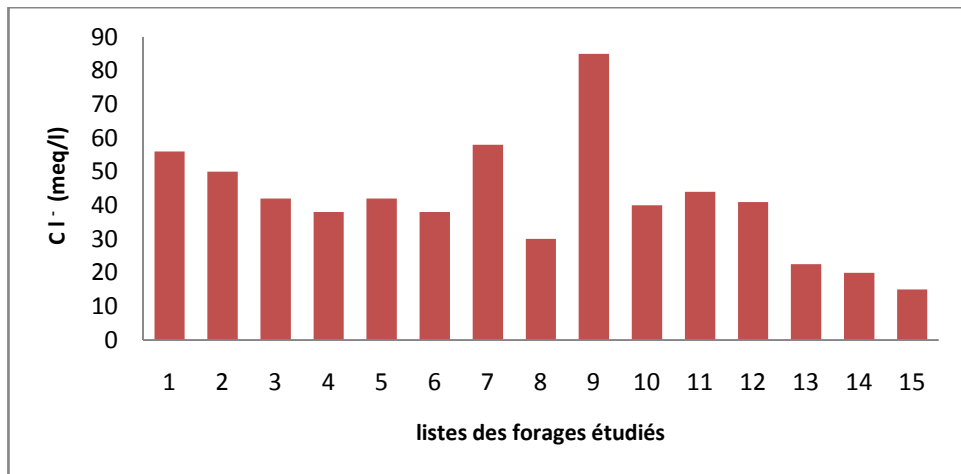


Figure 18. Valeurs de Cl^- pour les forages des eaux d'irrigation.

3-7- Sulfate (SO_4^{--})

D'après la figure.19, on remarque que la teneur en sulfate varie entre 3.39 méq/l pour F10 à 50 méq/l pour F9, 40% des forages affichent une concentration du sulfate qui dépasse 20 méq/l. 60% des forages ne dépassent pas la valeur maximale admissible fixée par Ayers et Westcot (1994) avec 20 méq/l.

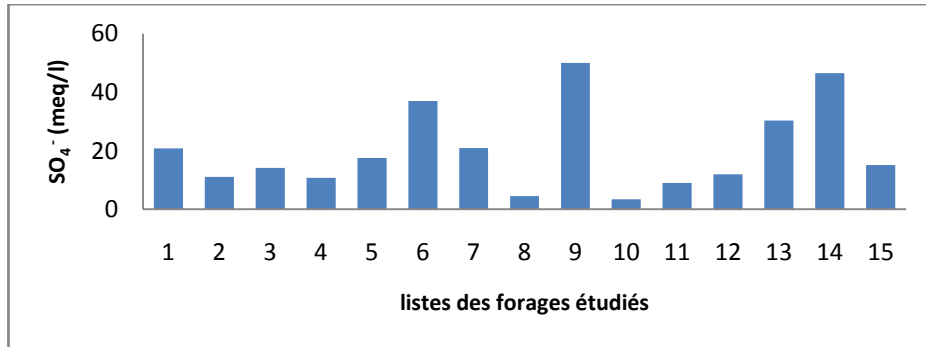


Figure 19. Valeurs de SO_4^{--} pour les forages des eaux d'irrigation.

3-8- Bicarbonate (HCO_3^-)

Selon la figure.20, on remarque que les forages d'eaux prélevés des puits présentent le bicarbonate sur l'ensemble des forages d'eau d'irrigation analysés dans le secteur varie de 4.34 méq/l pour le forage F12 à 5.92 méq/l pour le forage F1. D'après les normes proposées par Ayres et Westcot (1994), la concentration des bicarbonates dans l'eau d'irrigation pour 100% des forages est moitié de la valeur maximale admissible fixé de 10 méq/l.

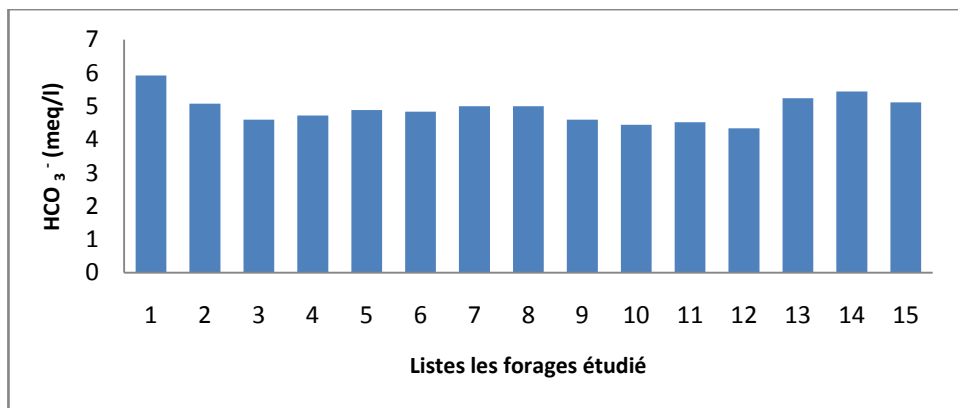


Figure 20. Valeurs de HCO_3^- pour les forages des eaux d'irrigation.

3-9- Classification des eaux

• Par la méthode de Richards

La valeur du SAR représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux autres cations (Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺). La relation entre les trois cations est proposée par le laboratoire de Riverside (Richards, 1954), il est exprimé par la relation suivante :
$$SAR = \frac{Na}{\frac{\sqrt{Ca+Mg}}{2}}$$

Le SAR est un critère utilisé pour prévoir l'évolution de la composition du complexe

D'échange et on peut distinguer deux cas (Cherbuy, 1971):

- Si le SAR > 10, il y a sodisation.
- Si le SAR < 10, il n'y a pas d'enrichissement du complexe d'échange en sodium.

Sodium Adsorption Ratio (SAR) : Le SAR est une mesure utilisée pour évaluer la quantité relative de sodium par rapport aux autres cations (calcium, magnésium) dans l'eau d'irrigation. Il est calculé en divisant la concentration de sodium (Na⁺) par la racine carrée de la somme des concentrations de calcium (Ca⁺²) et de magnésium (Mg⁺²), le tout exprimé en millimoles par litre (mmol/L) ou en milliequivalents par litre (méq/L). Le SAR est important car il est utilisé pour prédire le risque de sodicité des sols, c'est-à-dire la présence excessive de sodium qui peut entraîner une mauvaise structure du sol et une diminution de l'infiltration d'eau.

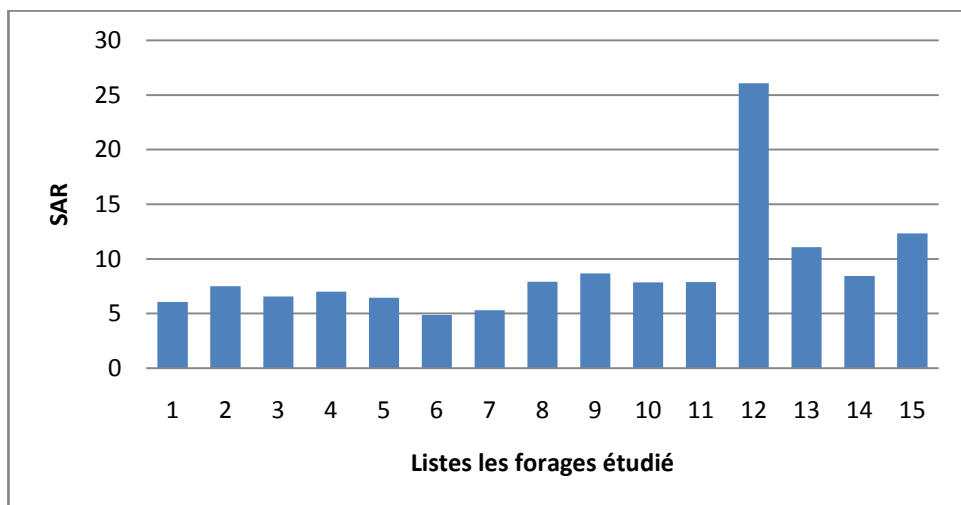


Figure 21. Valeurs de SAR pour les forages des eaux d'irrigation

- Par le Diagramme de Piper

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite). Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau minérale concernée.

Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants.

Le report des points sur le diagramme de Piper (figure 21), montre que les eaux des forages appartiennent à une seule principale famille d'eau : faciès sulfaté calcique et magnésien pour tous les échantillons. (Hyper sulfaté calcique et hyper chloruré calcique et magnésien).

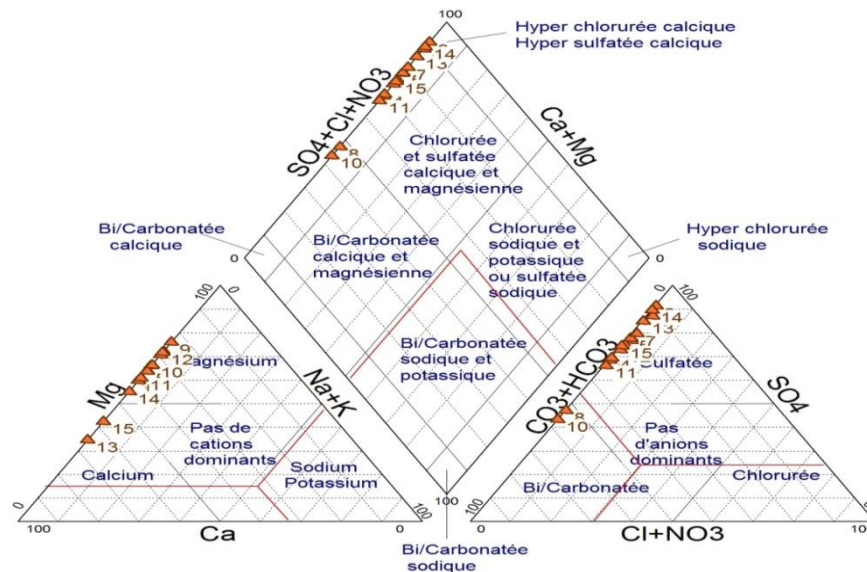


Figure 22. Diagramme de Piper des eaux d'irrigation de la région de Sidi Okba

- Par le Digramme de Riverside

Le report des échantillons sur ce diagramme de Riverside (Figure 22) indique que la salinité, représentée par la conductivité électrique CE, est forte à très forte (C4 et C5) et la sodicité, illustrée par le SAR (Sodium Adsorption Ratio), selon Servant et Servat, (1966), et selon le degré d'alcalinisation appartient à la classe S1 où ce risque est nul ($0 < S1 < 2$) pour la plupart des échantillons.

De ce fait, en se basant sur le diagramme de détermination de la qualité de l'eau d'irrigation (Riverside) relative à CE et le SAR, les résultats de classement des forages révèlent l'existence de deux classes suivantes : C4S1, C5S1 (coin bas à droite).

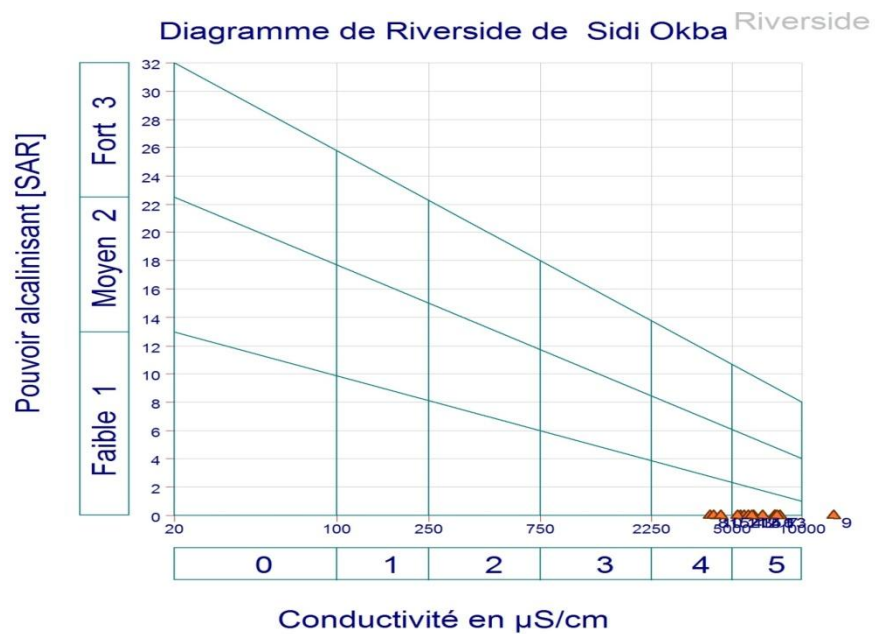


Figure 23. Digramme de Riverside des eaux d'irrigation de la région de Sidi Okba.

3-10- La relation entre le SAR et la CE

La relation est indirecte mais souvent corrélée. Une eau d'irrigation avec un SAR élevé peut souvent avoir une CE élevée, mais ce n'est pas toujours le cas. Le SAR élevé indique une proportion élevée de sodium par rapport aux autres cations, ce qui peut augmenter la dispersion des particules de sol et la tendance du sol à se compacter. Cependant, une CE élevée peut être causée par d'autres sels dissous, tels que les chlorures ou les sulfates, qui n'ont pas nécessairement un effet négatif sur la structure du sol.

Il est donc important d'évaluer à la fois le SAR et la CE des eaux d'irrigation pour comprendre leur impact potentiel sur la qualité des sols et l'efficacité de l'irrigation. Des mesures régulières de la CE et du SAR, associées à une bonne gestion de l'irrigation, peuvent aider à minimiser les problèmes de salinité et de sodicité du sol, garantissant ainsi une utilisation efficace et durable de l'eau pour l'irrigation des cultures.

Pour cette raison l'agriculture dans la zone de Sidi Okba basé sur les palmiers dattiers et les cultures qui acceptées les eaux salines.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est une contribution à la caractérisation des eaux au niveau de la région de Sidi Okba.

La sécurité alimentaire passe obligatoirement par la connaissance de nos ressources en eau, en sol et en ressources biologiques. Elle touche les trois composantes : l'environnement biodiversité de l'écosystème, la société (homme) et l'économie.

La région des Ziban est un laboratoire ouvert dans la nature, avec un capital d'expérience certain, car au Sahara ni trop faire ni rien faire : Ziban région à forte dynamique agricole, il faut maîtriser le profil salin et hydrique afin d'obtenir une agriculture durable pour une sécurité alimentaire fiable surtout où le changement climatique va accélérer les contraintes extrêmes du milieu (salinité, sodicité, maque d'eau,).

Les résultats obtenus par les analyses physico-chimiques des eaux de forages dans la région de Sidi Okba ont montré que :

- La distribution de fréquence de la CE varie entre 4.02 ms/cm et 13.65 ms/cm.
- Plus de 100% des échantillons sont moyennement neutres avec pH de 7,31.
- La teneur en calcium de l'eau d'irrigation varie entre 5.81 méq/l et 29.65 méq/l.
- La teneur en magnésium de l'eau d'irrigation varie entre 4.25 et 93.96 méq/l.
- La concentration des chlorures sur l'ensemble des échantillons d'eau d'irrigation analysés varie de 15 à 85 méq/l.
- La teneur en sulfate varie entre 3.39 méq/l à 50 méq/l.
- La teneur des carbonates varie de 4.34 méq/l à 5.92 méq/l.

L'étude de la qualité des eaux des forages de la nappe phréatique, qui ont un faciès dominant sulfaté calcique et magnésique selon leur nature géologique, ainsi d'une salinité excessive de classe C4 à C5 et très alcalines (SAR faible).

La région de Sidi Okba à vocation dattière, a vu ces dernières années un développement rapide de l'agriculture maraîchère et céréalière exigeant de ce fait de grandes quantités d'eau. Ceci s'est traduit par la multiplication des points des forages, avec comme résultat : une diminution de la ressource et la dégradation de la qualité des eaux. Il est impératif, de ce fait, de bien gérer cette ressource.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

DPSB (direction de programmation et suivi du budget de la wilaya de Biskra) ,2011- Monographie de la W.de Biskra-2011.Ed DPSB. P 205.

ANRH., 2008- inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Biskra. Rapport réalisé en Septembre 2008.23p.

Ayers R S et Wetscot D W., 1988- La qualité des eaux en agriculture. Bulletin Fao Irrigation et drainage. N°29. Rome, 180p.

Bouziane MT et Labadi A., 2009- Les eaux profondes de la Région de Biskra (Algérie).

Cataldo H., 1988- Biskra et les Ziban. Ed collection Français d'Afrique.176p

Debieche, T.H., 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien. Thèse de doctorat.Besançon.

DSA-2013- Statistique de la direction des services agricoles de la willaya de Biskra. Ed. European journal of Scientific Research. Vol25 N°04. Pp526-537.

FAO., 2015. Etat des ressources en sols dans le monde Rapport techned. FAO 79p.

Khiari, A., 2002. Une région pionnière dans le Sahara algérien: El Ghrouss. Méditerranée 99,27-30.

Rechachi MZ (2017) Impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la salinisation des sols en régions arides et semi arides: cas de la région du Ziban. Thèse doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra.

Ziza F., Daoud Y., Laboudi A., Zouahra A. et Bradai R., 2012. Evolution de la salinité dans les périmètres de mise en valeur et conséquences sur la diminution des rendements du blé dans une région saharienne: cas de la région d'Adrar Algerian journal of arid environment vol. 2, n° 2, Décembre 2012 :4-15.

Annexes

Annexe 1. Résultats des analyses physico-chimiques des 15 échantillons d'eau d'irrigation, prélevés dans la région de Sidi Okba

orage	conductivité ^C ms/cm	H	a ⁺⁺ meq/ L	g ⁺ meq/L	a ⁺⁺ meq/ L	⁺ meq/L	Γ meq/L	O ₄ meq/L	CO ₃ ⁻ meq/L	O ₃ meq/L
1	7,61	,98	1,64	8,47	3,21	,23	6	0,8	,92	,39
2	5,41	,6	0,82	1,06	9,93	,35	0	1,07	,08	,04
3	6,21	,6	2,62	0,17	0,31	,39	2	4,11	,6	,14
4	5,6	,71	3,83	4,5	0,68	,34	8	0,71	,72	,04
5	6,79	,33	6,83	9,56	1,06	,37	2	7,5	,88	,19
6	7,66	,13	6,85	9,69	8,06	,24	8	6,96	,84	,67
7	8,02	,6	8,04	5,52	9,93	,12	8	0,89		,35
8	4,02	,61	,22	8,63	8,44	,32	0	,46		,01
9	13,65	,55	9,65	3,96	8,1	,57	5	0	,6	,11
10	4,15	,88	,82	7,41	8,44	,35	0	,39	,44	
11	5,28	,47	2,02	8,63	0,88	,37	4	,93	,52	,06
12	5,85	,42	2,02	0,37	20,06	,24	1	1,96	,34	,14
13	7,77	,29	6,43	,71	9,28	,2	2,5	0,29	,24	,12
14	6,1	,31	3,43	6,4	2,57	,24	0	6,52	,44	,05
15	4,46	,46	,81	,25	7,65	,21	5	5,07	,12	,04

Annexe 2. Tableau d'interprétation des valeurs de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25°C (USSL, 1954)

Echelle Américaine	Non salé	Peu salé	salé	Très salé	Extrêmement salé
CEmmhos/cm à 25°C	<2	2-4	4-8	8-16	>16

Annexe 3

Les forages	Ca ⁺⁺ méq/L	Mg ⁺ méq/L	Na ⁺⁺ méq/L	Ca+ mg/2	√Ca+Mg/2	SAR
Forage1	21,64	38,47	33,21	0,055	5,48224407	6,05773833
Forage2	10,82	21,06	29,93	5,94	3,99249296	7,49656927
Forage3	12,62	30,17	0,31	1,395	4,62547295	6,55284342
Forage4	13,83	24,5	0,68	9,165	4,37778483	7,00811054
Forage5	16,83	29,56	1,06	3,195	4,81611877	6,4491765
Forage6	26,85	39,69	8,06	3,27	5,76801526	4,86475828
Forage7	18,04	45,52	9,93	1,78	5,63737528	5,30920837
Forage8	7,22	18,63	8,44	2,925	3,5951356	7,91068909
Forage9	29,65	93,96	8,1	1,805	7,86161561	8,66234161
Forage10	8,82	17,41	8,44	3,115	3,62146379	7,85317806
Forage11	12,02	18,63	0,88	5,325	3,91471583	7,88818432
Forage12	12,02	30,37	20,06	1,195	4,60380278	26,0784412
Forage13	16,43	8,71	9,28	2,57	3,54541958	11,0790836
Forage14	13,43	16,4	2,57	4,915	3,8619943	8,43346661
Forage15	5,81	4,25	7,65	5,03	2,24276615	12,3285257

Résumé

Ce travail présente une contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation dans quinze forages localisés de la région des de Sidi Okba.

Les méthodes mises en œuvre vont des analyses physico-chimiques des eaux de forages.

Les paramètres physico-chimiques analysés et/ou déterminés sont : la CE, pH, Ca⁺⁺, Mg⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻, SAR, diagramme de Piper et digramme de Riverside.

Les compositions chimiques des eaux utilisées en irrigation font apparaître une salinité élevée avec un faible à fort risque de sodicité. Aussi, elles présentent deux faciès chimiques suivant le sens de l'écoulement, chloruré et sulfaté calcique et magnésienne en amont avec une tendance à devenir chloruré sodique et potassique à l'aval.

Cette étude montre une salinité élevée des sols qui apparait comme une contrainte majeure au développement des cultures irriguées dans la région d'étude ; cette forte salinité est attribuée aux effets conjugués de la qualité de l'eau d'irrigation préalablement salée, aux conditions climatiques très arides produisant une forte évapotranspiration et à l'absence et /ou présence d'un réseau de drainage.

Mots clés : Zone aride, Sidi Okba, eau, forage, irrigation, salinité

Summary

This work presents a contribution to the study of the quality of irrigation water in fifteen localized boreholes in the region of Sidi Okba.

The methods implemented range from physico-chemical analyzes of borehole waters.

The physico-chemical parameters analyzed and/or determined are: EC, pH, Ca⁺⁺, Mg⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻, SAR, Piper diagram and Riverside diagram.

The chemical compositions of water used in irrigation show high salinity with a low to high risk of sodicity. Also, they have two chemical facies depending on the direction of flow, chloride and sulphate calcium and magnesium upstream with a tendency to become sodium chloride and potassium downstream.

This study shows high soil salinity which appears to be a major constraint to the development of irrigated crops in the study region; this high salinity is attributed to the combined effects of the quality of the previously salty irrigation water, the very arid climatic conditions producing high evapotranspiration and the absence and/or presence of a drainage network.

Keywords: Arid zone, Sidi Okba, water, drilling, irrigation, salinity

المخلص

يقدم هذا البحث مساهمة في دراسة جودة مياه الري في خمسة عشر بئراً موضعية في منطقة سيدي عقبة. تتراوح الطرق المطبقة من التحليلات الفيزيائية والكيميائية لمياه الآبار.

المعلومات الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها و / أو تحديدها هي: EC، pH، Ca⁺⁺، Mg⁺، K⁺، Cl⁻، HCO₃⁻، SO₄⁻، SAR، مخطط بايبر ومخطط ريفرسايد.

تظهر التركيبات الكيميائية للمياه المستخدمة في الري ملوحة عالية مع مخاطر منخفضة إلى عالية من الصوديوم. أيضاً، لديهم سهلتان كيميائيتان اعتماداً على اتجاه التدفق، الكلوريد وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم في أعلى التيار مع ميل إلى أن يصبح كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم في اتجاه مجرى النهر.

تظهر هذه الدراسة ارتفاع ملوحة التربة والتي يبدو أنها تشكل عائقاً رئيسياً أمام تنمية المحاصيل المروية في منطقة الدراسة. تُعزى هذه الملوحة المرتفعة إلى التأثيرات المشتركة لجودة مياه الري المالحة سابقاً، والظروف المناخية الفاحلة للغاية التي تؤدي إلى ارتفاع نسبة التبخر والنتح وغياب و / أو وجود شبكة صرف.

الكلمات المفتاحية: المنطقة الجافة، سيدي عقبة، المياه، الحفر، الري، الملوحة