

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de master

Département : science du sol

Spécialité : sol, protection et mise en valeurs

## Thème

*Evaluation hydrochimique des eaux souterraines  
utilisées en irrigation et risques de dégradation des  
sols. Exemple de la wilaya de Biskra*

Présenté par : Mlle Bourafai Selma

soutenu le : / 12 / 2016

Jury:

Présidente : Mlle Boureghda N.

Maitre de conférences (E.N.S.A.)

Promoteur : M. Semar A.

Professeur (E.N.S.A.)

Examinatrice : Mme Belkhalifa-Fares L.

Maitre-assistante (E.N.S.A.)

20015 - 2016

## **Table des matières**

|  |    |
|--|----|
| Liste des tableaux .....   | I  |
| Liste des figures .....  | II |
| Introduction générale .....  | 1  |
| <b><u>Chapitre I : Synthèse bibliographique</u></b>                    |    |
| Introduction .....   | 3  |
| I.1. Paramètres d'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation ..... | 3  |
| I.1.1. Faciès chimiques.....   | 3  |
| I.1.2. Paramètres physico-chimiques .....                              | 4  |
| I.1.2.1 Température.....   | 4  |
| I.1.2.2 Conductivité électrique .....                                  | 5  |
| I.1.2.3 Potentiel hydrogène (pH) .....                                 | 5  |
| I.1.3. Paramètres chimiques.....                                       | 6  |
| I.1.3.1. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) .....                            | 6  |
| I.1.3.2. Sodium ( $\text{Na}^+$ ) .....                                | 6  |
| I.1.3.3. Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) .....                          | 6  |
| I.1.3.4. Potassium ( $\text{K}^+$ ) .....                              | 7  |
| I.1.3.5. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) .....                              | 7  |
| I.1.3.6. Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....                          | 7  |
| I.1.3.7. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) .....                        | 8  |
| I.1.3.8. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) .....                             | 8  |
| I.1.4. Indice de saturation .....                                      | 8  |
| I.1.5. Indice d'échange de base .....                                  | 9  |
| I.2. Aptitude des eaux à l'irrigation .....                            | 10 |
| I.2.1. Salinité .....  | 11 |
| I.2.2 Sodicité .....   | 13 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1.2.3. Pourcentage de sodium .....  | 15 |
| 1.2.4. Indice de perméabilité ..... | 15 |
| 1.2.5. Indice de Kelly .....        | 17 |
| Conclusion .....                    | 17 |

## **Chapitre II : Milieu naturel de la région de Biskra**

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....                                       | 18 |
| II.1. Situation géographique .....                       | 18 |
| II.2. Relief .....                                       | 19 |
| II.3. Cadre climatique .....                             | 20 |
| II.3.1 Température .....                                 | 21 |
| II.3.2. Pluviométrie .....                               | 21 |
| II.3.3. Evaporation .....                                | 22 |
| II.3.4. Humidité relative .....                          | 23 |
| II.3.5. Vent .....                                       | 23 |
| II.4. Conditions géologique et hydrogéologique .....     | 24 |
| II.4.1. Conditions géologiques.....                      | 24 |
| II.4.1.1. Litho-stratigraphie .....                      | 25 |
| II.4.1.2. Tectonique .....                               | 27 |
| II.4.2. Hydrogéologie .....                              | 27 |
| II.4.2.1. Nappe phréatique Quaternaire .....             | 28 |
| II.4.2.2. Nappe des sables Mio- pliocène .....           | 28 |
| II.4.2.3. Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur..... | 29 |
| II.4.2.4. Continental Intercalaire.....                  | 29 |
| II.5. Pédologie .....                                    | 30 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| II.6. Végétation.....             | 31 |
| II.7. Exploitation agricole ..... | 32 |
| II.8. Irrigation .....            | 33 |
| Conclusion .....                  | 34 |

### **Chapitre III : Matériel et méthodes**

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....                                     | 35 |
| III.1. Recherche documentaire .....                    | 35 |
| III.2. Recherche expérimentale .....                   | 35 |
| III.2.1. Choix de la région d'étude .....              | 35 |
| III.2.2. Choix des nappes .....                        | 36 |
| III.3. Echantillonnage .....                           | 36 |
| III.3.1 Campagne de prélèvement .....                  | 36 |
| III.3.2. Choix des points d'eau .....                  | 37 |
| III.3.3. Stockage des échantillons .....               | 38 |
| III.4. Paramètres physico-chimiques et chimiques ..... | 38 |
| III.4.1. Mesure in situ .....                          | 38 |
| III.4.2. Analyses de laboratoire .....                 | 39 |
| III.4.3. Méthodes d'analyses .....                     | 39 |
| III.4.3.1. Dosage des cations .....                    | 40 |
| III.4.3.1.1. Calcium et magnésium .....                | 40 |
| III.4.3.1.2. Sodium et potassium .....                 | 40 |
| III.4.3.2. Dosage des anions .....                     | 40 |
| III.4.3.2.1. Chlorures .....                           | 40 |

|   |    |
|---|----|
| III.4.3.2.2. Sulfates et nitrates .....               | 41 |
| III. 4.3.2.3. Bicarbonates .....                      | 41 |
| III.5. Outils d'analyses des données .....            | 42 |
| III.5.1. Logiciel d'Hydrochimie d'Avignon .....       | 42 |
| III.5.2 Logiciel ArcGIS 10.1.....                     | 42 |
| III.5.3. Microsoft office Excel .....                 | 44 |
| III.5.4 Logiciel XLSTAT .....                         | 44 |
| III.5.4.1. Test Kruskal-Wallis.....                   | 44 |
| III.5.4.1.1. Principe du test de Kruskal-Wallis ..... | 44 |
| III.5.4.1.2. Méthodes de comparaisons multiples ..... | 45 |
| Conclusion.....                                       | 45 |

### **Chapitre IV : Résultats et discussion**

|  |    |
|--|----|
| Introduction .....   | 46 |
| IV.1. Evaluation hydrochimique .....   | 46 |
| IV.1.1 Paramètres physico-chimiques et chimiques.....                          | 46 |
| IV.1.1.1 Paramètres physico-chimiques .....                                    | 46 |
| IV.1.1.2 Paramètres chimiques .....  | 47 |
| IV.1.1.2.1 Les cations .....   | 47 |
| IV.1.1.2.2 Les anions .....  | 48 |
| IV.1.2 Classification des eaux souterraines selon leurs faciès chimiques ..... | 50 |
| IV.1.2.1 Nappe Quaternaire .....   | 50 |
| IV.1.2.2 Nappe Mio-pliocène .....  | 52 |
| IV.1.2.3 Nappe de l'Eocène inférieur .....                                     | 53 |
| IV.1.3 Indice de saturation .....  | 55 |
| IV.1.3.1 Nappe Quaternaire .....   | 55 |

|   |    |
|---|----|
| IV.1.3.2 Nappe Mio-pliocène .....   | 56 |
| IV.1.3.3 Nappe Eocène inférieur .....   | 57 |
| IV.1.4 Indice d'échange de base .....   | 57 |
| IV.2 Qualité des eaux à des fins d'irrigation .....   | 58 |
| IV.2.1 Classification des eaux selon le diagramme de Riverside .....  | 58 |
| IV.2.1.1 Nappe Quaternaire .....  | 58 |
| IV.2.1.2 Nappe Mio-pliocène.....  | 58 |
| IV.2.1.3 Nappe Eocène inférieur .....   | 59 |
| IV.2.2 Classification de la qualité de l'eau d'irrigation par rapport à la conductivité électrique (CE) et du pourcentage de sodium ..... | 60 |
| IV.2.2.1 Nappe Quaternaire .....  | 60 |
| IV.2.2.2 Nappe Mio-pliocène .....   | 60 |
| IV.2.2.3 Nappe Eocène inférieur .....   | 61 |
| IV.2.3 Indice de perméabilité .....   | 62 |
| IV.2.4 Indice de Kelly .....  | 64 |
| IV.3 Test Kruskal Wallis .....  | 64 |
| Conclusion générale .....   | 65 |
| Bibliographie .....   | 68 |
| Annexes .....   | 75 |

## Résumé

Les terres de la Wilaya de Biskra sont à vocation agricole et se basent essentiellement sur l'utilisation des eaux souterraines pour satisfaire les besoins en eau des différentes cultures irriguées. En plus du problème quantitatif que représente cette ressource peu renouvelable, la qualité de ces eaux est souvent non conforme aux normes d'irrigation telles que définies par les différentes classifications. Il s'agit, dans cette recherche, d'évaluer la minéralisation des eaux souterraines de trois nappes (Quaternaire, Mio-pliocène et Eocène inférieur), largement exploitées, par l'approche géochimique pour mieux appréhender leurs qualités hydrochimiques, d'étudier les interactions ioniques de ces eaux et prédire leurs impacts sur les sols. Les résultats obtenus montrent que la minéralisation des eaux souterraines est très élevée dont l'origine est essentiellement liée à la nature géologique des terrains encaissants. Le faciès chimique dominant est de type chloruré sodique. Les eaux souterraines de la Wilaya de Biskra sont, à des degrés différents, déconseillées à être utilisées en irrigation. Ces eaux contiennent des teneurs élevées en sulfates, chlorures, sodium et calcium. Par ailleurs, si l'indice de perméabilité montre l'absence de risque, celui de Kelly signale un éventuel risque de ces eaux sur la dégradation des sols de la région.

**Mots clés :** eaux souterraines, minéralisation, qualité hydrochimique, irrigation, faciès chimique, indice de perméabilité, indice de Kelly, risque, Biskra.

## Abstract

The grounds of Biskra are for agricultural purpose and are essentially based on the use of groundwaters to satisfy the water requirements of different irrigated crops. In addition to the quantitative problem posed by this less renewable resource, the quality of these waters is not often such irrigation standards as defined by the various classifications. It comes, in this research, to evaluate groundwater's mineralization of three aquifers (Quaternary, Mio-Pliocene and Eocene inferior), widely exploited by the geochemical approach to better understand their hydrochemical qualities, to study the Ionic interactions of these waters and predict their impact on soil. The results obtained show that the mineralization of groundwater is very high which origin is essentially linked to the geological nature of rocks. The dominant chemical facies is sodic chlorinated type. The groundwater of the Wilaya of Biskra is, to varying degrees, are disadvised for using in irrigation. These waters contain high percentages in sulphates, chlorides, sodium, and calcium. Moreover, the permeability index shows the absence of danger but Kelly ratio announces a possible danger of this water on the soil's degradation.

**Keywords:** groundwaters, mineralization, hydrochemical qualities, irrigation, chemical facies, permeability index, Kelly ratio, danger, Biskra.

## ملخص

أراضي ولاية بسكرة ذات الغرض الفلاحي، تستند أساسا على استخدام المياه الجوفية لتلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل المروية مختلفة. وبالإضافة إلى مشكلة الكمية غير أن هذه الموارد قليلة التجدد تملك نوعية في كثير من الأحيان لا تتفق مع المعايير الري كما هو محدد من قبل مختلف التصنيفات. مبدا هذه الدراسة هو تقييم تمعدن المياه الجوفية في ثلاث طبقات (الرباعي، الميوسين و الأيوسين) التي بدورها استغلت إلى حد كبير من قبل نهج الجيوكيميائية بغية فهم النوعية الهيدروكيميائية لدراسة التفاعلات الأيونية من هذه المياه وتنبؤ تأثيرها على التربة. وأظهرت النتائج أن تمعدن المياه الجوفية مرتفع جدا ويرجع ذلك أساسا إلى طبيعة الجيولوجية للأرض المحيطة بها. السحنة الكيميائية السائدة هي كلوريد الصوديوم. ، المياه الجوفية في ولاية بسكرة لا ينصح باستخدامها في الري لأن هذه المياه تحتوي على مستويات عالية من الكبريتات والكلوريدات والصوديوم والكالسيوم. وعلاوة على ذلك، إ أظهر مؤشر النفاذية غياب المخاطر، إلا أن مؤشر كيلي يشير إلى وجود خطر محتمل من هذه المياه على التدهور المادي للمنطقة.

**الكلمات المفتاحية:** المياه الجوفية، تمعدن، النوعية الهيدروكيميائية، الري، السحنة الكيميائية، مؤشر النفاذية، مؤشر كيلي، خطر، بسكرة.